

И. Г. Кожевников,  
Л. А. Новицкий

**ТЕПЛО-  
ФИЗИЧЕСКИЕ  
СВОЙСТВА  
МАТЕРИАЛОВ  
ПРИ НИЗКИХ  
ТЕМПЕРАТУРАХ**

---

**СПРАВОЧНИК**

И. Г. КОЖЕВНИКОВ, Л. А. НОВИЦКИЙ

# ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

СПРАВОЧНИК

Издание 2-е, переработанное и дополненное

*Согласовано с Государственной службой стандартных  
справочных данных*



МОСКВА «МАШИНОСТРОЕНИЕ» 1982



Рецензент А. Н. Гордов

Кожевников И. Г., Новицкий Л. А.

К58 Теплофизические свойства материалов при низких температурах: Справочник. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1982. — 328 с.

В пер. 1 р. 80 к.

В справочнике приведены основные теплофизические характеристики конструкционных и специальных металлов и сплавов, оптических, полупроводниковых, строительных, теплоизоляционных и других материалов, применяемых в машино- и приборостроении, криогенной технике, для диапазона температур от 0 до 300 К.

Во второе издание внесено много новых данных как по металлическим материалам, так и по неметаллам, включены новые разделы по полимерным материалам, лунным грунтам и др. Изменена группировка материалов по разделам, что облегчает сопоставление веществ и материалов однотипного назначения.

Справочник предназначен для инженерно-технических работников машино- и приборостроительных проектных, конструкторских и научно-исследовательских организаций.

К 2704010000-039 39-82  
038(01)-82

ББК 34.43  
6П2.28

© Издательство «Машиностроение» 1982 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Теплофизические характеристики материалов (температурный коэффициент линейного расширения, теплопроводность, теплоемкость, температуропроводность) необходимо учитывать во многих конструкторских расчетах, при выборе режимов эксплуатации изделий, в процессе теоретических исследований, а также при решении многих задач в области новой техники, в частности техники низких и сверхнизких температур.

В справочнике даны таблицы и значения основных теплофизических характеристик большого числа твердых металлических материалов и неметаллов при низкой температуре, используемых в современной науке и технике. Эти данные получены в результате экспериментальных исследований; в том случае, если экспериментальные исследования не проводились, указывают расчетно-теоретические характеристики материалов.

Наряду с теплофизическими характеристиками в справочнике приводятся сведения о чистоте материалов, типе и количестве легирующих добавок, режимах обработки, методиках измерения, указывается достоверность приведенных табличных данных.

При подготовке справочника авторами проанализировано свыше 1000 литературных источников.

Первое издание справочника вышло в свет в 1975 г. За период 1975—1980 гг. авторы получили много отзывов, содержащих положительные заключения, а также замечания и пожелания. Большая часть замечаний учтена при подготовке второго издания справочника, существенно отличающегося от первого. Внесено много новых данных как по металлическим материалам, так и по неметаллам; включены новые разделы, содержащие характеристики полимерных материалов и лунных грунтов (в частности, грунтов морских, материковых и переходных регионов Луны); изменена группировка материалов по разделам, что облегчает сопоставление веществ и материалов однотипного назначения.

При составлении справочника учтены рекомендации ГСССД и указания стандартов на физические величины. Число значащих цифр, приведенных в таблицах, согласуется со значением их погрешности, за исключением случаев, когда целесообразно показать характер изменения величины за счет дополнительных значащих цифр, находимых интерполяционным методом. Ссылки на литературу даются перед каждой таблицей; при использовании нескольких литературных источников полужирным шрифтом указывается основной источник, а обычным — вспомогательные.

Объем второго издания не позволил включить в справочник значения интегральной степени черноты описываемых материалов. Эти данные, однако, достаточно полно представлены в недавно вышедшем справочнике по оптическим свойствам материалов\*, на который в отдельных случаях авторы делают ссылки.

Приведенные в справочнике данные в соответствии с ГОСТ 8.310—78 относятся к категории информационных.

В справочнике разд. 1—10 и 18 написаны Л. А. Новицким, разд. 11—17 — И. Г. Кожевниковым.

\* Новицкий Л. А., Степанов Б. М. Оптические свойства материалов при низких температурах: Справочник. М.: Машиностроение, 1980. 224 с.

### ОСНОВНЫЕ ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

| Термин   | Обозначение   | Единица измерения   |
|--|---|---|
| Водопоглощение   | $\omega$  | %   |
| Время отверждения  | $t_{отв}$   | ч, сут.   |
| Давление   | $p$   | Па  |
| Напряженность магнитного поля  | $H$   | $A \cdot m^{-1}$  |
| Плотность вещества, насыпная плотность                                   | $\gamma, \gamma_{нас}$                              | $кг \cdot м^{-3}$   |
| Подвижность носителей тока   | $u$   | $см^2 \cdot В^{-1} \cdot с^{-1}$  |
| Предел прочности при сжатии  | $\sigma_{сж}$                                       | Па  |
| Разность температур  | $\Delta T$  | К   |
| Температура общая, плавления, отверждения, отжига, термической обработки | $T, T_{пл}, T_{отв}, T_{отж}, T_{ТО}$               | К   |
| Температурный коэффициент линейного расширения                           | $\alpha^*$  | $К^{-1}$  |
| Температурный коэффициент объемного расширения                           | $\beta$   | $К^{-1}$  |
| Температуропроводность   | $a$   | $м^2 \cdot с^{-1}$  |
| Температуропроводность эффективная                                       | $a_{эф}$  | $м^2 \cdot с^{-1}$  |
| Тепловое сопротивление   | $W$   | $м \cdot К \cdot Вт^{-1}$   |
| Теплоемкость удельная, молярная и атомная                                | $c_p, C_p$  | $Дж \cdot кг^{-1} \cdot К^{-1};$<br>$Дж \cdot моль^{-1} \cdot К^{-1};$<br>$Дж \cdot г \cdot атом^{-1} \cdot К^{-1}$ |
| Теплопроводность общая, решеточная, электронная                          | $\lambda^*, \lambda_{общ}, \lambda_p, \lambda_{эл}$ | $Вт \cdot м^{-1} \cdot К^{-1}$  |
| Теплопроводность эффективная   | $\lambda_{эф}$                                      | $Вт \cdot м^{-1} \cdot К^{-1}$  |
| Электропроводимость удельная   | $\sigma$  | $Ом^{-1} \cdot м^{-1}$  |
| Электрическое сопротивление удельное                                     | $\rho$  | $Ом \cdot м$  |

\*  $\bar{\alpha}, \bar{c}_p, \bar{\lambda}$  — средние коэффициенты в интервале температур.

### ПРИНЯТЫЕ В ТАБЛИЦАХ СОКРАЩЕНИЯ

|                    |                                       |
|--------------------|---------------------------------------|
| Аморф.             | — аморфный                            |
| Атомн.             | — атомный                             |
| Ачес. граф.        | — ачесоновский графит                 |
| ВЧ                 | — высокая чистота                     |
| В/Ц                | — водоцементное отношение             |
| Граф.              | — графит                              |
| Граф. ламп. сажа   | — графитизированная ламповая сажа     |
| Доб. прим.         | — добавленные примеси                 |
| Иск.               | — искусственный                       |
| Исх.               | — исходный                            |
| Канад. прир. граф. | — канадский природный графит          |
| Кат.               | — катаный                             |
| Кокс.              | — коксовый                            |
| Конц. нос. тока    | — концентрация носителей тока ( $n$ ) |
| Крист.             | — кристаллический                     |
| Крист. прир. граф. | — кристаллы природного графита        |
| К/у пек            | — каменноугольный пек                 |
| Мадаг. прир. граф. | — мадагаскарский природный графит     |
| Масс.              | — массовые                            |
| Монокрист.         | — монокристаллический                 |
| Непрок.            | — непрокаленный                       |
| Неупоряд.          | — неупорядоченный                     |
| ОВЧ                | — особо высокая чистота               |
| Осн.               | — основа                              |
| Ост.               | — остальное                           |
| Отж.               | — отжиг                               |
| Отож.              | — отоженный                           |
| Пирограф.          | — пиролитический графит               |
| Поликрист.         | — поликристаллический                 |
| Пресс.             | — прессованный                        |
| Пресс. кокс. граф. | — прессованный коксовый графит        |
| Прир.              | — природный                           |
| Прок.              | — прокаленный                         |
| Пропар.            | — пропаривание                        |
| Реакт. граф.       | — реакторный графит                   |
| Реш.               | — решетка                             |
| Сажа ац.           | — сажа ацетиленовая                   |
| Сил. граф.         | — силицированный графит               |
| Синтет.            | — синтетический                       |
| Смол. св.          | — смоляная связка                     |
| Спектр. чист.      | — спектрально чистый                  |
| Сплав. кокс. граф. | — сплавленный коксовый графит         |
| Стаб.              | — стабилизированный                   |
| Структ.            | — структура                           |
| СЧ                 | — спектрально чистый                  |
| Тип струк.         | — тип структуры                       |
| Тип пров.          | — тип проводимости                    |
| ТМО                | — термомеханическая обработка         |
| ТО                 | — термическая обработка               |
| Цейл. прир. граф.  | — цейлонский природный графит         |
| ЭВТИ               | — экранно-вакуумная тепловая изоляция |

Сокращения и символы для полимерных материалов, принятые в нашей стране в литературе по полимерам и соответствующие рекомендациям Комиссии по номенклатуре макромолекул Международного Союза по чистой и прикладной химии, следующие:

|     |                    |
|-----|--------------------|
| АН  | — акрилонитрил     |
| ПАН | — полиакрилонитрил |
| АДН | — адипонитрил      |





Продолжение табл. 1

| T, K | $\alpha \cdot 10^6$ |    | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $\rho_p, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, \text{К}^{-1}$ | $\rho_p, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, \text{К}^{-1}$ | $\rho_p, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $\rho_p, 10^{-3}, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ |    |     | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, \text{К}^{-1}$ |
|------|---------------------|----|--|--|--|------------------------------------|--|--|------------------------------------|--|---|----|-----|--|------------------------------------|
|      | I                   | II |  |  |  |                                    |  |  |                                    |  | III   | VI | VII |  |                                    |
| 150  | —                   | —  | —  | —  | —  | —                                  | —  | —  | —                                  | —  | —   | —  | —   | —  | —                                  |
| 160  | —                   | —  | —  | —  | —  | —                                  | —  | —  | —                                  | —  | —   | —  | —   | —  | —                                  |
| 170  | —                   | —  | —  | —  | —  | —                                  | —  | —  | —                                  | —  | —   | —  | —   | —  | —                                  |
| 180  | —                   | —  | —  | —  | —  | —                                  | —  | —  | —                                  | —  | —   | —  | —   | —  | —                                  |
| 190  | —                   | —  | —  | —  | —  | —                                  | —  | —  | —                                  | —  | —   | —  | —   | —  | —                                  |
| 200  | —                   | —  | —  | —  | —  | —                                  | —  | —  | —                                  | —  | —   | —  | —   | —  | —                                  |
| 210  | —                   | —  | —  | —  | —  | —                                  | —  | —  | —                                  | —  | —   | —  | —   | —  | —                                  |
| 220  | —                   | —  | —  | —  | —  | —                                  | —  | —  | —                                  | —  | —   | —  | —   | —  | —                                  |
| 230  | —                   | —  | —  | —  | —  | —                                  | —  | —  | —                                  | —  | —   | —  | —   | —  | —                                  |
| 240  | —                   | —  | —  | —  | —  | —                                  | —  | —  | —                                  | —  | —   | —  | —   | —  | —                                  |
| 250  | —                   | —  | —  | —  | —  | —                                  | —  | —  | —                                  | —  | —   | —  | —   | —  | —                                  |
| 260  | —                   | —  | —  | —  | —  | —                                  | —  | —  | —                                  | —  | —   | —  | —   | —  | —                                  |
| 273  | —                   | —  | —  | —  | —  | —                                  | —  | —  | —                                  | —  | —   | —  | —   | —  | —                                  |
| 280  | —                   | —  | —  | —  | —  | —                                  | —  | —  | —                                  | —  | —   | —  | —   | —  | —                                  |
| 293  | —                   | —  | —  | —  | —  | —                                  | —  | —  | —                                  | —  | —   | —  | —   | —  | —                                  |
| 300  | —                   | —  | —  | —  | —  | —                                  | —  | —  | —                                  | —  | —   | —  | —   | —  | —                                  |

Примечание. I — железо Армо; химический состав, %: С 0,025; Si 0,05; Mn 0,035; S 0,025; P 0,015; Cu 0,08; Fe ост.; плотность  $7875 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ; образцы для измерения  $\alpha$  — диски (диаметр 25 мм, толщина 6—12 мм), образцы нагрева при давлении  $1,33 \cdot 10^4$  Па до 1123 К в течение 1 ч и отжидали при 423 К в течение 24—48 ч; II — железо Армо; химический состав, %: С 0,02; Si 0,083; Mn 0,030; P 0,06; S 0,023; Fe 99,834; III — железо чистое; химический состав (по номиналу), %: Fe 99,95; С 0,008; Si + Mn  $\leq 0,1$ ; материал плавился в вакууме; IV — железо чистое; Fe 99,99%; V — железо чистое; Fe 99,9%; VI — железо чистое; химический состав, %: С 0,0020; Si 0,0020; Co + Cu + Mn + Mo 0,0022; Mg 0,0008; Ni 0,0040; P 0,0004; S 0,01; Si + Zn 0,0010; Zr 0,0050; Fe 99,97; образцы отжидали; VII — железо марки  $\alpha$ -Fe; VIII — железо марки  $\gamma$ -Fe. Методы измерения:  $\alpha$  — бесконечным цилиндром в стационарном и периодическом температурном режиме (погрешность измерения  $\pm 5\%$ );  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 2\%$ );  $\rho_p$  — адиабатическим в вакуумном калориметром (погрешность измерения  $\pm 3\%$ );  $\alpha$  и  $\lambda$  — относительным методом, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

\* Здесь и далее (за исключением оговариваемых особо случаев) химический состав приводится в массовых долях компонентов, %.

\*\* Здесь и далее подразумевается средняя квадратическая погрешность измерения для доверительной вероятности 0,68 (за исключением оговариваемых особо случаев).

## 2. Температурный коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6, \text{К}^{-1}$ , некоторых ферросплавов [228]

| T, K | I     |       |       | T, K | I    |      |      | T, K | I    |      |      |
|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|      | II    | III   | III   |      | II   | III  | III  |      | II   | III  |      |
| 5    | -0,35 | -0,14 | -0,30 | 70   | 5,5  | 5,2  | 5,0  | 170  | 13,0 | 13,3 | 12,6 |
| 10   | -0,30 | -0,25 | -0,22 | 80   | 6,9  | 6,4  | 6,2  | 180  | 13,4 | 13,7 | 12,9 |
| 15   | -0,20 | -0,39 | -0,17 | 90   | 7,8  | 7,5  | 7,1  | 190  | 13,9 | 14,1 | 13,1 |
| 20   | -0,10 | -0,38 | -0,07 | 100  | 9,0  | 8,6  | 8,1  | 200  | 14,2 | 14,6 | 13,5 |
| 25   | 0,15  | -0,25 | 0,09  | 110  | 10,0 | 10,0 | 9,0  | 210  | 14,5 | 14,9 | 14,0 |
| 30   | 0,69  | -0,05 | 0,42  | 120  | 10,5 | 10,5 | 10,0 | 220  | 14,9 | 15,1 | 14,1 |
| 35   | 1,0   | 0,30  | 0,90  | 130  | 11,2 | 11,2 | 10,6 | 230  | 15,1 | —    | —    |
| 40   | 1,5   | 0,50  | 0,95  | 140  | 11,9 | 12,0 | 11,2 | 240  | 15,4 | —    | —    |
| 50   | 2,9   | 2,6   | 2,0   | 150  | 12,4 | 12,5 | 11,9 | 250  | 15,9 | —    | —    |
| 60   | 4,5   | 4,0   | 3,4   | 160  | 12,7 | 13,0 | 12,3 | —    | —    | —    | —    |

Примечание. Материал — железохромоникелевые сплавы. Исходные материалы сплавляли в электрической дуговой печи в атмосфере аргона. Химический состав, %:

| № образца | Сплав          | C     | Si   | Mn   | S     | P    | Cr   | Ni   | Fe   |
|-----------|----------------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|
|           |                |       |      |      |       |      |      |      |      |
| I         | Fe-18 Cr-10 Ni | 0,02  | 0,20 | 1,20 | 0,010 | 0,01 | 17,0 | 10,8 | Ост. |
| II        | Fe-18 Cr-15 Ni | 0,02  | 0,10 | 0,80 | 0,015 | 0,01 | 17,0 | 15,1 | »    |
| III       | Fe-18 Cr-25 Ni | 0,013 | 0,10 | 0,78 | 0,007 | 0,01 | 17,3 | 25,2 | »    |

I — монокристаллический цилиндрический образец диаметром 4 мм, длиной 70—150 мм; для снятия напряжений и гомогенизации образцы отжидали по режиму 1423 К, 70 ч в атмосфере водорода; затем электролитически полировали; II—III — поликристаллические цилиндрические образцы диаметром 4 мм, длиной 70—150 мм; отжидали по режиму 1323 К, 5 ч.

Метод измерения  $\alpha$  — дифференциальным dilatометром. Погрешность измерения  $\pm 10\%$ ,  $\pm 2\%$  и  $\pm 1\%$  соответственно в областях 5—50 К; 50—100 К; > 100 К.

## 3. Удельная теплоемкость ферросплавов с различным содержанием Ni и Cr при 77 К [51]

| Массовые доли хро-ма, % | $\rho_p, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | Массовые доли хро-ма, % | $\rho_p, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | Массовые доли хро-ма, % | $\rho_p, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ |
|-------------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|--|
|                         |  |                         |  |                         |  |
| 0                       | 170  | 6                       | 270  | 12                      | 245  |
| 1                       | 200  | 7                       | 235  | 13                      | 258  |
| 2                       | 250  | 8                       | 215  | 14                      | 268  |
| 3                       | 300  | 9                       | 218  | 15                      | 275  |
| 4                       | 315  | 10                      | 230  | 16                      | 280  |
| 5                       | 295  | 11                      | 240  | 17                      | 285  |

Примечание. Материал — сплавы разряда  $\text{Fe}_{85}(\text{Ni}_{1-x}\text{Cr}_x)_{15}$ . Сплавы выплавляли в индукционной печи из химически чистых железа, никеля и хрома; затем гомогенизировали в вакууме при 1173 К в течение 8 ч и охлаждали с печью (погрешность измерения  $\pm 6\%$ ).

4. Температурный коэффициент линейного расширения ферросплава 36НХ [56]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |
|------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|-----------------------------|
| 3    | -1,50                       | 100  | 1,50                        | 200  | 1,25                        |
| 8    | -1,80                       | 110  | 1,70                        | 210  | 1,20                        |
| 13   | -1,85                       | 120  | 1,75                        | 220  | 1,15                        |
| 20   | -1,80                       | 130  | 1,85                        | 230  | 1,10                        |
| 30   | -1,55                       | 133  | 1,90                        | 240  | 1,10                        |
| 40   | -1,10                       | 140  | 1,85                        | 250  | 1,10                        |
| 50   | -0,45                       | 150  | 1,80                        | 260  | 1,10                        |
| 60   | 0,10                        | 160  | 1,75                        | 270  | 1,15                        |
| 70   | 0,50                        | 170  | 1,70                        | 280  | 1,15                        |
| 80   | 0,75                        | 180  | 1,60                        | 290  | 1,15                        |
| 90   | 1,25                        | 190  | 1,40                        | 300  | 1,20                        |

Примечание. Материал — инварный сплав; химический состав, %: С 0,03; Si 0,12; Mn 0,44; S 0,013; P 0,011; Cr 0,51; Ni 36,0; ост. Fe. Сплав выплавляли в открытой электродуговой печи и разливали в слитки массой 1 т.

Образцы изготавливали из ковального прутка диаметром 13 мм и термически обрабатывали по режиму: нагрев при 1113 К, 30 мин + охлаждение в воде + отпуск при 588 К, 1 ч + старение при 373 К, 48 ч.

Метод измерения  $\alpha$  — dilatометрический, с помощью вакуумного низкотемпературного dilatометра. Нагревание ступенчатое с шагом 4 К (погрешность измерения  $\pm 5$  %).

При нагружении образца, охлажденного до 20 К, значение  $\alpha$  меняется: при напряжении  $0-2,25 \cdot 10^8$  Па  $\alpha$  уменьшается; дальнейшее увеличение напряжения приводит к росту  $\alpha$ ; при напряжении  $7,75 \cdot 10^8$  Па значение  $\alpha$  для нагруженных и ненагруженных образцов примерно одинаково.

5. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ , ферросплавов 36НХ, выплавленных при различных режимах [25]

| T, K | I   | II   |
|------|-----|------|
| 270  | 8,2 | 0,25 |
| 280  | 8,3 | 0,30 |
| 290  | 8,4 | 0,35 |
| 300  | 8,5 | 0,40 |

Примечание. Материал — сплав железа класса В-3 и никеля марки Н-0. Химический состав, %: Fe  $\geq 64$ ; Ni  $\geq 37,8$ ; C  $\leq 0,002$ ; S  $\leq 0,003$ ; P  $\leq 0,006$ ; Cr  $\leq 0,004$ ; Si  $\leq 0,001$ ; Mg  $\leq 0,01$ ; Zn, Ca, Cd, As  $\leq 5 \cdot 10^{-4}$ ; Co; Pb, Cu  $\leq 1 \cdot 10^{-5}$ ; O 0,002; N 0,0003; H 0,0003.

Образцы — в виде цилиндров диаметром 3 мм и высотой 50 мм. I — образец из материала, расплав которого перегрет до 2073 К; II — образец из материала, расплав которого нагревали до 1973 К по режиму: скорость нагрева и охлаждения в жидком состоянии 10 К·мин<sup>-1</sup>; в твердом состоянии 100 К·мин<sup>-1</sup>.

Метод измерения  $\alpha$  — dilatометрический, с помощью дифференциального dilatометра Шевенара (погрешность измерения  $\pm 1$  %).

6. Теплопроводность, удельная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения чугунов различных марок [114, 141]

| T, K | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot К^{-1}$         | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot К^{-1}$ | $K^{-1}$                                |                           |                     | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot К^{-1}$ | $c_p \cdot 10^3, Дж \cdot кг^{-1} \cdot К^{-1}$ |      |      |
|------|---|--|---|---------------------------|---------------------|---|---|------|------|
|      |   |  | $\alpha \cdot 10^6$                     | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ |   |   |      |      |
|      |   |  | I                                       | II                        | III                 |   |   |      |      |
| 195  | —   | —  | —                                       | 11,2                      | —                   | —                                       |   |      |      |
| 293  | 41,8  | 0,502  | 10,0                                    | —                         | 7,0—11,0            | 29,3—41,8<br>0,544—0,586                |   |      |      |
| T, K | $c_p \cdot 10^3, Дж \cdot кг^{-1} \cdot К^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$                        | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot К^{-1}$ | $K^{-1}$                  |                     | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot К^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$                     |      |      |
|      |   |  |   | I                         | VI                  |   |   |      |      |
| 195  | —   | —  | —                                       | —                         | —                   | —                                       |   |      |      |
| 293  | 0,555   | 11,0   | 41,8                                    | 54,4                      | 11,0                | 0,502                                   | 0,505   | 25,1 | 20,0 |

Примечание. I — чугун марки СЧ10; химический состав, %: Fe осн.; С 3,0—3,5; Cr  $\leq 0,15$ ; Mn 0,6—1,0; Ni  $\leq 0,50$ ; P  $\leq 0,6$ ; S  $\leq 0,15$ ; Si 1,8—2,4; образцы литые, нормализованные; II — чугун марки СЧ 30; химический состав, %: Fe осн.; С 2,7—3,0; Cr  $\leq 0,30$ ; Mn 0,8—1,2; Ni  $\leq 0,50$ ; P  $\leq 0,20$ ; S  $\leq 0,12$ ; Si 1,1—1,5; образцы литые, нормализованные; III — белый чугун; образцы сырые; IV — чугун марки АВЧ-1; химический состав, %: Fe осн.; С 2,8—3,5; Si  $\leq 0,7$ ; Mg  $\leq 0,03$ ; Mn 0,5—1,2; P  $\leq 0,20$ ; S  $\leq 0,03$ ; Si 1,8—2,5; образцы каленые; V — чугун марки АЧК-1; химический состав, %: Fe осн.; С 2,6—3,0; Cr  $\leq 0,06$ ; Mn 0,3—0,6; P  $\leq 0,15$ ; S  $\leq 0,12$ ; Si 0,8—1,3; образцы каленые; VI — чугун марки ЖЧН15Д7Х2; химический состав, %: Fe осн.; С 2,5—3,0; Cr 1,5—2,5; Si 6—8,5; Mn 0,5—1,2; Ni 14—17; P  $\leq 0,3$ ; S 1,5—3,0; Si  $\leq 0,08$ ; образцы каленые.

7. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ , углеродистых сталей [114]

| T, K | I    | II   | T, K | I    | II   | T, K | I    | II   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 80   | 4,50 | 4,10 | 160  | 8,88 | 8,37 | 240  | 10,9 | 10,0 |
| 90   | 4,57 | 4,15 | 170  | 9,20 | 8,60 | 250  | 11,0 | 10,2 |
| 100  | 5,50 | 4,90 | 180  | 9,56 | 8,87 | 260  | 11,2 | 10,3 |
| 110  | 6,20 | 5,45 | 190  | 9,80 | 9,05 | 273  | 11,4 | 10,5 |
| 120  | 6,97 | 6,30 | 200  | 10,1 | 9,30 | 280  | 11,5 | 10,6 |
| 130  | 7,50 | 6,83 | 210  | 10,3 | 9,50 | 293  | 11,7 | 10,8 |
| 140  | 8,03 | 7,56 | 220  | 10,5 | 9,69 | 300  | 11,8 | 10,9 |
| 150  | 8,25 | 8,00 | 230  | 10,7 | 9,90 |      |      |      |

Примечание. Материал — углеродистые стали марок Ст3кп (I) и 50 (II).



Продолжение табл. 7

Химический состав, %:

| Элемент | I     |      | II    |      | Элемент | I      |      | II     |      |
|---------|-------|------|-------|------|---------|--------|------|--------|------|
|         | min   | max  | min   | max  |         | min    | max  | min    | max  |
| C       | 0,14  | 0,22 | 0,47  | 0,55 | Mn      | 0,40   | 0,65 | 0,50   | 0,80 |
| Cr      | ≤0,30 |      | ≤0,25 |      | Ni      | ≤0,30  |      | ≤0,25  |      |
| Cu      | ≤0,30 |      | ≤0,25 |      | P       | ≤0,045 |      | ≤0,040 |      |
| Fe      | Осн.  |      | Осн.  |      | S       | ≤0,055 |      | ≤0,040 |      |
|         |       |      |       |      | Si      | 0,12   | 0,30 | 0,17   | 0,37 |

Образцы подвергали горячей прокатке. Метод измерения  $\alpha$  — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 1$  %).

### 8. Теплопроводность, удельная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения некоторых углеродистых сталей [114, 141]

| Марка стали | T, K | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | Марка стали | T, K | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|-------------|------|---|--|---------------------------------------|-------------|------|---|--|---------------------------------------|
|             |      |   |  |                                       |             |      |   |  |                                       |
| 08кп        | 273  | 59,4  | —  | —                                     | 35кп        | 273  | 51,7  | —  | —                                     |
|             |      |   |  |                                       |             | 300  | 48,1  | 0,452  | 10,9                                  |
| 20кп        | 273  | 51,7  | —  | —                                     | 40кп        | 273  | 51,8  | —  | —                                     |
|             |      |   |  |                                       |             | 300  | 48,0  | 0,461  | 10,5                                  |
| 25кп        | 273  | 51,6  | —  | —                                     | 45кп        | 273  | 51,7  | —  | —                                     |
|             |      |   |  |                                       |             | 300  | 48,0  | 0,469  | 11,7                                  |

Примечание. Материал — углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества и качественные с нормальным содержанием марганца.

Химический состав сталей (по номиналу), %:

| Элемент | 08кп      | 20кп      | 25кп      | 35кп      | 40кп      | 45кп      |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| C       | 0,05—0,12 | 0,17—0,24 | 0,22—0,30 | 0,32—0,40 | 0,37—0,45 | 0,42—0,50 |
| Cr      | ≤0,10     | ≤0,25     | ≤0,25     | ≤0,25     | ≤0,25     | ≤0,25     |
| Cu      | ≤0,25     | ≤0,25     | ≤0,25     | ≤0,25     | ≤0,25     | ≤0,25     |
| Mn      | 0,35—0,65 | 0,25—0,65 | 0,50—0,80 | 0,50—0,80 | 0,50—0,80 | 0,50—0,80 |
| Ni      | ≤0,25     | ≤0,25     | ≤0,25     | ≤0,25     | ≤0,25     | ≤0,25     |
| P       | ≤0,035    | ≤0,040    | ≤0,040    | ≤0,040    | ≤0,040    | ≤0,040    |
| S       | ≤0,040    | ≤0,040    | ≤0,040    | ≤0,040    | ≤0,040    | ≤0,040    |
| Si      | 0,17—0,37 | 0,17—0,37 | 0,17—0,37 | 0,17—0,37 | 0,17—0,37 | 0,17—0,37 |
| Fe      | Осн.      | Осн.      | Осн.      | Осн.      | Осн.      | Осн.      |

Измерения проводили на закаленных образцах стали 45 кп на горячекатаных для всех других марок сталей. Методы измерения:  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 5$  %);  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 5$  %);  $\alpha$  — относительным, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3$  %).

### 9. Удельная теплоемкость, теплопроводность и средний температурный коэффициент линейного расширения некоторых штамповых сталей [62, 127]

| T, K | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |       |       |                                       |       |       |       | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |       |       |      |
|------|--|-------|-------|---------------------------------------|-------|-------|-------|---|-------|-------|------|
|      | I  | II    | III   | IV                                    | V     | VI    | VII   | I   | II    | III   | IV   |
|      |  |       |       |                                       |       |       |       |   |       |       |      |
| 270  | 0,389  | 0,394 | 0,384 | 0,381                                 | 0,394 | 0,389 | 0,394 | 31,2  | 25,2  | 21,4  | 34,6 |
| 275  | 0,393  | 0,396 | 0,388 | 0,383                                 | 0,396 | 0,393 | 0,395 | 31,5  | 25,3  | 21,5  | 34,7 |
| 280  | 0,397  | 0,398 | 0,392 | 0,385                                 | 0,398 | 0,397 | 0,396 | 31,6  | 25,4  | 21,8  | 34,8 |
| 285  | 0,401  | 0,400 | 0,396 | 0,387                                 | 0,400 | 0,401 | 0,397 | 31,9  | 25,5  | 22,1  | 34,9 |
| 290  | 0,405  | 0,402 | 0,400 | 0,389                                 | 0,402 | 0,405 | 0,399 | 32,0  | 25,6  | 22,2  | 35,0 |
| 295  | 0,409  | 0,404 | 0,404 | 0,391                                 | 0,404 | 0,409 | 0,401 | 32,1  | 25,7  | 22,5  | 35,0 |
| 300  | 0,413  | 0,406 | 0,408 | 0,393                                 | 0,406 | 0,413 | 0,403 | 32,2  | 25,8  | 22,8  | 35,1 |
| T, K | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>            |       |       | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |       |       |       |   |       |       |      |
|      | V  | VI    | VII   | I                                     | II    | III   | IV    | V   | VI    | VII   |      |
| 270  | 30,1   | 24,1  | 21,5  | 10,55                                 | 11,32 | 11,06 | 11,04 | 9,92  | 10,90 | 11,40 |      |
| 275  | 30,4   | 24,2  | 21,6  | 10,56                                 | 11,34 | 11,14 | 11,12 | 9,94  | 11,02 | 11,40 |      |
| 280  | 30,5   | 24,5  | 21,9  | 10,57                                 | 11,36 | 11,22 | 11,20 | 9,96  | 11,14 | 11,40 |      |
| 285  | 30,8   | 24,6  | 22,2  | 10,58                                 | 11,38 | 11,30 | 11,28 | 9,98  | 11,26 | 11,40 |      |
| 290  | 30,9   | 24,9  | 22,3  | 10,59                                 | 11,40 | 11,38 | 11,36 | 10,00   | 11,38 | 11,40 |      |
| 295  | 31,0   | 25,0  | 22,6  | 10,60                                 | 11,42 | 11,46 | 11,44 | 10,02   | 11,50 | 11,40 |      |
| 300  | 31,1   | 25,1  | 22,9  | 10,61                                 | 11,44 | 11,54 | 11,52 | 10,04   | 11,62 | 11,40 |      |

Примечание. I — 3X3M3Ф; II — 4X4BMФС (ДИ-22); III — 4X5MФ1С (ЭП-572); IV — 3X2B8Ф; V — 3X3M3ФШ; VI — 4X4BMФСШ; VII — 4X5MФ1СШ.

Химический состав сталей I—VII соответствует ГОСТ 5950—73\*.

Методы измерения:  $c_p$  — адиабатическим калориметром; образец в виде цилиндрического проводника диаметром 2 мм, длиной 450 мм, предварительно отожженный при давлении  $1,33 \cdot 10^{-3}$  Па по режиму 1023 К, 1 ч;  $c_p$  определяли из уравнения теплового баланса рабочего участка образца (погрешность измерения  $\pm 1$  %);  $\lambda$  — расчетным путем по известным значениям удельной теплоемкости и электропроводности (погрешность от  $\pm 5$  до  $\pm 15$  %);  $\alpha$  — на основании измеренного с помощью катетометра абсолютного удлинения; образцы — проволочные (диаметр 2 мм, длина 400 мм), предварительно отожженные при давлении  $1,33 \cdot 10^{-3}$  Па по режиму 1003 К, 1 ч (погрешность измерения  $\pm 4$  %).

10. Температурный коэффициент линейного расширения, температуропроводность, удельная теплоемкость и теплопроводность стали ШХ15 [64]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $a \cdot 10^8, m^2 \cdot c^{-1}$ |       | $c_p, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ |       | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |      |
|------|-----------------------------|----------------------------------|-------|--------------------------------------|-------|---|------|
|      | I                           | I                                | II    | I                                    | II    | I                                       | II   |
| 270  | 8,85                        | 0,900                            | 0,800 | 0,455                                | 0,482 | 28,5                                    | 31,0 |
| 280  | 9,10                        | 0,895                            | 0,807 | 0,462                                | 0,500 | 29,0                                    | 31,5 |
| 290  | 9,25                        | 0,885                            | 0,812 | 0,470                                | 0,515 | 29,5                                    | 32,0 |
| 300  | 9,40                        | 0,862                            | 0,815 | 0,480                                | 0,535 | 30,0                                    | 32,5 |

Примечание. Материал — хромистая заэвтектоидная сталь ШХ15. Химический состав, %: С 1,02; Cr 1,40; Mn 0,31; Si 0,22; Cu 0,10; Ni 0,086; S 0,002; P 0,019; Fe ост. I — образцы вытачивали из общей заготовки со структурой зернистого перлита I балла; II — для получения структуры мелкопластинчатого перлита часть образцов подвергали нормализации по режиму: нагревание до 1203—1253 К, выдержка 30 мин, охлаждение на воздухе.

Методы измерения:  $\alpha$  — дифференциальным dilatометром; образцы цилиндрические диаметром 11 мм, длиной 65 мм (погрешность измерения  $\pm 3\%$ );  $c_p$  — дифференцированием температурной зависимости энтальпии (погрешность измерения  $\pm 2\%$ );  $a$  — методом регулярного теплового режима; образцы в виде дисков, диаметр 36 и 60 мм (приведены значения  $a$ , представляющие средние арифметические величины, полученные при измерении на обоих типах дисков); погрешность измерения  $\pm 5\%$ ;  $\lambda$  — вычисляли на основании известных значений температуропроводности, удельной теплоемкости и плотности; погрешность измерения  $\pm 15\%$ .

11. Удельная теплоемкость, температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность стали 00X18H20C3M3ДЗБ [147]

| T, K | $c_p, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | T, K | $c_p, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |
|------|--------------------------------------|-----------------------------|---|------|--------------------------------------|-----------------------------|---|
| 10   | 6,01                                 | -0,25                       | 0,90                                    | 160  | 378                                  | 13,00                       | 8,0                                     |
| 20   | 13,2                                 | -0,01                       | 1,5                                     | 170  | 389                                  | 13,42                       | 8,2                                     |
| 30   | 27,8                                 | 0,61                        | 2,1                                     | 180  | 400                                  | 13,85                       | 8,5                                     |
| 40   | 54,1                                 | 1,45                        | 3,5                                     | 190  | 407                                  | 14,10                       | 8,8                                     |
| 50   | 89,1                                 | 2,84                        | 4,0                                     | 200  | 414                                  | 14,30                       | 9,0                                     |
| 60   | 127                                  | 4,80                        | 4,7                                     | 210  | 422                                  | 14,52                       | 9,1                                     |
| 70   | 165                                  | 5,95                        | 5,0                                     | 220  | 430                                  | 14,75                       | 9,2                                     |
| 80   | 202                                  | 6,90                        | 5,5                                     | 230  | 436                                  | 14,90                       | 9,3                                     |
| 90   | 234                                  | 7,95                        | 6,0                                     | 240  | 442                                  | 15,15                       | 9,4                                     |
| 100  | 263                                  | 8,90                        | 6,4                                     | 250  | 446                                  | 15,33                       | 9,5                                     |
| 110  | 287                                  | 9,70                        | 6,7                                     | 260  | 450                                  | 15,50                       | 9,6                                     |
| 120  | 311                                  | 10,50                       | 7,0                                     | 270  | 454                                  | 15,60                       | 9,7                                     |
| 130  | 330                                  | 11,20                       | 7,2                                     | 280  | 458                                  | 15,70                       | 9,8                                     |
| 140  | 348                                  | 11,90                       | 7,2                                     | 290  | 462                                  | 15,75                       | 9,9                                     |
| 150  | 363                                  | 12,45                       | 7,8                                     | 300  | 465                                  | 15,80                       | 9,9                                     |

Примечание. Материал — деформируемая аустенитная коррозионно-стойкая сталь, предназначенная для изготовления кислотостойкой и жаростойкой аппаратуры.

Химический состав стали, %: С  $\leq 0,06$ ; Cr 16,0—20,0; Ni 18,0—20,0; Si 2,0—4,0; Mo 2,0—3,5; Cu 2,0—3,0; Nb 0,1—0,6; Zr  $\leq 0,3$ ; Mn  $\leq 0,8$ ; S  $\leq 0,02$ ; P  $\leq 0,02$ . Образцы термически обработаны (закалка в воде при температуре от 1323 до 1373 К); плотность 7828 кг·м<sup>-3</sup>.

12. Температурный коэффициент линейного расширения марганцовистой стали 20Г [114]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |
|------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|-----------------------------|
| 30   | 0,30                        | 130  | 7,50                        | 220  | 10,6                        |
| 40   | 0,70                        | 140  | 8,01                        | 230  | 10,7                        |
| 50   | 1,80                        | 150  | 8,40                        | 240  | 10,9                        |
| 60   | 2,70                        | 160  | 8,80                        | 250  | 11,0                        |
| 70   | 3,50                        | 170  | 9,20                        | 260  | 11,2                        |
| 80   | 4,20                        | 180  | 9,40                        | 273  | 11,4                        |
| 90   | 5,02                        | 190  | 9,70                        | 280  | 11,6                        |
| 100  | 5,80                        | 200  | 10,0                        | 293  | 11,8                        |
| 110  | 6,30                        | 210  | 10,3                        | 300  | 11,9                        |
| 120  | 6,90                        |      |                             |      |                             |

Примечание. Материал — углеродистая качественная конструкционная сталь 20Г с повышенным содержанием марганца. Химический состав стали (по номиналу), %: С 0,17—0,24; Cr  $\leq 0,25$ ; Cu  $\leq 0,25$ ; Mn 0,70—1,0; Ni  $\leq 0,25$ ; P  $\leq 0,04$ ; S  $\leq 0,04$ ; Si 0,17—0,37; Fe ост. Образцы изготавливали из горячекатаных заготовок.

Метод измерения  $\alpha$  — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра. Погрешность измерения  $\pm 5\%$ .

Для сталей того же класса марок 30Г и 65Г (образцы изготавливали из горячекатаных заготовок): 30Г — при 170 К  $\alpha = 12,6 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ; 65Г — при 300 К  $\alpha = 11,0 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ;  $c_p = 454 Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ ;  $\lambda = 45,0 Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ .

Химический состав (по номиналу), %: стали 30Г — С 0,27—0,35; Cr  $\leq 0,25$ ; Cu  $\leq 0,25$ ; Mn 0,70—1,0; Ni  $\leq 0,25$ ; P  $\leq 0,04$ ; S  $\leq 0,04$ ; Si 0,17—0,37; Fe ост.; стали 65Г — С 0,62—0,70; Cr  $\leq 0,25$ ; Cu  $\leq 0,25$ ; Mn 0,90—1,2; Ni  $\leq 0,25$ ; P  $\leq 0,04$ ; S  $\leq 0,04$ ; Si 0,17—0,37; Fe ост.

13. Удельная теплоемкость, теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения углеродистых сталей для отливок при 300 К [114]

| Марка стали | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | Марка стали | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |
|-------------|--|---|-----------------------------|-------------|--|---|-----------------------------|
| 15Л         | 0,457  | 45,5                                    | 10,8                        | 40Л         | 0,457  | 45,4                                    | 10,7                        |
| 20Л         | 0,457  | 45,5                                    | 10,8                        | 45Л         | 0,458  | 45,5                                    | 10,6                        |
| 25Л         | 0,456  | 45,4                                    | 10,7                        | 50Л         | 0,457  | 45,4                                    | 10,8                        |
| 30Л         | 0,458  | 45,4                                    | 10,7                        | 55Л         | 0,456  | 45,5                                    | 10,7                        |
| 35Л         | 0,456  | 45,3                                    | 10,8                        |             |  |   |                             |

Продолжение табл. 13

Примечание. Химический состав сталей для отливок (по номиналу), %:

| Марка стали | C         | Mn        | P     | S      | Si        | Fe   |
|-------------|-----------|-----------|-------|--------|-----------|------|
| 15Л         | 0,12—0,20 | 0,35—0,65 | ≤0,05 | ≤0,045 | 0,17—0,37 | Осн. |
| 20Л         | 0,17—0,25 | 0,35—0,65 | ≤0,05 | ≤0,045 | 0,17—0,37 | Осн. |
| 25Л         | 0,22—0,30 | 0,50—0,80 | ≤0,05 | ≤0,045 | 0,17—0,37 | Осн. |
| 30Л         | 0,27—0,35 | 0,50—0,80 | ≤0,05 | ≤0,045 | 0,17—0,37 | Осн. |
| 35Л         | 0,32—0,45 | 0,50—0,80 | ≤0,05 | ≤0,045 | 0,17—0,37 | Осн. |
| 40Л         | 0,42—0,50 | 0,50—0,80 | ≤0,05 | ≤0,045 | 0,17—0,37 | Осн. |
| 45Л         | 0,47—0,50 | 0,50—0,80 | ≤0,05 | ≤0,045 | 0,17—0,37 | Осн. |
| 50Л         | 0,47—0,55 | 0,50—0,80 | ≤0,05 | ≤0,045 | 0,17—0,37 | Осн. |
| 55Л         | 0,52—0,60 | 0,50—0,80 | ≤0,05 | ≤0,045 | 0,17—0,37 | Осн. |

Образцы всех марок сталей отжигали.  
 Методы измерения:  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения ±10%);  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения ±5%);  $\alpha$  — относительным, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения ±5%).

#### 14. Удельная теплоемкость, теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения легированных конструкционных хромистых сталей [114, 141]

| Марка стали | T, K | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | Марка стали | T, K | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|-------------|------|--|---|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------|------|--|---|---------------------------------------|---------------------------------------|
|             |      |  |   |                                       |                                       |             |      |  |   |                                       |                                       |
| 15X         | 300  | 0,452  | 39,0  | —                                     | 10,0                                  | 30X         | 273  | —  | 47,6  | —                                     | —                                     |
| 15XA        | 300  | 0,450  | 39,1  | —                                     | 10,1                                  |             |      |  |   |                                       |                                       |
| 20X         | 223  | —  | —   | 10,5                                  | —                                     | 40X         | 223  | —  | —   | 11,1                                  | —                                     |
|             | 300  | 0,451  | 39,2  | —                                     | 10,0                                  |             |      |  |   |                                       |                                       |

Примечание. Химический состав сталей (по номиналу), %:

| Элемент | 15X       | 15XA      | 20X       | 30X       | 40X       |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| C       | 0,12—0,18 | 0,12—0,17 | 0,17—0,23 | 0,25—0,33 | 0,36—0,44 |
| Cr      | 0,7—1,0   | 0,70—1,0  | 0,70—1,0  | 0,80—1,10 | 0,80—1,10 |
| Cu      | ≤0,20     | ≤0,20     | ≤0,20     | ≤0,20     | ≤0,20     |
| Mn      | 0,40—0,70 | 0,40—0,70 | 0,50—0,80 | 0,50—0,80 | 0,50—0,80 |
| Ni      | ≤0,25     | ≤0,25     | ≤0,25     | ≤0,25     | ≤0,25     |
| P       | ≤0,035    | ≤0,035    | ≤0,035    | ≤0,035    | ≤0,035    |
| S       | ≤0,035    | ≤0,035    | ≤0,035    | ≤0,035    | ≤0,035    |
| Si      | 0,17—0,37 | 0,17—0,37 | 0,17—0,37 | 0,17—0,37 | 0,17—0,37 |
| Fe      | Осн.      | Осн.      | Осн.      | Осн.      | Осн.      |

Измерение проводили на закаленных образцах. Методы измерения:  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения ±5%);  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения ±3%);  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения ±5%).

#### 15. Теплопроводность, удельная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения углеродистых высококачественных сталей У8 и У12 небольшой прокаливаемости [114, 141]

| T, K | У12   | У8   |                                       |      |
|------|---|--|---------------------------------------|------|
|      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |      |
| 273  | 45,1  | 49,7   | —                                     |      |
| 300  | —   | 50,0   | 0,462                                 | 11,9 |

Примечание. Химический состав сталей (по номиналу), %:

| Элемент | У12       | У8        | Элемент | У12       | У8        |
|---------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|
| C       | 1,15—1,24 | 0,75—0,84 | Mn      | 0,15—0,35 | 0,15—0,30 |
| Cr      | ≤0,20     | ≤0,15     | Ni      | ≤0,035    | ≤0,20     |
| Cu      | ≤0,030    | ≤0,20     | P       | ≤0,035    | ≤0,030    |
| Fe      | Осн.      | Осн.      | S       | ≤0,030    | ≤0,025    |
|         |           |           | Si      | 0,15—0,30 | 0,15—0,30 |

Измерения проводили на закаленных образцах.  
 Методы измерения:  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения ±5%);  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения ±5%);  $\alpha$  — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения ±5%).

#### 16. Удельная теплоемкость электротехнической листовой стали [114, 141]

| T, K | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|--|------|--|------|--|
| 70   | 0,356  | 140  | 0,385  | 210  | 0,412  |
| 80   | 0,358  | 150  | 0,389  | 220  | 0,417  |
| 90   | 0,361  | 160  | 0,392  | 230  | 0,420  |
| 100  | 0,365  | 170  | 0,395  | 240  | 0,424  |
| 110  | 0,368  | 180  | 0,398  | 250  | 0,426  |
| 120  | 0,374  | 190  | 0,403  | 260  | 0,427  |
| 130  | 0,381  | 200  | 0,408  | 270  | 0,428  |

Примечание. Материал — низкоуглеродистая электротехническая сталь с повышенным содержанием кремния. Химический состав стали (по номиналу), %: C 0,005; Mn 0,1; P ≤ 0,01; S ≤ 0,003; Si 3,0; Fe осн. Образцы холоднокатаные. Метод измерения  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения ±3%). Для стали указанного химического состава  $\alpha = 11,6 \cdot 10^{-6}$  К<sup>-1</sup> при 273 К;  $\lambda = 74,1$  Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup> при 293 К.



17. Теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения некоторых низкоуглеродистых электротехнических сталей [114, 141]

| T, К | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |      |      | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|------|---|------|------|---------------------------------------|
|      | I   | II   | III  |                                       |
| 273  | 37,7  | 79,6 | —    | —                                     |
| 293  | —   | —    | 48,1 | 11,0                                  |

Примечание. I — листовая сталь с повышенным содержанием кремния; химический состав стали (по номиналу), %: С 0,03; Mn 0,2; P  $\leq$  0,01; S  $\leq$  0,01; Si 3,0; Fe осн.; образцы холоднокатаные; II — листовая сталь с повышенным содержанием кремния; химический состав стали (по номиналу), %: С 0,05; Mn 0,2; P  $\leq$  0,02; S  $\leq$  0,02; Si 1,1—1,3; Fe осн.; образцы горячекатаные; III — проволока (для проводов и кабелей) оцинкованная; химический состав не приводится.  
Методы измерения:  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 5$  %);  $\alpha$  — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3$  %).

18. Теплопроводность, удельная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения некоторых марок хромомолибденовых сталей [114, 141]

| T, К | 15ХМ  |  | 30ХМ                                  |   | 30ХМА  |                                       | 35ХМ  |  |
|------|---|--|---------------------------------------|---|--|---------------------------------------|---|--|
|      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
| 273  | 44,9  | —  | —                                     | 44,9  | —  | —                                     | 44,9  | —  |
| 300  | 41,8  | 0,460  | 11,3                                  | 38,6  | 0,461  | 0,463                                 | 39,8  | 0,463  |

Примечание. Хромомолибденовые стали применяют для деталей, требующих повышенной вибропрочности. Химический состав сталей (по номиналу), %:

| Элемент | 15ХМ         | 30ХМ         | 30ХМА        | 35ХМ         |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| С       | 0,11—0,18    | 0,26—0,34    | 0,26—0,33    | 0,32—0,40    |
| Cr      | 0,80—1,10    | 0,80—1,10    | 0,80—1,10    | 0,80—1,10    |
| Cu      | $\leq 0,20$  | $\leq 0,20$  | $\leq 0,20$  | $\leq 0,20$  |
| Fe      | Осн.         | Осн.         | Осн.         | Осн.         |
| Mn      | 0,40—0,70    | 0,40—0,70    | 0,40—0,70    | 0,40—0,70    |
| Mo      | 0,40—0,55    | 0,15—0,25    | 0,15—0,25    | 0,15—0,25    |
| Ni      | $\leq 0,25$  | $\leq 0,25$  | $\leq 0,25$  | $\leq 0,25$  |
| P       | $\leq 0,035$ | $\leq 0,035$ | $\leq 0,035$ | $\leq 0,035$ |
| S       | $\leq 0,035$ | $\leq 0,035$ | $\leq 0,035$ | $\leq 0,035$ |
| Si      | 0,17—0,37    | 0,17—0,37    | 0,17—0,37    | 0,17—0,37    |

Методы измерения:  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 5$  %);  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 5$  %);  $\alpha$  — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3$  %). Измерения производили на закаленных образцах

19. Температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность высоколегированных сталей 0ХН3М, Х15Н24Т2 и 07Х21Г7АН5 [22]

| T, К | 0ХН3М               |                           | Х15Н24Т2            |                           | 07Х21Г7АН5          |                           | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---|
|      | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ |   |
|      | К <sup>-1</sup>     |                           |                     |                           |                     |                           |   |
| 10   | —                   | —                         | —                   | —                         | —                   | —                         | 1,70  |
| 20   | —                   | —                         | —                   | —                         | —                   | 9,30                      | 3,50  |
| 30   | —                   | —                         | —                   | —                         | —                   | 9,60                      | 4,80  |
| 40   | —                   | —                         | —                   | —                         | —                   | 10,0                      | 5,90  |
| 50   | —                   | —                         | —                   | —                         | —                   | 10,4                      | 6,65  |
| 60   | —                   | —                         | —                   | —                         | —                   | 11,0                      | 7,40  |
| 70   | 5,00                | 9,30                      | 3,60                | 11,8                      | 3,05                | 11,5                      | 8,75  |
| 80   | 5,90                | 9,35                      | 4,15                | 12,1                      | 3,75                | 11,7                      | 10,2  |
| 90   | 6,85                | 9,40                      | 4,90                | 12,4                      | 4,65                | 12,0                      | —   |
| 100  | 7,60                | 9,45                      | 5,85                | 12,7                      | 5,75                | 12,4                      | —   |
| 110  | 8,25                | 9,50                      | 6,85                | 13,1                      | 6,65                | 12,8                      | —   |
| 120  | 8,35                | 9,55                      | 7,65                | 13,4                      | 7,65                | 13,3                      | —   |
| 130  | 8,45                | 9,60                      | 8,42                | 13,8                      | 8,55                | 13,7                      | —   |
| 140  | 8,65                | 9,65                      | 9,15                | 14,1                      | 9,35                | 14,0                      | —   |
| 150  | 8,75                | 9,70                      | 9,85                | 14,3                      | 10,3                | 14,2                      | —   |
| 160  | 8,85                | 9,80                      | 10,7                | 14,6                      | 11,0                | 14,4                      | —   |
| 170  | 8,95                | 9,90                      | 11,6                | 14,9                      | 11,7                | 14,6                      | —   |
| 180  | 9,05                | —                         | 12,5                | 14,9                      | 12,3                | 14,6                      | —   |
| 190  | 9,25                | —                         | 13,4                | 15,0                      | 12,8                | 14,7                      | —   |
| 200  | 9,45                | —                         | 14,3                | 15,1                      | 13,3                | 14,8                      | —   |
| 210  | 9,65                | —                         | 14,9                | 15,4                      | 13,7                | 14,9                      | —   |
| 220  | 9,75                | —                         | 15,3                | 15,7                      | 14,0                | 14,9                      | —   |
| 230  | 9,90                | —                         | 15,5                | 15,8                      | 14,3                | 15,0                      | —   |
| 240  | 10,2                | —                         | 15,6                | 15,9                      | 14,6                | 15,0                      | —   |
| 250  | 10,4                | —                         | 15,7                | 15,9                      | 14,8                | 15,1                      | —   |
| 260  | 10,6                | —                         | 15,8                | 16,0                      | 15,0                | 15,3                      | —   |
| 273  | 10,9                | —                         | 15,9                | 16,1                      | 15,2                | 15,5                      | —   |
| 280  | 11,1                | —                         | 16,0                | 16,2                      | 15,3                | 15,5                      | —   |
| 293  | 11,5                | —                         | 16,2                | —                         | 15,6                | —                         | —   |
| 300  | 11,6                | —                         | 16,4                | 16,3                      | 15,7                | 15,6                      | 17,2  |

Примечание. Образцы закаливали.  
Методы измерения:  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 5$  %);  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 5$  %).

Для стали 0ХН3М при 80 К  $\lambda = 6,02$  Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;  $c_p = 149$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>; при 293 К  $c_p = 485$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>.

Для стали Х15Н24Т2 при 80 К  $c_p = 209$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>; при 293 К  $c_p = 560$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>.



21. Теплопроводность высоколегированной коррозионно-стойкой стали 12X18H9T при глубоком охлаждении [164]

| T, K | $\lambda \cdot 10^{-2}$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $\lambda \cdot 10^{-2}$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $\lambda \cdot 10^{-2}$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|---|------|---|------|---|
| 0,3  | 1,47·10 <sup>-4</sup>   | 0,8  | 4,30·10 <sup>-4</sup>   | 1,3  | 7,34·10 <sup>-4</sup>   |
| 0,4  | 2,03·10 <sup>-4</sup>   | 0,9  | 4,90·10 <sup>-4</sup>   | 1,4  | 7,96·10 <sup>-4</sup>   |
| 0,5  | 2,57·10 <sup>-4</sup>   | 1,0  | 5,55·10 <sup>-4</sup>   | 1,5  | 8,59·10 <sup>-4</sup>   |
| 0,6  | 3,14·10 <sup>-4</sup>   | 1,1  | 6,11·10 <sup>-4</sup>   | 2,0  | 1,18·10 <sup>-3</sup>   |
| 0,7  | 3,72·10 <sup>-4</sup>   | 1,2  | 6,72·10 <sup>-4</sup>   |      |   |

Примечание. Химический состав стали (по номиналу), %: С ≤ 0,14; Cr 17,0—20,0; Mn 1,0—2,0; W 8,0—11,0; P ≤ 0,035; S ≤ 0,030; Si ≤ 1,0; Fe осн.  
Образцы закачивали при 1323—1373 К. В диапазоне температур 0,3—2,0 К зависимость  $\lambda$  от температуры имеет вид  $\lambda = 5,55 \cdot 10^{-2} \cdot T^{1,1}$ , (погрешность измерения ± 5 %).

22. Удельная теплоемкость  $c_p$ , Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, коррозионно-стойких сталей AISI различных типов при глубоком охлаждении [216]

| T, K | I     | II    | T, K | I    | II   | T, K | I    | II   |
|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 2    | 0,936 | 0,843 | 9    | 4,43 | 4,06 | 15   | 8,23 | 7,70 |
| 3    | 1,41  | 1,27  | 10   | 4,99 | 4,59 | 16   | 9,00 | 8,45 |
| 4    | 1,89  | 1,70  | 11   | 5,57 | 5,14 | 17   | 9,83 | 9,25 |
| 5    | 2,37  | 2,15  | 12   | 6,18 | 5,73 | 18   | 10,7 | 10,1 |
| 6    | 2,87  | 2,60  | 13   | 6,82 | 6,35 | 19   | 11,7 | 11,0 |
| 7    | 3,37  | 3,07  | 14   | 7,51 | 7,00 | 20   | 12,7 | 12,0 |
| 8    | 3,89  | 3,56  |      |      |      |      |      |      |

Примечание. I — тип 304, II — тип 304L; состояние поставки. Химический состав сталей, %:

| Тип | C     | Mn    | P     | S     | Si    | Cr    | Ni   | N     | Mo   | Co   | Fe   |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|------|
| I   | 0,061 | 0,820 | 0,020 | 0,017 | 0,590 | 18,30 | 8,45 | —     | —    | —    | Осн. |
| II  | 0,030 | 1,430 | 0,025 | 0,013 | 0,031 | 18,50 | 8,75 | 0,061 | 0,29 | 0,18 | Осн. |

Образцы цилиндрические (диаметр 22,2 мм, длина 25,4 мм), масса образца 0,08 кг; термообработка не подвергалась. Метод измерения  $c_p$  — адиабатическим калориметром (погрешность измерения ± 1 %).

23. Удельная теплоемкость  $c_p$ , Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, некоторых марок коррозионно-стойких сталей зарубежных фирм [209]

| T, K | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | XIII | XIV  | XV   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 4    | 2,00 | 2,31 | 2,27 | 2,02 | 2,19 | 2,25 | 1,92 | 2,24 | 2,24 | 1,81 | 2,19 | 1,96 | 2,24 | 1,64 | 1,94 |
| 5    | 2,52 | 2,85 | 2,80 | 2,54 | 2,72 | 2,78 | 2,36 | 2,71 | 2,71 | 2,28 | 2,62 | 2,46 | 2,75 | 2,07 | 2,44 |
| 6    | 3,05 | 3,40 | 3,30 | 3,07 | 3,26 | 3,31 | 2,81 | 3,19 | 3,19 | 2,76 | 3,06 | 2,97 | 3,27 | 2,52 | 2,95 |
| 7    | 3,58 | 3,96 | 3,89 | 3,61 | 3,81 | 3,86 | 3,28 | 3,68 | 3,68 | 3,26 | 3,50 | 3,49 | 3,80 | 2,98 | 3,47 |
| 8    | 4,14 | 4,54 | 4,53 | 4,17 | 4,37 | 4,42 | 3,77 | 4,18 | 4,18 | 3,77 | 3,96 | 4,03 | 4,35 | 3,46 | 4,01 |
| 9    | 4,70 | 5,13 | 5,16 | 4,75 | 4,94 | 4,99 | 4,24 | 4,69 | 4,69 | 4,31 | 4,43 | 4,57 | 4,92 | 3,97 | 4,57 |
| 10   | 5,29 | 5,75 | 5,78 | 5,35 | 5,52 | 5,57 | 4,75 | 5,21 | 5,21 | 4,87 | 4,91 | 5,14 | 5,51 | 4,49 | 5,15 |
| 12   | 6,52 | 6,96 | 6,96 | 6,62 | 6,71 | 6,81 | 5,81 | 6,25 | 6,25 | 6,00 | 6,06 | 6,34 | 6,66 | 5,56 | 6,34 |
| 14   | 7,83 | 8,35 | 8,36 | 7,92 | 8,02 | 8,08 | 6,93 | 7,27 | 7,27 | 7,25 | 6,94 | 7,66 | 7,95 | 6,76 | 7,64 |
| 16   | 9,23 | 9,86 | 9,79 | 9,48 | 9,44 | 9,52 | 8,18 | 8,62 | 8,62 | 8,70 | 8,22 | 9,20 | 9,38 | 8,16 | 9,14 |
| 18   | 10,9 | 11,4 | 11,4 | 11,4 | 11,1 | 11,2 | 9,70 | 10,4 | 10,4 | 10,4 | 9,74 | 11,0 | 11,0 | 9,81 | 10,9 |
| 20   | 13,0 | 13,7 | 13,4 | 13,5 | 13,1 | 13,1 | 11,5 | 12,4 | 12,4 | 12,4 | 11,5 | 12,9 | 12,9 | 11,7 | 12,9 |
| 25   | 19,4 | 20,0 | 19,7 | 19,9 | 19,3 | 19,3 | 17,4 | 18,0 | 18,0 | 18,7 | 17,3 | 19,2 | 18,9 | 17,9 | 19,4 |
| 30   | 27,6 | 28,6 | 28,8 | 28,5 | 27,8 | 28,3 | 26,3 | 26,8 | 26,8 | 27,9 | 25,5 | 27,6 | 27,8 | 27,2 | 27,6 |

Примечание. Химический состав сталей, %:

| Тип  | Cr   | Ni   | Mn  | Cu  | Mo | Ti | Fe   | Тип  | Cr   | Ni   | Mn  | Cu  | Mo  | Ti   | Fe   |
|------|------|------|-----|-----|----|----|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|
| I    | 11,6 | 12,0 | 1,0 | 0,6 | —  | —  | Осн. | IX   | 24,1 | 19,6 | 1,0 | 0,6 | —   | —    | Осн. |
| II   | 11,8 | 16,0 | 1,1 | 0,6 | —  | —  | »    | X    | 18,4 | 10,1 | 1,7 | 0,4 | —   | —    | »    |
| III  | 11,7 | 19,8 | 1,0 | 0,5 | —  | —  | »    | XI   | 22,9 | 11,2 | 0,5 | 1,6 | —   | —    | »    |
| IV   | 17,7 | 12,0 | 0,9 | 0,6 | —  | —  | »    | XII  | 17,2 | 10,5 | 1,4 | 0,6 | 2,8 | —    | »    |
| V    | 17,7 | 16,0 | 1,1 | 0,6 | —  | —  | »    | XIII | 17,7 | 13,6 | —   | —   | 2,5 | —    | »    |
| VI   | 17,4 | 19,9 | 1,1 | 0,6 | —  | —  | »    | XIV  | 16,9 | 9,4  | 1,5 | 0,3 | —   | 0,27 | »    |
| VII  | 24,1 | 12,0 | 1,0 | 0,6 | —  | —  | »    | XV   | 18,8 | 10,9 | 2,0 | 0,7 | —   | —    | »    |
| VIII | 24,6 | 15,9 | 1,0 | 0,6 | —  | —  | »    |      |      |      |     |     |     |      |      |

Образцы цилиндрические: диаметр 10 мм, длина 50 мм. Отожжены в вакууме при 1223 К в течение 1 ч и охлаждены в воде. Метод измерения  $c_p$  — адиабатическим калориметром (в вакууме). Погрешность измерения ± 1 %.







## 2. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ НА ИХ ОСНОВЕ

1. Теплопроводность, удельная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения некоторых марок меди высокой чистоты [46, 114]

| T, K | M00к  |  | M00б                                  |   | M0к   |                     | M1                  |                     |  |   |
|------|---|--|---------------------------------------|---|---|---------------------|---------------------|---------------------|--|---|
|      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|      |   |  |                                       |   |   |                     |                     |                     |  |   |
| 1    | 500   | 0,0000142  | —                                     | —   | —   | —                   | —                   | —                   | 0,0000201  | 100   |
| 2    | 900   | 0,0000301  | —                                     | —   | —   | —                   | —                   | —                   | 0,0000297  | 200   |
| 3    | 1500  | 0,000131   | —                                     | —   | —   | —                   | —                   | —                   | 0,0000568  | 300   |
| 4    | 1900  | 0,000153   | —                                     | —   | —   | —                   | —                   | —                   | 0,0000936  | 400   |
| 5    | 2300  | 0,000160   | —                                     | —   | —   | —                   | —                   | —                   | 0,000160   | 500   |
| 6    | 3000  | 0,000230   | —                                     | —   | —   | —                   | —                   | —                   | 0,000250   | 650   |
| 7    | 3400  | 0,000330   | —                                     | —   | —   | —                   | —                   | —                   | 0,000360   | 750   |
| 8    | 3900  | 0,000470   | —                                     | —   | —   | —                   | —                   | —                   | 0,000510   | 800   |
| 9    | 4100  | 0,000665   | —                                     | —   | —   | —                   | —                   | —                   | 0,000698   | 850   |
| 10   | 4500  | 0,000860   | —                                     | —   | —   | —                   | —                   | —                   | 0,00122  | 950   |
| 15   | 4700  | —  | —                                     | —   | —   | 0,0411              | 0,0421              | 11,1                | 0,00153  | 1300  |
| 20   | 4900  | 0,00700  | —                                     | —   | —   | 0,201               | 0,301               | 11,3                | 0,00395  | 1500  |
| 25   | 3900  | 0,0220   | —                                     | —   | —   | 0,602               | 0,650               | 11,5                | 0,00669  | 1750  |
| 30   | 3000  | 0,0370   | 0,821                                 | —   | —   | 1,00                | 1,00                | 11,7                | 0,0217   | 1900  |
| 40   | 1800  | 0,0680   | 2,10                                  | —   | —   | 2,50                | 2,30                | 11,9                | 0,0370   | 2100  |
| 50   | 1180  | 0,0990   | 3,50                                  | —   | —   | 4,10                | 3,80                | 12,3                | 0,0680   | 2300  |
| 60   | 830   | 0,130  | 5,90                                  | —   | —   | 5,50                | 5,50                | 12,7                | 0,0990   | 2500  |
| 70   | 700   | 0,161  | 6,77                                  | —   | —   | 7,00                | 7,00                | 13,2                | 0,125  | 2700  |
| 80   | 550   | 0,193  | 8,19                                  | —   | —   | 8,50                | 8,40                | 13,6                | 0,160  | 2900  |
| 90   | 500   | 0,226  | 9,37                                  | —   | —   | 10,7                | 9,50                | 13,9                | 0,190  | 3100  |
| 100  | 450   | 0,254  | 10,4                                  | —   | —   | 11,9                | 10,5                | 14,2                | 0,230  | 3300  |
| 110  | 445   | 0,272  | 11,4                                  | —   | —   | 12,8                | 11,2                | 14,4                | 0,260  | 3500  |
| 120  | 440   | 0,290  | 12,0                                  | —   | —   | 13,5                | 12,0                | 14,6                | 0,270  | 3700  |
| 130  | 435   | 0,302  | 12,6                                  | —   | —   | 14,4                | 12,6                | 14,7                | 0,280  | 3900  |
| 140  | 430   | 0,314  | 13,2                                  | —   | —   | 15,2                | 13,2                | 14,8                | 0,290  | 4100  |
| 150  | 425   | 0,323  | 13,6                                  | —   | —   | 16,2                | 13,6                | 15,0                | 0,300  | 4300  |
| 160  | 420   | 0,332  | 14,1                                  | —   | —   | —                   | —                   | 15,2                | 0,310  | 4500  |
| 170  | 420   | 0,339  | 14,4                                  | —   | —   | —                   | —                   | 15,4                | 0,320  | 4700  |
| 180  | 419   | 0,346  | 14,7                                  | —   | —   | —                   | —                   | 15,5                | 0,330  | 4900  |
| 190  | 418   | 0,351  | 15,0                                  | —   | —   | —                   | —                   | 15,6                | 0,340  | 5100  |
| 200  | 417   | 0,356  | 15,2                                  | —   | —   | —                   | —                   | 15,7                | 0,349  | 5300  |
| 210  | 416   | 0,360  | 15,4                                  | —   | —   | —                   | —                   | 15,8                | 0,357  | 5500  |
| 220  | 415   | 0,364  | 15,6                                  | —   | —   | —                   | —                   | 15,9                | 0,360  | 5700  |
| 230  | 414   | 0,367  | 15,7                                  | —   | —   | —                   | —                   | 16,0                | 0,363  | 5900  |
| 240  | 412   | 0,371  | 15,9                                  | —   | —   | —                   | —                   | 16,1                | 0,366  | 6100  |
| 250  | 410   | 0,376  | 16,1                                  | —   | —   | —                   | —                   | 16,2                | 0,369  | 6300  |
| 260  | 408   | 0,377  | 16,2                                  | —   | —   | —                   | —                   | 16,3                | 0,372  | 6500  |
| 273  | 406   | 0,379  | 16,4                                  | —   | —   | —                   | —                   | 16,4                | 0,375  | 6700  |
| 280  | 404   | 0,381  | 16,5                                  | —   | —   | —                   | —                   | 16,4                | 0,378  | 6900  |
| 293  | 400   | 0,384  | 16,6                                  | —   | —   | —                   | —                   | 16,5                | 0,382  | 7100  |
| 300  | 397   | 0,386  | 16,7                                  | —   | —   | —                   | —                   | 16,6                | 0,385  | 7300  |
|      |   |  |                                       | —   | —   | —                   | —                   | 16,7                | —  | 7500  |
|      |   |  |                                       | —   | —   | —                   | —                   | 16,8                | —  | 7700  |

Продолжение табл. 1

Примечание. Химический состав образцов по номиналу, %:

| Элемент | M00к    | M00б   | M0к    | M1     | Элемент | M00к   | M00б   | M0к    | M1     |
|---------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Ag      | —       | ≤0,003 | ≤0,003 | ≤0,003 | P       | ≤0,001 | ≤0,002 | ≤0,002 | —      |
| As      | ≤0,001  | ≤0,002 | ≤0,002 | ≤0,002 | Pb      | ≤0,001 | ≤0,004 | ≤0,004 | ≤0,005 |
| Bi      | ≤0,0005 | ≤0,001 | ≤0,001 | ≤0,001 | S       | ≤0,002 | ≤0,004 | ≤0,004 | ≤0,005 |
| Cu      | ≥99,99  | ≥99,97 | ≥99,95 | ≥99,90 | Sb      | ≤0,001 | ≤0,002 | ≤0,002 | ≤0,002 |
| Fe      | ≤0,001  | ≤0,004 | ≤0,004 | ≤0,005 | Sn      | ≤0,001 | ≤0,002 | ≤0,002 | ≤0,002 |
| Ni      | ≤0,001  | ≤0,002 | ≤0,002 | ≤0,002 | Zn      | ≤0,001 | ≤0,003 | ≤0,004 | ≤0,005 |
| O       | —       | —      | ≤0,02  | ≤0,05  |         |        |        |        |        |

Состояние образцов: M00к — образцы отжигали в вакууме (823 К, 3 ч); M0б — образцы (поликристаллические) отжигали в вакууме при 2073 К.

Метод измерения  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительный интерференционный (погрешность измерения ±1 %).

2. Теплопроводность, удельная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения меди марок M2 и M3 [22, 46]

| T, K | M2   |                     |                           |   | M3  |                                       |
|------|--|---------------------|---------------------------|---|---|---------------------------------------|
|      | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|      |  |                     |                           |   |   |                                       |
| 2    | —  | —                   | —                         | —   | —   | 25,0                                  |
| 3    | —  | —                   | —                         | —   | —   | 38,0                                  |
| 4    | —  | —                   | —                         | —   | —   | 45,0                                  |
| 5    | 0,0000418  | —                   | —                         | —   | —   | 55,0                                  |
| 6    | —  | —                   | —                         | —   | —   | 60,0                                  |
| 7    | —  | —                   | —                         | —   | —   | 75,0                                  |
| 8    | —  | —                   | —                         | —   | —   | 85,0                                  |
| 9    | —  | —                   | —                         | —   | —   | 105                                   |
| 10   | —  | —                   | —                         | —   | —   | 110                                   |
| 15   | —  | —                   | —                         | —   | —   | 200                                   |
| 20   | 0,00750  | —                   | —                         | —   | —   | 250                                   |
| 25   | 0,0230   | —                   | —                         | —   | —   | 300                                   |
| 30   | 0,0375   | —                   | —                         | —   | —   | 350                                   |
| 40   | 0,0690   | —                   | —                         | —   | —   | 400                                   |
| 50   | 0,0995   | —                   | —                         | —   | —   | 420                                   |
| 60   | 0,135  | —                   | —                         | —   | —   | 440                                   |
| 70   | 0,167  | —                   | —                         | 755   | —   | 450                                   |
| 80   | 0,178  | —                   | —                         | —   | —   | 498                                   |
| 90   | 0,188  | 12,2                | 14,8                      | —   | —   | 7,50                                  |
| 100  | 0,197  | 12,4                | 14,9                      | —   | —   | 9,05                                  |
| 110  | 0,207  | 12,6                | 15,1                      | —   | —   | 10,5                                  |
| 120  | 0,215  | 12,7                | 15,2                      | —   | —   | 11,3                                  |
| 130  | 0,224  | 13,0                | 15,3                      | —   | —   | 12,0                                  |
| 140  | 0,234  | 13,2                | 15,5                      | —   | —   | 12,4                                  |
| 150  | 0,243  | 13,5                | 15,6                      | —   | —   | 12,8                                  |
| 160  | 0,251  | 13,8                | 15,7                      | 412   | 418   | 13,2                                  |
| 170  | 0,260  | 14,1                | 15,8                      | 407   | 414   | 13,5                                  |
| 180  | 0,270  | 14,4                | 15,9                      | 404   | 411   | 13,8                                  |
| 190  | 0,288  | 14,9                | 16,0                      | 402   | 409   | 14,0                                  |
| 200  | 0,297  | 15,2                | 16,1                      | 400   | 407   | 14,2                                  |
| 210  | 0,305  | 15,5                | 16,2                      | 393   | 405   | 14,4                                  |
| 220  | 0,315  | 15,9                | 16,3                      | 393   | 403   | 14,7                                  |
| 230  | 0,325  | 16,1                | 16,4                      | 392   | 401   | 15,0                                  |
| 240  | 0,335  | 16,2                | 16,4                      | 392   | 399   | 15,1                                  |
| 250  | 0,345  | 16,4                | 16,5                      | 391   | 396   | 15,3                                  |
| 260  | 0,354  | 16,3                | 16,5                      | 391   | 394   | 15,5                                  |
| 273  | 0,363  | 16,4                | 16,6                      | 391   | 392   | 15,6                                  |
| 280  | 0,374  | 16,5                | 16,7                      | 390   | 390   | 15,8                                  |
| 293  | 0,384  | 16,6                | 16,7                      | 390   | 388   | 16,0                                  |
| 300  | 0,385  | 16,8                | 16,8                      | 389   | 387   | 16,2                                  |



Примечание. Химический состав образцов, %

| Элемент | M2 (I) | M2 (II) | M3     | Элемент | M2 (I) | M2 (II) | M3   |
|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|------|
| As      | 0,01   | ≤0,05   | 0,05   | O       | 0,07   | ≤0,08   | —    |
| Bi      | 0,002  | ≤0,003  | 0,003  | Pb      | 0,01   | ≤0,05   | 0,05 |
| Cu      | 99,70  | 99,50   | 99,537 | S       | 0,01   | ≤0,01   | —    |
| Fe      | 0,05   | ≤0,05   | 0,06   | Sb      | 0,005  | ≤0,05   | 0,05 |
| Ni      | 0,20   | ≤0,20   | 0,20   | Sn      | 0,05   | ≤0,50   | 0,50 |

Состояние образцов: M2 (I) — образцы прессовали; M2 (II) — образцы отжигали; медь M3 — образцы отжигали.

Методы измерения:  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 5\%$ );  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — интерференционный относительный (погрешность измерения  $\pm 4\%$ ).

Образцы цилиндрические (длина 50 мм, диаметр 3,5 мм). Скорость нагревания 3—7 К·мин<sup>-1</sup>.

### 3. Температуропроводность и относительная теплопроводность технической меди при 298 К и высоком давлении [114]

| Давление, Па     | $a \cdot 10^4$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> |      | $\frac{\lambda_p}{\lambda_0}$ |
|------------------|--|------|-------------------------------|
|                  | I  | II   |                               |
| $1 \cdot 10^8$   | 1,16   | 1,18 | 1                             |
| $1 \cdot 10^9$   | —  | —    | $1,026 \pm 0,006$             |
| $2,5 \cdot 10^9$ | 1,22   | 1,24 | $1,064 \pm 0,013$             |

Примечание. Образец I — медная проволока диаметром 3 мм и длиной 100 мм, отожженная при давлении 13,3 Па и температуре 1073 К в течение 1 ч; II — медная проволока, применяемая для образца I, спеченная в аральдите (этоксидиновая смола; в затвердевшем состоянии механически прочна и устойчива). Метод измерения  $a$  — модифицированный Ангстрема (при допущении однородности потерь тепла в процессе нагревания одного конца образца и определения затухания тепловой волны). Разогрев образца на воздухе.  $\lambda_0$  и  $\lambda_p$  вычисляли на основании измеренных значений  $a$  и известных величин теплоемкости и плотности материала (погрешность измерения температуропроводности  $\pm 1\%$ ).

### 4. Удельная теплоемкость $c_p$ , Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, обескислороженной отожженной меди в различных средах [192]

| T, К | I   | II  | T, К | I   | II  | T, К | I   | II  |
|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|
| 273  | 400 | 388 | 285  | 402 | 390 | 295  | 404 | 392 |
| 280  | 401 | 389 | 290  | 403 | 391 | 300  | 405 | 393 |

Примечание. Образцы в виде дисков толщиной  $5 \cdot 10^{-4}$  м с площадью поперечного сечения  $4,565 \cdot 10^{-8}$  м<sup>2</sup>.

Метод измерения — тепловая релаксация: разогрев образца в калориметре с теплообменным газом; определение разности температур, соответствующей насыщению, и времени релаксации. Теплообменный газ: I — воздух при давлении 1 Па; II — гелий при атмосферном давлении. Нагрев образцов проводили облучением (от галогенной лампы 50 Вт). Погрешность измерения: при разогреве образцов в воздухе  $\pm 3\%$ ; при разогреве образцов в гелиевой среде  $\pm 5\%$ .

### 5. Молярная теплоемкость меди при высоком давлении [7]

| T, К | $c_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |       | T, К  | $c_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |       |     |       |
|------|--|-------|-------|--|-------|-----|-------|
|      | $c_p$  | $c_p$ |       | $c_p$  | $c_p$ |     |       |
| 3    | 0,003352                                       | 30    | 1,698 | 130  | 19,11 | 230 | 23,34 |
| 4    | 0,005815                                       | 40    | 3,727 | 140  | 19,84 | 240 | 23,58 |
| 5    | 0,009304                                       | 50    | 6,155 | 150  | 20,48 | 250 | 23,76 |
| 6    | 0,01421  | 60    | 8,594 | 160  | 21,04 | 260 | 23,91 |
| 7    | 0,02106  | 70    | 10,90 | 170  | 21,51 | 270 | 24,04 |
| 8    | 0,03001  | 80    | 12,81 | 180  | 21,95 | 273 | 24,09 |
| 9    | 0,04134  | 90    | 14,54 | 190  | 22,30 | 280 | 24,17 |
| 10   | 0,05540  | 100   | 15,99 | 200  | 22,62 | 290 | 24,27 |
| 15   | 0,1840   | 110   | 17,22 | 210  | 22,90 | 300 | 24,38 |
| 20   | 0,4599   | 120   | 18,24 | 220  | 23,17 |     |       |

Примечание. Химический состав образцов, %: Cu 99,996; Sb  $6 \cdot 10^{-4}$ ; Pb  $2 \cdot 10^{-4}$ ; Sn  $2 \cdot 10^{-4}$ ; As  $4 \cdot 10^{-4}$ ; Bi  $3 \cdot 10^{-4}$ ; Zn  $4 \cdot 10^{-4}$ ; Mn  $3 \cdot 10^{-4}$ ; Mg  $3 \cdot 10^{-4}$ ; Si  $3 \cdot 10^{-4}$ ; Ni  $6 \cdot 10^{-4}$ ; Fe  $5 \cdot 10^{-4}$ ; заготовки в виде пластин. Пластины электролитической меди протраивали в азотной и соляной кислотах, промывали дистиллированной водой, обезгаживали при 1200 К в течение 4 ч под давлением  $1,33 \cdot 10^{-7}$  Па, дважды переплавляли в электронно-лучевой печи под давлением  $1,33 \cdot 10^{-7}$  Па в слиток диаметром 50 мм.

Образцы вытачивали из слитка. Образец диаметром 30 мм, массой 257,56 г промывали в этиловом спирте, протраивали в соляной и азотной кислотах, отжигали при 1070 К в течение 2,5 ч под давлением  $1,33 \cdot 10^{-7}$  Па.

Метод измерения  $c_p$  — адиабатическим калориметром: образец помещали в вакуумный адиабатический калориметр, заполненный гелием при давлении  $2,66 \cdot 10^3$  Па; теплота вводилась импульсным методом. Погрешность измерения  $\pm 2\%$ .

### 6. Температурный коэффициент линейного расширения меди особой чистоты [1]

| T, К | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | T, К | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | T, К | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | T, К | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|------|---------------------------------------|------|---------------------------------------|------|---------------------------------------|------|---------------------------------------|
| 5    | 0,00332                               | 35   | 1,595                                 | 65   | 6,253                                 | 95   | 10,04                                 |
| 10   | 0,0146                                | 40   | 2,291                                 | 70   | 6,989                                 | 100  | 10,54                                 |
| 15   | 0,0569                                | 45   | 3,057                                 | 75   | 7,681                                 | 105  | 11,00                                 |
| 20   | 0,223                                 | 50   | 3,861                                 | 80   | 8,330                                 | 110  | 11,43                                 |
| 25   | 0,538                                 | 55   | 4,676                                 | 85   | 8,937                                 | 115  | 11,81                                 |
| 30   | 1,001                                 | 60   | 5,479                                 | 90   | 9,505                                 | 120  | 12,16                                 |

Примечание. Материал — медь марки ВЗ (массовая доля Cu 99,997 %); образцы отжигали в вакууме при 873 К в течение 2 ч.

Применяется в качестве образцовой меры I разряда. Аттестована на Государственном первичном эталоне интерференционным методом.

В диапазоне температур от 5 до 125 К изменение  $\alpha$  описывается полиномом:  $\alpha = 2,238 \cdot 10^{-8} T - 44,4 \cdot 10^{-10} T^2 - 283,9 \cdot 10^{-12} T^3 - 535,5 \cdot 10^{-14} T^4 + 461 \cdot 10^{-16} T^5 - 169,4 \cdot 10^{-18} T^6 + 3,7 \cdot 10^{-20} T^7 + 9,0 \cdot 10^{-22} T^8$ .

Среднее квадратическое отклонение экспериментальных значений  $\alpha$  от вычисленных с помощью полинома составляет:  $4,8 \cdot 10^{-9}$  К<sup>-1</sup> при  $T = 5$  К и  $5,8 \cdot 10^{-8}$  К<sup>-1</sup> при  $T = 120$  К.

Для меди марки ВЗ значения удельной теплоемкости при глубоком охлаждении составляют:

| T, К | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, К | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|--|------|--|
| 5    | $1,41 \cdot 10^{-4}$                                       | 9    | $6,41 \cdot 10^{-4}$                                       |
| 6    | $3,21 \cdot 10^{-4}$                                       | 10   | $9,20 \cdot 10^{-4}$                                       |
| 7    | $3,32 \cdot 10^{-4}$                                       | 15   | $3,10 \cdot 10^{-3}$                                       |
| 8    | $4,70 \cdot 10^{-4}$                                       | 20   | $7,31 \cdot 10^{-3}$                                       |

Образцы отжигали в вакууме при 923 К в течение 4 ч. Метод измерения  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 1,5\%$ ).

7. Температурный коэффициент линейного расширения отожженной электролитической меди [54]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |
|------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|-----------------------------|
| 80   | 8,3                         | 140  | 14,0                        | 200  | 15,8                        |
| 90   | 10,0                        | 150  | 14,5                        | 210  | 16,0                        |
| 100  | 11,2                        | 160  | 14,9                        | 220  | 16,2                        |
| 110  | 12,0                        | 170  | 15,3                        | 230  | 16,4                        |
| 120  | 12,9                        | 180  | 15,5                        | 240  | 16,6                        |
| 130  | 13,5                        | 190  | 15,7                        | 250  | 16,7                        |

Примечание. Образцы — цилиндры диаметром 2,7 мм и высотой 21 мм. Метод измерения — dilatометрический, с помощью кварцевого dilatометра (чувствительный элемент — механотрон; порог чувствительности  $\sim 3 \cdot 10^{-4}$  м в атмосфере гелия при давлении  $1,33 \cdot 10^4$  Па. Скорость подъема температуры образца  $1 K \cdot мин^{-1}$  (погрешность измерения  $\pm 2,5 \%$ ).

8. Температурный коэффициент линейного расширения ( $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$ ),  $K^{-1}$ , безоловянных бронз различных марок [22, 46]

| T, K | Бр АЖ9-4            |                           | Бр АЖН10-4-4        |                           | Бр АЖМц10-3-1,5     |                           | Бр КМц3-1           |                           |
|------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
|      | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ |
| 70   | 10,5                | —                         | 11,4                | 14,2                      | 11,9                | —                         | 11,1                | 15,0                      |
| 80   | 11,3                | 14,7                      | 11,8                | 14,3                      | 12,4                | 14,9                      | 11,3                | 15,2                      |
| 90   | 11,9                | 14,7                      | 12,3                | 14,4                      | 12,9                | 14,9                      | 11,6                | 15,4                      |
| 100  | 12,3                | 14,8                      | 12,7                | 14,6                      | 13,3                | 14,9                      | 11,9                | 15,6                      |
| 110  | 12,6                | 14,8                      | 13,0                | 14,7                      | 13,5                | 15,0                      | 12,2                | 15,8                      |
| 120  | 12,9                | 14,9                      | 13,2                | 14,9                      | 13,7                | 15,0                      | 12,5                | 16,0                      |
| 130  | 13,1                | 14,9                      | 13,4                | 15,0                      | 13,8                | 15,1                      | 12,7                | 16,2                      |
| 140  | 13,3                | 15,0                      | 13,5                | 15,1                      | 14,0                | 15,1                      | 13,0                | 16,4                      |
| 150  | 13,4                | 15,1                      | 13,7                | 15,2                      | 14,1                | 15,1                      | 13,2                | 16,6                      |
| 160  | 13,6                | 15,2                      | 13,8                | 15,4                      | 14,2                | 15,2                      | 13,5                | 16,8                      |
| 170  | 13,8                | 15,3                      | 14,1                | 15,6                      | 14,3                | 15,2                      | 14,0                | 17,1                      |
| 180  | 13,9                | —                         | 14,3                | —                         | 14,6                | —                         | 14,5                | —                         |
| 190  | 14,2                | —                         | 14,5                | —                         | 14,7                | —                         | 15,2                | —                         |
| 200  | 14,4                | —                         | 14,7                | —                         | 14,9                | —                         | 15,9                | —                         |
| 210  | 14,6                | —                         | 14,8                | —                         | 15,0                | —                         | 16,5                | —                         |
| 220  | 14,9                | —                         | 15,1                | —                         | 15,2                | —                         | 17,2                | —                         |
| 230  | 15,2                | —                         | 15,3                | —                         | 15,3                | —                         | 17,7                | —                         |
| 240  | 15,4                | —                         | 15,5                | —                         | 15,5                | —                         | 18,0                | —                         |
| 250  | 15,7                | —                         | 15,8                | —                         | 15,8                | —                         | 18,1                | —                         |
| 260  | 16,1                | —                         | 16,1                | —                         | 16,0                | —                         | 18,2                | —                         |
| 273  | 16,4                | —                         | 16,5                | —                         | 16,5                | —                         | 18,4                | —                         |
| 280  | 16,7                | —                         | 16,7                | —                         | 16,8                | —                         | 18,4                | —                         |
| 293  | 16,9                | —                         | 17,0                | —                         | 17,0                | —                         | 18,5                | —                         |
| 300  | 17,1                | —                         | 17,2                | —                         | 17,2                | —                         | 18,6                | —                         |

Примечание. Химический состав бронз, %:

| Элемент | Бр АЖН10-4-4 | Бр КМц3-1 | Бр АЖ9-4 | Бр АЖМц10-3-1,5 |
|---------|--------------|-----------|----------|-----------------|
| Al      | 10,2         | —         | 9,6      | 9,1             |
| Cu      | 80,7         | 95,24     | 87,8     | 86,3            |
| Fe      | 4,48         | —         | 2,6      | 3,36            |
| Mn      | —            | 1,46      | —        | 1,24            |
| Ni      | 4,62         | —         | —        | —               |
| Si      | —            | 3,30      | —        | —               |

Состояние образцов: Бр АЖН10-4-4, Бр АЖ9-4 и Бр АЖМц10-3-1,5 — образцы отпрессовывали; Бр КМц3-1 — образцы отливали. Метод измерения  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 1 \%$ ).

9. Температурный коэффициент линейного расширения оловянных бронз, обрабатываемых давлением [22, 46]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | Бр ОФ6,5-0,15                           |                           |                     | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | Бр ОФ10-1                               |                           |                     |                           |
|------|-----------------------------|---|---------------------------|---------------------|------|-----------------------------|---|---------------------------|---------------------|---------------------------|
|      |                             | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $K^{-1}$                  |                     |      |                             | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $K^{-1}$                  |                     |                           |
|      |                             |   | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ |      |                             |   | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ |
| 70   | —                           | 4,06                                    | —                         | 12,5                | 15,9 | 190                         | 15,1                                    | —                         | 16,1                | 16,6                      |
| 80   | —                           | 4,81                                    | —                         | 12,6                | 16,0 | 200                         | 15,3                                    | —                         | 16,6                | 17,1                      |
| 90   | 10,0                        | —                                       | 12,9                      | 13,1                | 16,1 | 210                         | 15,5                                    | —                         | 17,0                | 17,5                      |
| 100  | 10,9                        | —                                       | 13,2                      | 13,6                | 16,3 | 220                         | 15,7                                    | —                         | 17,5                | 17,6                      |
| 110  | 11,7                        | —                                       | 13,4                      | 14,0                | 16,4 | 230                         | 15,9                                    | —                         | 18,0                | 17,6                      |
| 120  | 12,4                        | —                                       | 13,7                      | 14,5                | 16,5 | 240                         | 16,1                                    | —                         | 18,5                | 17,7                      |
| 130  | 13,0                        | —                                       | 14,0                      | 14,7                | 16,7 | 250                         | 16,3                                    | —                         | 19,1                | 17,7                      |
| 140  | 13,5                        | —                                       | 14,3                      | 14,8                | 16,8 | 260                         | 16,5                                    | —                         | 19,7                | 17,8                      |
| 150  | 13,9                        | —                                       | 14,6                      | 14,9                | 16,9 | 273                         | 16,6                                    | —                         | 20,4                | 17,9                      |
| 160  | 14,2                        | —                                       | 15,0                      | 15,1                | 17,1 | 280                         | 16,7                                    | 43,9                      | 20,9                | 18,0                      |
| 170  | 14,5                        | —                                       | 15,3                      | 15,4                | 17,3 | 293                         | 17,2                                    | 44,8                      | —                   | 18,0                      |
| 180  | 14,8                        | —                                       | 15,7                      | 15,9                | —    | 300                         | 17,3                                    | 45,2                      | 22,3                | 18,1                      |

Примечание. Химический состав бронз, %:

| Элемент | Бр ОФ6,5-0,15           | Бр ОФ10-1 |       |
|---------|-------------------------|-----------|-------|
|         |                         | I         | II    |
| Al      | 0,002                   | 0,02      | —     |
| Bi      | 0,002                   | 0,02      | —     |
| Cu      | Осн.                    | Осн.      | 88,4  |
| Fe      | 0,02                    | 0,3       | —     |
| Ni      | $\leq 0,2$ (за счет Cu) | —         | —     |
| P       | 0,10—0,25               | 0,4—1,0   | 0,74  |
| Pb      | 0,02                    | 0,3       | —     |
| Sb      | 0,002                   | 0,3       | —     |
| Si      | 0,002                   | 0,02      | —     |
| Sn      | 6,0—7,0                 | 9,0—11,0  | 10,47 |
| Zn      | $\leq 0,3$ (за счет Cu) | 0,3       | 0,35  |

Метод измерения  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 1 \%$ ).

10. Температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность бронз различных марок при 293 К [114, 141]

| Бронза       | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | Бронза        | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |
|--------------|-----------------------------|---|---------------|-----------------------------|---|
| Бр А5        | 18,2                        | 87,9                                    | Бр ОФ4-0,25   | 17,6                        | —                                       |
| Бр А7        | 17,8                        | 79,5                                    | Бр ОЦ4-3      | 18,0                        | —                                       |
| Бр АМц9-2    | 17,0                        | 72,8                                    | Бр ОЦС4-4-2,5 | 18,2                        | —                                       |
| Бр КН1-3     | 18,0                        | —                                       | Бр Кд1        | 17,6                        | 343                                     |
| Бр Мц5       | 20,4                        | 109                                     |               |                             |   |
| Бр АЖН11-6-6 | 14,9                        | —                                       | Бр ОЦН6-7-0,6 | —                           | 61,0                                    |

Примечание. Материал: бронзы безоловянные — Бр А5, Бр А7, Бр АМц9-2, Бр КН1-3, Бр Мц5, Бр АЖН11-6-6; бронзы оловянные — Бр ОФ4-0,25; Бр ОЦ4-3, Бр ОЦС4-4-2,5; бронза проводниковая (кадмиевая) — Бр Кд1; бронза оловянная вторичная — Бр ОЦН6-7-0,6

Химический состав бронз, %:

| Элемент | Бр А5  | Бр А7  | Бр АМц9-2 | Бр КН1-3 | Бр Мц5  | Бр АЖН11-6-6 | Бр ОФ4-0,25 | Бр ОЦ4-3 | Бр ОЦС4-4-2,5 | Бр Кд1  | Бр ОЦН6-7-0,6 |
|---------|--------|--------|-----------|----------|---------|--------------|-------------|----------|---------------|---------|---------------|
| Al      | 4—6    | 6—8    | 8—10      | ≤0,02    | —       | 10,5—11,5    | 0,002       | 0,002    | 0,002         | —       | —             |
| As      | ≤0,01  | ≤0,01  | ≤0,01     | ≤0,01    | ≤0,01   | ≤0,05        | —           | —        | —             | —       | —             |
| Bi      | —      | —      | —         | —        | —       | —            | 0,002       | 0,002    | 0,002         | —       | —             |
| Cd      | —      | —      | —         | —        | —       | —            | —           | —        | —             | 0,9—1,2 | —             |
| Cu      | Осн.   | Осн.   | Осн.      | Осн.     | Осн.    | Осн.         | Осн.        | Осн.     | Осн.          | Осн.    | Осн.          |
| Fe      | ≤0,5   | ≤0,5   | ≤0,5      | ≤0,1     | ≤0,35   | 5,0—6,5      | —           | —        | —             | —       | —             |
| Mn      | ≤0,5   | ≤0,5   | 1,5—2,5   | 0,1—0,4  | 4,5—5,5 | ≤0,5         | —           | —        | —             | —       | —             |
| Ni      | ≤0,5   | ≤0,5   | ≤0,5      | 2,4—3,4  | ≤0,5    | 5,0—6,5      | —           | —        | —             | —       | 0,6           |
| P       | ≤0,01  | ≤0,01  | ≤0,01     | ≤0,01    | ≤0,01   | ≤0,01        | 0,2—0,3     | 0,03     | 0,03          | —       | —             |
| Pb      | ≤0,03  | ≤0,03  | ≤0,03     | ≤0,15    | ≤0,03   | ≤0,05        | 0,02        | 0,02     | 1,5—3,5       | —       | —             |
| Sb      | ≤0,002 | ≤0,002 | ≤0,002    | —        | ≤0,002  | ≤0,05        | 0,002       | 0,002    | 0,002         | —       | —             |
| Si      | ≤0,1   | ≤0,1   | ≤0,1      | 0,6—1,1  | ≤0,1    | ≤0,2         | ≤0,2        | 0,002    | —             | —       | —             |
| Sn      | ≤0,1   | ≤0,1   | ≤0,1      | ≤0,1     | ≤0,1    | ≤0,2         | 3,5—4,0     | 3,5—4,0  | 3,0—5,0       | —       | 6             |
| Zn      | ≤0,5   | ≤0,5   | ≤1,0      | ≤0,1     | ≤0,4    | ≤0,6         | —           | 2,7—3,3  | —             | —       | 7             |

Состояние материала: Бр А5 — образцы отливали; Бр А7 — образцы отжидали при низких температурах; Бр АМц9-2 — образцы прокатывали; Бр КН1-3 — образцы прессовали; Бр АЖН11-6-6 — образцы отливали; Бр Кд1 — образцы отжидали.

11. Температурный коэффициент линейного расширения, теплопроводность и удельная теплоемкость проводниковых бронз различных марок [22, 40]

| Т, К | Бр Х0,5                     |    | Бр Х0,8                     |    | Купал-лой                                     |    | Бронза фосфористая                      |    | Бронза берил-лиевая                     |    | Бр Б2               |    |                     |    |                     |    |                             |    |                             |    |   |
|------|-----------------------------|----|-----------------------------|----|---|----|---|----|---|----|---------------------|----|---------------------|----|---------------------|----|-----------------------------|----|-----------------------------|----|---|
|      | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |    | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |    | $\rho, 10^{-3} Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ |    | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |    | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |    | $\alpha \cdot 10^6$ |    | $\alpha \cdot 10^6$ |    | $\alpha \cdot 10^6$ |    | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |    | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |    |   |
|      | I                           | II | I                           | II | I   | II | I                                       | II | I                                       | II | I                   | II | I                   | II | I                   | II | I                           | II | III                         | IV | V |
| 2    | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 3    | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 4    | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 5    | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 6    | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 7    | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 8    | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 9    | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 10   | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 15   | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 20   | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 25   | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 30   | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 40   | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 50   | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 60   | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 70   | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 80   | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 90   | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 100  | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 110  | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 120  | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 130  | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 140  | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 150  | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 160  | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 170  | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 180  | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 190  | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 200  | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 210  | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 220  | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |
| 230  | —                           | —  | —                           | —  | —   | —  | —                                       | —  | —                                       | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                   | —  | —                           | —  | —                           | —  | — |

Продолжение табл. II

| T, К | Бр Х0,5                               |   | Бр Х0,8                                   |   | Купал-<br>лой       | Бронза фосфористая левая                  | Бронза бериллиевая левая | Бр Б2                                     |      |                     |      |    |   |   |      |
|------|---------------------------------------|---|---|---|---------------------|---|--------------------------|---|------|---------------------|------|----|---|---|------|
|      | α · 10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup> |   | λ, Вт · м <sup>-1</sup> · К <sup>-1</sup> |   |                     |   |                          | α · 10 <sup>6</sup>                       |      | α · 10 <sup>6</sup> |      | IV | V |   |      |
|      | α · 10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup> | λ, Вт · м <sup>-1</sup> · К <sup>-1</sup> | α · 10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup>     | λ, Вт · м <sup>-1</sup> · К <sup>-1</sup> | α · 10 <sup>6</sup> | λ, Вт · м <sup>-1</sup> · К <sup>-1</sup> | α · 10 <sup>6</sup>      | λ, Вт · м <sup>-1</sup> · К <sup>-1</sup> |      |                     |      |    |   |   |      |
| 240  | 16,5                                  | —   | 16,2                                      | —   | —                   | 147                                       | 149                      | 16,3                                      | 16,5 | 16,2                | 16,9 | —  | — | — | —    |
| 250  | 16,6                                  | —   | 16,4                                      | —   | —                   | 155                                       | 154                      | 16,4                                      | 16,4 | 16,4                | 17,1 | —  | — | — | 15,8 |
| 260  | 16,7                                  | —   | 16,5                                      | —   | —                   | 163                                       | 158                      | 16,5                                      | 16,6 | 16,6                | 17,3 | —  | — | — | 15,9 |
| 273  | 17,0                                  | —   | 16,6                                      | —   | —                   | 173                                       | 163                      | 16,6                                      | 16,7 | 16,7                | 17,5 | —  | — | — | 16,0 |
| 280  | 17,2                                  | —   | 16,7                                      | —   | —                   | 178                                       | 165                      | 16,7                                      | 16,7 | 16,7                | 17,7 | —  | — | — | 16,1 |
| 293  | 17,6                                  | —   | 16,7                                      | —   | —                   | 188                                       | 170                      | 16,7                                      | 16,8 | 16,9                | 17,8 | —  | — | — | —    |
| 300  | —                                     | —   | 16,8                                      | —   | —                   | 193                                       | 172                      | 16,8                                      | 16,8 | 17,0                | 17,8 | —  | — | — | 16,2 |

Примечание. Химический состав бронз, %:

| Элемент | Бр Х0,5 | Бр Х0,8 | Купаллой | Бронза фосфористая | Бронза бериллиевая | Бр Б2 (I) | Бр Б2 (II и III) | Бр Б2 (IV) | Бр Б2 (V) |
|---------|---------|---------|----------|--------------------|--------------------|-----------|------------------|------------|-----------|
| Ag      | —       | —       | —        | —                  | —                  | —         | —                | —          | —         |
| Al      | —       | —       | —        | —                  | —                  | —         | —                | —          | —         |
| Be      | —       | —       | —        | —                  | —                  | —         | —                | —          | —         |
| Co      | —       | —       | —        | —                  | —                  | —         | —                | —          | —         |
| Cr      | 0,4—1,0 | —       | 0,18     | —                  | 3,0                | —         | 0,10             | —          | —         |
| Cu      | Ост.    | 0,4—1,0 | —        | —                  | —                  | 2,3       | 1,8              | —          | —         |
| Fe      | —       | Ост.    | 0,61     | 84,89              | —                  | —         | 0,20             | —          | —         |
| Ni      | —       | —       | 99,2     | —                  | —                  | —         | Ост.             | —          | —         |
| P       | —       | —       | —        | —                  | —                  | —         | Ост.             | —          | —         |
| Pb      | —       | —       | —        | —                  | —                  | —         | 0,10             | —          | —         |
| Si      | —       | —       | —        | —                  | —                  | —         | —                | —          | —         |
| Sb      | —       | —       | —        | —                  | —                  | —         | —                | —          | —         |
| Sn      | —       | —       | —        | —                  | —                  | —         | —                | —          | —         |
| Zn      | —       | ≤0,01   | —        | —                  | —                  | —         | 0,10             | —          | —         |

Состояние образцов: Купаллой — образцы старил; бронза фосфористая — образцы отжигали; бронза бериллиевая — образцы старил; Бр Б2 (I и II) — образцы отжигали; Бр Б2 (III и IV) — образцы отжигали (573 К, 2 ч), материал мягкий; Бр Б2 (V) — образцы закадали (1053 К) и отпусkali (598 К, 2 ч).

Метод измерения α и λ — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения ± 3 %). Образцы цилиндрические (длина 50 мм, диаметр 3,5 мм). Скорость нагрева 3—7 К · мин<sup>-1</sup>.

Метод измерения λ — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения ± 5 %).

12. Температурный коэффициент линейного расширения, теплопроводность и удельная теплоемкость некоторых марок латуней, обрабатываемых давлением [22, 46]

| T, К | ЛСБ9-1                                    |                     | ЛЖМц59-1-1                                |                     | Л68                                       |                     | Л62                                       |                     |
|------|---|---------------------|---|---------------------|---|---------------------|---|---------------------|
|      | λ, Вт · м <sup>-1</sup> · К <sup>-1</sup> |                     | λ, Вт · м <sup>-1</sup> · К <sup>-1</sup> |                     | λ, Вт · м <sup>-1</sup> · К <sup>-1</sup> |                     | λ, Вт · м <sup>-1</sup> · К <sup>-1</sup> |                     |
|      | α · 10 <sup>6</sup>                       | α · 10 <sup>6</sup> | α · 10 <sup>6</sup>                       | α · 10 <sup>6</sup> | α · 10 <sup>6</sup>                       | α · 10 <sup>6</sup> | α · 10 <sup>6</sup>                       | α · 10 <sup>6</sup> |
| 2    | —   | 1,50                | —   | —                   | —   | —                   | —   | —                   |
| 3    | —   | 2,30                | —   | —                   | —   | —                   | —   | —                   |
| 4    | —   | 3,40                | —   | —                   | —   | —                   | —   | —                   |
| 5    | —   | 4,39                | —   | —                   | —   | —                   | —   | —                   |
| 6    | —   | 5,40                | —   | —                   | —   | —                   | —   | —                   |
| 7    | —   | 6,40                | —   | —                   | —   | —                   | —   | —                   |
| 8    | —   | 7,49                | —   | —                   | —   | —                   | —   | —                   |
| 9    | —   | 8,60                | —   | —                   | —   | —                   | —   | —                   |
| 10   | —   | 9,64                | —   | —                   | —   | —                   | —   | —                   |
| 15   | —   | 14,6                | —   | —                   | —   | —                   | —   | —                   |
| 20   | —   | 19,3                | —   | —                   | —   | —                   | —   | —                   |
| 25   | —   | 23,3                | —   | —                   | —   | —                   | —   | —                   |
| 30   | —   | 27,3                | —   | —                   | —   | —                   | —   | —                   |
| 40   | —   | 33,5                | —   | —                   | —   | —                   | —   | —                   |
| 50   | —   | 40,5                | —   | —                   | —   | —                   | —   | —                   |
| 60   | —   | 46,5                | —   | —                   | —   | —                   | —   | —                   |
| 70   | —   | 50,5                | 13,9                                      | 18,3                | 12,9                                      | 18,2                | 0,00402                                   | —                   |
| 80   | —   | 53,5                | 14,4                                      | 18,4                | 13,3                                      | 18,3                | 0,0101                                    | —                   |
| 90   | —   | 54,0                | 15,1                                      | 18,5                | 14,0                                      | 18,4                | 0,0201                                    | 0,00401             |
| 100  | —   | —                   | 15,6                                      | 18,6                | 14,7                                      | 18,6                | 0,0310                                    | 0,00950             |
| 110  | —   | —                   | 16,1                                      | 18,8                | 15,3                                      | 18,8                | 0,0418                                    | —                   |
| 120  | —   | —                   | 16,4                                      | 19,0                | 15,8                                      | 19,0                | 0,0480                                    | —                   |
| 130  | —   | —                   | 16,7                                      | 19,2                | 16,3                                      | 19,2                | 0,0510                                    | —                   |
| 140  | —   | —                   | 16,9                                      | 19,4                | 16,7                                      | 19,4                | 0,0540                                    | —                   |
| 150  | —   | —                   | 17,2                                      | 19,6                | 17,1                                      | 19,6                | 0,0570                                    | —                   |
| 160  | —   | —                   | 17,6                                      | 19,8                | 17,6                                      | 19,8                | 0,0600                                    | —                   |
| 170  | —   | —                   | 18,3                                      | 20,0                | 18,0                                      | 20,0                | 0,0630                                    | —                   |
| 180  | —   | —                   | 19,0                                      | 20,2                | 18,7                                      | 20,1                | 0,0660                                    | —                   |
| 190  | —   | —                   | 19,7                                      | 20,3                | 19,4                                      | 20,2                | 0,0690                                    | —                   |
| 200  | —   | —                   | 20,1                                      | 20,4                | 20,0                                      | 20,3                | 0,0720                                    | —                   |
| 210  | —   | —                   | 20,3                                      | 20,5                | 20,2                                      | 20,4                | 0,0750                                    | —                   |
| 220  | —   | —                   | 20,4                                      | 20,6                | 20,3                                      | 20,5                | 0,0780                                    | —                   |



14. Теплопроводность и удельная теплоемкость константана и манганина [46, 114]

| T, К | Константан   |   | Манганин | T, К | Константан   |   | Манганин |
|------|--|---|----------|------|--|---|----------|
|      | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |          |      | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |          |
| 70   | 0,153  | —   | 22,0     | 190  | 0,355  | 25,5  | 21,6     |
| 80   | 0,184  | —   | 21,5     | 200  | 0,362  | 26,0  | 22,0     |
| 90   | 0,213  | —   | 21,0     | 210  | 0,366  | 26,5  | 22,5     |
| 100  | 0,238  | 24,0  | 20,0     | 220  | 0,370  | 27,0  | 23,0     |
| 110  | 0,258  | 24,0  | 20,0     | 230  | 0,375  | 27,3  | 23,3     |
| 120  | 0,279  | 24,1  | 20,0     | 240  | 0,380  | 27,7  | 23,6     |
| 130  | 0,294  | 24,2  | 20,0     | 250  | 0,385  | 28,0  | 24,0     |
| 140  | 0,310  | 24,3  | 20,0     | 260  | 0,390  | 28,5  | 24,5     |
| 150  | 0,320  | 24,4  | 20,0     | 273  | 0,395  | 29,0  | 25,0     |
| 160  | 0,333  | 24,5  | 20,5     | 280  | 0,400  | 29,3  | 25,3     |
| 170  | 0,341  | 25,0  | 21,0     | 293  | 0,410  | 29,6  | 25,6     |
| 180  | 0,349  | 25,3  | 21,3     | 300  | 0,410  | 30,0  | 26,0     |

Примечание. Материал — медноникелевые сплавы. Химический состав, %: константан — Cu 55, Ni 45; манганин — Cu 84, Mn 12, Ni 4.

15. Теплопроводность и удельная теплоемкость манганина при глубоком охлаждении [156]

| T, К | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |      | T, К | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |    | T, К  | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |     | T, К  | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |      |
|------|---|------|------|--|----|-------|---|-----|-------|--|------|
|      | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>    |      |      | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |    |       | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>    |     |       |  |      |
|      | I   | II   |      | I  | II |       | I   | II  |       | I  | II   |
| 0,08 | —   | 2,0  | —    | 0,4  | —  | 0,100 | 0,22  | 0,9 | 0,075 | 0,080  | 0,11 |
| 0,09 | —   | 1,5  | —    | 0,5  | —  | 0,080 | 0,15  | 1,0 | 0,080 | 0,090  | 0,12 |
| 0,1  | —   | 1,2  | —    | 0,6  | —  | 0,075 | 0,12  | 2,0 | 0,190 | 0,190  | 0,22 |
| 0,2  | —   | 0,30 | —    | 0,7  | —  | 0,075 | 0,11  | 3,0 | 0,320 | 0,350  | 0,40 |
| 0,3  | —   | 0,15 | 0,35 | 0,8  | —  | 0,078 | 0,10  | 4,0 | 0,501 | 0,502  | 0,70 |

Примечание. Материал — манганин; плотность 8400 кг·м<sup>-3</sup>. Химический состав материала, %: I — Cu 87; Mn 13; II — Cu 86; Mn 12; Ni 2. Образцы цилиндрические: для измерения  $\lambda$  — диаметр образца 6,3 мм, высота 69 мм; для измерения  $c_p$  — диаметр образца 6,4 мм, высота — 79 мм. Методы измерения:  $\lambda$  — осевым тепловым потоком,  $c_p$  — тепловым импульсом (погрешность измерения  $\lambda$  и  $c_p \pm 10\%$ ).

16. Температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность некоторых медноникелевых сплавов при 293 К [114, 141]

| Марка сплава  | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|---------------|---------------------------------------|---|
| МНЖМц 30-08-1 | 16,0                                  | 29,3  |
| МН19          | 16,0                                  | 38,5  |
| МНЦ 15—20     | 16,6                                  | 36,6  |
| Нейзильбер    | —                                     | 24,5  |

Примечание. Химический состав сплавов, %:

| Элемент | МНЖМц30-08-1 |           |           | Нейзильбер |
|---------|--------------|-----------|-----------|------------|
|         | МН19         | МНЦ 15—20 |           |            |
| Cu      | Осн.         | Осн.      | Осн.      | Осн.       |
| Mn      | 0,8—1,3      | —         | —         | 15         |
| Ni      | —            | —         | 18—22     | 22         |
| Zn      | —            | —         | 13,5—16,5 | —          |
| Ni+Co   | 29—33        | 18—20     | —         | —          |

17. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, тройного медного сплава, латуни 60/35 и кремнистой бронзы зарубежного производства [114, 141]

| T, К | Тройной медный сплав | Латунь 60/35 | Бронза кремнистая |
|------|----------------------|--------------|-------------------|
| 10   | 31,0                 | —            | —                 |
| 15   | 55,0                 | —            | —                 |
| 20   | 84,0                 | 12,5         | 3,50              |
| 25   | 102                  | 15,3         | 4,70              |
| 30   | 120                  | 18,0         | 5,94              |
| 40   | 140                  | 24,0         | 7,01              |
| 50   | 155                  | 28,5         | 8,44              |
| 60   | 165                  | 33,0         | 9,72              |
| 70   | 174                  | 37,5         | 10,6              |
| 80   | 181                  | 42,0         | 11,5              |
| 90   | 188                  | 45,0         | —                 |
| 100  | 195                  | 48,0         | —                 |

Продолжение табл. 17  
Примечание. Химический состав материалов, %:

| Элемент | Тройной медный сплав | Латунь 60/35 | Бронза кремнистая |
|---------|----------------------|--------------|-------------------|
| Cd      | 0,23                 | —            | —                 |
| Cu      | Осн.                 | 60           | 94                |
| In      | 0,76                 | —            | —                 |
| Mn      | —                    | —            | 1,13              |
| Pb      | —                    | 3,27         | —                 |
| Si      | —                    | —            | 3,15              |
| Sn      | —                    | 1,0          | —                 |
| Zn      | —                    | 35,7         | 1,0               |

Состояние образцов: тройной медный сплав — образцы отжигали (873 К, 3 ч); латунь 60/35 — образцы отпусkali; бронза кремнистая — образцы отжигали.

18. Теплопроводность, температурный коэффициент линейного расширения и удельная теплоемкость нейзильбера, константана и технической меди зарубежного производства [46, 114]

| T, К | Нейзильбер                                      |      |                     |                           | Константан                                      |  |                     |                           | Техническая медь   |   |
|------|---|------|---------------------|---------------------------|---|--|---------------------|---------------------------|--|---|
|      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |      | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|      | I   | II   | К <sup>-1</sup>     |                           |   |  | К <sup>-1</sup>     |                           |  |   |
| 1    | —   | —    | —                   | 12,8                      | —   | 0,000110   | —                   | —                         | —  | —   |
| 2    | —   | —    | —                   | 12,8                      | —   | 0,000231   | —                   | —                         | —  | —   |
| 3    | —   | —    | —                   | 12,9                      | —   | 0,000381   | —                   | —                         | —  | —   |
| 4    | —   | —    | —                   | 13,0                      | 0,80  | 0,000492   | —                   | —                         | 0,0000530  | —   |
| 5    | —   | —    | —                   | 13,0                      | 1,20  | 0,000560   | —                   | —                         | 0,0000914  | —   |
| 6    | —   | —    | —                   | 13,1                      | 1,60  | 0,000803   | —                   | —                         | 0,000148   | —   |
| 7    | —   | —    | —                   | 13,1                      | 2,20  | 0,00101  | —                   | —                         | 0,000227   | —   |
| 8    | —   | —    | —                   | 13,2                      | 2,60  | 0,00119  | —                   | —                         | 0,000334   | —   |
| 9    | —   | —    | —                   | 13,2                      | 3,10  | 0,00144  | —                   | —                         | 0,000474   | —   |
| 10   | —   | —    | —                   | 13,3                      | 3,50  | 0,00169  | —                   | —                         | 0,000652   | —   |
| 15   | —   | —    | 0,20                | 13,5                      | 6,15  | 0,00358  | —                   | —                         | 0,000874   | —   |
| 20   | 5,00  | 7,50 | 0,35                | 13,8                      | 8,80  | 0,00680  | —                   | 9,89                      | 0,00290  | 42,0  |
| 25   | 6,02  | 9,00 | 0,50                | 14,0                      | 10,0  | 0,0131   | —                   | 10,0                      | 0,0152   | 55,0  |
| 30   | 7,01  | 10,5 | 0,90                | 14,2                      | 11,2  | 0,0216   | —                   | 10,3                      | 0,0266   | 68,0  |
| 40   | 9,05  | 13,5 | 1,30                | 14,7                      | 13,0  | 0,0476   | —                   | 10,5                      | —  | 80,0  |
| 50   | 11,1  | 14,7 | 3,20                | 15,2                      | 14,5  | 0,0830   | —                   | 10,7                      | —  | 90,0  |
| 60   | 13,1  | 16,0 | 5,10                | 15,5                      | 15,7  | 0,119  | 4,60                | 11,0                      | —  | 110   |
| 70   | 15,1  | 17,0 | 6,80                | 15,9                      | 16,9  | 0,153  | 5,60                | 11,3                      | —  | 117   |
| 80   | 17,1  | —    | 8,40                | 16,2                      | 18,0  | 0,184  | 6,60                | 11,6                      | —  | 125   |
| 90   | 20,0  | —    | 9,70                | 16,5                      | 18,0  | 0,213  | 7,50                | 11,8                      | —  | —   |
| 100  | 23,3  | —    | 10,8                | 16,7                      | 18,0  | 0,238  | 8,30                | 12,0                      | —  | —   |
| 110  | 26,9  | —    | 11,8                | 16,9                      | 18,0  | 0,258  | 9,00                | 12,1                      | —  | —   |
| 120  | 30,1  | —    | 12,7                | 17,2                      | 18,0  | 0,279  | 9,60                | 12,3                      | —  | 140   |
| 130  | 33,9  | —    | 13,6                | 17,4                      | 18,0  | 0,294  | 10,1                | 12,4                      | —  | —   |
| 140  | 37,1  | —    | 14,2                | 17,6                      | 18,0  | 0,310  | 10,6                | 12,6                      | —  | —   |
| 150  | 40,5  | —    | 14,9                | 17,8                      | 18,0  | 0,320  | 11,0                | 12,7                      | —  | —   |
| 160  | 44,0  | —    | 15,4                | 18,0                      | 18,3  | 0,333  | 11,4                | 12,9                      | —  | —   |
| 170  | 47,4  | —    | 15,9                | 18,0                      | 18,6  | 0,341  | 11,7                | 13,0                      | —  | —   |
| 180  | 51,1  | —    | 16,3                | 18,0                      | 19,0  | 0,349  | 12,1                | 13,1                      | —  | —   |
| 190  | 54,2  | —    | 16,7                | 18,1                      | 19,3  | 0,355  | 12,3                | 13,2                      | —  | —   |
| 200  | 57,7  | —    | 17,0                | 18,2                      | 19,7  | 0,362  | 12,6                | 13,3                      | —  | —   |
| 210  | 61,1  | —    | 17,3                | 18,3                      | 20,0  | 0,366  | 12,8                | 13,3                      | —  | —   |
| 220  | 64,2  | —    | 17,5                | 18,3                      | 20,3  | 0,370  | 13,0                | 13,4                      | —  | —   |
| 230  | 67,7  | —    | 17,8                | 18,3                      | 20,7  | 0,375  | 13,1                | 13,4                      | —  | —   |
| 240  | 71,2  | —    | 18,1                | 18,4                      | 21,0  | 0,380  | 13,3                | 13,5                      | —  | —   |
| 250  | 74,6  | —    | 18,2                | 18,4                      | 21,3  | 0,385  | 13,4                | 13,5                      | —  | —   |

Продолжение табл. 18

| T, K | Нейзильбер                                      |    |                     |                           | Константан                                      |  |                     |                           | Техническая медь   |   |
|------|---|----|---------------------|---------------------------|---|--|---------------------|---------------------------|--|---|
|      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |    | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|      | К <sup>-1</sup>                                 |    | К <sup>-1</sup>     |                           |   |  | I                   | II                        |  |   |
|      | I   | II | III                 |                           |   |  |                     |                           |  |   |
| 260  | 78,0  | —  | 18,3                | 18,4                      | 21,7  | 0,390  | 13,5                | 13,6                      | —  | —   |
| 273  | 82,5  | —  | 18,5                | 18,5                      | 22,1  | 0,395  | 13,6                | 13,6                      | —  | —   |
| 280  | 85,0  | —  | 18,5                | 18,5                      | 22,3  | 0,400  | 13,7                | 13,7                      | —  | —   |
| 293  | 89,5  | —  | 18,6                | —                         | 22,7  | 0,405  | 13,7                | —                         | —  | —   |
| 300  | —   | —  | 18,6                | 18,6                      | 23,0  | 0,410  | 13,8                | 13,7                      | —  | 130   |

Примечание. Химический состав материалов, %:

| Элемент | Нейзильбер |    |       | Константан | Техническая медь |       |
|---------|------------|----|-------|------------|------------------|-------|
|         | I          | II | III   |            | I                | II    |
| Cu      | 47         | 47 | 45—62 | 55         | Осн.             | Осн.  |
| Fe      | —          | —  | —     | —          | ≤ 0,5            | —     |
| Mg      | —          | —  | —     | —          | ≤ 0,5            | —     |
| Mn      | —          | —  | —     | —          | ≤ 0,05           | —     |
| Ni      | 12,55      | 9  | 10—30 | 45         | —                | —     |
| P       | —          | —  | —     | —          | —                | 0,027 |
| Pb      | —          | 2  | —     | —          | —                | —     |
| Si      | —          | —  | —     | —          | 10,5             | —     |
| Zn      | 40,45      | 41 | 20—35 | —          | —                | —     |

Методы измерения:  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 3\%$ );  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 0,5\%$ );  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительным методом, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

19. Температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность алюминиевой бронзы, мельхиора и меди марки SMR 736 зарубежного производства [46]

| T, K | Бронза алюминиевая                    |   | Мельхиор | Медь SMR736 | T, K | Бронза алюминиевая                              |                                       | Мельхиор | Медь SMR736 |
|------|---------------------------------------|---|----------|-------------|------|---|---------------------------------------|----------|-------------|
|      | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |          |             |      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |          |             |
| 20   | —                                     | —   | 9,87     | 0,231       | 160  | 12,0  | 14,2                                  | 75,0     | 14,1        |
| 25   | —                                     | —   | 11,2     | 0,640       | 170  | 12,5  | 14,3                                  | 78,5     | 14,4        |
| 30   | —                                     | —   | 12,7     | 1,04        | 180  | 13,0  | 14,5                                  | 84,2     | 14,7        |
| 40   | —                                     | —   | 15,6     | 2,28        | 190  | 13,5  | 14,6                                  | 90,4     | 14,9        |
| 50   | —                                     | —   | 18,5     | 3,77        | 200  | 14,0  | 14,7                                  | 96,1     | 15,2        |
| 60   | —                                     | —   | 21,4     | 5,40        | 210  | 14,0  | 14,8                                  | 102      | 15,3        |
| 70   | —                                     | —   | 24,3     | 6,85        | 220  | 14,0  | 15,0                                  | 107      | 15,5        |
| 80   | —                                     | —   | 27,1     | 8,21        | 230  | 14,5  | 15,1                                  | 113      | 15,6        |
| 90   | 9,02                                  | 13,0  | 32,3     | 9,33        | 240  | 15,0  | 15,3                                  | 119      | 15,8        |
| 100  | 10,0                                  | 13,2  | 38,1     | 10,3        | 250  | 15,0  | 15,4                                  | 124      | 16,0        |
| 110  | 10,5                                  | 13,4  | 44,0     | 11,1        | 260  | 15,0  | 15,5                                  | 130      | 16,1        |
| 120  | 11,0                                  | 13,6  | 50,1     | 12,0        | 273  | 16,0  | 16,0                                  | 136      | 16,3        |
| 130  | 11,0                                  | 13,7  | 55,5     | 12,6        | 280  | 16,0  | 16,0                                  | 142      | 16,4        |
| 140  | 11,0                                  | 13,9  | 61,4     | 13,2        | 293  | 15,0  | —                                     | 149      | 16,6        |
| 150  | 11,5                                  | 14,0  | 67,1     | 13,7        | 300  | 16,0  | 16,0                                  | 153      | 16,6        |

Продолжение табл. 19

Примечание. Химический состав материалов, %:

| Элемент | Бронза алюминиевая | Мельхиор | Медь SMR736 |
|---------|--------------------|----------|-------------|
| Al      | 9,0                | —        | —           |
| Cu      | Осн.               | 77,44    | 99,99       |
| Fe      | 1,0                | —        | —           |
| Ni      | 0,5                | 20,48    | —           |
| Sn      | 0,5                | —        | —           |
| Zn      | —                  | 1,99     | —           |

Методы измерения:  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 5\%$ );  $\alpha$  — относительным методом, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

20. Температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность зарубежных медных сплавов Berylco25, латуней 70/30 и 65/35 [46]

| T, K | Berylco25           |                     |                           | Латунь 70/30                                    |                     | Латунь 65/35        |                           |
|------|---------------------|---------------------|---------------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------------|
|      | $\alpha \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ |
|      | К <sup>-1</sup>     |                     |                           |   | К <sup>-1</sup>     |                     |                           |
|      | I                   | II                  |                           |   |                     |                     |                           |
| 1    | —                   | —                   | 10,8                      | —   | —                   | —                   | 13,1                      |
| 2    | —                   | —                   | 10,8                      | 1,30  | —                   | —                   | 13,2                      |
| 3    | —                   | —                   | 10,9                      | 2,05  | —                   | —                   | 13,2                      |
| 4    | —                   | —                   | 10,9                      | 3,00  | —                   | —                   | 13,3                      |
| 5    | —                   | —                   | 10,9                      | 3,90  | —                   | —                   | 13,3                      |
| 6    | —                   | —                   | 11,0                      | 4,90  | —                   | —                   | 13,4                      |
| 7    | —                   | —                   | 11,0                      | 5,60  | —                   | —                   | 13,4                      |
| 8    | —                   | —                   | 11,1                      | 6,90  | —                   | —                   | 13,5                      |
| 9    | —                   | —                   | 11,1                      | 7,40  | —                   | —                   | 13,5                      |
| 10   | —                   | 0,0401              | 11,2                      | 8,10  | —                   | —                   | 13,6                      |
| 15   | —                   | 0,0602              | 11,4                      | 13,0  | —                   | —                   | 13,7                      |
| 20   | 11,6                | 0,0901              | 11,6                      | 18,0  | 13,6                | —                   | 13,9                      |
| 25   | 11,9                | 0,210               | 11,8                      | 20,0  | 13,9                | 1,15                | 14,2                      |
| 30   | 12,1                | 0,505               | 12,0                      | 23,0  | 14,2                | 1,80                | 14,5                      |
| 40   | 12,4                | 1,40                | 12,4                      | 30,0  | 14,5                | 3,70                | 15,0                      |
| 50   | 12,8                | 2,70                | 12,9                      | 35,0  | 14,8                | 5,80                | 15,4                      |
| 60   | 13,3                | 4,30                | 13,3                      | 40,0  | 15,2                | 7,60                | 15,8                      |
| 70   | 13,7                | 6,50                | 13,6                      | 49,0  | 15,4                | 9,20                | 16,1                      |
| 80   | 14,0                | 8,40                | 13,9                      | 52,0  | 15,7                | 10,6                | 16,4                      |
| 90   | 14,1                | 9,60                | 14,1                      | 58,0  | 15,9                | 11,8                | 16,7                      |
| 100  | 14,3                | 10,4                | 14,3                      | 60,0  | 16,2                | 12,9                | 16,9                      |
| 110  | 14,6                | 11,0                | 14,6                      | —   | 16,4                | 13,6                | 17,1                      |
| 120  | 14,9                | 11,6                | 14,9                      | —   | 16,7                | 14,4                | 17,3                      |
| 130  | 15,1                | 12,0                | 15,1                      | —   | 16,8                | 14,9                | 17,4                      |
| 140  | 15,3                | 12,4                | 15,3                      | —   | 17,0                | 15,4                | 17,6                      |
| 150  | 15,3                | 12,8                | 15,4                      | —   | 17,1                | 15,8                | 17,7                      |
| 160  | 15,4                | 13,2                | 15,4                      | —   | 17,2                | 16,3                | 17,8                      |
| 170  | 15,5                | 13,5                | 15,6                      | —   | 17,2                | 16,6                | 17,9                      |
| 180  | 15,7                | 13,8                | 15,7                      | —   | 17,3                | 16,9                | 18,0                      |
| 190  | 15,7                | 14,1                | 15,9                      | —   | 17,4                | 17,2                | 18,1                      |
| 200  | 15,8                | 14,5                | 16,2                      | —   | 17,5                | 17,4                | 18,2                      |
| 210  | 15,9                | 14,8                | 16,4                      | —   | 17,5                | 17,6                | 18,2                      |
| 220  | 16,0                | 15,2                | 16,6                      | —   | 17,5                | 17,8                | 18,3                      |
| 230  | 16,1                | 15,6                | 16,7                      | —   | 17,5                | 17,9                | 18,4                      |
| 240  | 16,2                | 16,0                | 16,8                      | —   | 17,5                | 18,1                | 18,5                      |
| 250  | 16,3                | 16,3                | 17,0                      | —   | 17,6                | 18,3                | 18,6                      |
| 260  | 16,4                | 16,7                | 17,3                      | —   | 17,6                | 18,5                | 18,8                      |
| 273  | 16,0                | 17,2                | 17,5                      | —   | 17,6                | 18,7                | 19,0                      |
| 280  | 16,1                | 17,4                | 17,7                      | —   | 17,7                | 18,8                | 19,0                      |
| 293  | —                   | 17,9                | —                         | —   | —                   | 19,0                | —                         |
| 300  | —                   | 18,1                | 18,7                      | —   | —                   | 19,1                | 19,0                      |



Продолжение табл. 20

Примечание. Химический состав материалов, %:

| Элемент | Вегульсо 25 |      | Латунь<br>70/30 | Латунь<br>65/35 | Состояние образцов:<br>сплав Вегульсо 25 (I) — образцы закаливали; сплав Вегульсо 25 (II) — образцы отжигали (473 К, 2 ч); латунь 70/30 — образцы закаливали на 3/4.<br>Методы измерения:<br>$\alpha$ — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения $\pm 3\%$ ); $\lambda$ — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения $\pm 10\%$ ). |
|---------|-------------|------|-----------------|-----------------|---|
|         | (I)         | (II) |                 |                 |   |
| Al      | 0,1         | —    | —               | —               |   |
| Be      | 1,8         | 2,0  | —               | —               |   |
| Co      | 0,2         | 0,3  | —               | —               |   |
| Cu      | Осн.        | Осн. | 70,3            | 65              |   |
| Fe      | 0,1         | —    | —               | —               |   |
| Si      | 0,1         | —    | —               | —               |   |
| Zn      | —           | —    | 29,7            | 35              |   |

21. Температурный коэффициент линейного расширения, теплопроводность и удельная теплоемкость некоторых марок никеля различной чистоты [46]

| T, K | H0                          |   | H1                          |  | H2                  |                           | H3                  |                           |
|------|-----------------------------|---|-----------------------------|--|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
|      | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ |
| 1    | —                           | —                                       | —                           | 0,000120   | —                   | —                         | —                   | 7,65                      |
| 2    | —                           | —                                       | —                           | 0,000242   | —                   | —                         | —                   | —                         |
| 3    | —                           | —                                       | —                           | 0,000369   | —                   | —                         | —                   | —                         |
| 4    | 0,0170                      | 0,650                                   | —                           | 0,000503   | —                   | —                         | —                   | —                         |
| 5    | 0,0200                      | 0,901                                   | —                           | 0,000670   | —                   | —                         | —                   | —                         |
| 6    | 0,0250                      | 1,10                                    | —                           | 0,000820   | —                   | —                         | —                   | —                         |
| 7    | 0,0310                      | 1,70                                    | —                           | 0,000885   | —                   | —                         | —                   | —                         |
| 8    | 0,0360                      | 2,00                                    | —                           | 0,00119  | —                   | —                         | —                   | —                         |
| 9    | 0,0430                      | 2,30                                    | —                           | 0,00140  | —                   | —                         | —                   | —                         |
| 10   | 0,0500                      | 2,80                                    | —                           | 0,00162  | —                   | —                         | —                   | —                         |
| 15   | 0,100                       | 4,95                                    | —                           | 0,00310  | —                   | —                         | —                   | —                         |
| 20   | 0,150                       | 7,10                                    | —                           | 0,00580  | —                   | 8,42                      | 0,20                | 8,21                      |
| 25   | 0,320                       | 8,55                                    | —                           | 0,0101   | —                   | 8,60                      | 0,35                | 8,36                      |
| 30   | 0,500                       | 10,0                                    | —                           | 0,0167   | 0,35                | 8,80                      | 0,50                | 8,52                      |
| 40   | 1,00                        | 12,0                                    | 0,702                       | 0,0381   | 0,85                | 9,01                      | 1,00                | 8,82                      |
| 50   | 1,90                        | 14,0                                    | 1,95                        | 0,0682   | 1,83                | 9,30                      | 1,90                | 9,09                      |
| 60   | 3,30                        | 16,0                                    | 3,25                        | 0,103  | 2,72                | 9,59                      | 2,80                | 9,41                      |
| 70   | 4,00                        | 17,0                                    | 4,50                        | 0,139  | 3,62                | 9,80                      | 3,80                | 9,68                      |
| 80   | 5,00                        | 17,0                                    | 5,20                        | 0,173  | 4,58                | 10,1                      | 4,70                | 9,92                      |
| 90   | 5,70                        | 17,0                                    | 5,90                        | 0,204  | 5,53                | 10,3                      | 5,50                | 10,1                      |
| 100  | 6,50                        | 17,1                                    | 6,40                        | 0,232  | 6,50                | 10,5                      | 6,10                | 10,4                      |
| 110  | 6,95                        | 17,2                                    | 6,90                        | 0,255  | —                   | 10,7                      | 6,80                | 10,5                      |
| 120  | 7,60                        | 17,5                                    | 7,50                        | 0,278  | —                   | 10,9                      | 7,50                | 10,7                      |
| 130  | 8,20                        | 17,7                                    | 8,10                        | 0,296  | —                   | 11,0                      | 8,25                | 10,9                      |
| 140  | 8,80                        | 18,0                                    | 8,50                        | 0,314  | —                   | 11,1                      | 8,80                | 11,2                      |
| 150  | 8,89                        | 18,3                                    | 8,90                        | 0,328  | —                   | 11,1                      | 9,30                | 11,3                      |
| 160  | 8,98                        | 18,7                                    | 9,40                        | 0,342  | —                   | 11,2                      | 9,80                | 11,4                      |
| 170  | 9,70                        | 19,0                                    | 9,90                        | 0,354  | —                   | 11,3                      | 9,95                | 11,5                      |
| 180  | 10,5                        | 19,3                                    | 10,4                        | 0,365  | —                   | 11,4                      | 10,5                | 11,7                      |
| 190  | 10,9                        | 19,6                                    | 10,8                        | 0,374  | —                   | 11,4                      | 10,7                | 11,8                      |
| 200  | 11,4                        | 20,0                                    | 11,0                        | 0,383  | —                   | 11,5                      | 11,0                | 11,9                      |
| 210  | 11,4                        | 20,3                                    | 11,3                        | 0,390  | —                   | 11,5                      | 11,3                | 12,0                      |
| 220  | 11,5                        | 20,7                                    | 11,4                        | 0,397  | —                   | 11,6                      | 11,5                | 12,0                      |
| 230  | 11,7                        | 21,0                                    | 11,6                        | 0,404  | —                   | 11,8                      | 11,7                | 12,1                      |
| 240  | 11,9                        | 21,3                                    | 11,7                        | 0,410  | —                   | 11,9                      | 11,9                | 12,2                      |
| 250  | 12,0                        | 21,6                                    | 11,9                        | 0,416  | —                   | 11,9                      | 12,1                | 12,3                      |

Продолжение табл. 21

| T, K | H0                          |   | H1                          |  | H2                  |                           | H3                  |                           |
|------|-----------------------------|---|-----------------------------|--|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
|      | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ |
| 260  | 12,2                        | 21,9                                    | 11,9                        | 0,422  | —                   | 11,9                      | 12,2                | 12,4                      |
| 273  | 12,3                        | 22,3                                    | 12,0                        | 0,427  | —                   | 12,2                      | 12,3                | 12,4                      |
| 280  | 12,5                        | 22,5                                    | 12,1                        | 0,433  | —                   | 12,3                      | 12,4                | 12,5                      |
| 293  | 12,6                        | 22,7                                    | 12,2                        | 0,439  | —                   | —                         | 12,6                | —                         |
| 300  | 12,7                        | 23,0                                    | —                           | 0,445  | —                   | 12,3                      | 12,6                | 12,6                      |

Примечание. Химический состав материалов, %; H0 — Ni 99,99; примеси  $\leq 0,01$ ; H1 — Ni 99,85; Fe 0,14; Co следы; H2 — Ni 99,54; C 0,06; Fe 0,01; Mn 0,3; H3 — Ni 97,90; Co 0,7; Cu 0,6; S 0,1; прочие примеси  $\leq 0,7$ .

Образцы отжигали.  
Методы измерения:  $\lambda$  — стационарным тепловым осевым потоком (погрешность измерения  $\pm 10\%$ );  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения:  $\pm 1\%$  при  $T < 20K$ ;  $\pm 0,2$  при  $T > 20K$ );  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительным методом, с помощью интерференционного динамического dilatометра (погрешность измерения  $\pm 5\%$ ).

22. Зависимость теплопроводности никеля при 300 К от давления [14]

| $p \cdot 10^{-5}, Па$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $p \cdot 10^{-5}, Па$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $p \cdot 10^{-5}, Па$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |
|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|
| 1                     | 0,230                                   | 50                    | 0,265                                   | 100                   | 0,268                                   |
| 10                    | 0,248                                   | 60                    | 0,266                                   | 110                   | 0,268                                   |
| 20                    | 0,256                                   | 70                    | 0,267                                   | 120                   | 0,269                                   |
| 30                    | 0,261                                   | 80                    | 0,268                                   | 130                   | 0,269                                   |
| 40                    | 0,264                                   | 90                    | 0,268                                   | 140                   | 0,269                                   |

Примечание. Материал — никелевая проволока диаметром 3 мм, залитая аральдитом (этоксиллиновая смола; в затвердевшем состоянии механически прочна и устойчива).  
Метод измерения — нестационарным методом нагретой проволоки, погрешность измерения  $\pm 2\%$ .

23. Теплопроводность  $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ , никелевых сплавов при глубоком охлаждении [155]

| T, K | I      | II     | T, K | I     | II    | T, K | I     | II    |
|------|--------|--------|------|-------|-------|------|-------|-------|
| 0,08 | 0,0053 | —      | 0,4  | 0,028 | 0,018 | 0,9  | 0,090 | 0,080 |
| 0,09 | 0,0056 | —      | 0,5  | 0,034 | 0,028 | 1,0  | 0,10  | 0,090 |
| 0,1  | 0,0060 | —      | 0,6  | 0,042 | 0,035 | 2,0  | 0,26  | 0,023 |
| 0,2  | 0,012  | 0,0048 | 0,7  | 0,058 | 0,050 | 3,0  | 0,54  | 0,050 |
| 0,3  | 0,018  | 0,0090 | 0,8  | 0,075 | 0,070 | 4,0  | 0,81  | —     |

Примечание. Материалы — никелевые сплавы, используемые в виде проволоки для нагревателей и термопар.

I — константан; химический состав, %: Cu 57; Ni 43; плотность 8900  $кг \cdot м^{-3}$ ; II — эваном; химический состав, %: Ni 75; Cr 20; Cu 2,5; Al 2,5; плотность 8100  $кг \cdot м^{-3}$ ; обладает повышенной прочностью.

Метод измерения — осевым тепловым потоком; образцы — в виде цилиндров диаметром 6,4 мм, длиной 79 мм, массой 20 г (погрешность измерения  $\pm 10\%$ ).

В диапазоне температур 0,15—1,5 К  $\lambda = 0,020T + 0,048T^2$ , где T — температура сплава эваном.



| Элемент | 48НХ  | 47НЗХ | 47НХР | 47НД  | 49НД  | 47НХ  | 47Н   | 50Н       | Н30К25Х8 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|----------|
| C       | 0,024 | 0,035 | —     | 0,032 | —     | —     | —     | ≤0,03     | —        |
| Co      | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —         | 25       |
| Cr      | 0,9   | 3,5   | 5,3   | —     | —     | 3—4   | —     | —         | 8        |
| Cu      | —     | —     | —     | 5,1   | —     | —     | —     | —         | —        |
| Fe      | Ост.  | Ост.  | Ост.  | Ост.  | Ост.  | Ост.  | Ост.  | Ост.      | 37       |
| Mn      | 0,28  | 0,32  | 0,38  | 0,36  | —     | —     | —     | 0,30—0,60 | —        |
| Ni      | 48,8  | 47,6  | 47,3  | 47,4  | 49    | 46—47 | 47    | 49,0—50,3 | 30       |
| P       | 0,019 | 0,024 | 0,019 | 0,023 | —     | —     | —     | ≤0,02     | —        |
| S       | 0,018 | 0,019 | —     | 0,019 | —     | —     | —     | ≤0,02     | —        |
| Si      | 0,20  | 0,24  | 0,24  | 0,23  | —     | —     | —     | 0,15—0,30 | —        |
| Элемент | Ковар | 38НК  | 30НКД | 42Н   | 29НК  | 34НК  | 46Н   | 38НКД     | 33НК     |
| C       | 0,2   | 0,023 | 0,025 | 0,026 | 0,026 | —     | 0,024 | 0,032     | 0,029    |
| Co      | 17    | 1,9   | 13,8  | —     | 17,8  | —     | —     | 4,7       | 17,2     |
| Cr      | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —         | —        |
| Cu      | —     | —     | 0,48  | —     | —     | —     | —     | 4,8       | —        |
| Fe      | Ост.  | Ост.  | Ост.  | Ост.  | Ост.  | 66    | Ост.  | Ост.      | Ост.     |
| Mn      | 0,2   | 0,32  | 0,33  | 0,36  | 0,33  | —     | 0,32  | 0,35      | 0,35     |
| Ni      | 29    | 38,2  | 30,1  | 42,5  | 28,8  | 34    | 46,3  | 38,2      | 32,9     |
| P       | —     | 0,017 | 0,014 | 0,019 | 0,019 | —     | 0,018 | 0,016     | 0,023    |
| S       | —     | 0,019 | 0,015 | 0,018 | 0,018 | —     | 0,017 | 0,015     | 0,019    |
| Si      | —     | 0,24  | 0,21  | 0,23  | 0,12  | —     | 0,21  | 0,21      | 0,23     |

28. Температурный коэффициент линейного расширения, теплопроводность и удельная теплоемкость никелевых сплавов различного назначения при 293 К [114, 141]

| Марка сплава    | $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | Марка сплава | $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ |
|-----------------|------------------------------------|--|---|--------------|------------------------------------|--|---|
|                 |                                    |  |   |              |                                    |  |   |
| 42НХТЮ          | —                                  | 14,6   | —   | 20НГ         | —                                  | 15,9   | 0,501   |
| 44НХТЮ          | —                                  | 15,5   | —   | 24НХ         | —                                  | 14,6   | 0,501   |
| 41НХТА          | —                                  | 15,5   | —   | 19НХ         | —                                  | 15,5   | 0,502   |
| X15Н60          | 13,0                               | 12,6   | 0,460   | 28НХТЮ       | —                                  | 13,8   | 0,503   |
| X20Н80          | 13,1                               | 12,6   | 0,461   | 45НТЮ        | —                                  | 15,9   | 0,501   |
| НК0,2           | 13,7                               | 58,6   | —   | НПЗ          | —                                  | 59,4   | 0,469   |
| НМц2,5          | 13,4                               | 53,1   | —   | НМцАК2-2-1   | 13,7                               | 32,6   | —   |
| НМц5            | 13,7                               | 48,1   | —   | НХ9          | 12,8                               | 16,0   | —   |
| НМЖМц28-2,5-1,5 | 14,1                               | 25,1   | —   | МНМц43-0,5   | 14,0                               | 24,1   | —   |
| 45НХ            | —                                  | 15,1   | 0,502   |              |                                    |  |   |

Примечание. Сплавы 42НХТЮ, 44НХТЮ, 41НХТА — с особо упругими свойствами; НК0,2, НМц2,5, НМц5, НМЖМц28-2,5-1,5 — конструктивные; 45НХ, 20НГ, 24НХ, 19НХ, 28НХТЮ, 45НТЮ, НПЗ — для термометаллов. НМцАК2-2-1 (алюмель), НХ9 (хромель), МНМц43-0,5 (копель) — термоэлектродные; X15Н60 (ферронихром), X20Н80 (нихром) — сплавы жаростойкие.

Химический состав сплавов, %:

| Элемент | 42НХТЮ  | 44НХТЮ  | 41НХТА  | X15Н60 | X20Н80 | НК0,2 | НМц2,5  | НМц5    | НМЖМц28-2,5-1,5 |
|---------|---------|---------|---------|--------|--------|-------|---------|---------|-----------------|
| Al      | 0,5—1,0 | 0,4—0,8 | 0,5—1,0 | —      | —      | —     | —       | —       | —               |
| As      | —       | —       | —       | —      | —      | —     | —       | —       | —               |
| Bi      | —       | —       | —       | —      | —      | —     | —       | —       | —               |
| C       | —       | —       | —       | ≤0,15  | ≤0,15  | —     | —       | —       | —               |
| Cr      | 5,1—5,9 | 5,2—5,8 | 4,9—5,7 | 15—18  | 20—23  | —     | —       | —       | —               |
| Cu      | —       | —       | —       | —      | —      | —     | —       | —       | 27—29           |
| Fe      | Ост.    | Ост.    | Ост.    | Ост.   | Ост.   | —     | —       | —       | 2—3             |
| Mg      | —       | —       | —       | —      | —      | —     | —       | —       | —               |
| Mn      | —       | —       | —       | ≤1,5   | ≤1,5   | —     | 2,3—3,3 | 4,6—5,4 | 1,2—1,8         |



Продолжение табл. 29

| T, К | Ni1036              |   | Ni1040                    |   | Ni1050                                   |   | Контрацид |   | Инконель            |   | Инко-<br>нель X           |   | Ni80/20             |   | Fe-29Ni             |   | Fe-50Ni             |   | Fe-79Ni             |   |   |
|------|---------------------|---|---------------------------|---|--|---|-----------|---|---------------------|---|---------------------------|---|---------------------|---|---------------------|---|---------------------|---|---------------------|---|---|
|      | $\alpha \cdot 10^6$ |   | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ |   | $\lambda$                                |   | $\lambda$ |   | $\alpha \cdot 10^6$ |   | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ |   | $\alpha \cdot 10^6$ |   | $\alpha \cdot 10^6$ |   | $\alpha \cdot 10^6$ |   | $\alpha \cdot 10^6$ |   |   |
|      | К-1                 |   | К-1                       |   | Вт·м <sup>-1</sup> ×<br>×К <sup>-1</sup> |   | К-1       |   | К-1                 |   | К-1                       |   | К-1                 |   | К-1                 |   | К-1                 |   | К-1                 |   |   |
| 70   | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 80   | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 90   | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 100  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 110  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 120  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 130  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 140  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 150  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 160  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 170  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 180  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 190  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 200  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 210  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 220  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 230  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 240  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |

Продолжение табл. 29

| T, К | Ni1036              |   | Ni1040                    |   | Ni1050                                   |   | Контрацид |   | Инконель            |   | Инко-<br>нель X           |   | Ni80/20             |   | Fe-29Ni             |   | Fe-50Ni             |   | Fe-79Ni             |   |   |
|------|---------------------|---|---------------------------|---|--|---|-----------|---|---------------------|---|---------------------------|---|---------------------|---|---------------------|---|---------------------|---|---------------------|---|---|
|      | $\alpha \cdot 10^6$ |   | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ |   | $\lambda$                                |   | $\lambda$ |   | $\alpha \cdot 10^6$ |   | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ |   | $\alpha \cdot 10^6$ |   | $\alpha \cdot 10^6$ |   | $\alpha \cdot 10^6$ |   | $\alpha \cdot 10^6$ |   |   |
|      | К-1                 |   | К-1                       |   | Вт·м <sup>-1</sup> ×<br>×К <sup>-1</sup> |   | К-1       |   | К-1                 |   | К-1                       |   | К-1                 |   | К-1                 |   | К-1                 |   | К-1                 |   |   |
| 250  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 260  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 270  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 280  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 293  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |
| 300  | —                   | — | —                         | — | —  | — | —         | — | —                   | — | —                         | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | —                   | — | — |

Примечание. Химический состав сплавов, %:

| Элемент | Ni1036 | Ni1040 | Ni1050 | Контра-<br>цид | Инко-<br>нель | Инко-<br>нель X | Инконель 718 | Ni80/20 | Fe-29Ni | Fe-50Ni | Fe-79Ni |
|---------|--------|--------|--------|----------------|---------------|-----------------|--------------|---------|---------|---------|---------|
| Al      | —      | —      | —      | —              | —             | 0,05            | 0,44         | —       | <0,1    | <0,1    | <0,1    |
| Cr      | —      | —      | —      | 15             | 14            | 15,4            | <0,1         | 20      | —       | <0,1    | <0,1    |
| Co      | 0,1    | 0,1    | —      | —              | —             | —               | —            | —       | —       | —       | —       |
| Cu      | 0,1    | 0,1    | —      | —              | —             | —               | —            | —       | —       | —       | —       |
| Fe      | 64,2   | 57,5   | —      | 16,0           | 6,0           | 7,0             | 17,08        | —       | —       | —       | —       |
| Mn      | 0,3    | 0,3    | —      | —              | —             | 0,29            | <0,1         | —       | —       | —       | —       |
| Mo      | —      | —      | —      | —              | —             | 0,6             | 3,18         | —       | —       | —       | —       |
| Nb      | —      | —      | —      | 7              | —             | 0,7             | Nb+Ta...5,12 | —       | —       | —       | —       |
| Ni      | 35,1   | 41,9   | —      | 60             | 80            | Осн.            | 54,57        | 80      | 28,45   | 50,39   | 78,63   |
| P       | —      | —      | —      | —              | —             | —               | <0,1         | <0,1    | <0,1    | <0,1    | <0,1    |
| S       | —      | —      | —      | —              | —             | 0,1             | <0,1         | <0,1    | <0,1    | <0,1    | <0,1    |
| Si      | —      | —      | —      | —              | —             | 2,5             | 0,24         | <0,1    | <0,1    | <0,1    | <0,1    |
| Ti      | —      | —      | —      | —              | —             | —               | 0,85         | —       | —       | —       | —       |

Состояние образцов: инконель 718 — образцы отожрали и старили; Fe-50Ni — образцы отжигали; инконель X, Fe-79Ni — образцы горячекатаные (для остальных сплавов данные отсутствуют); инконель — образцы отжигали.  
Метод измерения  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 1$  %).



| Элемент | I   | II  | III, IV | V    | VI   | VII  | VIII | IX    | X     | XI    | XII   | XIII  | XIV   |
|---------|-----|-----|---------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Al      | —   | —   | —       | 2,9  | —    | 1,4  | —    | 0,63  | 1,45  | —     | —     | 0,20  | —     |
| C       | —   | —   | 0,15    | 0,15 | 0,03 | 0,09 | —    | —     | —     | —     | —     | —     | ≤0,1  |
| Cr      | —   | —   | —       | —    | —    | 18,8 | —    | 17,16 | 18,8  | 15,35 | 7,75  | 22,17 | —     |
| Co      | —   | —   | —       | —    | —    | 10,5 | —    | —     | 12,67 | 0,35  | 0,11  | 1,76  | —     |
| Cu      | 30  | 30  | 28      | 30,9 | 27,7 | —    | —    | —     | —     | —     | —     | —     | Осн.  |
| Fe      | 1,4 | 1,5 | 1,4     | 1,2  | 1,8  | 1,3  | 57   | 17,1  | 0,69  | 5,07  | 4,54  | 18,6  | Осн.  |
| Mn      | 1,0 | —   | 1,0     | 0,4  | 0,7  | —    | 0,8  | —     | —     | 0,45  | 0,47  | 0,84  | 0,81  |
| Mo      | —   | —   | —       | —    | —    | 9,7  | —    | 2,75  | 4,01  | 15,91 | 16,02 | 9,2   | —     |
| Nb      | —   | —   | —       | —    | —    | —    | —    | 3,0   | —     | —     | —     | —     | —     |
| Ni      | 67  | 67  | 67      | Осн. | Осн. | Осн. | 42   | Осн.  | Осн.  | Осн.  | Осн.  | Осн.  | 35,99 |
| P       | —   | —   | —       | —    | —    | —    | —    | —     | —     | —     | —     | —     | ≤0,1  |
| S       | —   | —   | 0,01    | 0,01 | —    | 0,01 | —    | —     | —     | —     | —     | —     | ≤0,1  |
| Si      | —   | —   | 0,1     | 0,3  | 4,1  | 0,2  | —    | —     | —     | 0,76  | 0,50  | 0,38  | 0,35  |
| Ta      | —   | —   | —       | —    | —    | —    | —    | 3,05  | —     | —     | —     | —     | —     |
| Ti      | —   | —   | —       | 0,5  | —    | 3,2  | —    | 0,89  | 2,92  | —     | —     | —     | —     |
| V       | —   | —   | —       | —    | —    | —    | —    | —     | —     | 0,25  | 0,28  | —     | —     |
| W       | —   | —   | —       | —    | —    | —    | —    | 2,80  | —     | 3,44  | —     | 0,71  | —     |

Состояние образцов: IV и XIV — образцы холодногнутые; V — образцы закаленные; VI, VIII, IX, X и XIII — образцы отжигали; XI, XII и III — образцы горячекатаные (для остальных сплавов данные отсутствуют).

Методы измерения:  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения:  $\pm 1\%$  при  $T < 20\text{ K}$ ;  $\pm 0,2\%$  при  $T > 20\text{ K}$ );  $\alpha$  и  $\beta$  — относительным методом с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 1\%$ );  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 10\%$ ).

31. Температурный коэффициент линейного расширения, теплопроводность и удельная теплоемкость кобальта различной чистоты [114]

| T, K | I                                   |   |  | II  | III  | IV  |
|------|-------------------------------------|---|--|---|--|---|
|      | $\alpha \cdot 10^6, \text{ K}^{-1}$ | $\lambda, \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-1} \times \text{ K}^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \times \text{ K}^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{ K}^{-1}$ | $\lambda, \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{ K}^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{ K}^{-1}$ |
| 4    | 0,0110                              | —   | —  | —   | —  | —   |
| 5    | 0,0141                              | —   | —  | —   | —  | —   |
| 6    | 0,0173                              | —   | —  | —   | —  | —   |
| 7    | 0,0210                              | —   | —  | —   | —  | —   |
| 8    | 0,0252                              | —   | —  | —   | —  | —   |
| 9    | 0,0301                              | —   | —  | —   | —  | —   |
| 10   | 0,0354                              | —   | —  | —   | —  | —   |
| 15   | 0,0770                              | —   | —  | —   | —  | 130   |
| 20   | 0,118                               | —   | —  | —   | —  | 180   |
| 25   | —                                   | —   | —  | —   | —  | 230   |
| 30   | —                                   | —   | —  | —   | —  | 243   |
| 40   | —                                   | —   | —  | —   | —  | 257   |
| 50   | —                                   | —   | —  | —   | —  | 270   |
| 60   | 3,01                                | —   | —  | —   | —  | 280   |
| 70   | 4,02                                | —   | —  | —   | —  | —   |
| 80   | 5,01                                | —   | —  | —   | —  | —   |
| 90   | 7,63                                | —   | —  | —   | —  | —   |
| 100  | 10,2                                | 37,5  | 0,410  | —   | —  | 160   |
| 110  | 10,3                                | 41,0  | 0,411  | —   | —  | 155   |
| 120  | 10,4                                | 44,1  | 0,412  | —   | —  | 150   |
| 130  | 10,5                                | 46,0  | 0,413  | —   | —  | 145   |
| 140  | 10,6                                | 48,2  | 0,414  | —   | —  | 130   |
| 150  | 10,7                                | 50,1  | 0,415  | —   | —  | 127   |
| 160  | 10,8                                | 52,0  | 0,416  | —   | —  | 127   |
| 170  | 10,9                                | 54,1  | 0,417  | —   | —  | 122   |
| 180  | 11,0                                | 56,0  | 0,418  | —   | —  | 120   |
| 190  | 11,1                                | 58,1  | 0,419  | —   | —  | 117   |
| 200  | 11,2                                | 61,2  | 0,420  | —   | —  | 115   |
| 210  | 11,3                                | 63,0  | 0,421  | —   | —  | 113   |
| 220  | 11,4                                | 66,0  | 0,423  | —   | —  | 111   |
| 230  | 11,6                                | 66,5  | 0,424  | —   | —  | 109   |
| 240  | 11,8                                | 67,0  | 0,425  | —   | —  | 107   |
| 250  | 12,0                                | 67,8  | 0,427  | 0,402   | —  | 105   |
| 260  | 12,2                                | 68,3  | 0,429  | 0,414   | —  | 103   |
| 273  | 12,6                                | 69,5  | 0,431  | 0,426   | —  | 101   |
| 280  | 12,9                                | 70,1  | 0,433  | 0,438   | 99,0   | 0,413   |
| 293  | —                                   | 70,9  | 0,435  | 0,449   | 97,1   | 0,416   |
| 300  | —                                   | —   | —  | 0,460   | 95,0   | 0,417   |

Примечание. Массовая доля кобальта: I — 99,99%; II — 99,97%; III — 99,9%; IV — технический кобальт.

Методы измерения:  $\alpha$  — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ );  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 5\%$ );  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром; погрешность измерения  $\pm 2\%$  (для I и II); относительным методом в режиме нагревания или охлаждения исследуемого образца (цилиндр диаметром 15 мм и длиной 30 мм) и стандартного образца (чистая медь, алюминий, сталь 12X18H8T) и определенном  $c_p$  из отношения скорости изменения температуры сравниваемых образцов; погрешность измерения  $\pm 2\%$  (для IV).



32. Температурный коэффициент линейного расширения  $\bar{\alpha} \cdot 10^6, K^{-1}$ , кобальтовых сплавов (по зарубежным данным) [46, 114]

| T, K | I    | II   | III  | T, K | I    | II   | III  |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 20   | 9,48 | 7,62 | 7,55 | 150  | 12,3 | 10,7 | 10,4 |
| 25   | 9,65 | 7,80 | 7,73 | 160  | 12,5 | 10,9 | 10,7 |
| 30   | 9,82 | 7,98 | 7,90 | 170  | 12,6 | 11,1 | 10,8 |
| 40   | 10,0 | 8,10 | 8,02 | 180  | 12,7 | 11,3 | 10,9 |
| 50   | 10,3 | 8,40 | 8,31 | 190  | 12,7 | 11,6 | 11,1 |
| 60   | 10,6 | 8,71 | 8,50 | 200  | 12,8 | 11,9 | 11,3 |
| 70   | 10,9 | 8,96 | 8,73 | 210  | 12,8 | 12,1 | 11,5 |
| 80   | 11,1 | 9,20 | 8,97 | 220  | 12,9 | 12,2 | 11,8 |
| 90   | 11,3 | 9,42 | 9,18 | 230  | 12,9 | 12,3 | 11,9 |
| 100  | 11,5 | 9,64 | 9,39 | 240  | 13,0 | 12,4 | 12,0 |
| 110  | 11,7 | 9,82 | 9,58 | 250  | 13,0 | 12,4 | 12,5 |
| 120  | 11,8 | 10,0 | 9,77 | 260  | 13,0 | 12,4 | 13,0 |
| 130  | 11,9 | 10,3 | 9,95 | 273  | 13,0 | 12,5 | 13,0 |
| 140  | 12,1 | 10,5 | 10,2 | 280  | 13,0 | 13,0 | 13,1 |

Примечание. I — сплав Elgiloy; материал восстанавливали (45 %); II — сплав Stellite 3; материал отливали; III — сплав Stellite 25; материал восстанавливали (25 %).

Химический состав сплавов, %:

| Элемент | I    | II   | III  | Элемент | I    | II   | III  |
|---------|------|------|------|---------|------|------|------|
| C       | 0,15 | 2,45 | 0,07 | Ni      | 15,0 | 3,0  | 10,0 |
| Co      | Осн. | Осн. | Осн. | P       | —    | —    | 0,01 |
| Cr      | 20,0 | 30,5 | 20,2 | S       | —    | —    | 0,01 |
| Fe      | 16,0 | 3,0  | 2,4  | Si      | —    | —    | 0,6  |
| Mn      | 2,0  | —    | 1,6  | W       | —    | 12,5 | 15,2 |
| Mo      | 7,0  | —    | —    |         |      |      |      |

Метод измерения  $\bar{\alpha}$  — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

33. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ , сплавов Co—Fe [114, 141]

| T, K | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 293  | 12,3 | 11,0 | 10,4 | 10,1 | 10,0 | 10,0 | 11,0 | 12,3 | 12,3 |
| 300  | 12,4 | 11,1 | 10,6 | 10,2 | 10,2 | 10,2 | 11,1 | 12,3 | 12,4 |

Примечание. Химический состав, %:

| Элемент | I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX |
|---------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|
| Co      | 10 | 20 | 30  | 40 | 50 | 60 | 70  | 80   | 90 |
| Fe      | 90 | 80 | 70  | 60 | 50 | 40 | 30  | 20   | 10 |

Метод измерения  $\alpha$  — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

34. Температурный коэффициент расширения и теплопроводность кобальтовых жаростойких сплавов и кобальтовых сплавов системы Co—Cr—Ni [114]

| T, K | Жаростойкие сплавы                |      | Сплавы Co—Cr—Ni                         |      |      |      |      |      |
|------|-----------------------------------|------|---|------|------|------|------|------|
|      | $\bar{\alpha} \cdot 10^6, K^{-1}$ |      | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |      |      |      |      |      |
|      | I                                 | II   | III                                     | IV   | V    | VI   | VII  | VIII |
| 195  | 9,70                              | 10,2 | —                                       | —    | —    | —    | —    | —    |
| 300  | —                                 | —    | 83,7                                    | 76,8 | 80,3 | 79,1 | 80,3 | 87,2 |

Примечание. Образцы закаляли.

Химический состав сплавов, %:

| Элемент | I    | II   | III  | IV   | V    | VI    | VII  | VIII |
|---------|------|------|------|------|------|-------|------|------|
| C       | 0,7  | 2,3  | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,15  | 0,40 | 0,40 |
| Co      | 20,0 | 44,3 | 64,9 | 34,2 | 54,8 | 25,3  | 20,5 | 44,2 |
| Cr      | 5,0  | 33,4 | 24,8 | 25,2 | 24,7 | 15    | 20   | 20,2 |
| Fe      | 59,3 | 6,0  | 1    | 1    | 1    | 31,35 | 24,5 | 1    |
| Mn      | 7,0  | —    | 0,3  | 0,6  | 0,6  | 1,5   | 1,5  | 1,5  |
| Mo      | —    | —    | —    | 6    | —    | 3     | 4    | 4    |
| Nb      | —    | —    | —    | —    | —    | 1     | 4    | 4    |
| Ni      | —    | —    | 2    | 32   | 9,8  | 20,2  | 20,4 | 20   |
| Si      | —    | —    | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,5   | 0,7  | 0,7  |
| W       | 8,0  | 14,0 | 6    | —    | 8    | 2     | 2    | 2    |

Метод измерения  $\bar{\alpha}$  — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

35. Теплопроводность, температурный коэффициент линейного расширения и удельная теплоемкость марганца различных модификаций [46, 114]

| T, K | $\alpha$ -Mn                            |                     |                           | $\beta$ -Mn                             |                     | $\gamma$ -Mn              |   | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ |                     |                           |
|------|---|---------------------|---------------------------|---|---------------------|---------------------------|---|--|---------------------|---------------------------|
|      | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |  | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ |
|      |   | $K^{-1}$            |                           |   | $K^{-1}$            |                           |   |  |                     |                           |
| 1    | —                                       | —                   | —                         | —                                       | —                   | —                         | —                                       | 8,77   | —                   |                           |
| 2    | 0,20                                    | —                   | —                         | —                                       | —                   | —                         | —                                       | 8,78   | —                   |                           |
| 3    | 0,25                                    | —0,10               | —                         | —                                       | —                   | —                         | —                                       | 8,79   | —                   |                           |
| 4    | 0,32                                    | —0,11               | —                         | —                                       | —                   | —                         | —                                       | 8,80   | —                   |                           |
| 5    | 0,40                                    | —0,14               | —                         | —                                       | —                   | —                         | —                                       | 8,81   | —                   |                           |
| 6    | 0,50                                    | —0,17               | —                         | —                                       | —                   | —                         | —                                       | 8,82   | —                   |                           |
| 7    | 0,60                                    | —0,20               | —                         | —                                       | —                   | —                         | —                                       | 8,83   | —                   |                           |
| 8    | 0,70                                    | —0,23               | —                         | —                                       | —                   | —                         | —                                       | 8,84   | —                   |                           |
| 9    | 0,80                                    | —0,26               | —                         | —                                       | —                   | —                         | —                                       | 8,85   | —                   |                           |
| 10   | 0,90                                    | —0,28               | —                         | —                                       | —                   | —                         | —                                       | 8,87   | —                   |                           |
| 15   | 1,35                                    | —0,43               | —                         | —                                       | —                   | —                         | —                                       | 9,13   | —                   |                           |
| 20   | 1,80                                    | —0,58               | —                         | —                                       | —                   | —                         | —                                       | 9,21   | 0,010               |                           |

Продолжение табл. 35

| T, K | α-Mn                                   |                   |                    | β-Mn              |                    | γ-Mn              |                    |   |
|------|--|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---|
|      | λ, Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | α·10 <sup>6</sup> | ᾱ·10 <sup>6</sup> | α·10 <sup>6</sup> | ᾱ·10 <sup>6</sup> | α·10 <sup>6</sup> | ᾱ·10 <sup>6</sup> | с <sub>p</sub> ·10 <sup>-3</sup> , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|      |  | К <sup>-1</sup>   |                    |                   |                    |                   |                    |   |
| 25   | 2,30                                   | -0,74             | —                  | —                 | —                  | 0,970             | 9,57               | 0,017   |
| 30   | 2,75                                   | -0,90             | —                  | —                 | —                  | 1,40              | 9,74               | 0,025   |
| 40   | 3,70                                   | —                 | —                  | —                 | —                  | 3,00              | 10,1               | 0,053   |
| 50   | —                                      | —                 | —                  | —                 | —                  | 4,01              | 10,4               | 0,092   |
| 60   | —                                      | -0,50             | —                  | —                 | —                  | 7,30              | 10,7               | 0,133   |
| 70   | —                                      | 1,05              | —                  | —                 | —                  | 7,50              | 11,0               | 0,172   |
| 80   | —                                      | 2,50              | 17,8               | —                 | —                  | 7,70              | 11,3               | 0,208   |
| 90   | —                                      | 9,80              | 18,3               | —                 | 20,6               | 7,90              | 11,6               | 0,240   |
| 100  | —                                      | 11,9              | 18,7               | 0,267             | 14,6               | 8,10              | 11,8               | 0,270   |
| 110  | —                                      | 13,1              | 19,0               | 0,283             | 15,8               | 21,2              | 12,0               | 0,294   |
| 120  | —                                      | 14,4              | 19,3               | 0,312             | 17,0               | 21,4              | 12,3               | 0,318   |
| 130  | —                                      | 15,2              | 19,5               | 0,331             | 17,7               | 21,6              | 12,5               | 0,337   |
| 140  | —                                      | 16,0              | 19,8               | 0,349             | 18,5               | 21,8              | 12,7               | 0,356   |
| 150  | —                                      | 16,7              | 20,0               | 0,364             | 19,1               | 22,2              | 12,9               | 0,371   |
| 160  | —                                      | 17,3              | 20,2               | 0,379             | 19,7               | 22,6              | 13,1               | 0,386   |
| 170  | —                                      | 17,8              | 20,3               | 0,391             | 20,2               | 22,8              | 13,2               | 0,398   |
| 180  | —                                      | 18,4              | 20,4               | 0,402             | 20,7               | 23,0              | 13,4               | 0,410   |
| 190  | —                                      | 18,9              | 20,5               | 0,411             | 21,2               | 23,2              | 13,6               | 0,420   |
| 200  | —                                      | 19,4              | 20,6               | 0,420             | 21,6               | 23,4              | 13,8               | 0,430   |
| 210  | —                                      | 19,8              | 20,7               | 0,427             | 22,0               | 23,6              | 13,9               | 0,438   |
| 220  | —                                      | 20,3              | 20,8               | 0,435             | 22,4               | 23,8              | 14,1               | 0,447   |
| 230  | —                                      | 20,6              | 20,9               | 0,442             | 22,8               | 24,0              | 14,3               | 0,455   |
| 240  | —                                      | 21,0              | 20,9               | 0,448             | 23,2               | 24,2              | 14,3               | 0,463   |
| 250  | —                                      | 21,4              | 21,1               | 0,454             | 23,6               | 24,5              | 14,4               | 0,470   |
| 260  | —                                      | 21,8              | 22,2               | 0,460             | 24,0               | 24,9              | 14,6               | 0,477   |
| 273  | —                                      | 22,2              | 22,5               | 0,467             | 24,5               | 25,0              | 14,6               | 0,483   |
| 280  | —                                      | 22,4              | 22,6               | 0,470             | 24,8               | 25,1              | 14,7               | 0,490   |
| 293  | —                                      | 22,7              | —                  | 0,477             | 25,4               | —                 | 15,0               | 0,497   |
| 300  | —                                      | 22,9              | 22,8               | 0,480             | 25,7               | 25,5              | 15,1               | 0,503   |

Примечание. Модификация α-Mn: I — массовая доля марганца 99,99 %; образцы отжигали; II — массовая доля марганца 99,9 %; образцы получали плавлением в вакууме; модификация γ-Mn: массовая доля марганца 99,99 %; материал гомогенизированный в аргоне.

Методы измерения: λ — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения ±3 %); α — относительным методом, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения ±3 %); с<sub>p</sub> — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения: ±1 % для T < 20 K; ±0,2 % для T > 20 K).

### 3. ТУГОПЛАВКИЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ НА ИХ ОСНОВЕ

1. Температурный коэффициент линейного расширения, удельная теплоемкость и теплопроводность вольфрама различной чистоты [231]

| T, K | α·10 <sup>6</sup>   ᾱ·10 <sup>6</sup> |                       | с <sub>p</sub> ·10 <sup>-3</sup> , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | λ, Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | α·10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup> |      |                       |
|------|--|-----------------------|---|--|-------------------------------------|------|-----------------------|
|      | К <sup>-1</sup>                        |                       |   |  | I                                   | II   | III                   |
|      | 1                                      | 0,35·10 <sup>-5</sup> | 2,92  | 7,41·10 <sup>-6</sup>                  | —                                   | —    | —                     |
| 2    | 2,80·10 <sup>-5</sup>                  | 2,93                  | 1,58·10 <sup>-5</sup>   | —                                      | —                                   | 38,0 | —                     |
| 3    | 9,45·10 <sup>-5</sup>                  | 2,94                  | 2,62·10 <sup>-5</sup>   | —                                      | —                                   | 46,0 | —                     |
| 4    | 2,24·10 <sup>-4</sup>                  | 2,95                  | 3,03·10 <sup>-5</sup>   | —                                      | —                                   | 60,0 | 5,04·10 <sup>-4</sup> |
| 5    | 4,38·10 <sup>-4</sup>                  | 2,96                  | 5,92·10 <sup>-5</sup>   | —                                      | —                                   | 86,0 | —                     |
| 6    | 7,56·10 <sup>-4</sup>                  | 2,97                  | 7,83·10 <sup>-5</sup>   | —                                      | —                                   | 102  | 1,4·10 <sup>-3</sup>  |
| 7    | 1,20·10 <sup>-3</sup>                  | 2,98                  | 1,10·10 <sup>-4</sup>   | —                                      | —                                   | 120  | —                     |
| 8    | 1,79·10 <sup>-3</sup>                  | 3,00                  | 1,41·10 <sup>-4</sup>   | —                                      | —                                   | 130  | 3,0·10 <sup>-3</sup>  |
| 9    | 0,0030                                 | 3,01                  | 1,86·10 <sup>-4</sup>   | —                                      | —                                   | 155  | —                     |
| 10   | 0,0070                                 | 3,03                  | 2,34·10 <sup>-4</sup>   | —                                      | —                                   | 170  | 5,8·10 <sup>-3</sup>  |
| 15   | 0,031                                  | 3,08                  | 7,25·10 <sup>-4</sup>   | —                                      | —                                   | 235  | 0,019                 |
| 20   | 0,060                                  | 3,14                  | 1,89·10 <sup>-3</sup>   | —                                      | —                                   | 313  | 0,048                 |
| 25   | 0,13                                   | 3,20                  | 4,21·10 <sup>-3</sup>   | —                                      | —                                   | —    | 0,102                 |
| 30   | 0,20                                   | 3,26                  | 7,83·10 <sup>-3</sup>   | —                                      | —                                   | 366  | 0,203                 |
| 40   | 0,60                                   | 3,37                  | 0,0184  | —                                      | —                                   | 340  | —                     |
| 50   | 1,00                                   | 3,47                  | 0,0332  | —                                      | —                                   | 290  | —                     |
| 60   | 1,50                                   | 3,57                  | 0,0483  | —                                      | —                                   | 240  | 1,30                  |
| 70   | 1,80                                   | 3,62                  | 0,0605  | —                                      | —                                   | 190  | 1,83                  |
| 80   | 2,20                                   | 3,74                  | 0,0715  | —                                      | —                                   | 140  | 2,36                  |
| 90   | 2,40                                   | 3,81                  | 0,0810  | —                                      | —                                   | 135  | —                     |
| 100  | 2,70                                   | 3,87                  | 0,0888  | 0,131                                  | —                                   | 132  | 4,36                  |
| 110  | 2,86                                   | 3,93                  | 0,0950  | 0,131                                  | —                                   | 132  | 4,36                  |
| 120  | 3,06                                   | 3,99                  | 0,101   | 0,131                                  | —                                   | 132  | 4,37                  |
| 130  | 3,22                                   | 4,04                  | 0,104   | 0,131                                  | —                                   | 132  | 4,37                  |
| 140  | 3,38                                   | 4,09                  | 0,110   | 0,131                                  | —                                   | 132  | 4,38                  |
| 150  | 3,52                                   | 4,13                  | 0,113   | 0,131                                  | —                                   | 132  | 4,39                  |
| 160  | 3,66                                   | 4,18                  | 0,117   | 0,132                                  | —                                   | 132  | 4,40                  |
| 170  | 3,77                                   | 4,22                  | 0,119   | 0,132                                  | —                                   | 131  | 4,40                  |
| 180  | 3,89                                   | 4,26                  | 0,122   | 0,132                                  | —                                   | 131  | 4,40                  |
| 190  | 3,98                                   | 4,28                  | 0,123   | 0,132                                  | —                                   | 131  | 4,40                  |
| 200  | 4,07                                   | 4,31                  | 0,125   | 0,132                                  | —                                   | 131  | 4,40                  |
| 210  | 4,13                                   | 4,34                  | 0,126   | 0,132                                  | —                                   | 131  | 4,41                  |
| 220  | 4,20                                   | 4,37                  | 0,128   | 0,133                                  | —                                   | 131  | 4,41                  |
| 230  | 4,25                                   | 4,39                  | 0,129   | 0,133                                  | —                                   | 131  | 4,42                  |
| 240  | 4,30                                   | 4,41                  | 0,130   | 0,133                                  | —                                   | 131  | 4,42                  |
| 250  | 4,35                                   | 4,43                  | 0,131   | 0,133                                  | —                                   | 130  | 4,42                  |
| 260  | 4,39                                   | 4,46                  | 0,132   | 0,133                                  | —                                   | 130  | 4,43                  |
| 273  | 4,44                                   | 4,46                  | 0,133   | 0,134                                  | —                                   | 130  | 4,43                  |
| 280  | 4,46                                   | 4,49                  | 0,134   | 0,134                                  | —                                   | 130  | 4,43                  |
| 293  | 4,49                                   | —                     | 0,135   | 0,134                                  | —                                   | 130  | 4,44                  |
| 300  | 4,52                                   | 4,50                  | 0,136   | 0,134                                  | —                                   | 130  | 4,44                  |

Примечание. Массовая доля вольфрама в материале: I — 99,98 % (образцы нагревали в водородной печи при 1473—1623 K и подвергали ковке); II — 99,92 % (образцы нагревали в водородной печи при 1473—1623 K и подвергали ковке); III — 99,90 % (образцы цилиндрические диаметром 19 мм, длиной 51 мм отжигали в вакууме при 1570 K).

Методы измерения: α и ᾱ — дифференциальным dilatометром в направлении оси образца, (погрешность измерения ±3 %); с<sub>p</sub> — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения ±1 %); λ — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения ±3 %).

Теплопроводность α материала I при 4 K: поликристаллического 0,2·10<sup>-4</sup> м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>; монокристаллического 8,8·10<sup>-4</sup> м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>.

2. Температурный коэффициент линейного расширения, удельная теплоемкость и теплопроводность чистого рения [123]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |
|------|-----------------------------|--|---|------|-----------------------------|--|---|
| 1    | 0,0100                      | —  | —                                       | 160  | 4,42                        | —  | 53,7                                    |
| 2    | 0,0201                      | —  | —                                       | 170  | 4,44                        | —  | 53,4                                    |
| 3    | 0,0302                      | —  | —                                       | 180  | 4,46                        | —  | 53,1                                    |
| 4    | 0,0405                      | —  | —                                       | 190  | 4,48                        | —  | 52,3                                    |
| 5    | 0,0510                      | —  | —                                       | 200  | 4,50                        | 0,126  | 51,5                                    |
| 6    | 0,0617                      | —  | —                                       | 210  | 4,52                        | 0,127  | 51,2                                    |
| 7    | 0,0727                      | —  | —                                       | 220  | 4,54                        | 0,129  | 50,8                                    |
| 8    | 0,0840                      | —  | —                                       | 230  | 4,56                        | 0,131  | 50,4                                    |
| 9    | 0,0957                      | —  | —                                       | 240  | 4,58                        | 0,133  | 49,9                                    |
| 10   | 0,108                       | —  | —                                       | 250  | 4,60                        | 0,134  | 49,4                                    |
| 70   | —                           | —  | 62,7                                    | 260  | 4,62                        | 0,135  | 49,2                                    |
| 80   | —                           | —  | 61,4                                    | 273  | 4,64                        | 0,138  | 48,9                                    |
| 90   | —                           | —  | 60,1                                    | 280  | 4,66                        | 0,140  | 48,6                                    |
| 100  | 4,10                        | —  | 58,6                                    | 293  | 4,68                        | 0,141  | 48,2                                    |
| 110  | 4,20                        | —  | 57,6                                    | 300  | 4,70                        | 0,142  | 48,1                                    |
| 120  | 4,25                        | —  | 56,6                                    |      |                             |  |   |
| 130  | 4,30                        | —  | 55,6                                    |      |                             |  |   |
| 140  | 4,35                        | —  | 54,8                                    |      |                             |  |   |
| 150  | 4,40                        | —  | 54,0                                    |      |                             |  |   |

Примечание. Рений получен восстановлением перрената аммония в водороде и последующим прессованием в виде штабиков, уплотнением ковкой на холоде с промежуточными отжигами.

Методы измерения:  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 4\%$ );  $\lambda$  — стационарным осевым потоком (погрешность измерения  $\pm 5\%$ );  $\alpha$  — относительным методом, с помощью интерференционного дилатометра. Приведены значения  $\alpha$  в направлении, параллельном оси с (погрешность измерения:  $\pm 15\%$  при  $T \leq 10$  К;  $\pm 2,5\%$  при  $T \geq 100$  К).

3. Удельная теплоемкость монокристаллического рения [129]

| T, K | $c_p', Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ | T, K | $c_p', Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ | T, K | $c_p', Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ |
|------|---------------------------------------|------|---------------------------------------|------|---------------------------------------|
| 4,2  | $6,35 \cdot 10^{-5}$                  | 11   | $4,01 \cdot 10^{-4}$                  | 19   | $2,53 \cdot 10^{-3}$                  |
| 4,5  | $7,06 \cdot 10^{-5}$                  | 12   | $4,90 \cdot 10^{-4}$                  | 20   | $2,80 \cdot 10^{-3}$                  |
| 5,0  | $8,28 \cdot 10^{-5}$                  | 13   | $6,13 \cdot 10^{-4}$                  | 25   | $6,51 \cdot 10^{-3}$                  |
| 6,0  | $8,73 \cdot 10^{-5}$                  | 14   | $7,75 \cdot 10^{-4}$                  | 30   | $1,21 \cdot 10^{-2}$                  |
| 7,0  | $1,56 \cdot 10^{-4}$                  | 15   | $9,72 \cdot 10^{-4}$                  | 35   | $1,91 \cdot 10^{-2}$                  |
| 8,0  | $2,05 \cdot 10^{-4}$                  | 16   | $1,21 \cdot 10^{-3}$                  | 40   | $2,68 \cdot 10^{-2}$                  |
| 9,0  | $2,59 \cdot 10^{-4}$                  | 17   | $1,53 \cdot 10^{-3}$                  | 45   | $3,49 \cdot 10^{-2}$                  |
| 10   | $3,19 \cdot 10^{-4}$                  | 18   | $1,91 \cdot 10^{-3}$                  | 50   | $4,28 \cdot 10^{-2}$                  |

Примечание. Массовая доля примесей  $10^{-3}\%$ ; монокристалл выращен электронно-лучевой зонной плавкой при давлении  $1,33 \cdot 10^{-5}$  Па; отношение удельного электросопротивления при 300 К и при 4,2 К около 660.

Метод измерения  $c_p$  — дифференциальным микрокалориметром. Масса образца  $1,5 \cdot 10^{-3}$  кг. Погрешность измерения:  $\pm 3\%$  при  $T = 4,2-10$  К;  $\pm 1\%$  при  $T = 10-20$  К;  $\pm 0,5\%$  при  $T > 20$  К.

4. Температурный коэффициент линейного расширения, удельная теплоемкость и теплопроводность тантала различной чистоты [114, 146]

| T, K | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |
|------|---|-----------------------------|--|---|-----------------------------|---|
|      | I                                       | II                          | III  | IV                                      | V                           |   |
| 1    | —                                       | 4,88                        | $3,20 \cdot 10^{-5}$                               | —                                       | $8,43 \cdot 10^{-3}$        | —                                       |
| 2    | —                                       | 4,90                        | $6,80 \cdot 10^{-5}$                               | —                                       | $1,70 \cdot 10^{-2}$        | —                                       |
| 3    | —                                       | 4,92                        | $1,12 \cdot 10^{-4}$                               | —                                       | $2,09 \cdot 10^{-2}$        | —                                       |
| 4    | —                                       | 4,94                        | $1,71 \cdot 10^{-4}$                               | —                                       | $2,13 \cdot 10^{-2}$        | 22,9                                    |
| 5    | —                                       | 4,95                        | $2,60 \cdot 10^{-4}$                               | —                                       | $2,24 \cdot 10^{-2}$        | —                                       |
| 6    | —                                       | 4,97                        | $3,33 \cdot 10^{-4}$                               | —                                       | $2,50 \cdot 10^{-2}$        | —                                       |
| 7    | —                                       | 4,99                        | $4,50 \cdot 10^{-4}$                               | —                                       | $2,80 \cdot 10^{-2}$        | —                                       |
| 8    | —                                       | 5,01                        | $6,48 \cdot 10^{-4}$                               | —                                       | $3,20 \cdot 10^{-2}$        | —                                       |
| 9    | —                                       | 5,03                        | $9,30 \cdot 10^{-4}$                               | —                                       | $4,10 \cdot 10^{-2}$        | —                                       |
| 10   | —                                       | 5,05                        | $1,17 \cdot 10^{-3}$                               | —                                       | $5,02 \cdot 10^{-2}$        | —                                       |
| 15   | 138                                     | 5,15                        | $3,60 \cdot 10^{-3}$                               | 44,0                                    | 0,180                       | —                                       |
| 20   | 123                                     | 5,24                        | $8,23 \cdot 10^{-3}$                               | 67,0                                    | 0,400                       | —                                       |
| 25   | —                                       | 5,32                        | 0,0153   | —                                       | 0,750                       | —                                       |
| 30   | 97,0                                    | 5,40                        | 0,0240   | 65,0                                    | 1,10                        | —                                       |
| 40   | 71,0                                    | 5,57                        | 0,0430   | 48,0                                    | 2,00                        | —                                       |
| 50   | 64,0                                    | 5,67                        | 0,0604   | 45,0                                    | 2,80                        | —                                       |
| 60   | 60,0                                    | 5,79                        | 0,0754   | 43,0                                    | 3,50                        | —                                       |
| 70   | 58,5                                    | 5,87                        | 0,0879   | 42,5                                    | 4,10                        | —                                       |
| 80   | 57,0                                    | 5,96                        | 0,0976   | 42,0                                    | 4,50                        | —                                       |
| 90   | 56,9                                    | 6,00                        | 0,105  | 41,5                                    | 4,90                        | —                                       |
| 100  | 56,8                                    | 6,06                        | 0,111  | 41,0                                    | 5,20                        | 63,0                                    |
| 110  | 56,6                                    | 6,09                        | 0,115  | 42,0                                    | 5,35                        | 63,0                                    |
| 120  | 56,5                                    | 6,12                        | 0,119  | 42,5                                    | 5,50                        | 63,1                                    |
| 130  | 56,3                                    | 6,16                        | 0,122  | 43,0                                    | 5,65                        | 63,1                                    |
| 140  | 56,1                                    | 6,21                        | 0,125  | 44,0                                    | 5,80                        | 63,1                                    |
| 150  | 57,7                                    | 6,25                        | 0,126  | 45,0                                    | 5,85                        | 63,2                                    |
| 160  | 57,8                                    | 6,29                        | 0,128  | 45,2                                    | 5,90                        | 63,2                                    |
| 170  | 58,0                                    | 6,31                        | 0,129  | 45,4                                    | 5,95                        | 63,2                                    |
| 180  | 58,1                                    | 6,33                        | 0,131  | 45,6                                    | 6,00                        | 63,3                                    |
| 190  | 58,2                                    | 6,35                        | 0,132  | 45,8                                    | 6,05                        | 63,3                                    |
| 200  | 58,3                                    | 6,37                        | 0,134  | 46,0                                    | 6,10                        | 63,3                                    |
| 210  | —                                       | 6,41                        | 0,135  | —                                       | 6,15                        | 63,4                                    |
| 220  | —                                       | 6,44                        | 0,136  | —                                       | 6,20                        | 63,4                                    |
| 230  | —                                       | 6,46                        | 0,136  | —                                       | 6,25                        | 63,4                                    |
| 240  | —                                       | 6,49                        | 0,137  | —                                       | 6,30                        | 63,5                                    |
| 250  | —                                       | 6,52                        | 0,137  | —                                       | 6,40                        | 63,5                                    |
| 260  | —                                       | 6,55                        | 0,138  | —                                       | 6,50                        | 63,5                                    |
| 273  | —                                       | 6,55                        | 0,138  | —                                       | 6,55                        | 63,5                                    |
| 280  | —                                       | 6,60                        | 0,139  | —                                       | 6,60                        | 63,6                                    |
| 293  | —                                       | —                           | 0,139  | —                                       | 6,60                        | 63,6                                    |
| 300  | —                                       | 6,60                        | 0,140  | 48,0                                    | 6,61                        | 63,6                                    |

Примечание. Массовые доли тантала: I — монокристаллического 99,99%; II — поликристаллического 99,93% (образцы подвергали ковке); III — поликристаллического 99,9% (образцы отжигали при 2073—2173 К в течение 20 ч); IV — поликристаллического 99,86%; V — поликристаллического 99,80% (массовые доли примесей: % Fe  $\leq 0,01$ ; % Nb  $\leq 0,01$ ; % O<sub>2</sub>  $\leq 0,015$ ; % Si  $\leq 0,01$ ; % W 0,03).

Методы измерения:  $\lambda$  (для I и IV) — стационарным осевым тепловым потоком при давлении  $2,66 \cdot 10^{-5}$  Па (температурный шаг 5—10 К; погрешность измерения  $\pm 5\%$ );  $\alpha$  — абсолютным методом (погрешность измерения  $\pm 5\%$ );  $c_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром (погрешность измерения  $\pm 1\%$ ). Температуропроводность поликристаллического тантала (массовая доля 99,98%) при 4 и 293 К равна соответственно  $2,0 \cdot 10^{-8}$  (структура объемно-центрированная кубическая; образцы отожженные, хрупкие) и  $2,4 \cdot 10^{-8}$  м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>; измерение резонансным методом с электростатическим возбуждением колебаний; образцы пластинчатые (100—200) × (4—5) × (0,1—0,5) мм; (погрешность измерений  $\pm 5\%$ ).

5. Температурный коэффициент линейного расширения, удельная теплоемкость и теплопроводность молибдена различной чистоты [231]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6$       |                 | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | T, K | $\alpha \cdot 10^6$       |                 | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|------|---------------------------|-----------------|--|---|---------------------------------------|------|---------------------------|-----------------|--|---|---------------------------------------|
|      | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | К <sup>-1</sup> |  |   |                                       |      | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | К <sup>-1</sup> |  |   |                                       |
| 1    | 0,0043                    | 3,24            | 2,29·10 <sup>-3</sup>                                      | —   | —                                     | 110  | 3,10                      | 4,44            | 0,153  | 165   | —                                     |
| 2    | 0,0050                    | 3,24            | 4,72·10 <sup>-3</sup>                                      | 30,0  | —                                     | 120  | 3,39                      | 4,52            | 0,168  | 160   | —                                     |
| 3    | 0,0057                    | 3,24            | 7,45·10 <sup>-3</sup>                                      | 45,0  | —                                     | 130  | 3,53                      | 4,58            | 0,178  | 150   | —                                     |
| 4    | 0,0064                    | 3,25            | 1,06·10 <sup>-4</sup>                                      | 60,0  | 0,0015                                | 140  | 3,77                      | 4,65            | 0,187  | 146   | —                                     |
| 5    | 0,0071                    | 3,26            | 1,48·10 <sup>-4</sup>                                      | 75,0  | —                                     | 150  | 3,95                      | 4,70            | 0,193  | 145   | —                                     |
| 6    | 0,0078                    | 3,27            | 1,81·10 <sup>-4</sup>                                      | 90,0  | 0,0023                                | 160  | 4,13                      | 4,75            | 0,202  | 144   | —                                     |
| 7    | 0,0083                    | 3,29            | 2,54·10 <sup>-4</sup>                                      | 105   | —                                     | 170  | 4,28                      | 4,79            | 0,207  | 143   | —                                     |
| 8    | 0,0088                    | 3,31            | 3,17·10 <sup>-4</sup>                                      | 118   | 0,0040                                | 180  | 4,42                      | 4,83            | 0,213  | 142   | —                                     |
| 9    | 0,0094                    | 3,33            | 3,99·10 <sup>-4</sup>                                      | 130   | —                                     | 190  | 4,52                      | 4,86            | 0,217  | 140   | —                                     |
| 10   | 0,010                     | 3,35            | 4,98·10 <sup>-4</sup>                                      | 145   | 0,0060                                | 200  | 4,63                      | 4,90            | 0,222  | 139   | —                                     |
| 15   | 0,030                     | 3,41            | 1,31·10 <sup>-3</sup>                                      | 210   | 0,015                                 | 210  | 4,70                      | 4,93            | 0,225  | 138   | —                                     |
| 20   | 0,060                     | 3,47            | 2,87·10 <sup>-3</sup>                                      | 285   | 0,035                                 | 220  | 4,78                      | 4,96            | 0,229  | 137   | —                                     |
| 25   | 0,13                      | 3,53            | 5,77·10 <sup>-3</sup>                                      | —   | 0,065                                 | 230  | 4,84                      | 4,98            | 0,233  | 137   | —                                     |
| 30   | 0,20                      | 3,60            | 9,60·10 <sup>-3</sup>                                      | —   | 0,125                                 | 240  | 4,89                      | 5,00            | 0,236  | 136   | —                                     |
| 40   | 0,50                      | 3,73            | 0,0236   | 360   | —                                     | 250  | 4,94                      | 5,01            | 0,238  | 136   | —                                     |
| 50   | 0,80                      | 3,86            | 0,0410   | 310   | —                                     | 260  | 4,98                      | 5,01            | 0,240  | 135   | —                                     |
| 60   | 1,20                      | 3,98            | 0,0619   | 260   | 1,11                                  | 273  | 5,02                      | 5,05            | 0,241  | 135   | —                                     |
| 70   | 1,70                      | 4,09            | 0,0838   | 232   | 1,62                                  | 280  | 5,04                      | 5,06            | 0,243  | 135   | 5,03                                  |
| 80   | 2,10                      | 4,19            | 0,104  | 205   | 2,10                                  | 293  | 5,07                      | —               | 0,244  | 135   | —                                     |
| 90   | 2,48                      | 4,29            | 0,123  | 187   | 2,50                                  | 300  | 5,09                      | 5,08            | 0,246  | 135   | —                                     |
| 100  | 2,80                      | 4,37            | 0,139  | 170   | 2,95                                  | —    | —                         | —               | —  | —   | —                                     |

Примечание. Массовая доля молибдена в материале: I — 99,95% (образцы нагревали в водородной печи при 1473—1623 К и подвергали ковке); II — 99,90% (образцы — диски диаметром 19 мм отжигали в вакууме при 1570 К).

Метод измерения  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — абсолютный. Для I приведены значения  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  в направлении оси образца; для II — в радиальном направлении. Погрешность измерения:  $\pm 3\%$  для I,  $\pm 8\%$  для II.

Методы измерения:  $c_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром (погрешность измерения  $\pm 1\%$ );  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

Для поликристаллического молибдена (массовая доля 99,95%; структура объемно центрированная кубическая, образцы хрупкие) температуропроводность при 4,2 К равна  $2 \cdot 10^{-8}$  м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>.

6. Температурный коэффициент линейного расширения, удельная теплоемкость и теплопроводность ниобия различной чистоты [114, 146]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6$       |                 | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $\alpha \cdot 10^6$       |                 | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|---------------------------|-----------------|--|---|------|---------------------------|-----------------|--|---|
|      | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | К <sup>-1</sup> |  |   |      | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | К <sup>-1</sup> |  |   |
| 1    | —                         | 4,88            | 9,0·10 <sup>-5</sup>                                       | —   | 110  | 4,95                      | 6,33            | 0,212  | 49,1  |
| 2    | —                         | 4,89            | 1,8·10 <sup>-4</sup>                                       | 1,50  | 120  | 5,20                      | 6,41            | 0,221  | 49,2  |
| 3    | —                         | 4,90            | 2,8·10 <sup>-4</sup>                                       | 4,70  | 130  | 5,40                      | 6,45            | 0,227  | 49,3  |
| 4    | —                         | 4,91            | 4,0·10 <sup>-4</sup>                                       | 7,98  | 140  | 5,60                      | 6,50            | 0,234  | 49,4  |
| 5    | —                         | 4,92            | 5,6·10 <sup>-4</sup>                                       | 9,37  | 150  | 5,75                      | 6,54            | 0,239  | 49,5  |
| 6    | —                         | 4,93            | 7,7·10 <sup>-4</sup>                                       | 10,8  | 160  | 5,90                      | 6,59            | 0,243  | 49,6  |
| 7    | —                         | 4,94            | 1,02·10 <sup>-3</sup>                                      | 12,2  | 170  | 6,05                      | 6,64            | 0,246  | 49,7  |
| 8    | —                         | 4,95            | 1,40·10 <sup>-3</sup>                                      | 13,6  | 180  | 6,20                      | 6,69            | 0,249  | 49,8  |
| 9    | —                         | 4,97            | 1,70·10 <sup>-3</sup>                                      | 15,0  | 190  | 6,30                      | 6,73            | 0,251  | 49,9  |
| 10   | 0,044                     | 4,99            | 2,20·10 <sup>-3</sup>                                      | 16,3  | 200  | 6,40                      | 6,77            | 0,254  | 50,0  |
| 15   | 0,106                     | 5,15            | 5,50·10 <sup>-3</sup>                                      | 23,8  | 210  | 6,50                      | 6,81            | 0,256  | 50,4  |
| 20   | 0,305                     | 5,24            | 0,0113   | 31,3  | 220  | 6,60                      | 6,85            | 0,258  | 50,8  |
| 25   | 0,602                     | 5,33            | 0,0210   | 34,5  | 230  | 6,65                      | 6,88            | 0,259  | 51,2  |
| 30   | 0,903                     | 5,43            | 0,0350   | 38,0  | 240  | 6,70                      | 6,92            | 0,261  | 51,6  |
| 40   | 1,70                      | 5,57            | 0,0680   | 41,5  | 250  | 6,75                      | 6,96            | 0,262  | 52,2  |
| 50   | 2,40                      | 5,72            | 0,0990   | 44,5  | 260  | 6,80                      | 7,00            | 0,264  | 52,5  |
| 60   | 3,10                      | 5,88            | 0,127  | 46,0  | 273  | 6,90                      | 7,02            | 0,265  | 52,6  |
| 70   | 3,60                      | 5,96            | 0,152  | 47,5  | 280  | 6,95                      | 7,03            | 0,266  | 52,7  |
| 80   | 4,00                      | 6,06            | 0,173  | 48,0  | 293  | 7,00                      | —               | 0,267  | 52,8  |
| 90   | 4,40                      | 6,15            | 0,189  | 48,5  | 300  | 7,05                      | 7,04            | 0,268  | 53,0  |
| 100  | 4,70                      | 6,27            | 0,202  | 49,0  | —    | —                         | —               | —  | —   |

Примечание. I — ниобий, отпущенный в вакууме по режиму 773 К, 2 ч; химический состав, %: Nb 99,80; Fe  $\leq 0,01$ ; N<sub>2</sub>  $\leq 0,01$ ; O<sub>2</sub>  $\leq 0,01$ ; Si  $\leq 0,01$ ; Ta 0,05; W  $\leq 0,03$ ; II — массовая доля ниобия в материале 99,95%; неотожженный.

Методы измерения  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — дифференциальным методом, с помощью кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ),  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность  $\pm 3\%$ );  $c_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром (погрешность измерения  $\pm 1\%$ ).

7. Удельная теплоемкость и теплопроводность гафния различной чистоты [101]

| T, K | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |        | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |       | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|--|--------|---|------|--|-------|---|
|      | I  | II     |   |      | I  | II    |   |
| 2    | —  | —      | 2,00  | 110  | 0,126  | 0,118 | —   |
| 3    | —  | —      | 3,70  | 120  | 0,129  | 0,121 | —   |
| 4    | —  | —      | 4,30  | 130  | 0,130  | 0,124 | —   |
| 5    | —  | —      | 6,00  | 140  | 0,132  | 0,127 | —   |
| 6    | —  | —      | 7,46  | 150  | 0,133  | 0,130 | —   |
| 7    | —  | —      | 9,92  | 160  | 0,134  | 0,132 | —   |
| 8    | —  | —      | 11,4  | 170  | 0,135  | 0,133 | —   |
| 9    | —  | —      | 12,6  | 180  | 0,136  | 0,134 | —   |
| 10   | —  | —      | 13,3  | 190  | 0,137  | 0,135 | —   |
| 15   | 0,00390  | —      | 18,4  | 200  | 0,138  | 0,136 | —   |
| 20   | 0,00950  | —      | 23,5  | 210  | 0,138  | 0,137 | —   |
| 25   | 0,0190   | —      | 25,7  | 220  | 0,138  | 0,138 | —   |
| 30   | 0,0290   | —      | 27,6  | 230  | 0,138  | 0,138 | —   |
| 40   | 0,0514   | —      | —   | 240  | 0,138  | 0,139 | —   |
| 50   | 0,0708   | 0,0628 | —   | 250  | 0,138  | 0,139 | —   |
| 60   | 0,0790   | 0,0700 | —   | 260  | 0,139  | 0,140 | —   |
| 70   | 0,0981   | 0,0905 | —   | 273  | 0,139  | 0,140 | —   |
| 80   | 0,108  | 0,0950 | —   | 280  | 0,139  | 0,141 | —   |
| 90   | 0,116  | 0,106  | —   | 293  | 0,139  | 0,142 | 22,2  |
| 100  | 0,122  | 0,115  | —   | 300  | 0,139  | 0,142 | 22,2  |

Примечание. I — монокристаллический гафний; химический состав, %: Hf 98,0; Zr 2,0; II — монокристаллический гафний; химический состав, %: Hf 99,95; C 0,015; Si 0,0003; Fe 0,02; N<sub>2</sub>  $\leq 0,0001$ ; Mg 0,0043; N<sub>2</sub>  $\leq 0,0005$ ; Na 0,0007; Ni 0,0012; Sr 0,0015; W 0,0001; Zr 0,05.

Метод измерения  $c_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром (погрешность измерения  $\pm 1\%$ ).

При 293 К для гафния типа II  $\alpha = 5,90 \cdot 10^{-6}$  К<sup>-1</sup>.

## 8. Температурный коэффициент линейного расширения, удельная теплоемкость и теплопроводность ванадия высокой чистоты [114, 146]

| T, К | $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | T, К | $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ |
|------|------------------------------------|---|--|------|------------------------------------|---|--|
|      |                                    |   |  |      |                                    |   |  |
| 6    | 0,0250                             | —   | —  | 130  | 5,87                               | 0,486   | 32,25  |
| 7    | 0,0285                             | —   | —  | 140  | 6,13                               | 0,488   | 32,30  |
| 8    | 0,0340                             | —   | —  | 150  | 6,33                               | 0,489   | 32,35  |
| 9    | 0,0390                             | —   | —  | 160  | 6,53                               | 0,491   | 32,40  |
| 10   | 0,0450                             | —   | —  | 170  | 6,71                               | 0,493   | 32,45  |
| 15   | 0,0800                             | —   | —  | 180  | 6,86                               | 0,495   | 32,50  |
| 20   | 0,131                              | —   | —  | 190  | 6,99                               | 0,497   | 32,55  |
| 25   | 0,208                              | —   | —  | 200  | 7,12                               | 0,499   | 32,60  |
| 30   | 0,350                              | —   | —  | 210  | 7,23                               | 0,500   | 32,70  |
| 40   | 1,01                               | —   | —  | 220  | 7,33                               | 0,501   | 32,80  |
| 50   | 1,68                               | —   | —  | 230  | 7,41                               | 0,501   | 32,85  |
| 60   | 2,37                               | —   | —  | 240  | 7,49                               | 0,502   | 32,88  |
| 70   | 3,06                               | —   | —  | 250  | 7,56                               | 0,502   | 32,90  |
| 80   | 3,75                               | —   | —  | 260  | 7,63                               | 0,502   | 32,95  |
| 90   | 4,37                               | —   | —  | 273  | 7,71                               | 0,502   | 33,00  |
| 100  | 4,85                               | 0,480   | 32,10  | 280  | 7,75                               | 0,502   | 33,10  |
| 110  | 5,24                               | 0,482   | 32,15  | 293  | —                                  | 0,502   | 33,20  |
| 120  | 5,61                               | 0,484   | 32,20  | 300  | —                                  | 0,502   | —  |

Примечание. Химический состав материала, %: V 99,8; Al  $\leq$  0,01; C 0,01; Fe 0,09; O<sub>2</sub> 0,04; Si 0,014; образец, отпущенный в вакууме по режиму 773 К, 2 ч. Метод измерения  $\alpha$  — абсолютный, с помощью емкостного dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

9. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт  $\cdot$  м  $\cdot$  К<sup>-1</sup>, ванадия высокой чистоты с различным удельным электросопротивлением [219]

| T, К | I  | II  | III | IV  |
|------|----|-----|-----|-----|
| 7    | 25 | 72  | 470 | 800 |
| 10   | 40 | 96  | 540 | 900 |
| 20   | 65 | 145 | 390 | 510 |
| 30   | 70 | 140 | 220 | 230 |
| 50   | 50 | 70  | 75  | 75  |
| 70   | 40 | 50  | 50  | 50  |
| 100  | 33 | 39  | 39  | 39  |
| 200  | 33 | 36  | 36  | 36  |
| 300  | 34 | 38  | 38  | 38  |

Примечание. Образцы отжигали в вакууме при 1673 К. Отношение удельного электросопротивления при 273 К к удельному электросопротивлению при 4,2 К составляет: I — 37,6; II — 81,5; III — 785; IV — 1524. Метод измерения — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность  $\pm 3\%$ ).

## 10. Температурный коэффициент линейного расширения, теплопроводность и удельная теплоемкость хрома высокой чистоты [114, 146]

| T, К | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | T, К | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ |
|------|---------------------|---------------------------|--|---|------|---------------------|---------------------------|--|---|
|      |                     |                           |  |   |      |                     |                           |  |   |
| 1    | —                   | 3,36                      | —  | 0,0000285   | 110  | 2,92                | 4,78                      | 134  | 0,221   |
| 2    | —                   | 3,37                      | —  | 0,0000580   | 120  | 3,25                | 4,89                      | 129  | 0,249   |
| 3    | —                   | 3,38                      | —  | 0,0000890   | 130  | 3,52                | 4,96                      | 125  | 0,273   |
| 4    | —                   | 3,39                      | —  | 0,000124  | 140  | 3,80                | 5,06                      | 121  | 0,296   |
| 5    | —                   | 3,40                      | —  | 0,000165  | 150  | 4,05                | 5,13                      | 118  | 0,314   |
| 6    | —                   | 3,42                      | —  | 0,000206  | 160  | 4,30                | 5,21                      | 114  | 0,332   |
| 7    | —                   | 3,44                      | —  | 0,000259  | 170  | 4,50                | 5,28                      | 111  | 0,347   |
| 8    | —                   | 3,46                      | —  | 0,000312  | 180  | 4,70                | 5,34                      | 108  | 0,361   |
| 9    | —                   | 3,47                      | —  | 0,000383  | 190  | 4,90                | 5,39                      | 105  | 0,373   |
| 10   | —                   | 3,49                      | —  | 0,000451  | 200  | 5,10                | 5,43                      | 102  | 0,385   |
| 15   | —                   | 3,55                      | —  | 0,00102   | 210  | 5,25                | 5,46                      | 100  | 0,395   |
| 20   | 0,03                | 3,61                      | —  | 0,00210   | 220  | 5,40                | 5,50                      | 98,3   | 0,404   |
| 25   | 0,06                | 3,67                      | —  | 0,00392   | 230  | 5,45                | 5,50                      | 96,4   | 0,411   |
| 30   | 0,09                | 3,73                      | —  | 0,00683   | 240  | 5,50                | 5,50                      | 94,7   | 0,419   |
| 40   | 0,20                | 3,89                      | —  | 0,0171  | 250  | 5,55                | 5,50                      | 93,2   | 0,425   |
| 50   | 0,50                | 4,02                      | —  | 0,0358  | 260  | 5,60                | 5,50                      | 91,7   | 0,431   |
| 60   | 0,84                | 4,17                      | —  | 0,0621  | 273  | 5,60                | 5,35                      | 90,3   | 0,436   |
| 70   | 1,27                | 4,31                      | —  | 0,0930  | 280  | 5,50                | 5,30                      | 89,3   | 0,441   |
| 80   | 1,75                | 4,44                      | —  | 0,127   | 293  | 5,10                | —                         | 88,0   | 0,446   |
| 90   | 2,19                | 4,57                      | 148  | 0,161   | 300  | 5,00                | 5,00                      | 87,5   | 0,450   |
| 100  | 2,59                | 4,68                      | 140  | 0,193   |      |                     |                           |  |   |

Примечание. Массовая доля хрома в материале 99,95%. Образцы отжигали в вакууме. Методы измерения:  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительным методом с помощью кварцевого дифференциального dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ );  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 1,5\%$ ).

## 11. Удельная теплоемкость, теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения технического хрома [114]

| T, К | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ |
|------|---|--|------------------------------------|
| 200  | —   | 72,0   | 5,40                               |
| 210  | —   | 71,5   | 5,70                               |
| 220  | —   | 71,0   | 6,00                               |
| 230  | —   | 70,5   | 6,30                               |
| 240  | —   | 70,0   | 6,50                               |
| 250  | 0,418   | 69,5   | 6,80                               |
| 260  | 0,423   | 69,0   | 6,80                               |
| 273  | 0,429   | 68,5   | 6,70                               |
| 280  | 0,432   | 68,0   | 6,60                               |
| 293  | 0,436   | 67,5   | 6,30                               |
| 300  | 0,439   | 67,0   | 6,20                               |

Примечание. Массовая доля хрома в материале 99,90%. При 293 К плотность 7100 кг  $\cdot$  м<sup>-3</sup>; образцы отжигали в вакууме. Методы измерения:  $c_p$  — адiabатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 1\%$ );  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 3\%$ );  $\alpha$  — относительным методом, с помощью кварцевого дифференциального dilatометра.

12. Температурный коэффициент линейного расширения  
электродистиллированного хрома [231]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |
|------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|-----------------------------|
| 4    | -0,013                      | 15   | -0,045                      | 40   | 0,07                        | 75   | 1,43                        |
| 6    | -0,019                      | 20   | -0,054                      | 50   | 0,31                        | 85   | 2,00                        |
| 8    | -0,026                      | 25   | -0,055                      | 57,5 | 0,60                        | 100  | 2,70                        |
| 10   | -0,032                      | 30   | -0,038                      | 65   | 0,90                        | 283  | 5,20                        |

Примечание. Массовая доля  $N_2$  в хrome менее 0,001%; материал отожженный и рекристаллизованный при 1470 К.  
Образцы цилиндрические (диаметром 9 мм, длиной 100 мм).  
Метод измерения  $\alpha$  — дифференциальным dilatометром (измерение проводится в осевом направлении).

13. Удельная теплоемкость и теплопроводность циркония различной  
чистоты [114, 146]

| T, K | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ |       | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |      | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |    | T, K | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ |       | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |      | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |     |
|------|--|-------|---|------|-----------------------------|----|------|--|-------|---|------|-----------------------------|-----|
|      |  |       |   |      |                             |    |      |  |       |   |      |                             |     |
|      | I  | II    | III                                     | IV   | V                           | VI |      | VII  | VIII  | IX                                      | X    | XI                          | XII |
| 20   | 0,0112   | —     | —                                       | —    | —                           | —  | 160  | 0,250  | 0,251 | 22,05                                   | —    | —                           | —   |
| 25   | 0,0237   | —     | —                                       | —    | —                           | —  | 170  | 0,255  | 0,256 | 22,00                                   | —    | —                           | —   |
| 30   | 0,0362   | —     | —                                       | —    | —                           | —  | 180  | 0,260  | 0,261 | 21,95                                   | —    | —                           | —   |
| 40   | 0,0689   | —     | —                                       | —    | —                           | —  | 190  | 0,262  | 0,262 | 21,90                                   | —    | —                           | —   |
| 50   | 0,100  | —     | —                                       | 5,39 | 4,61                        | —  | 200  | 0,264  | 0,264 | 21,85                                   | —    | —                           | —   |
| 60   | 0,129  | —     | —                                       | —    | —                           | —  | 210  | —  | 0,265 | 21,80                                   | —    | —                           | —   |
| 70   | 0,155  | —     | —                                       | —    | —                           | —  | 220  | —  | 0,267 | 21,77                                   | —    | —                           | —   |
| 80   | 0,176  | —     | —                                       | —    | —                           | —  | 230  | —  | 0,268 | 21,74                                   | —    | —                           | —   |
| 90   | 0,193  | —     | —                                       | —    | —                           | —  | 240  | —  | 0,270 | 21,71                                   | —    | —                           | —   |
| 100  | 0,206  | 0,205 | 22,35                                   | —    | —                           | —  | 250  | —  | 0,271 | 21,68                                   | —    | —                           | —   |
| 110  | 0,216  | 0,217 | 22,30                                   | —    | —                           | —  | 260  | —  | 0,273 | 21,65                                   | —    | —                           | —   |
| 120  | 0,225  | 0,229 | 22,25                                   | —    | —                           | —  | 273  | —  | 0,276 | 21,60                                   | —    | —                           | —   |
| 130  | 0,231  | 0,232 | 22,20                                   | —    | —                           | —  | 280  | —  | 0,283 | 21,55                                   | —    | —                           | —   |
| 140  | 0,237  | 0,239 | 22,15                                   | —    | —                           | —  | 293  | —  | 0,290 | 21,50                                   | 6,30 | —                           | —   |
| 150  | 0,243  | 0,244 | 22,10                                   | —    | —                           | —  | 300  | —  | —     | 21,45                                   | 7,36 | 4,99                        | —   |

Примечание. I — массовые доли, %: циркония 99,5; основной примеси Na 0,4; II — массовая доля циркония 99,9%.  
Метод измерения  $c_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром (погрешность измерения  $\pm 5\%$ ).

14. Теплоемкость, температурный коэффициент линейного расширения и  
теплопроводность титана различной чистоты [114, 146]

| T, K | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |      | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ |    | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |      | T, K | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |      | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ |   | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |                         |
|------|---|------|--|----|-----------------------------|------|------|---|------|--|---|-----------------------------|-------------------------|
|      |   |      |  |    |                             |      |      |   |      |  |   |                             |                         |
|      | I                                       | II   | III  | IV | V                           | VI   |      | VII                                     | VIII | IX   | X | XI                          | XII                     |
| 1    | —                                       | —    | 7,1 · 10 <sup>-5</sup>                             | —  | 4,83 · 10 <sup>-5</sup>     | 5,15 | —    | —                                       | —    | —  | — | —                           | 5,44 × 10 <sup>-3</sup> |
| 2    | —                                       | 0,70 | 1,46 · 10 <sup>-4</sup>                            | —  | 9,76 · 10 <sup>-3</sup>     | 5,19 | 2,30 | —                                       | —    | —  | — | —                           | 0,0111                  |
| 3    | 1,80                                    | 1,01 | 2,26 · 10 <sup>-4</sup>                            | —  | 0,0153                      | 5,21 | 3,40 | —                                       | —    | —  | — | —                           | 0,0173                  |

Продолжение табл. 14

| T, K | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |      | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |        | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |
|------|---|------|--|-----------------------------|--------|---|--|-----------------------------|
|      |   |      |  |                             |        |   |  |                             |
|      | I                                       | II   |  | III                         | IV     |   |  |                             |
| 4    | 2,20                                    | 1,32 | 3,17 · 10 <sup>-4</sup>                            | —                           | 0,0212 | 5,23                                    | 4,20   | —                           |
| 5    | 2,90                                    | 1,51 | 4,20 · 10 <sup>-4</sup>                            | —                           | 0,0280 | 5,25                                    | 5,20   | —                           |
| 6    | 3,30                                    | 2,02 | 5,40 · 10 <sup>-4</sup>                            | —                           | 0,0357 | 5,26                                    | 6,20   | —                           |
| 7    | 4,00                                    | 2,33 | 6,90 · 10 <sup>-4</sup>                            | —                           | 0,0446 | 5,29                                    | 7,20   | —                           |
| 8    | 4,40                                    | 2,51 | 8,40 · 10 <sup>-4</sup>                            | —                           | 0,0548 | 5,30                                    | 8,20   | —                           |
| 9    | 5,00                                    | 2,91 | 9,80 · 10 <sup>-4</sup>                            | —                           | 0,0665 | 5,31                                    | 9,20   | —                           |
| 10   | 5,50                                    | 3,24 | 1,26 · 10 <sup>-3</sup>                            | 1,22 × 10 <sup>-3</sup>     | 0,0802 | 5,33                                    | 10,2   | —                           |
| 15   | 8,50                                    | 4,23 | 3,30 · 10 <sup>-3</sup>                            | 3,15 × 10 <sup>-3</sup>     | 0,0805 | 5,43                                    | 15,0   | —                           |
| 20   | 11,0                                    | 5,21 | 7,01 · 10 <sup>-3</sup>                            | 7,08 × 10 <sup>-3</sup>     | 0,0810 | 5,53                                    | 22,0   | —                           |
| 25   | 11,5                                    | —    | 0,0157   | 0,0154                      | 0,190  | 5,64                                    | 27,0   | —                           |
| 30   | 12,0                                    | —    | 0,0245   | 0,0266                      | 0,305  | 5,75                                    | 33,0   | —                           |
| 40   | 13,0                                    | —    | 0,0571   | 0,0568                      | 0,607  | 5,96                                    | —  | —                           |
| 50   | 14,0                                    | —    | 0,0992   | 0,0998                      | 1,20   | 6,15                                    | —  | —                           |
| 60   | 15,0                                    | —    | 0,147  | 0,146                       | 2,01   | 6,36                                    | —  | —                           |
| 70   | 16,0                                    | —    | 0,189  | 0,191                       | 2,70   | 6,42                                    | —  | —                           |
| 80   | 17,0                                    | —    | 0,230  | 0,232                       | 3,40   | 6,68                                    | —  | —                           |
| 90   | 17,5                                    | —    | 0,267  | 0,270                       | 4,02   | 6,85                                    | —  | —                           |
| 100  | 18,0                                    | —    | 0,302  | 0,304                       | 4,50   | 6,95                                    | —  | —                           |
| 110  | 18,2                                    | —    | 0,326  | 0,331                       | 4,90   | 7,10                                    | —  | 15,10                       |
| 120  | 18,4                                    | —    | 0,352  | 0,358                       | 5,30   | 7,24                                    | —  | 15,11                       |
| 130  | 18,6                                    | —    | 0,370  | 0,378                       | 5,65   | 7,32                                    | —  | 15,12                       |
| 140  | 18,8                                    | —    | 0,391  | 0,398                       | 6,01   | 7,40                                    | —  | 15,13                       |
| 150  | 19,0                                    | —    | 0,406  | 0,413                       | 6,25   | 7,56                                    | —  | 15,14                       |
| 160  | 19,2                                    | —    | 0,422  | 0,427                       | 6,50   | 7,72                                    | —  | 15,15                       |
| 170  | 19,4                                    | —    | 0,434  | 0,437                       | 6,70   | 7,79                                    | —  | 15,16                       |
| 180  | 19,6                                    | —    | 0,446  | 0,447                       | 6,90   | 7,87                                    | —  | 15,17                       |
| 190  | 19,8                                    | —    | 0,455  | 0,456                       | 7,10   | 7,98                                    | —  | 15,18                       |
| 200  | 20,0                                    | —    | 0,465  | 0,465                       | 7,30   | 8,02                                    | —  | 15,19                       |
| 210  | 20,0                                    | —    | 0,472  | 0,474                       | 7,45   | 8,06                                    | —  | 15,20                       |
| 220  | 20,1                                    | —    | 0,480  | 0,483                       | 7,60   | 8,10                                    | —  | 15,21                       |
| 230  | 20,1                                    | —    | 0,486  | 0,489                       | 7,70   | 8,12                                    | —  | 15,22                       |
| 240  | 20,1                                    | —    | 0,493  | 0,496                       | 7,80   | 8,15                                    | —  | 15,23                       |
| 250  | 20,2                                    | —    | 0,498  | 0,501                       | 7,90   | 8,20                                    | —  | 15,24                       |
| 260  | 20,2                                    | —    | 0,504  | 0,506                       | 8,02   | 8,25                                    | —  | 15,25                       |
| 273  | 20,2                                    | —    | 0,509  | 0,515                       | 8,20   | 8,26                                    | —  | 15,26                       |
| 280  | 20,3                                    | —    | 0,514  | 0,519                       | 8,25   | 8,27                                    | —  | 15,27                       |
| 293  | 20,3                                    | —    | 0,518  | 0,525                       | 8,30   | —                                       | —  | 15,28                       |
| 300  | 20,3                                    | —    | 0,522  | 0,529                       | 8,40   | 8,35                                    | —  | 15,29                       |

Примечание. Массовая доля титана в материале: I — 99,99% (образцы отожженные); II — 99,99% (образцы неотожженные); III — 99,9% (образцы отожженные); IV — химический состав образца, %: Ti 99,85; C  $\leq$  0,050; Fe  $\leq$  0,040; N<sub>2</sub>  $\leq$  0,074; N<sub>2</sub>  $\leq$  0,019 (образцы монокристаллические); V — титан технический (образцы отожженные).

Метод измерения  $c_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

15. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, иодидного титана высокой чистоты в вакууме [168]

| T, K | I    | II   | III  |
|------|------|------|------|
| 2    | 9,10 | 4,90 | 4,10 |
| 4,2  | 16,0 | —    | —    |
| 5    | 22,0 | 12,0 | 9,10 |
| 10   | 40,0 | 23,0 | 18,0 |
| 20   | 55,0 | 43,0 | 28,0 |
| 50   | 50,0 | 43,0 | 34,0 |
| 100  | 32,0 | 30,0 | 28,0 |
| 200  | 28,0 | 26,0 | 24,0 |
| 300  | 26,0 | 24,0 | 23,0 |

Примечание. I — иодидный титан ( $\alpha$  — Ti), переплавленный в электронно-лучевой печи в слиток (диаметр 25 мм); слиток при 1173 К перековывали в прутки диаметром 14 мм из которого вытачивали заготовки для образцов; заготовки отжигали в кварцевой ампуле под давлением  $6,65 \cdot 10^{-1}$  Па ступенчато по режиму: 1373 К, 10 ч; 1073 К, 15 ч; 873 К, 30 ч; из отожженных заготовок вытачивали образцы в виде цилиндров диаметром 6 мм и длиной 80 мм; параметры решетки образца  $\alpha$  — Ti,  $10^{10}$  м:  $a = 2,95 \pm 0,01$ ,  $c = 4,68 \pm 0,01$ ; II — монокристалл титана; выращивали из иодидного титана методом зонной плавки. III — поликристаллический титан; образец состоит из 10—15 крупных зерен; метод выращивания тот же, что и для II.  
Метод измерения  $\lambda$  — абсолютный стационарный, осевым тепловым потоком в вакуумной камере при давлении  $1,33 \cdot 10^{-3}$  Па. Погрешность измерения  $\pm 3\%$ .

16. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6$ , К<sup>-1</sup>, ниобий-ванадий-циркониевого и ниобийванадиевого сплавов [114]

| T, K | I     | II    | T, K | I    | II   | T, K | I    | II   | T, K | I    | II   |
|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 10   | —     | 0,251 | 70   | 3,90 | 3,80 | 150  | 6,35 | 6,95 | 230  | 7,20 | 8,05 |
| 15   | —     | 0,502 | 80   | 4,50 | 4,30 | 160  | 6,50 | 6,20 | 240  | 7,30 | 8,10 |
| 20   | 0,205 | 0,702 | 90   | 5,04 | 5,02 | 170  | 6,65 | 7,40 | 250  | 7,40 | 8,15 |
| 25   | 0,502 | 0,950 | 100  | 5,30 | 5,50 | 180  | 6,80 | 7,60 | 260  | 7,50 | 8,20 |
| 30   | 0,803 | 1,20  | 110  | 5,55 | 5,80 | 190  | 6,85 | 7,75 | 273  | 7,80 | 8,25 |
| 40   | 1,70  | 1,80  | 120  | 5,80 | 6,10 | 200  | 6,90 | 7,90 | 280  | 7,82 | 8,27 |
| 50   | 2,30  | 2,60  | 130  | 6,02 | 6,40 | 210  | 7,03 | 7,95 | 293  | 7,85 | —    |
| 60   | 3,02  | 3,25  | 140  | 6,20 | 6,70 | 220  | 7,10 | 8,02 | 300  | 7,90 | —    |

Примечание. Химический состав сплавов, %: I — Nb 50; V 25; Zr 25; II — Nb 40; V 60. Образцы обработаны давлением.  
Метод измерения — относительный, с помощью кварцевого дифференциального dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

17. Теплопроводность сплава Nb—48% Ti при глубоком охлаждении [94]

| T, K | $\lambda \cdot 10^{-2}$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $\lambda \cdot 10^{-2}$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $\lambda \cdot 10^{-2}$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|---|------|---|------|---|
| 4,2  | 7,0   | 6,0  | 10,4  | 7,5  | 12,9  |
| 4,5  | 7,9   | 6,5  | 11,4  | 8,0  | 13,8  |
| 5,0  | 8,8   | 7,0  | 12,1  | 8,5  | 14,5  |
| 5,5  | 9,5   |      |   | 9,0  | 15,3  |

Примечание. Массовая доля титана в сплаве 48%; образец — одножильный провод диаметром 0,25 мм, омедненный (покрытие толщиной 0,8 мм).  
Метод измерения  $\lambda$  — нагреванием теплоизолированного проводника переменным током под давлением  $3 \cdot 10^{-3}$  Па (погрешность измерения  $\pm 10\%$ ).

18. Теплопроводность ниобийтитанового сплава Nb—40% Ti [197]

| T, K | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|--|------|--|------|--|
| 4,0  | 158  | 6,0  | 171  | 8,0  | 180  |
| 4,5  | 161  | 6,5  | 173  | 8,5  | 182  |
| 5,0  | 165  | 7,0  | 176  | 9,0  | 184  |
| 5,5  | 168  | 7,5  | 178  | 9,5  | 186  |

Примечание. Температура перехода сплава в сверхпроводящее состояние  $T_c = 8,2 \div 9,6$  К.

Образцы в виде нити из NbTi диаметром 37—38 мкм с оболочкой из меди высокой чистоты марки OFHC. На рабочей длине ( $9 \cdot 10^{-3}$ — $1,4 \cdot 10^{-2}$  м) медь удалена азотной кислотой. При  $T \geq T_c$  удельное электросопротивление образцов равно  $(6,2\text{—}6,8) \times 10^{-7}$  Ом·м. Отношение удельных электросопротивлений при 300 и при 10 К в пределах 1,10—1,15.

Метод измерения  $\lambda$  — расчет с помощью измеренной разности температур по длине образца, разогреваемого электрическим током. Погрешность измерения  $\pm 5\text{—}6\%$ .  
Обнаружено существенное изменение  $\lambda$  при изменении технологического процесса изготовления нити из NbTi. Зависимость  $\lambda$  от состава в пределах изменения массовой доли Ti в сплаве от 50,0 до 56,5% слабая.

В диапазоне температур 4—10 К  $\lambda = 7,5 \cdot 10^{-3} T^{1,85}$ .

19. Удельная теплоемкость  $c_p$ , Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, ниобийтитановых сплавов [2]

| T, K | I    | II   | III  | IV   | T, K | I    | II   | III  | IV |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| 2    | —    | —    | —    | 0,15 | 8    | 2,80 | 2,80 | 2,00 | —  |
| 3    | 0,15 | —    | —    | 0,65 | 9    | 3,80 | 3,90 | 2,52 | —  |
| 4    | 0,40 | —    | 1,15 | 2,50 | 10   | 3,10 | 2,55 | 3,45 | —  |
| 5    | 0,65 | 0,65 | 1,70 | 2,65 | 11   | 3,60 | 3,10 | —    | —  |
| 6    | 1,30 | 1,30 | 2,60 | 4,45 | 12   | 4,30 | 3,90 | —    | —  |
| 7    | 2,01 | 1,95 | 1,50 | —    |      | —    | —    | —    | —  |

Примечание. Массовая доля титана в сплавах: I — 7,23%; II — 25%; III — 75%; IV — 80% (сплав сверхпроводящий, критическая температура 6,5 К).  
Метод измерения  $c_p$  — адиабатическим калориметром в вакуумной камере с рабочим давлением  $1,33 \cdot 10^{-4}$  Па. Погрешность измерения:  $\pm 1\%$  в диапазоне температур 1,5—4,2 К;  $\pm 0,5\%$  в диапазоне температур 4,2—15 К;  $\pm 0,1\%$  при температурах выше 15 К.

20. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, сплавов Nb—Zr при различном содержании циркония [13]

| T, K | Массовая доля Zr, % |      |      |      |      |      |
|------|---------------------|------|------|------|------|------|
|      | 5                   | 7    | 7,5  | 10   | 20   | 40   |
| 2,5  | 14,4                | —    | —    | —    | 8    | —    |
| 3,0  | 20,6                | 33,6 | —    | —    | 11,6 | 6,7  |
| 3,5  | 22,4                | 35,0 | 68,0 | 29,5 | 13,6 | 7,4  |
| 4,5  | 22,8                | 30,2 | 40,4 | 26,0 | 15,6 | 9,0  |
| 5,5  | 23,8                | 27,3 | 29,5 | 23,2 | 15,8 | 10,0 |
| 6,5  | 27,6                | 27,1 | 25,5 | 21,7 | 15,7 | 10,0 |
| 7,5  | 32,8                | 29,0 | 26,0 | 21,8 | 15,7 | 10,0 |
| 8,5  | 39,0                | 32,5 | 28,5 | 23,1 | 15,8 | 9,9  |



Продолжение табл. 20

| T, K | Массовая доля Zr, % |      |      |      |      |      |
|------|---------------------|------|------|------|------|------|
|      | 5                   | 7    | 7,5  | 10   | 20   | 40   |
| 9,5  | 45,4                | 37,6 | 31,9 | 25,1 | 16,2 | 9,9  |
| 10,5 | 53,0                | 41,9 | 35,4 | 27,3 | 16,9 | 10,0 |
| 11,5 | 55,0                | 45,6 | 38,8 | 30,0 | 18,0 | 10,1 |
| 12,5 | 59,6                | 49,5 | 42,2 | 32,7 | 19,3 | 11,4 |
| 13,5 | 64,1                | 53,5 | 45,6 | 35,4 | 20,8 | 12,5 |
| 14,5 | 69,0                | 57,4 | 49,0 | 38,0 | 22,3 | 13,5 |
| 15,5 | 73,3                | 61,4 | 52,4 | 40,7 | 23,8 | 14,6 |
| 16,5 | 77,9                | 65,5 | 55,9 | 43,5 | 22,5 | 15,6 |
| 17,5 | 83,1                | 69,5 | 59,4 | 46,2 | 27,0 | 16,7 |
| 18,5 | —                   | 73,6 | —    | 48,8 | 28,7 | 17,6 |

Примечание. Сплавы, содержащие массовые доли циркония 5, 10, 20 и 40%, получали путем многократного переплава в вакуумной электродуговой печи на медном водоохлаждаемом поду в атмосфере чистого гелия при давлении  $(5,32 \pm 6,65) \cdot 10^4$  Па. Сплавы, содержащие массовые доли циркония 7 и 7,5%, получили методом зонной плавки.

Образцы вытачивали в виде цилиндров (диаметр 6 мм, длина 100 мм) с конусным хвостовиком, протравливали, отжигали при 1773 К под давлением  $1,33 \cdot 10^{-4}$  Па, быстро охлаждали. Изготовленные образцы представляли однородные обменно-центрированные кубические растворы с поликристаллическим строением.

Метод измерения  $\lambda$  статический (по принципу теплового потенциометра) при давлении  $1,33 \cdot 10^{-4}$  Па (погрешность измерения  $\pm 2\%$ ).

21. Удельная теплоемкость, теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения жаростойких и жаропрочных сплавов на хромоникелевой основе [114, 141]

| T, K | ХН78Т  |   |                                       | ХН77ТЮР  |   |                                       | ХН80ТВО  |   |                                       |
|------|--|---|---------------------------------------|--|---|---------------------------------------|--|---|---------------------------------------|
|      | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
| 200  | —  | —   | —                                     | 11,3   | 0,439   | 11,0                                  | 11,0   | 11,1  | —                                     |
| 300  | 0,454  | 12,5  | 12,0                                  | 11,8   | 0,454   | 12,0                                  | 12,0   | 11,6  | 0,453                                 |

| T, K | ХН70ВМЮТ   |                                       | ХН600   |                                       |  | ХН60В                                 |   |                                       |      |
|------|--|---------------------------------------|---|---------------------------------------|--|---------------------------------------|---|---------------------------------------|------|
|      | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |      |
| 200  | —  | —                                     | —   | —                                     | —  | —                                     | —   | —                                     |      |
| 300  | 0,455  | 11,2                                  | 7,05  | 8,05                                  | 11,5   | 0,452                                 | 0,452   | 10,3                                  | 9,05 |
|      |  | 11,7                                  | 8,05  | 9,60                                  | 11,9   | 0,455                                 | 0,455   | 11,7                                  | 9,80 |

Примечание. Химический состав сплавов соответствует ведомственным нормам. Образцы горячекатаные.

Методы измерения:  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 3\%$ );  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 5\%$ );  $\alpha$  — относительным методом, с помощью кварцевого дифференциального dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

22. Температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность цирконийгафниевых сплавов [114]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |      | T, K | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |    |
|------|---------------------------------------|---|------|------|---------------------------------------|---|----|
|      |                                       | I   | II   |      |                                       | I   | II |
| 5    | —                                     | 7,51  | 17,0 | 130  | 4,55                                  | —   | —  |
| 6    | —                                     | 8,50  | 19,5 | 140  | 4,70                                  | —   | —  |
| 7    | —                                     | 10,0  | 22,0 | 150  | 4,80                                  | —   | —  |
| 8    | —                                     | 11,5  | 24,5 | 160  | 4,90                                  | —   | —  |
| 9    | —                                     | 13,5  | 27,5 | 170  | 4,97                                  | —   | —  |
| 10   | 0,010                                 | 14,0  | 30,0 | 180  | 5,04                                  | —   | —  |
| 15   | 0,050                                 | 19,0  | 38,0 | 190  | 5,11                                  | —   | —  |
| 20   | 0,105                                 | 22,5  | 45,5 | 200  | 5,17                                  | —   | —  |
| 25   | 0,260                                 | 25,5  | 48,0 | 210  | 5,19                                  | —   | —  |
| 30   | 0,430                                 | 28,5  | 46,5 | 220  | 5,21                                  | —   | —  |
| 40   | 0,860                                 | —   | —    | 230  | 5,27                                  | —   | —  |
| 50   | 1,46                                  | —   | —    | 240  | 5,32                                  | —   | —  |
| 60   | 2,20                                  | —   | —    | 250  | 5,42                                  | —   | —  |
| 70   | 2,92                                  | —   | —    | 260  | 5,51                                  | —   | —  |
| 80   | 3,40                                  | —   | —    | 273  | 5,80                                  | —   | —  |
| 90   | 3,74                                  | —   | —    | 280  | 5,95                                  | —   | —  |
| 100  | 4,02                                  | —   | —    | 293  | 6,28                                  | —   | —  |
| 110  | 4,20                                  | —   | —    | 300  | 6,54                                  | —   | —  |
| 120  | 4,40                                  | —   | —    |      |                                       |   |    |

Примечание. I — массовая доля гафния в сплаве 1,2%; образец отжигали в вакууме по режиму 1073 К, 20 ч; II — массовая доля гафния в сплаве 2%; образцы цилиндрические (диаметр от 1 до 3 мм, длина 50 мм), отожженные. III — то же, что II; образцы значительно чище.

Метод измерения  $\lambda$  — осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 5\%$ ).

23. Температурный коэффициент теплового расширения танталвольфрамового сплава ТВ-10 [114]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | T, K | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | T, K | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | T, K | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|------|---------------------------------------|------|---------------------------------------|------|---------------------------------------|------|---------------------------------------|
| 15   | 0,105                                 | 80   | 4,10                                  | 160  | 5,65                                  | 240  | 6,20                                  |
| 20   | 0,210                                 | 90   | 4,40                                  | 170  | 5,75                                  | 250  | 6,25                                  |
| 25   | 0,420                                 | 100  | 4,70                                  | 180  | 5,85                                  | 260  | 6,30                                  |
| 30   | 0,655                                 | 110  | 4,86                                  | 190  | 5,92                                  | 273  | 6,31                                  |
| 40   | 1,50                                  | 120  | 5,02                                  | 200  | 6,00                                  | 280  | 6,32                                  |
| 50   | 2,30                                  | 130  | 5,18                                  | 210  | 6,05                                  | 293  | 6,33                                  |
| 60   | 3,10                                  | 140  | 5,35                                  | 220  | 6,10                                  | 300  | 6,34                                  |
| 70   | 3,75                                  | 150  | 5,50                                  | 230  | 6,15                                  |      |                                       |

Примечание. Химический состав сплава, %: Та 91,0; W 8,6; Nb 0,4. Образцы отжигали в вакууме при 1473 К. Метод измерения  $\alpha$  — относительный, с помощью кварцевого дифференциального dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).



Продолжение табл. 24

| T, K | BT8                 |       | BT14                               |       | BT15                |      | BT16                               |       | AT2                 |      | OT3                                |      | OT4                 |      | OT4-1               |      |
|------|---------------------|-------|------------------------------------|-------|---------------------|------|------------------------------------|-------|---------------------|------|------------------------------------|------|---------------------|------|---------------------|------|
|      | $\alpha \cdot 10^6$ |       | $\frac{d\alpha}{dT} \cdot 10^{-8}$ |       | $\alpha \cdot 10^6$ |      | $\frac{d\alpha}{dT} \cdot 10^{-8}$ |       | $\alpha \cdot 10^6$ |      | $\frac{d\alpha}{dT} \cdot 10^{-8}$ |      | $\alpha \cdot 10^6$ |      | $\alpha \cdot 10^6$ |      |
|      | K <sup>-1</sup>     |       | K <sup>-1</sup>                    |       | K <sup>-1</sup>     |      | K <sup>-1</sup>                    |       | K <sup>-1</sup>     |      | K <sup>-1</sup>                    |      | K <sup>-1</sup>     |      | K <sup>-1</sup>     |      |
| 200  | 8,40                | 0,469 | 8,31                               | 0,474 | 8,19                | 8,26 | 8,30                               | 0,464 | 8,12                | 8,44 | 7,46                               | 8,12 | 8,44                | 7,46 | 8,12                | 8,44 |
| 210  | 8,45                | 0,476 | 8,33                               | 0,482 | 8,23                | 8,35 | 8,36                               | 0,472 | 8,28                | 8,48 | 7,54                               | 8,28 | 8,48                | 7,54 | 8,28                | 8,48 |
| 220  | 8,47                | 0,484 | 8,35                               | 0,489 | 8,25                | 8,43 | 8,43                               | 0,478 | 8,38                | 8,52 | 7,61                               | 8,38 | 8,52                | 7,61 | 8,38                | 8,52 |
| 230  | 8,50                | 0,491 | 8,37                               | 0,495 | 8,27                | 8,49 | 8,49                               | 0,484 | 8,44                | 8,55 | 7,67                               | 8,44 | 8,55                | 7,67 | 8,44                | 8,55 |
| 240  | 8,53                | 0,498 | 8,39                               | 0,501 | 8,30                | 8,55 | 8,53                               | 0,488 | 8,49                | 8,59 | 7,72                               | 8,49 | 8,59                | 7,72 | 8,49                | 8,59 |
| 250  | 8,55                | 0,504 | 8,40                               | 0,506 | 8,32                | 8,60 | 8,57                               | 0,492 | 8,54                | 8,63 | 7,78                               | 8,54 | 8,63                | 7,78 | 8,54                | 8,63 |
| 260  | 8,57                | 0,510 | 8,42                               | 0,518 | 8,34                | 8,64 | 8,67                               | 0,498 | 8,58                | 8,67 | 7,83                               | 8,58 | 8,67                | 7,83 | 8,58                | 8,67 |
| 273  | 8,58                | 0,518 | 8,44                               | 0,521 | 8,36                | 8,67 | 8,67                               | 0,502 | 8,65                | 8,69 | 7,86                               | 8,65 | 8,69                | 7,86 | 8,65                | 8,69 |
| 280  | 8,59                | 0,521 | 8,46                               | 0,524 | 8,38                | 8,69 | 8,70                               | 0,504 | 8,65                | 8,70 | 7,92                               | 8,65 | 8,70                | 7,92 | 8,65                | 8,70 |
| 293  | 8,60                | 0,526 | 8,48                               | 0,527 | 8,40                | 8,72 | 8,72                               | 0,511 | 8,70                | 8,79 | 8,00                               | 8,70 | 8,79                | 8,00 | 8,70                | 8,79 |
| 300  | 8,61                | 0,529 | 8,50                               | 0,527 | 8,42                | 8,74 | 8,74                               | 0,523 | 8,73                | 8,80 | 8,00                               | 8,73 | 8,80                | 8,00 | 8,73                | 8,80 |

Примечание. Химический состав сплавов, %: BT1 — С 0,014; Fe 0,16; H 0,0099; N 0,028; Si 0,045; Ti осн.; образцы отжигали на воздухе по режиму 873 К, 40 мин; BT3-1 — Al 5,3; C 0,04; Cr 1,75; Fe 0,34; H 0,0079; N 0,02; Si 0,20; V 1,95; Ti осн.; образцы отжигали по режиму 873 К, 40 мин; BT5-1 — Al 4,7; C 0,03; Fe 0,24; H 0,0074; N 0,030; Si 0,08; Sn 2,5; Ti осн.; образцы отжигали на воздухе по режиму 1073 К, 45 мин; при 293 К  $\lambda = 8,79$  Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>; BT6 (для  $\alpha$  и  $\alpha_2$ ) — Al 6,0; C 0,10; Fe 0,40; H 0,02; N<sub>2</sub> 0,07; O<sub>2</sub> 0,30; V 4,0; Ti осн.; образцы отжигали по режиму 1023 К, 1 ч; BT6 (для  $\beta$ ) — Al 5,89; C 0,02; Fe 0,15; Nb 0,015; V 3,87; Ti осн.; образцы закачивали (1198 К, 20 мин); старили (753 К, 4 ч), охлаждали на воздухе; BT8 — Al 5,8—6,5; Mo 2,8—3,8; Ti осн.; образцы отжигали в вакууме по режиму 1073 К, 1 ч; BT14 — Al 4,4; C 0,03; Fe 0,10; Mo 3,0; N 0,011; V 1,0; Ti осн.; образцы закачивали при 1173 К, подвергали искусственному старению по режиму 788 К, 12 ч; при 300 К  $\lambda = 8,40$  Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>; BT15 (для  $\alpha$  и  $\alpha_2$ ) — Al 3,15; Cr 10,87; Fe 0,12; H<sub>2</sub> 0,003; Mo 6,98; O<sub>2</sub> 0,011; Si 0,046; Ti осн.; образцы закачивали (1123 К, 15 мин), искусственно старили (753 К, 8 ч; 833 К, 15 мин); BT15 (для  $\beta$ ) — Al 3,5; C 0,04; Cr 10,4; Fe 0,25; N 0,025; V 13,9; Ti осн.; образцы закачивали (1063 К, 20 мин), охлаждали на воздухе, искусственно старили (753 К, 60 ч), охлаждали на воздухе; при 300 К  $\lambda = 8,0$  Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>; BT16 — Al 2,5; Mo 7,5; Ti осн.; образцы отжигали в вакууме по режиму 1073 К, 1 ч; при 300 К  $\alpha = 10,5 \cdot 10^{-6}$  К<sup>-1</sup>; AT2 — H<sub>2</sub> 0,085; Mo 1,32; O<sub>2</sub> 0,03; Zr 2,70; Ti осн.; образцы отжигали при 873 К; OT3 — Al 1,0—3,0; Mn 0,8—2,0; Ti осн.; образцы отжигали; OT4 — Al 2,75; C 0,04; Fe 0,09; H 0,015; Mn 1,24; N 0,02; Si 0,12; Ti осн.; образцы отжигали по режиму 983 К, 30 мин; OT4-1 — Al 0,7—2,2; C  $\leq 0,10$ ; Fe  $\leq 0,30$ ; H  $\leq 0,012$ ; Mn  $\leq 0,5$ —1,8; N  $\leq 0,05$ ; O  $\leq 0,15$ ; Si  $\leq 0,15$ ; Zr  $\leq 0,30$ ; Ti осн.; образцы отжигали; при 300 К  $\lambda = 9,62$  Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>.

25. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^{-2}$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, титанванадиевых сплавов [164]

| T, K | Массовые доли ванадия, % |       |       |       | T, K | Массовые доли ванадия, % |       |       |       |
|------|--------------------------|-------|-------|-------|------|--------------------------|-------|-------|-------|
|      | 0,019                    | 0,391 | 1,160 | 1,362 |      | 0,019                    | 0,391 | 1,160 | 1,362 |
| 100  | 0,310                    | 0,239 | 0,145 | 0,115 | 210  | 0,237                    | 0,234 | 0,150 | 0,170 |
| 110  | 0,300                    | 0,239 | 0,140 | 0,120 | 220  | 0,236                    | 0,233 | 0,151 | 0,175 |
| 120  | 0,290                    | 0,238 | 0,140 | 0,125 | 230  | 0,235                    | 0,232 | 0,152 | 0,180 |
| 130  | 0,280                    | 0,238 | 0,140 | 0,130 | 240  | 0,234                    | 0,231 | 0,153 | 0,185 |
| 140  | 0,270                    | 0,237 | 0,140 | 0,135 | 250  | 0,233                    | 0,230 | 0,151 | 0,190 |
| 150  | 0,260                    | 0,237 | 0,142 | 0,140 | 260  | 0,232                    | 0,229 | 0,155 | 0,195 |
| 160  | 0,255                    | 0,236 | 0,144 | 0,145 | 270  | 0,231                    | 0,228 | 0,156 | 0,200 |
| 170  | 0,250                    | 0,236 | 0,146 | 0,150 | 280  | 0,230                    | 0,227 | 0,157 | 0,210 |
| 180  | 0,240                    | 0,235 | 0,148 | 0,155 | 290  | 0,230                    | 0,226 | 0,158 | 0,220 |
| 190  | 0,239                    | 0,235 | 0,149 | 0,160 | 300  | 0,230                    | 0,225 | 0,159 | 0,230 |
| 200  | 0,238                    | 0,234 | 0,150 | 0,165 |      |                          |       |       |       |

Примечание. Исходные материалы для приготовления сплавов: титановая губка марки ТГ-100, электрический ванадий марки ВЭЛ-3.

Сплав выплавляли в вакуумной дуговой печи, отжигали при давлении  $6,65 \times 10^{-4}$  Па при 970—1030 К в течение 15—20 ч до стабилизации отношения удельного электросопротивления при 300 и 77 К. Погрешность измерения  $\pm 2\%$ .

## 26. Температурный коэффициент линейного расширения титанового сплава BT3 [119]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6$ , K <sup>-1</sup> | T, K | $\alpha \cdot 10^6$ , K <sup>-1</sup> | T, K | $\alpha \cdot 10^6$ , K <sup>-1</sup> |
|------|---------------------------------------|------|---------------------------------------|------|---------------------------------------|
| 80   | 4,70                                  | 150  | 6,90                                  | 230  | 8,10                                  |
| 90   | 5,10                                  | 160  | 7,10                                  | 240  | 8,15                                  |
| 100  | 5,50                                  | 170  | 7,30                                  | 250  | 8,17                                  |
| 110  | 5,80                                  | 180  | 7,50                                  | 260  | 8,20                                  |
| 120  | 6,10                                  | 190  | 7,65                                  | 270  | 8,35                                  |
| 130  | 6,40                                  | 200  | 7,80                                  | 280  | 8,50                                  |
| 140  | 6,70                                  | 210  | 7,92                                  | 290  | 8,55                                  |
|      |                                       | 220  | 8,05                                  | 300  | 8,60                                  |

Примечание. Химический состав сплава, %: Al 4,0—6,0; Cr 2,0—3,0; Fe 0,3; Si 0,25; Mo 2,25; Ti — ост. Плотность сплава 4460 кг·м<sup>-3</sup>.

Образцы — цилиндры высотой 40 мм. Метод измерения  $\alpha$  dilatометрический, на абсолютном dilatометре в вакуумной камере при давлении  $6,65 \cdot 10^{-4}$  Па. Погрешность измерения  $\pm 7\%$ .

Для сплава BT3  $\lambda = 7,1$  Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup> при  $T = 300$  К.

## 27. Теплопроводность сплава Ti-0,5 Nb [168]

| T, K | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|---|------|---|------|---|
| 2    | 0,85  | 20   | 10,1  | 150  | 24,0  |
| 4,2  | 2,30  | 50   | 20,0  | 200  | 25,0  |
| 5    | 2,80  | 100  | 23,0  | 300  | 24,0  |
| 10   | 5,05  |      |   |      |   |

Примечание. Материал — йодидный титан. Слиток массой 600 г получили в дуговой печи; для лучшей гомогенизации слиток переплавляли 6 раз; затем слиток перековывали при 1173 К в пруток диаметром 14 мм; из прутка вытачивали заготовки для образцов; заготовки отжигали в кварцевой ампуле при давлении  $6,55 \cdot 10^{-1}$  Па ступенчато: 1373 К, 10 ч; 1073 К, 15 ч; 873 К, 30 ч; из отожженных заготовок вытачивали цилиндрические образцы диаметром 6 мм и длиной 80 мм.

Метод измерения  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком в вакуумной камере при давлении  $1,33 \cdot 10^{-3}$  Па (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

28. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, титанового сплава TC5 в зависимости от массовых долей примесей [163]

| Массовая доля примесей, % | Температура, К |      |      | Массовая доля примесей, % | Температура, К |     |      |
|---------------------------|----------------|------|------|---------------------------|----------------|-----|------|
|                           | 20             | 80   | 300  |                           | 20             | 80  | 300  |
| 0                         | 33,7           | 33,7 | 21,7 | 8                         | 3,5            | 7,0 | 12,1 |
| 1                         | 18,2           | 30,2 | 20,5 | 9                         | 2,7            | 6,0 | 10,9 |
| 2                         | 11,7           | 25,7 | 19,3 | 10                        | 2,5            | 5,5 | 9,7  |
| 3                         | 8,5            | 19,2 | 18,1 | 11                        | 1,8            | 5,0 | 8,5  |
| 4                         | 7,0            | 13,0 | 16,9 | 12                        | 1,5            | 4,5 | 7,3  |
| 5                         | 6,0            | 10,0 | 15,7 | 13                        | 1,3            | 4,2 | 6,1  |
| 6                         | 5,0            | 9,0  | 14,5 | 14                        | 1,0            | 4,0 | 5,5  |
| 7                         | 4,0            | 7,7  | 13,3 | 15                        | 0,75           | 3,7 | 5,0  |

Примечание. Химический состав сплава, %: Al 5,9; V 2,0; Sn 2,9; Zr 2,0; Fe 0,17; Si 0,30; C 0,06; H<sub>2</sub> 0,007; N<sub>2</sub> 0,02; Ti остальное.

Образцы цилиндрические.

Метод измерения  $\lambda$  — стационарным тепловым потоком вдоль оси образца (погрешность измерения  $\pm 7\%$ ).

## 29. Удельная теплоемкость титановых сплавов TC5 и BT3-1 при различной термообработке [23]

| T, K | TC5  |       | BT3-1 |       |
|------|--|-------|-------|-------|
|      | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> , при режимах |       |       |       |
|      | 1  | 2     | 1     | 3     |
| 270  | 0,536  | 0,533 | 0,534 | 0,536 |
| 280  | 0,530  | 0,535 | 0,535 | 0,532 |
| 290  | 0,528  | 0,537 | 0,536 | 0,528 |
| 300  | 0,527  | 0,539 | 0,537 | 0,525 |

Продолжение табл. 29

Примечание. Химический состав сплавов, %:

| Сплав | Al  | Mo  | Cr  | V   | Sn  | Zr  | Fe   | Si   | C    | H <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | Ti   |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|----------------|----------------|------|
| TC5   | 5,9 | —   | —   | 2,0 | 2,9 | 2,0 | 0,17 | 0,30 | 0,06 | 0,007          | 0,02           | ост. |
| BT3-1 | 5,9 | 2,5 | 2,2 | —   | —   | —   | 0,50 | 0,28 | 0,04 | 0,015          | 0,02           | >    |

Примечание. Образцы цилиндрические (диаметр 9 мм, длина 10 мм).

Термическая обработка образцов: TC5 — предварительный отжиг при нагревании от 293 до 1233 К в вакууме при остаточном давлении  $1,33 \cdot 10^{-2}$  Па и охлаждение с печью (режим 1); затем дополнительный отжиг при 1163 К в течение 1 ч и охлаждение на воздухе (режим 2); BT3-1 — предварительный отжиг (режим 1); дополнительный отжиг при 1143 К в течение 1 ч и охлаждение с печью, затем отжиг при 923 К в течение 2 ч и охлаждение на воздухе (режим 3).

Метод измерения  $c_p$  — калориметрический, при непрерывном подводе тепла. Скорость нагревания образцов 3 К·мин<sup>-1</sup> (погрешность измерения  $\pm 1\%$ ).

30. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6$ , К<sup>-1</sup>, тантала и ванадия в поперечном магнитном поле [114]

| T, K | Тантал | Ванадий |
|------|--------|---------|
| 5    | 0,970  | —       |
| 6    | 1,42   | —       |
| 10   | 4,85   | 4,50    |
| 20   | 32,0   | 18,1    |
| 280  | 660    | 775     |

Примечание. Химический состав, %: нормального тантала — Ta 99,8; Fe < 10<sup>-2</sup>; N<sub>2</sub> < 10<sup>-2</sup>; Nb 5·10<sup>-2</sup>; O<sub>2</sub> 1,5·10<sup>-2</sup>; Si < 10<sup>-2</sup>; W < 3·10<sup>-2</sup>; нормального ванадия — V 99,8; Al 10<sup>-2</sup>; C 10<sup>-2</sup>; Fe 9·10<sup>-2</sup>; O<sub>2</sub> 4·10<sup>-2</sup>; Si 1,4·10<sup>-2</sup> (образцы отпущены в вакууме по режиму 773К, 2ч).

Напряженность поперечного магнитного поля  $2 \cdot 10^6$  А·м<sup>-1</sup>.

Метод измерения  $\alpha$  — относительный, с помощью емкостного dilatометра.



Продолжение табл. 32

| T, K | 6Al-4V  |  | 4Al-3Mo-1V  |  | 2,5Al-16V   |  | 3Al-11Cr-13V  |  | Ti-110-A  |                     | TW-Ti  |   | A-110-AT            |   | B-120-VCA  |   | C-120-VCA           |   | RC-130-B            |   |
|------|---|--|---|--|---|--|---|--|---|---------------------|--|---|---------------------|---|--|---|---------------------|---|---------------------|---|
|      | $C_p \cdot 10^{-3}$<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $C_p \cdot 10^{-3}$<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $C_p \cdot 10^{-3}$<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $C_p \cdot 10^{-3}$<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $C_p \cdot 10^{-3}$<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ | $\lambda$<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $C_p \cdot 10^{-3}$<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ | $C_p \cdot 10^{-3}$<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $C_p \cdot 10^{-3}$<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ | $C_p \cdot 10^{-3}$<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ | $C_p \cdot 10^{-3}$<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
| 250  | 0,516   | 6,80   | 0,503   | 7,60   | 0,508   | 6,75   | 0,506   | 7,48   | 9,40  | 10,1                | 7,02   | 7,50  | —                   | —   | 8,52   | —   | —                   | —   | 12,7                | 13,7  |
| 260  | 0,522   | 6,90   | 0,509   | 7,70   | 0,513   | 6,98   | 0,511   | 7,72   | 9,70  | 10,2                | 7,20   | 7,70  | —                   | —   | 8,52   | —   | —                   | —   | 13,1                | 13,9  |
| 273  | 0,526   | 7,10   | 0,517   | 7,90   | 0,518   | 7,31   | 0,515   | 8,03   | 10,1  | 10,3                | 8,05   | 7,85  | —                   | —   | —  | —   | —                   | —   | 13,7                | 14,0  |
| 280  | 0,529   | 7,20   | 0,521   | 8,20   | 0,522   | 7,50   | 0,519   | 8,20   | 10,2  | 10,4                | 8,15   | 7,90  | —                   | —   | —  | —   | —                   | —   | 14,0                | 14,6  |
| 293  | 0,534   | 7,45   | 0,527   | 8,30   | 0,527   | 7,92   | 0,524   | 8,58   | 10,5  | —                   | 8,40   | 7,95  | —                   | —   | —  | —   | —                   | —   | 14,5                | —   |
| 300  | 0,539   | 7,60   | 0,530   | 8,42   | 0,531   | 8,20   | 0,528   | 8,80   | 10,7  | 10,6                | 9,00   | 8,00  | —                   | —   | —  | —   | —                   | —   | 14,8                | 14,6  |

Примечание. Химический состав сплавов, %: 6Al-4V — Al 5,89; C 0,02; Fe 0,15; N 0,015; V 3,87; Ti осн. [образцы нагрели (1198 K, 20 мин), искусственно состарили (848 K, 4 ч), охлаждали на воздухе]; 4Al-3Mo-1V — Al 4,4; C 0,03; Fe 0,10; Mo 3,0; N 0,011; V 1,0; Ti осн. [образцы нагрели (1173 K), искусственно состарили (873 K, 12 ч)]; 2,5Al-16V — Al 2,75; C 0,03; Fe 0,21; N 0,015; V 14,95; Ti осн. [образцы нагрели (1023 K, 30 мин), искусственно состарили (898 K, 4 ч)]; 3Al-11Cr-13V — Al 3,5; C 0,04; Cr 10,4; Fe 0,25; N 0,025; V 13,9; Ti осн. [образцы нагрели (1048 K, 20 мин), охлаждали на воздухе, искусственно состарили (748 K, 60 ч), охлаждали на воздухе]; Ti-110-A — C  $\leq$  0,05; Cr 2,7; Fe 1,3; N  $\leq$  0,08; Ti осн. [образцы отжигали (973 K, 6 ч)]; TW-Ti — Al 3,99; C 0,14; Mn 4,70; Ti осн. [образцы отжигали]; A-110-AT — Al 5,5; C 0,07; Fe 0,2; N 0,02; Sn 2,5; Ti осн. [образцы отжигали]; B-120-VCA-Al 3,0; C 0,03; Cr 10,3; Fe 0,2; H 0,01; N 0,02; V 13,5; Ti осн. [образцы отжигали]; C-120-AV-Al 6,2; C 0,01; Fe 0,1; H 0,01; N 0,01; V 4,0; Ti осн. [образцы отжигали]; RC-130-B — Al 3,8; C 0,24; Mn 3,8; Ti осн. [образцы адiabатическим калориметром (погрешность измерения  $\pm$  5%);  $\lambda$  — осевым стационарным методом измерения;  $C_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром (погрешность измерения  $\pm$  5%);  $\alpha$  и  $\lambda$  — относительным методом, с помощью кварцевого дифференциального dilatометра (погрешность измерения  $\pm$  5%).

## 4. ЛЕГКОПЛАВКИЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ НА ИХ ОСНОВЕ

1. Атомная теплоемкость белого олова OB4-000 [110, 186]

| T, K | $C_p'$<br>Дж·г·атом <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K   | $C_p'$<br>Дж·г·атом <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K   | $C_p'$<br>Дж·г·атом <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|--|--------|--|--------|--|
| 1,72 | 0,0053   | 3,14   | 0,0208   | 151,49 | 24,47  |
| 1,86 | 0,0060   | 3,50   | 0,0282   | 157,48 | 24,61  |
| 1,87 | 0,0061   | 3,97   | 0,0290   | 163,39 | 24,75  |
| 1,88 | 0,0064   | 5,16   | 0,0756   | 175,27 | 25,01  |
| 1,97 | 0,0070   | 10,35  | 1,007  | 181,15 | 25,12  |
| 1,99 | 0,0071   | 19,10  | 4,253  | 192,76 | 25,34  |
| 2,08 | 0,0078   | 29,50  | 8,517  | 198,50 | 25,46  |
| 2,19 | 0,0087   | 39,82  | 12,33  | 204,20 | 25,59  |
| 2,29 | 0,0096   | 49,31  | 15,15  | 221,07 | 25,84  |
| 2,30 | 0,0097   | 59,53  | 17,48  | 230,59 | 26,04  |
| 2,44 | 0,0112   | 68,46  | 19,02  | 241,58 | 26,20  |
| 2,45 | 0,0113   | 78,39  | 20,33  | 249,33 | 26,30  |
| 2,53 | 0,0121   | 93,57  | 21,75  | 259,42 | 26,48  |
| 2,56 | 0,0128   | 111,67 | 22,90  | 270,63 | 26,62  |
| 2,60 | 0,0129   | 122,03 | 23,36  | 280,18 | 26,75  |
| 2,72 | 0,0143   | 132,77 | 23,81  | 283,38 | 26,81  |
| 2,75 | 0,0147   | 145,42 | 24,28  | 300,00 | 26,99  |

Примечание. Исходный материал — белое олово ( $\beta$  — Sn) марки OB4-000 класса B5. Химический состав материала, %: Sn 99,9999; сумма примесей: Sb, Fe, Cu, Pb, In, Ni, Co, As, Zn, Ag, Au, Bi, Al, Ca и Cr — менее  $1 \cdot 10^{-4}$ ; отношение омических сопротивлений при комнатной температуре и температуре жидкого гелия  $2 \cdot 10^4$ ; в диапазоне температур ниже 3,69 K материал находится в сверхпроводящей фазе, при температуре выше 3,69 K — в нормальной фазе; плотность материала  $7300 \text{ кг·м}^{-3}$ . Образец — монокристаллический, направленной кристаллизации; масса  $2,60974 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$ ; отношение омических сопротивлений при комнатной температуре и температуре жидкого гелия —  $7 \cdot 10^4$ .

Метод измерения  $C_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром (погрешность измерения:  $\pm 10\%$  в диапазоне 1,72–3,97 K;  $\pm 2\%$  — выше 4 K).

Приведенные данные подтверждены измерениями методом непрерывного охлаждения при постоянстве условий теплотока в вакуумном калориметре при давлении  $1 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$ . Измерение проводили на образцах белого олова, имеющих вид дисков диаметром 8 мм и толщиной 0,1 мм. При температурном шаге 0,01 K погрешность измерения для  $T = 10 \div 20 \text{ K}$  составляет  $\pm 1,6\%$ .

2. Удельная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения белого олова ОI [114]

| T, K | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | T, K | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ |
|------|---|---------------------|---------------------------|------|---|---------------------|---------------------------|
|      |   |                     |                           |      |   |                     |                           |
| 1    | 0,000017  | —                   | 15,2                      | 110  | 0,194   | 16,0                | 18,9                      |
| 2    | 0,000047  | —                   | 15,2                      | 120  | 0,198   | 16,4                | 18,9                      |
| 3    | 0,000109  | —                   | 15,3                      | 130  | 0,201   | 16,7                | 19,0                      |
| 4    | 0,000245  | —                   | 15,3                      | 140  | 0,204   | 17,1                | 19,1                      |
| 5    | 0,000540  | —                   | 15,4                      | 150  | 0,206   | 17,3                | 19,1                      |
| 6    | 0,00127   | —                   | 15,4                      | 160  | 0,208   | 17,6                | 19,2                      |
| 7    | 0,00270   | —                   | 15,5                      | 170  | 0,210   | 17,9                | 19,4                      |
| 8    | 0,00420   | —                   | 15,6                      | 180  | 0,212   | 18,2                | 19,6                      |
| 9    | 0,00600   | —                   | 15,7                      | 190  | 0,213   | 18,5                | 19,7                      |
| 10   | 0,00810   | 0,70                | 15,8                      | 200  | 0,214   | 18,7                | 19,8                      |
| 15   | 0,0226  | 1,85                | 16,0                      | 210  | 0,215   | 18,9                | 19,9                      |
| 20   | 0,0400  | 3,01                | 16,3                      | 220  | 0,216   | 19,1                | 20,0                      |
| 30   | 0,0760  | 6,03                | 16,8                      | 230  | 0,217   | 19,3                | 20,1                      |
| 40   | 0,106   | 9,02                | 17,1                      | 240  | 0,218   | 19,5                | 20,2                      |
| 50   | 0,130   | 11,0                | 17,4                      | 250  | 0,219   | 19,7                | 20,2                      |
| 60   | 0,148   | 12,0                | 17,6                      | 260  | 0,220   | 19,9                | 20,2                      |
| 70   | 0,162   | 13,0                | 17,9                      | 273  | 0,220   | 20,1                | 20,3                      |
| 80   | 0,173   | 14,2                | 18,0                      | 280  | 0,221   | 20,3                | 20,4                      |
| 90   | 0,182   | 15,0                | 18,3                      | 293  | 0,221   | 20,5                | —                         |
| 100  | 0,189   | 15,6                | 18,8                      | 300  | 0,222   | 20,6                | 20,5                      |

Примечание. Химический состав материала, %: Sn 99,90; As ≤ 0,01; Bi ≤ 0,015; Cu ≤ 0,01; Fe ≤ 0,009; Pb ≤ 0,04; S ≤ 0,01; Sb ≤ 0,015.  
Методы измерения:  $c_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром (погрешность измерения ±5% для  $T < 20$ К; ±2% для  $T > 20$ К);  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительным методом, с помощью кварцевого дифференциального dilatометра (погрешность измерения ±1%).

3. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, поликристаллического олова высокой чистоты при глубоком охлаждении [119, 164]

| T, K | I    | II   | T, K | I    | II   |
|------|------|------|------|------|------|
| 1    | 910  | —    | 5    | 2500 | 2500 |
| 2    | 980  | 1800 | 6    | 2290 | 2290 |
| 3    | 1700 | 2120 | 7    | 2000 | 2000 |
| 4    | 2430 | 2430 |      |      |      |

Примечание. Массовая доля олова в материале 99,997%; плотность 7300 кг·м<sup>-3</sup>, структура тетрагональная. I — сверхпроводящее состояние (при  $T \leq 3,69$ К); II — нормальное состояние (максимальное значение теплопроводности при 5 К); для подавления сверхпроводимости использовали магнитное поле. Образцы цилиндрические (диаметр от 1 до 3 мм, длина 50 мм). Погрешность измерения ±5%.  
При  $T = 4$  К теплопроводность поликристаллического олова высокой чистоты составляет  $1,4 \cdot 10^{-8}$  м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>.

4. Удельная теплоемкость  $c_p$ , Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, белого олова при высоком давлении [68]

| T, K | I     | II    | III   | IV    | V     |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3,15 | 0,170 | —     | —     | —     | —     |
| 3,20 | 0,180 | —     | —     | —     | —     |
| 3,25 | 0,200 | 0,205 | —     | —     | —     |
| 3,30 | 0,130 | 0,220 | —     | —     | —     |
| 3,35 | 0,135 | 0,225 | 0,225 | —     | —     |
| 3,40 | 0,140 | 0,150 | 0,235 | —     | —     |
| 3,45 | 0,148 | 0,155 | 0,150 | —     | —     |
| 3,50 | 0,150 | 0,165 | 0,158 | 0,250 | —     |
| 3,55 | 0,160 | —     | 0,166 | 0,270 | —     |
| 3,60 | 0,165 | —     | 0,174 | 0,175 | 0,255 |
| 3,65 | 0,170 | —     | 0,182 | 0,185 | 0,270 |
| 3,70 | 0,175 | —     | 0,190 | 0,190 | 0,180 |
| 3,75 | 0,180 | —     | 0,198 | 0,205 | 0,180 |
| 3,80 | 0,185 | —     | 0,206 | 0,220 | 0,190 |
| 3,85 | 0,200 | —     | —     | 0,225 | 0,205 |
| 3,90 | 0,205 | —     | —     | —     | 0,215 |
| 3,95 | 0,215 | —     | —     | —     | —     |

Примечание. Плотность олова 7300 кг·м<sup>-3</sup>. Образцы цилиндрические диаметром 8,5 мм и высотой 9 мм. Метод измерения  $c_p$  — переменным тепловым потоком в низкотемпературной камере фиксированного высокого давления; среда передающая давление, — керосиномасляная смесь. Погрешность измерения ±3%.  
Давление, Па: I — 5,05·10<sup>4</sup>; II — 4,0·10<sup>4</sup>; III — 3,2·10<sup>4</sup>; IV — 1,7·10<sup>4</sup>; V — 1,5·10<sup>3</sup>.

5. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, монокристаллического галлия [164]

| T, K | I   | II  | III  | T, K | I   | II  | III  |
|------|-----|-----|------|------|-----|-----|------|
| 4    | 65  | 170 | 1900 | 10   | 115 | 295 | 2500 |
| 5    | 90  | 220 | 2500 | 15   | 75  | 245 | 1000 |
| 6    | 110 | 250 | 2850 | 20   | 55  | 175 | 600  |
| 7    | 120 | 270 | 2950 | 25   | 50  | 145 | 400  |
| 8    | 135 | 280 | 2900 | 30   | 48  | 125 | 250  |
| 9    | 125 | 290 | 2700 | 35   | 47  | 100 | 150  |
|      |     |     |      | 40   | 38  | 80  | 90   |

Примечание. Решетка галлия простая кубическая; плотность 5910 кг·м<sup>-3</sup> при 293 К; удельное электросопротивление  $5,6 \cdot 10^{-8}$  Ом·м при 293 К (наблюдается анизотропия электрических свойств).  
Образцы крупнее, цилиндрические с диаметрами 1—3 мм, длиной 50 мм. Измерение  $\lambda$ : I — вдоль оси, параллельной направлению высокого удельного электросопротивления ( $\rho_I$ ); II — вдоль оси, параллельной направлению среднего удельного электросопротивления ( $\rho_{II}$ ); III — вдоль оси, параллельной направлению низкого удельного электросопротивления ( $\rho_{III}$ ). При 20К:  $\rho_I : \rho_{II} : \rho_{III} = 8,9 : 2,7 : 1$ . Погрешность измерения ±5%.





| T, K | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $\lambda \cdot 10^{-3}, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, \text{К}^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, \text{К}^{-1}$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|------|---|--|------------------------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
|      |   |  |                                    | II                                 |      | III  |      | IV   |      | V    |      | VI   |      | VII  |      | VIII |      |  |  |
|      |   |  |                                    | ⊥                                  |      | ⊥    |      | ⊥    |      | ⊥    |      | ⊥    |      | ⊥    |      | ⊥    |      |  |  |
| 100  | 0,203   | 108  | 23,9                               | 28,4                               | 18,4 | 30,3 | 20,6 | 31,9 | 23,4 | 29,6 | 18,0 | 34,2 | 18,3 | 28,4 | 21,4 | 30,0 | 22,0 |  |  |
| 110  | 0,207   | 107  | 24,6                               | 28,7                               | 17,4 | 31,1 | 19,6 | 32,6 | 22,3 | 30,1 | 21,5 | 35,2 | 17,4 | 29,4 | 20,5 | 30,8 | 21,0 |  |  |
| 120  | 0,211   | 106  | 25,9                               | 29,0                               | 16,5 | 31,7 | 18,6 | 33,2 | 21,1 | 30,2 | 20,8 | 36,1 | 16,5 | 30,4 | 19,6 | 31,7 | 20,3 |  |  |
| 130  | 0,214   | 105  | 25,7                               | 30,2                               | 15,4 | 32,4 | 17,4 | 34,0 | 19,8 | 31,4 | 21,0 | 37,2 | 15,5 | 31,4 | 18,8 | 32,6 | 19,3 |  |  |
| 140  | 0,217   | 103  | 26,3                               | 31,5                               | 14,4 | 33,2 | 16,3 | 34,7 | 18,5 | 32,3 | 30,3 | 38,3 | 14,5 | 32,5 | 17,7 | 33,6 | 18,3 |  |  |
| 150  | 0,218   | 100  | 26,8                               | 32,4                               | 13,2 | 34,0 | 15,0 | 35,5 | 17,1 | 33,4 | 30,3 | 39,4 | 13,4 | 33,6 | 16,6 | 34,6 | 17,2 |  |  |
| 160  | 0,220   | 98,0   | 27,2                               | 33,4                               | 11,9 | 34,9 | 13,7 | 36,4 | 15,6 | 34,7 | 30,3 | 40,7 | 12,2 | 34,9 | 15,5 | 35,7 | 16,0 |  |  |
| 170  | 0,222   | 95,1   | 27,5                               | 34,5                               | 10,4 | 35,9 | 11,2 | 37,4 | 13,9 | 35,8 | 30,3 | 42,1 | 11,0 | 36,3 | 14,3 | 36,9 | 14,7 |  |  |
| 180  | 0,223   | 91,2   | 27,9                               | 35,6                               | 9,01 | 36,8 | 10,8 | 38,3 | 12,3 | 36,8 | 30,3 | 43,5 | 9,50 | 37,2 | 13,0 | 38,2 | 13,4 |  |  |
| 190  | 0,224   | 87,2   | 28,3                               | 36,8                               | 7,30 | 38,0 | 9,10 | 39,5 | 10,3 | 38,3 | 30,3 | 45,1 | 8,02 | 39,2 | 11,8 | 39,7 | 11,9 |  |  |
| 200  | 0,225   | 83,0   | 28,6                               | 38,0                               | 5,60 | 39,2 | 7,30 | 40,7 | 8,30 | 39,5 | 6,10 | 46,8 | 6,50 | 40,8 | 9,30 | 41,0 | 10,4 |  |  |
| 210  | 0,226   | 78,0   | 29,0                               | 39,3                               | 3,60 | 40,4 | 5,10 | 41,9 | 5,50 | 41,0 | 4,40 | 48,5 | 4,80 | 42,4 | 8,70 | 42,5 | 8,70 |  |  |
| 220  | 0,227   | 72,5   | 29,3                               | 40,7                               | 1,80 | 41,6 | 3,50 | 43,2 | 3,70 | 42,4 | 2,70 | 50,2 | 3,10 | 45,0 | 6,70 | 44,0 | 7,05 |  |  |
| 230  | 0,228   | 67,0   | 29,7                               | 42,2                               | 0    | 42,9 | —    | 44,5 | —    | 43,9 | —    | 52,1 | —    | 45,0 | 4,90 | 45,7 | 5,05 |  |  |
| 240  | 0,229   | 61,0   | 30,1                               | 43,6                               | —    | 44,3 | —    | 45,8 | —    | 45,4 | —    | 54,0 | —    | 45,0 | 3,20 | 47,3 | 3,50 |  |  |
| 250  | 0,229   | 54,6   | 30,4                               | 45,2                               | —    | 45,8 | —    | 47,3 | —    | 47,0 | —    | 56,2 | —    | 45,0 | 1,40 | 49,2 | 1,70 |  |  |
| 260  | 0,230   | 48,2   | 30,8                               | 46,8                               | —    | 47,2 | —    | 48,6 | —    | 48,7 | —    | 58,3 | —    | 45,0 | —    | 51,0 | —    |  |  |
| 270  | 0,231   | 39,5   | 31,3                               | 48,0                               | —    | 48,3 | —    | 50,8 | —    | 50,8 | —    | 61,2 | —    | 45,0 | —    | 52,2 | —    |  |  |
| 280  | 0,232   | 34,6   | 31,5                               | 50,2                               | —    | 50,4 | —    | 51,9 | —    | 51,9 | —    | 62,7 | —    | 45,0 | —    | 55,0 | —    |  |  |
| 293  | 0,232   | 26,1   | 32,0                               | 52,0                               | —    | 52,1 | —    | 53,4 | —    | 53,4 | —    | 64,2 | —    | 45,0 | —    | 58,0 | —    |  |  |
| 300  | 0,233   | 21,0   | 32,2                               | 54,0                               | —    | 53,9 | —    | 55,5 | —    | 56,1 | —    | 67,7 | —    | 45,0 | —    | 59,0 | —    |  |  |

Примечание. Химический состав образцов, %: I — In 99,99; примеси 0,01; II — In 99,9999; примеси 0,0001; III — In 99,999; примеси 0,001; IV — In 99,97; примеси 0,03; V — In 99,9; Zn 0,1; VI — In 99,8; Cd 0,2; VII — In 99,8; Sn 0,2; VIII — In 99,8; Pb 0,2. Методы измерения:  $\alpha$  (для I) — определено на основании измеренного температурного коэффициента объема расширения;  $\alpha$  для II—VIII — относительным методом с помощью кварцевого дифференциального dilatометра; погрешность измерения  $\pm 5\%$  (I и II — измерения соответственно перпендикулярно и параллельно оси образца);  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения:  $\pm 1\%$  для  $T < 20 \text{ K}$ ;  $\pm 0,2\%$  для  $T > 20 \text{ K}$ );  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 10\%$ ).

9. Теплопроводность, удельная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения цинка различной чистоты [164]

| T, K | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ |    |     | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6$ |      | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ |
|------|--|----|-----|---|---------------------|------|--|
|      | I  | II | III |   | $\text{К}^{-1}$     |      |  |
|      |  |    |     |   | IV                  | V    |  |
| 1    | —  | —  | —   | 0,000011  | —                   | —    | —  |
| 2    | —  | —  | —   | 0,000028  | —                   | —    | —  |
| 3    | —  | —  | —   | 0,000058  | —                   | —    | —  |
| 4    | —  | —  | —   | 0,000111  | —                   | —    | —  |
| 5    | —  | —  | —   | 0,00020   | —                   | —    | —  |
| 6    | —  | —  | —   | 0,00029   | —                   | —    | —  |
| 7    | —  | —  | —   | 0,00060   | —                   | —    | —  |
| 8    | —  | —  | —   | 0,00096   | —                   | —    | —  |
| 9    | —  | —  | —   | 0,0010  | —                   | —    | —  |
| 10   | 1530   | —  | —   | 0,0025  | 0,30                | —    | —  |
| 15   | —  | —  | —   | 0,011   | 1,51                | —    | —  |
| 20   | 760  | —  | —   | 0,026   | 3,00                | —    | —  |
| 25   | 540  | —  | —   | 0,049   | 5,51                | —    | —  |
| 30   | 350  | —  | —   | 0,076   | 8,02                | —    | —  |
| 40   | —  | —  | —   | 0,125   | 13,0                | —    | —  |
| 50   | —  | —  | —   | 0,171   | 17,0                | —    | —  |
| 60   | —  | —  | —   | 0,208   | 21,0                | —    | —  |
| 70   | —  | —  | —   | 0,236   | 22,0                | —    | —  |
| 80   | —  | —  | —   | 0,258   | 23,0                | —    | —  |
| 90   | —  | —  | —   | 0,277   | 23,6                | —    | —  |
| 100  | —  | —  | —   | 0,293   | 24,2                | —    | —  |
| 110  | —  | —  | —   | 0,306   | 24,7                | —    | 145  |
| 120  | —  | —  | —   | 0,319   | 25,3                | —    | 145  |
| 130  | —  | —  | —   | 0,328   | 25,8                | —    | 144  |
| 140  | —  | —  | —   | 0,337   | 26,3                | —    | 143  |
| 150  | —  | —  | —   | 0,343   | 26,8                | —    | 142  |
| 160  | —  | —  | —   | 0,350   | 27,3                | —    | 141  |
| 170  | —  | —  | —   | 0,355   | 27,5                | —    | 140  |
| 180  | —  | —  | —   | 0,360   | 27,9                | —    | 139  |
| 190  | —  | —  | —   | 0,364   | 28,3                | —    | 138  |
| 200  | —  | —  | —   | 0,367   | 28,7                | —    | 137  |
| 210  | —  | —  | —   | 0,370   | 28,9                | —    | 136  |
| 220  | —  | —  | —   | 0,373   | 29,1                | —    | 134  |
| 230  | —  | —  | —   | 0,375   | 29,3                | —    | 133  |
| 240  | —  | —  | —   | 0,378   | 29,4                | —    | 133  |
| 250  | —  | —  | —   | 0,380   | 29,5                | —    | 132  |
| 260  | —  | —  | —   | 0,382   | 29,6                | —    | 132  |
| 273  | —  | —  | —   | 0,384   | 29,7                | —    | 131  |
| 280  | —  | —  | —   | 0,386   | 29,8                | —    | 130  |
| 293  | —  | —  | —   | 0,388   | 29,9                | —    | 129  |
| 300  | 113  | —  | —   | 0,390   | 30,0                | 30,0 | 128  |

Примечание. I — цинк поликристаллический; массовая доля цинка 99,9995%; II — цинк монокристаллический; химический состав, %: Zn 99,997; Cd + Cu + Fe + Pb  $\leq 0,003$ ; образцы цилиндрические (диаметр 1–3 мм, длина 50 мм), вырезанные из одного монокристалла; угол между гексагональной осью и осью образца 13°; III — то же, что II; угол между гексагональной осью и осью образца 80°; IV — цинк монокристаллический; химический состав, %: Zn 99,96; Cd  $\leq 0,010$ ; Cu  $\leq 0,001$ ; Fe  $\leq 0,010$ ; Pb  $\leq 0,015$ ; Sn  $\leq 0,001$ . Методы измерения:  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 3\%$ );  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 1\%$ );  $\alpha$  — относительным методом, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 2\%$ ).

10. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, кристаллического свинца при глубоком охлаждении [100]

| T, К | I    | II   | III | IV  | V   | VI  |
|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 2    | 39,0 | 20,0 | 8,6 | 6,5 | 4,1 | 3,3 |
| 3    | 35,0 | 22,0 | 5,9 | 5,8 | 5,4 | 5,1 |
| 4    | 22,0 | 14,0 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 |
| 5    | 12,0 | 8,0  | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 |
| 6    | 7,8  | 5,1  | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| 7    | 5,3  | 3,6  | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 3,8 |
| 8    | 3,9  | 2,8  | —   | —   | —   | —   |
| 9    | 3,0  | —    | —   | —   | —   | —   |
| 10   | 2,6  | —    | —   | —   | —   | —   |

Примечание. Образцы приготовлены из металла С-000 (массовая доля свинца 99,9996%) и С-0000 (массовая доля свинца 99,9999%). Исходный металл расплавливали в кварцевой воронке, заливали в разборную графитовую форму при давлении  $1,33 \cdot 10^{-4}$  Па и медленно охлаждали. Извлеченный из формы цилиндрический образец (диаметр 2,5—6 мм, длина 80 мм) помещали в кварцевую лодочку, матированную и покрытую изнутри тонкой углеродной пленкой, и подвергали многократной зонной перекристаллизации в вакууме.

Состояние образца: I — в нормальном состоянии, испытывали при наличии продольного магнитного поля  $144 \text{ В} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^{-2}$ ; II — в нормальном состоянии, испытывали при наличии продольного магнитного поля  $384 \text{ В} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^{-2}$ ; III — в сверхпроводящем состоянии; испытывали после отжига, проведенного по режиму 333 К, 24 ч; размеры образца: диаметр 6 мм, длина 80 мм, исходный материал С-0000; IV — в сверхпроводящем состоянии, испытывали до отжига (размеры и исходный материал, как и для III); V — в сверхпроводящем состоянии; размеры образца: диаметр 2,5 мм, длина 80 мм; исходный материал С-0000; VI — в сверхпроводящем состоянии; размеры образца, как и для V; исходный материал С-000. Наружная поверхность всех образцов зеркально гладкая. Погрешность измерения  $\pm 10\%$ .

Температуропроводность поликристаллического свинца высокой чистоты (градиентированной кубической структуры) при 4,2 К равна  $1,2 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ .

11. Удельная теплоемкость, температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность свинца различной чистоты [114]

| T, К | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$<br>К <sup>-1</sup> |      | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, К | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$<br>К <sup>-1</sup> |      | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|---|--|------|---|--|------|---|--|------|---|--|
|      |   | I                                      | II   |   |  |      |   | I                                      | II   |   |  |
| 1    | $2,61 \cdot 10^{-5}$  | —                                      | 24,2 | —   | —  | 110  | 0,119   | 25,3                                   | 27,4 | 0,114   | —  |
| 2    | $1,20 \cdot 10^{-4}$  | I                                      | 24,3 | —   | —  | 120  | 0,120   | 25,6                                   | 27,5 | 0,115   | —  |
| 3    | $3,30 \cdot 10^{-4}$  | —                                      | 24,4 | —   | —  | 130  | 0,120   | 25,9                                   | 27,6 | 0,115   | 37,0   |
| 4    | $7,02 \cdot 10^{-4}$  | —                                      | 24,5 | $5,79 \cdot 10^{-4}$  | —  | 140  | 0,121   | 26,3                                   | 27,8 | 0,116   | 36,6   |
| 5    | 0,00150   | 0,30                                   | 24,6 | —   | —  | 150  | 0,122   | 26,5                                   | 27,9 | 0,117   | 36,3   |
| 6    | 0,00290   | 0,90                                   | 24,7 | —   | —  | 160  | 0,123   | 26,8                                   | 28,0 | 0,118   | 35,5   |
| 7    | 0,00480   | 1,50                                   | 24,7 | —   | —  | 170  | 0,123   | 27,0                                   | 28,0 | 0,118   | 35,3   |
| 8    | 0,00731   | 2,10                                   | 24,8 | —   | —  | 180  | 0,124   | 27,2                                   | 28,1 | 0,119   | 35,2   |
| 9    | 0,0105  | 2,60                                   | 24,8 | —   | —  | 190  | 0,124   | 27,3                                   | 28,2 | 0,119   | 35,1   |
| 10   | 0,0137  | 3,20                                   | 24,9 | —   | —  | 200  | 0,125   | 27,5                                   | 28,3 | 0,120   | 35,0   |
| 15   | 0,0335  | 7,10                                   | 25,2 | —   | —  | 210  | 0,125   | 27,6                                   | 28,4 | 0,120   | 35,0   |
| 20   | 0,0531  | 11,0                                   | 25,6 | —   | —  | 220  | 0,126   | 27,8                                   | 28,5 | 0,121   | 35,0   |
| 25   | 0,0681  | 14,0                                   | 25,8 | —   | —  | 230  | 0,126   | 28,0                                   | 28,6 | 0,121   | 35,0   |
| 30   | 0,0796  | 17,0                                   | 26,0 | —   | —  | 240  | 0,127   | 28,2                                   | 28,7 | 0,122   | 34,9   |
| 40   | 0,0944  | 20,0                                   | 26,4 | —   | —  | 250  | 0,127   | 28,3                                   | 28,7 | 0,122   | 34,9   |
| 50   | 0,103   | 22,0                                   | 26,6 | —   | —  | 260  | 0,128   | 28,5                                   | 28,8 | 0,123   | 34,9   |
| 60   | 0,108   | 23,0                                   | 26,7 | —   | —  | 273  | 0,129   | 28,8                                   | 29,0 | 0,124   | 34,9   |
| 70   | 0,112   | 24,0                                   | 27,0 | —   | —  | 280  | 0,129   | 28,9                                   | 29,0 | 0,124   | 34,9   |
| 80   | 0,114   | 24,0                                   | 27,1 | 0,109   | —  | 293  | 0,130   | 29,0                                   | —    | 0,125   | 34,9   |
| 90   | 0,116   | 25,0                                   | 27,2 | 0,111   | —  | 300  | 0,130   | 29,0                                   | 29,0 | 0,125   | 34,9   |
| 100  | 0,118   | 25,0                                   | 27,3 | 0,113   | —  |      |   |  |      |   |  |

Примечание. Химический состав материала, %: I — Pb > 99,992; Ag ≤ 0,0003; As ≤ 0,0005; Bi ≤ 0,004; Ca + Na ≤ 0,002; Cu ≤ 0,0005; Fe ≤ 0,001; Mg ≤ 0,001; Sb ≤ 0,0005; Sn ≤ 0,0005; Zn ≤ 0,001; II — Pb > 99,9; Ag ≤ 0,0015; As ≤ 0,005; Bi ≤ 0,06; Ca + Na ≤ 0,03; Cu ≤ 0,002; Fe ≤ 0,005; Mg ≤ 0,01; Sb ≤ 0,005; Sn ≤ 0,005; Zn ≤ 0,005.

Образцы отжигали.

Методы измерения:  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 3\%$  при  $T < 20 \text{ К}$ ,  $\pm 0,5\%$  при  $T > 20 \text{ К}$ );  $\alpha$  и  $\alpha$  — относительным методом, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ );  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

12. Удельная теплоемкость, температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность кадмия различной чистоты [164]

| T, K | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ |      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|---|---------------------|------|---|
|      |   | К <sup>-1</sup>     |      |   |
|      |   | I                   |      | II  |
| 1    | 0,00000810  | —                   | 25,0 | —   |
| 2    | 0,0000330   | —                   | 25,1 | 650   |
| 3    | 0,0000901   | —                   | 25,2 | 780   |
| 4    | 0,000210  | —                   | 25,3 | 1000  |
| 5    | 0,000750  | —                   | 25,4 | 1210  |
| 6    | 0,00130   | —                   | 25,5 | 1300  |
| 7    | 0,00280   | —                   | 25,6 | 1250  |
| 8    | 0,00430   | —                   | 25,7 | 1000  |
| 9    | 0,00590   | —                   | 25,8 | 850   |
| 10   | 0,00800   | 1,10                | 25,9 | 600   |
| 15   | 0,0250  | 3,60                | 26,4 | 400   |
| 20   | 0,0460  | 6,20                | 26,8 | 190   |
| 25   | 0,0660  | 8,90                | 27,1 | 170   |
| 30   | 0,0860  | 11,6                | 27,4 | 150   |
| 40   | 0,117   | 15,8                | 27,8 | 140   |
| 50   | 0,141   | 19,0                | 28,4 | 130   |
| 60   | 0,159   | 21,4                | 28,6 | 120   |
| 70   | 0,172   | 23,2                | 28,9 | 110   |
| 80   | 0,182   | 24,6                | 29,1 | 105   |
| 90   | 0,190   | 25,6                | 29,3 | 104   |
| 100  | 0,196   | 26,4                | 29,5 | 103   |
| 110  | 0,200   | 27,1                | 29,6 | 102   |
| 120  | 0,205   | 27,8                | 29,8 | 101   |
| 130  | 0,208   | 28,2                | 29,9 | 100   |
| 140  | 0,211   | 28,7                | 30,0 | 99,5  |
| 150  | 0,213   | 29,0                | 30,1 | 99,0  |
| 160  | 0,215   | 29,3                | 30,2 | 98,5  |
| 170  | 0,217   | 29,5                | 30,2 | 98,0  |
| 180  | 0,219   | 29,7                | 30,3 | 97,5  |
| 190  | 0,220   | 29,8                | 30,4 | 97,0  |
| 200  | 0,222   | 30,0                | 30,5 | 96,5  |
| 210  | 0,223   | 30,1                | 30,5 | 96,0  |
| 220  | 0,224   | 30,2                | 30,6 | 95,5  |
| 230  | 0,225   | 30,3                | 30,7 | 95,0  |
| 240  | 0,226   | 30,4                | 30,8 | 94,5  |
| 250  | 0,227   | 30,5                | 30,9 | 94,3  |
| 260  | 0,228   | 30,6                | 31,0 | 94,2  |
| 273  | 0,228   | 30,8                | 31,0 | 94,0  |
| 280  | 0,229   | 30,9                | 31,0 | 93,5  |
| 293  | 0,229   | 31,1                | —    | 93,0  |
| 300  | 0,230   | 31,2                | 31,1 | —   |

Примечание. Структура кадмия гексагональная, компактная.  
 I — кадмий поликристаллический, массовая доля кадмия 99,9999%;  
 II — кадмий монокристаллический, массовая доля кадмия 99,995%; гексагональная ось образует с осью образца угол 79°.  
 Образцы цилиндрические (диаметр 1—3 мм, длина 50 мм).  
 Методы измерения:  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения:  $\pm 1\%$  при  $T < 20$  К;  $\pm 0,2\%$  при  $T > 20$  К).  $\alpha$  — относительным методом, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ );  $\lambda$  — стационарным тепловым осевым потоком (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

13. Теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения монокристаллической сурьмы [114]

| T, K | $\lambda_c$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |      | T, K | $\lambda_c$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |       |
|------|--|---------------------------------------|------|------|--|---------------------------------------|-------|
|      |  | ⊥                                     |      |      |  | ⊥                                     |       |
| 2    | 90   | —                                     | —    | 40   | 105  | 1,31                                  | 11,36 |
| 3    | 130  | —                                     | —    | 50   | 85   | 2,31                                  | 13,17 |
| 4    | 190  | —                                     | —    | 60   | 70   | 3,28                                  | 14,29 |
| 5    | 260  | —                                     | —    | 70   | 60   | 4,15                                  | 14,96 |
| 6    | 320  | —                                     | —    | 80   | 55   | 4,85                                  | 15,29 |
| 7    | 400  | —                                     | —    | 90   | 50   | 5,50                                  | 15,37 |
| 8    | 450  | —                                     | —    | 100  | 45   | 5,91                                  | 15,59 |
| 9    | 490  | —                                     | —    | 120  | 40   | 6,41                                  | 15,86 |
| 10   | 495  | 0,01                                  | 0,04 | 140  | 37   | 6,88                                  | 15,99 |
| 15   | —  | 0,05                                  | 0,24 | 160  | 36   | 7,25                                  | 16,11 |
| 20   | 220  | 0,11                                  | 0,78 | 180  | —  | 7,50                                  | 16,14 |
| 30   | 150  | 0,47                                  | 5,19 | 200  | —  | 7,63                                  | 16,19 |

Примечание. Массовая доля сурьмы в материале 99,999%.  
 Методы измерения:  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 7\%$ );  $\alpha$  — абсолютным интерференционным методом (погрешность измерения  $\pm 20\%$  при  $T < 20$  К;  $\pm 1\%$  при  $T > 20$  К).  
 ⊥ — измерения в направлении, перпендикулярном тригональной оси; || — в направлении, параллельном тригональной оси.

14. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, монокристаллического висмута [47, 146]

| T, K | I    | II   | T, K | I    | II   | T, K | I    | II   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 80   | 25,0 | 14,8 | 160  | 15,4 | 8,45 | 240  | 12,4 | 6,70 |
| 90   | 23,0 | 14,0 | 170  | 14,8 | 8,15 | 250  | 12,1 | 6,60 |
| 100  | 21,0 | 12,8 | 180  | 14,4 | 7,85 | 260  | 11,9 | 6,50 |
| 110  | 19,9 | 12,3 | 190  | 14,0 | 7,60 | 270  | 11,7 | 6,45 |
| 120  | 18,9 | 11,3 | 200  | 13,5 | 7,35 | 280  | 11,5 | 6,40 |
| 130  | 17,5 | 10,5 | 210  | 13,3 | 7,15 | 290  | 11,3 | 6,30 |
| 140  | 16,7 | 9,70 | 220  | 12,8 | 6,95 | 300  | 11,1 | 6,20 |
| 150  | 16,0 | 9,05 | 230  | 12,7 | 6,85 |      |      |      |

Примечание. Висмут высокой чистоты получен вытягиванием из жидкой фазы методом Чохральского.  
 Из совершенных монокристаллов вырезали образцы в виде прямоугольных брусков сечением 4×5×15—20 мм: I — большая грань образца параллельна бинарной оси монокристалла; II — большая грань образца параллельна тригональной оси монокристалла.  
 Метод измерения  $\lambda$  — абсолютным, стационарным тепловым потоком (по большей грани образцов); погрешность измерения  $\pm 3,5\%$ .

15. Температурный коэффициент линейного расширения и удельная теплоемкость монокристаллического висмута [3]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |      | $c_p \cdot 10^{-3},$<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |      | $c_p \cdot 10^{-3},$<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|-----------------------------|------|--|------|-----------------------------|------|--|
|      | ⊥                           |      |  |      | ⊥                           |      |  |
| 1    | —                           | —    | $5,98 \cdot 10^{-3}$   | 60   | 7,72                        | 16,6 | 93,5   |
| 2    | —                           | —    | $4,61 \cdot 10^{-2}$   | 70   | 8,90                        | 16,8 | 100  |
| 3    | —                           | —    | 0,170  | 80   | 9,81                        | 16,9 | 105  |
| 4    | —                           | —    | 0,493  | 90   | 10,6                        | 17,0 | 108  |
| 5    | —                           | —    | —  | 100  | 11,1                        | 17,0 | 111  |
| 6    | —                           | —    | 2,14   | 110  | 11,4                        | 17,0 | 113  |
| 7    | —                           | —    | —  | 120  | 11,7                        | 17,0 | 114  |
| 8    | —                           | —    | 5,47   | 130  | 11,9                        | 17,0 | 115  |
| 9    | —                           | —    | —  | 140  | 12,0                        | 17,0 | 116  |
| 10   | 0,201                       | 2,04 | 10,4   | 150  | 12,0                        | 17,0 | 117  |
| 15   | 0,524                       | 5,71 | 23,8   | 160  | 12,0                        | 16,9 | 118  |
| 20   | 1,02                        | 8,60 | 36,3   | 170  | 12,1                        | 16,9 | 118  |
| 30   | 2,20                        | 12,1 | 57,2   | 180  | 12,1                        | 16,9 | 119  |
| 40   | 4,33                        | 14,5 | 72,7   | 190  | 12,1                        | 16,9 | 119  |
| 50   | 6,24                        | 16,1 | 84,6   | 200  | 12,1                        | 16,9 | 120  |

Примечание. Массовая доля висмута в образцах 99,9999%.  
Методы измерения  $\alpha$  — абсолютным интерференционным методом (погрешность измерения:  $\pm 15\%$  при  $T < 20$  К;  $\pm 2\%$  при  $T > 20$  К);  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения:  $\pm 1\%$  при  $T < 20$  К;  $\pm 0,2\%$  при  $T > 20$  К).

⊥ — измерение в направлении, перпендикулярном тригональной оси; || — в направлении, параллельном тригональной оси.

16. Теплопроводность тонких пленок висмута при 300 К [35]

| Толщина пленки, нм | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | Толщина пленки, нм | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | Толщина пленки, нм | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ |
|--------------------|--|--------------------|--|--------------------|--|
| 20                 | 1,55   | 80                 | 5,25   | 140                | 7,40   |
| 30                 | 2,55   | 90                 | 6,05   | 150                | 7,55   |
| 40                 | 3,30   | 100                | 6,30   | 160                | 7,60   |
| 50                 | 3,90   | 110                | 6,90   | 170                | 7,70   |
| 60                 | 4,15   | 120                | 7,05   | 180                | 7,70   |
| 70                 | 4,90   | 130                | 7,20   | 190                | 7,75   |
|                    |  |                    |  | 200                | 7,75   |

Примечание. Образцы многослойные тонкопленочные, полученные попеременным осаждением испаряемых висмута и монооксида германия (в качестве теплоизолирующей прослойки толщиной 2—3 мкм) на слюдяную подложку толщиной 8—10 мкм. Пленки висмута мелкозернистые.

Толщину пленок висмута определяли по скорости и времени их осаждения на подложку.

Метод измерения  $\lambda$  — определение количества теплоты, подводимой бесконтактным способом (разогрев высокочастотным электромагнитным полем) при давлении  $(1 \div 2) \cdot 10^{-4}$  Па. Погрешность измерения  $\pm 10\%$ .

17. Атомная теплоемкость ртути [10]

| T, K | $c_p \cdot 10^{-3},$<br>Дж·кг·атом <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $c_p \cdot 10^{-3},$<br>Дж·кг·атом <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $c_p \cdot 10^{-3},$<br>Дж·кг·атом <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|---|------|---|------|---|
|      |   |      |   |      |   |
| 6    | 2,284   | 45   | 19,005  | 120  | 24,989  |
| 8    | 3,326   | 50   | 19,947  | 130  | 25,315  |
| 10   | 4,460   | 55   | 20,743  | 140  | 25,603  |
| 12   | 5,727   | 60   | 21,410  | 150  | 25,877  |
| 14   | 7,061   | 65   | 21,958  | 160  | 26,155  |
| 16   | 8,225   | 70   | 22,421  | 170  | 26,431  |
| 18   | 9,304   | 75   | 22,827  | 180  | 26,706  |
| 20   | 10,355  | 80   | 23,161  | 190  | 26,989  |
| 25   | 12,773  | 85   | 23,473  | 200  | 27,291  |
| 30   | 14,776  | 90   | 23,755  | 210  | 27,613  |
| 35   | 16,474  | 95   | 24,007  | 220  | 27,963  |
|      |   | 100  | 24,236  | 230  | 28,350  |

Примечание. Ртуть подвергалась комплексной очистке и двойной дистилляции. Массовая доля примесей менее  $2 \cdot 10^{-4}\%$ .

Метод измерения  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром; масса образца 0,289913 кг.

Погрешность измерения: 0,16% — для 80—230 К; 0,36% — для 13—80 К; 8—10% — для 5—13 К (определяли по отклонениям измеренных значений теплоемкости бензойной кислоты  $C_6H_5 - COOH$  от стандартных данных).

18. Теплопроводность, удельная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения оловянистых припоев [114]

| T, K | Сплав Вуда   |  | Sn60-Pb40  | Мягкий припой  | Sn50-Pb50           |                     | Сплав Розе   |                     |
|------|--|--|--|--|---------------------|---------------------|--|---------------------|
|      | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3},$<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3},$<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6$ |
|      |  |  |  |  |                     |                     |  |                     |
| 1    | —  | 0,00002  | —  | —  | —                   | —                   | —  | —                   |
| 2    | 0,90   | 0,00006  | —  | 5,02   | 0,00006             | —                   | —  | —                   |
| 3    | 2,10   | 0,00024  | 10,0   | 10,5   | 0,00020             | —                   | —  | —                   |
| 4    | 4,00   | 0,00062  | 18,2   | 16,0   | 0,00055             | —                   | —  | —                   |
| 5    | 5,40   | 0,00139  | 20,0   | 21,3   | 0,00117             | —                   | —  | —                   |
| 6    | 7,10   | 0,00290  | 24,0   | 26,5   | 0,00270             | —                   | —  | 2,00                |
| 7    | 8,80   | 0,00470  | 30,0   | 30,5   | 0,00440             | —                   | —  | 2,50                |
| 8    | 9,80   | 0,00760  | 32,0   | 34,5   | 0,00670             | —                   | —  | 2,80                |
| 9    | 10,0   | 0,0105   | 39,0   | 38,5   | 0,0095              | —                   | —  | 3,10                |
| 10   | 11,0   | 0,0134   | 40,0   | 42,5   | 0,0117              | —                   | —  | 3,40                |
| 15   | 14,5   | 0,0297   | 47,0   | 49,0   | 0,0296              | —                   | —  | 4,20                |
| 20   | 18,0   | 0,0460   | 54,0   | 56,0   | 0,0475              | 0,0459              | —  | 5,00                |

Продолжение табл. 18

| T, К | Сплав Вуда   |   | Sn60-Pb40  | Мягкий припой   | Sn50-Pb50           | Сплав Розе                |  |
|------|--|---|--|---|---------------------|---------------------------|--|
|      | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ |
|      |  |   |  |   |                     |                           |  |
| 25   | 18,5   | —   | 53,5   | 55,0  | —                   | —                         | 5,50   |
| 30   | 19,0   | —   | 53,0   | 54,0  | —                   | —                         | 6,00   |
| 40   | 20,0   | —   | 51,0   | 52,5  | —                   | —                         | 6,70   |
| 50   | 20,5   | —   | 50,0   | 52,5  | —                   | —                         | 7,20   |
| 60   | 21,0   | —   | 49,0   | 52,5  | —                   | —                         | 7,70   |
| 70   | 21,5   | —   | 49,0   | 52,5  | —                   | —                         | 8,10   |
| 80   | 22,5   | —   | 49,0   | 52,5  | —                   | —                         | 8,40   |
| 90   | 23,0   | —   | 49,0   | 51,8  | —                   | —                         | 8,75   |
| 100  | 24,0   | —   | 49,0   | 51,5  | —                   | —                         | 9,10   |
| 110  | —  | —   | —  | 51,2  | —                   | —                         | 9,45   |
| 120  | —  | —   | —  | 51,0  | —                   | —                         | 9,80   |
| 130  | —  | —   | —  | 50,6  | —                   | —                         | 10,2   |
| 140  | —  | —   | —  | 50,3  | —                   | —                         | 10,5   |
| 150  | —  | —   | —  | 50,2  | —                   | —                         | 10,8   |
| 160  | —  | —   | —  | 50,0  | —                   | —                         | 11,2   |
| 170  | —  | —   | —  | 50,0  | —                   | —                         | 11,5   |
| 180  | —  | —   | —  | 50,0  | —                   | —                         | 11,9   |
| 190  | —  | —   | —  | 50,0  | —                   | —                         | 12,3   |
| 200  | —  | —   | —  | 50,0  | —                   | —                         | 12,6   |
| 210  | —  | —   | —  | 50,0  | —                   | —                         | 13,0   |
| 220  | —  | —   | —  | 50,0  | —                   | —                         | 13,3   |
| 230  | —  | —   | —  | 50,0  | —                   | —                         | 13,8   |
| 240  | —  | —   | —  | 50,0  | —                   | —                         | 14,1   |
| 250  | —  | —   | —  | 50,0  | —                   | —                         | 14,5   |
| 260  | —  | —   | —  | 50,0  | —                   | —                         | 14,9   |
| 273  | —  | —   | —  | 50,0  | —                   | —                         | 15,6   |
| 280  | —  | —   | —  | 50,0  | —                   | —                         | —  |
| 293  | —  | —   | —  | 50,0  | —                   | —                         | —  |
| 300  | —  | —   | —  | 50,0  | —                   | —                         | —  |

Примечание. Химический состав материалов, %: сплав Вуда — Sn 12,5; Pb 25; Cd 12,5; Bi 50; Sn 60-Pb 40—Sn 60; Pb 40. Мягкий припой — Sn 49,9; Sb ≤ 0,25; Pb 48,9; Ni ≤ 0,001; Fe ≤ 0,001; Cu ≤ 0,015; Cd ≤ 0,001; Bi ≤ 0,15; As ≤ 0,05; Al ≤ 0,001; Sn 50-Pb 50 — Sn 50; Pb 50; сплав Розе — Sn 15,9; Pb 28,0; Bi 56,1. Метод измерения  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром. Погрешность измерения ±1% при  $T < 20$  К; ±0,5% при  $T > 20$  К.

19. Теплопроводность цинковых сплавов при 293К [114, 141]

| Сплав    | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | Сплав   | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | Примечание. Химический состав сплавов, %: |      |     |      |      |
|----------|--|---------|--|---|------|-----|------|------|
|          |  |         |  | Сплав                                     | Al   | Cu  | Mg   | Zn   |
| ЦАМ0,2-4 | 98,4   | ЦАМ10-5 | 107  | ЦАМ0,2-4                                  | 0,2  | 4,0 | —    | ост. |
| ЦАМ4-1   | 96,3   | ЦАМ1    | 105  | ЦАМ4-1                                    | 4,0  | 1,0 | —    | ост. |
| ЦАМ10-2  | 98,4   |         |  | ЦАМ10-2                                   | 10,0 | 2,0 | 0,03 | ост. |
|          |  |         |  | ЦАМ10-5                                   | 10,0 | 5,0 | 0,03 | ост. |
|          |  |         |  | ЦАМ1                                      | —    | 1,0 | —    | ост. |

20. Температурный коэффициент линейного расширения свинцовосурьмянистых сплавов при 293 К [114]

| Сплав      | $\alpha \cdot 10^6, \text{К}^{-1}$ | Сплав       | $\alpha \cdot 10^6, \text{К}^{-1}$ |
|------------|------------------------------------|-------------|------------------------------------|
| Pb — 1% Sb | 28,8                               | Pb — 9% Sb  | 26,4                               |
| Pb — 2% Sb | 28,4                               | Pb — 10% Sb | 26,1                               |
| Pb — 3% Sb | 28,1                               | Pb — 11% Sb | 25,8                               |
| Pb — 4% Sb | 27,8                               | Pb — 12% Sb | 25,6                               |
| Pb — 5% Sb | 27,5                               | Pb — 13% Sb | 25,3                               |
| Pb — 6% Sb | 27,2                               | Pb — 14% Sb | 25,1                               |
| Pb — 7% Sb | 27,0                               | Pb — 15% Sb | 24,8                               |
| Pb — 8% Sb | 26,7                               |             |                                    |

Примечание. Массовые доли сурьмы в сплавах 1—15%. Метод измерения — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения ±5%).

1. Теплопроводность, удельная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения алюминия различной чистоты [114, 146]

| T, K | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |      |      | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |    |          |
|------|---|------|------|--|---------------------------------------|---|---|--|---|---------------------------------------|----|----------|
|      | I   | II   | III  |  |                                       |   |   |  |   |                                       | IV | V        |
|      | 2   | —    | —    |  |                                       |   |   |  |   |                                       | —  | 0,000112 |
| 4    | 2600  | 1400 | 180  | 0,000301   | —                                     | 14,6  | 1800  | 0,000261   | 55,2  | 0,0332                                |    |          |
| 6    | 3600  | 2200 | 260  | 0,000502   | —                                     | 14,6  | 2200  | 0,000502   | 82,4  | 0,0521                                |    |          |
| 8    | 5000  | 3000 | 380  | 0,000901   | —                                     | 14,6  | 2900  | 0,000881   | 111   | 0,0737                                |    |          |
| 10   | 5900  | 5200 | 420  | 0,00141  | 0,051                                 | 14,6  | 3100  | 0,00142  | 142   | 0,0990                                |    |          |
| 15   | 6100  | 4000 | 600  | 0,00460  | 0,10                                  | 14,9  | 4000  | 0,00403  | 196   | 0,151                                 |    |          |
| 20   | 5500  | 4000 | 760  | 0,00891  | 0,20                                  | 15,2  | 3500  | 0,0101   | 270   | 0,252                                 |    |          |
| 25   | —   | 3500 | 860  | 0,0380   | 0,40                                  | 15,4  | 2900  | 0,0175   | 312   | 0,451                                 |    |          |
| 30   | —   | 2600 | 860  | 0,0670   | 0,90                                  | 15,7  | 2200  | 0,0315   | 358   | 1,02                                  |    |          |
| 40   | —   | 1750 | 780  | 0,130  | 2,02                                  | 16,3  | 1300  | 0,0775   | 389   | 2,18                                  |    |          |
| 50   | —   | 1000 | 650  | 0,142  | 4,01                                  | 16,9  | 910   | 0,142  | 378   | 3,60                                  |    |          |
| 60   | —   | 680  | —    | 0,256  | 5,50                                  | 17,4  | 650   | 0,214  | 340   | 5,35                                  |    |          |
| 70   | —   | 500  | —    | 0,318  | 7,40                                  | 17,9  | 510   | 0,287  | 304   | 7,32                                  |    |          |
| 80   | —   | 450  | —    | 0,376  | 9,10                                  | 18,3  | 385   | 0,357  | 274   | 8,80                                  |    |          |
| 90   | —   | 350  | —    | 0,431  | 10,1                                  | 18,7  | 320   | 0,405  | 256   | 9,50                                  |    |          |
| 100  | —   | 300  | —    | 0,481  | 11,6                                  | 19,2  | 300   | 0,481  | 238   | 10,2                                  |    |          |
| 110  | —   | 280  | —    | 0,523  | 13,0                                  | 19,5  | 290   | 0,530  | 230   | 11,6                                  |    |          |
| 120  | —   | 270  | —    | 0,565  | 14,2                                  | 19,8  | 268   | 0,580  | 223   | 12,8                                  |    |          |
| 130  | —   | 260  | —    | 0,603  | 15,1                                  | 20,1  | 259   | 0,617  | 223   | 13,7                                  |    |          |
| 140  | —   | 250  | —    | 0,640  | 16,1                                  | 20,4  | 250   | 0,654  | 223   | 14,7                                  |    |          |
| 150  | —   | 250  | 70,9 | 0,675  | 17,0                                  | 20,6  | 246   | 0,686  | 222   | 15,6                                  |    |          |
| 160  | —   | 250  | 71,7 | 0,713  | 17,7                                  | 20,8  | 242   | 0,718  | 222   | 16,3                                  |    |          |
| 170  | —   | 250  | 72,5 | 0,750  | 18,5                                  | 21,0  | 241   | 0,739  | 222   | 17,2                                  |    |          |
| 180  | —   | 245  | 73,0 | 0,762  | 19,1                                  | 21,2  | 240   | 0,760  | 222   | 17,8                                  |    |          |
| 190  | —   | 245  | 73,4 | 0,779  | 19,7                                  | 21,4  | 230   | 0,785  | 222   | 18,5                                  |    |          |
| 200  | —   | 240  | 73,9 | 0,797  | 20,2                                  | 21,6  | 220   | 0,797  | 222   | 18,9                                  |    |          |
| 210  | —   | 235  | 74,3 | 0,810  | 20,6                                  | 21,7  | 220   | 0,811  | 222   | 19,5                                  |    |          |
| 220  | —   | 235  | 74,7 | 0,824  | 21,0                                  | 22,1  | 220   | 0,826  | 222   | 19,9                                  |    |          |
| 230  | —   | 230  | 74,7 | 0,830  | 21,4                                  | 22,2  | 220   | 0,838  | 222   | 20,7                                  |    |          |
| 240  | —   | 230  | 74,7 | 0,848  | 21,7                                  | 22,3  | 220   | 0,849  | 222   | 21,1                                  |    |          |
| 250  | —   | 230  | 74,8 | 0,858  | 22,0                                  | 22,5  | 220   | 0,859  | 222   | 21,3                                  |    |          |
| 260  | —   | 230  | 74,8 | 0,869  | 22,3                                  | 22,7  | 220   | 0,869  | 222   | 21,6                                  |    |          |
| 273  | —   | 230  | 74,7 | 0,881  | 22,6                                  | 22,7  | 220   | 0,880  | 222   | 22,0                                  |    |          |
| 280  | —   | 230  | 74,5 | 0,887  | 22,8                                  | 23,1  | 220   | 0,886  | 222   | 22,2                                  |    |          |
| 293  | —   | 230  | 74,3 | 0,900  | 23,1                                  | —   | 220   | 0,894  | 222   | 22,6                                  |    |          |
| 300  | —   | 230  | 74,0 | 0,902  | 23,3                                  | 23,2  | 220   | 0,902  | 222   | 22,8                                  |    |          |

Примечание. Химический состав образцов, %:

| Элемент | I      | II     | III    | IV     | V     |
|---------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Al      | 99,996 | 99,995 | 99,994 | 99,99  | 99,75 |
| Cu      | 0,0004 | 0,0005 | —      | 0,0050 | 0,010 |
| Fe      | 0,0006 | 0,0005 | —      | 0,0030 | 0,11  |

Продолжение табл. 1

| Элемент | I      | II    | III | IV     | V    |
|---------|--------|-------|-----|--------|------|
| Mg      | 0,001  | 0,002 | —   | —      | —    |
| Na      | 0,0004 | Следы | —   | —      | —    |
| Si      | 0,0015 | 0,001 | —   | 0,0025 | 0,13 |

Состояние образцов: I — монокристалл; II — поликристалл отожженный; III — поликристалл неотожженный; IV — холоднотянутый; V — нагартованный.  
 Методы измерения:  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 5\%$ );  $c_p$  — адиабатическим калориметром (погрешность измерения  $\pm 1\%$ );  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительным методом, с помощью интерференционного dilatометра (погрешность измерения  $\pm 5\%$ ).

2. Температурный коэффициент линейного расширения монокристаллического алюминия при повышенном давлении [54]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | T, K | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | T, K | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|------|---------------------------------------|------|---------------------------------------|------|---------------------------------------|
| 80   | 9,0                                   | 140  | 17,7                                  | 200  | 21,5                                  |
| 90   | 11,0                                  | 150  | 18,6                                  | 210  | 22,0                                  |
| 100  | 13,1                                  | 160  | 19,5                                  | 220  | 22,5                                  |
| 110  | 14,5                                  | 170  | 20,0                                  | 230  | 23,0                                  |
| 120  | 15,7                                  | 180  | 20,5                                  | 240  | 23,3                                  |
| 130  | 17,0                                  | 190  | 21,0                                  | 250  | 23,6                                  |

Примечание. Образец вырезан из монокристалла в направлении [100].  
 Метод измерения  $\alpha$  — dilatометрический, с помощью кварцевого dilatометра (чувствительный элемент — механотрон; порог чувствительности  $\sim 3 \cdot 10^{-8}$  м) в атмосфере гелия при давлении  $1,33 \cdot 10^4$  Па. Скорость подъема температуры образца  $1 \text{ К} \cdot \text{мин}^{-1}$ .  
 Погрешность измерения  $\pm 2,5\%$ .

3. Удельная теплоемкость  $c_p$ , Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, алюминия в различных средах [192]

| T, K | I   | II  | T, K | I   | II  | T, K | I   | II  |
|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|
| 273  | 894 | 964 | 285  | 902 | 972 | 295  | 910 | 980 |
| 280  | 898 | 968 | 290  | 906 | 976 | 300  | 914 | 984 |

Примечание. Массовая доля алюминия в образцах 99,999%.  
 Образцы в виде дисков толщиной  $5 \cdot 10^{-4}$  м и площадью поперечного сечения  $5,795 \cdot 10^{-8}$  м<sup>2</sup>, отожженные.  
 Метод измерения  $c_p$  — тепловая релаксация: разогрев образца в калориметре с теплообменным газом; определение разности температур, соответствующей насыщению, и времени релаксации.  
 Теплообменный газ: I — воздух при избыточном давлении 1 Па; II — гелий при атмосферном давлении.  
 Нагрев образцов излучением от галогенной лампы Ushio Electric JC-12V—50W.  
 Погрешность измерения:  $\pm 3\%$  при разогреве образцов в воздухе;  $\pm 5\%$  — при разогреве в гелиевой среде.

4. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^{-2}$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, алюминия в поперечном магнитном поле [45]

| T, K | I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII |
|------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|
| 5    | 92 | 55 | 48  | 47 | 45 | 44 | 43  | 42   |
| 10   | 98 | 61 | 50  | 45 | 44 | 43 | 42  | 39   |
| 15   | 96 | 65 | 50  | 41 | 38 | 36 | 35  | 32   |
| 20   | 85 | 64 | 49  | 37 | 30 | 28 | 27  | 24   |
| 25   | 60 | 50 | 44  | 32 | 25 | 22 | 21  | 18   |
| 30   | 42 | 39 | 35  | 28 | 23 | 19 | 18  | 15   |
| 35   | 30 | 28 | 25  | 22 | 19 | 15 | 14  | 12   |
| 40   | 22 | 20 | 19  | 19 | 15 | 13 | 12  | 10   |
| 45   | 17 | 16 | 14  | 13 | 12 | 10 | 9   | 8    |

Примечание. Алюминий особо чистый, поликристаллический; отношение удельных электросопротивлений при 273 и 4,2 К составляет 2800.

Образцы приготавливали экструзией через круглое отверстие в пуансоне. Форма образцов цилиндрическая (диаметр образца 1,5 мм; длина его рабочей части 35 мм). Метод измерения  $\lambda$  — стационарным тепловым потоком (с шагом 3—5 К) в калориметре.

Поперечное магнитное поле создавали электромагнитом со сверхпроводящими намагничивающими обмотками и диспрозиевым магнитопроводом.

Измерения проводили через 15 суток после экструзионного приготовления образцов (погрешность измерения  $\pm 5\%$ ).

Напряженность магнитного поля, А·м<sup>-1</sup>: I — 0; II — 2,786·10<sup>2</sup>; III — 3,98·10<sup>2</sup>; IV — 7,96·10<sup>2</sup>; V — 1,592·10<sup>3</sup>; VI — 2,388·10<sup>3</sup>; VII — 3,184·10<sup>3</sup>; VIII — 3,98·10<sup>3</sup>.

## 5. Теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения алюминиевых сплавов системы Al—Si [22]

| T, K | AL2   |                     | AL4   | AK9   | AL9   |                 |     | AK7   |                                       |
|------|---|---------------------|---|---|---|-----------------|-----|---|---------------------------------------|
|      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | K <sup>-1</sup> |     | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|      |   | $\alpha \cdot 10^6$ |   |   |   | I               | II  |   |                                       |
| 10   | —   | —                   | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 20   | —   | —                   | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 30   | —   | —                   | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 40   | —   | —                   | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 50   | —   | —                   | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 60   | —   | —                   | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 70   | 7,20  | —                   | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 80   | 8,30  | 16,1                | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 90   | 9,10  | 16,3                | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 100  | 10,0  | 16,7                | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 110  | 10,8  | 16,9                | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 120  | 11,7  | 17,2                | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 130  | 12,6  | 17,4                | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 140  | 13,4  | 17,6                | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 150  | 14,3  | 17,9                | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 160  | 15,0  | 18,2                | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 170  | 15,7  | 18,3                | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 180  | 16,3  | 18,4                | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 190  | 16,9  | 18,5                | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 200  | 17,3  | 18,6                | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 210  | 17,7  | 18,6                | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 220  | 18,1  | 18,7                | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 230  | 18,3  | 18,7                | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 240  | 18,5  | 18,8                | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 250  | 18,7  | 18,9                | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 260  | 18,8  | 19,0                | —   | —   | —   | —               | —   | —   | —                                     |
| 273  | 19,2  | 19,3                | 146   | 146   | 146   | 146             | 146 | 147   | 20,6                                  |
| 280  | 19,2  | 19,3                | 165   | 149   | 148   | 148             | 148 | 148   | 20,6                                  |
| 293  | 19,4  | 19,4                | 168   | 151   | 150   | 150             | 149 | 149   | 21,5                                  |
| 300  | 167   | 19,4                | 168   | 151   | 151   | 151             | 151 | 151   | —                                     |

Продолжение табл. 5

Примечание. Химический состав сплавов, %:

| Элемент | AL2        | AL4         | AK9        | AL9 (I)     | AL9 (II) | AL9 (III) | AK7 (I)    | AK7 (II) |
|---------|------------|-------------|------------|-------------|----------|-----------|------------|----------|
| Al      | Осн.       | Осн.        | Осн.       | Осн.        | 92,56    | 90,9      | Осн.       | 92,5     |
| Be      | —          | —           | —          | —           | —        | 0,1       | —          | —        |
| Cu      | $\leq 0,6$ | $\leq 0,3$  | $\leq 1,0$ | $\leq 0,2$  | —        | —         | $\leq 1,5$ | 0,1      |
| Fe      | 0,8—1,5    | 0,6—1,0     | $\leq 0,9$ | 0,6—1,5     | 0,18     | 0,2       | $\leq 1,1$ | 0,2      |
| Mg      | $\leq 0,1$ | 0,17—0,30   | 0,2—0,4    | 0,2—0,4     | 0,31     | 0,4       | 0,2—0,5    | 0,2      |
| Mn      | $\leq 0,5$ | 0,2—0,5     | 0,2—0,5    | $\leq 0,5$  | —        | —         | $\leq 0,6$ | —        |
| Ni      | —          | —           | —          | —           | —        | —         | $\leq 0,3$ | —        |
| Si      | 10,0—13,0  | 8,0—10,5    | 8,0—11,0   | 6,0—8,0     | 6,95     | 8,2       | 6,0—8,0    | 6,9      |
| Sn      | —          | $\leq 0,01$ | —          | $\leq 0,01$ | —        | —         | —          | —        |
| Ti      | —          | —           | —          | $\leq 0,15$ | —        | 0,2       | —          | 0,1      |
| Zn      | $\leq 0,3$ | $\leq 0,3$  | 0,5        | $\leq 0,3$  | —        | —         | $\leq 0,5$ | —        |

Состояние образцов: AL2 — образцы термически неупрочненные; AL4 — образцы нагревали (808 К, 2—6 ч), охлаждали в воде, старили (448К, 10—15 ч); AK9, AL9 и AK7 — образцы закаливали.

Методы измерения:  $\lambda$  — стационарным тепловым осевым потоком (погрешность измерения  $\pm 10\%$ );  $\alpha$  и  $\alpha$  — относительным методом, с помощью кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 5\%$ ). Образцы цилиндрические (длина 50 мм, диаметр 3,5 мм). Скорость нагревания 3—7 К·мин<sup>-1</sup>.

## 6. Температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность алюминиевых сплавов системы Al—Mg [114, 141]

| T, K | AL8                                   |   | AL13 | AL22 |
|------|---------------------------------------|---|------|------|
|      | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |      |      |
| 50   | 13,0                                  | —   | —    | —    |
| 100  | 18,3                                  | —   | —    | —    |
| 200  | 21,8                                  | —   | —    | —    |
| 293  | 22,9                                  | 92,1  | —    | —    |
| 300  | 23,0                                  | 92,0  | 125  | 83,7 |

Примечание. Химический состав сплавов (по номиналу), %:

| Элемент | AL8        | AL13       | AL22       |
|---------|------------|------------|------------|
| Al      | Осн.       | Осн.       | Осн.       |
| Be      | —          | —          | 0,03—0,07  |
| Cu      | $\leq 0,3$ | $\leq 0,1$ | —          |
| Fe      | $\leq 0,3$ | $\leq 0,5$ | $\leq 0,5$ |
| Mg      | 9,5—11,5   | 4,5—5,5    | 10,5—13,0  |
| Mn      | $\leq 0,1$ | 0,1—0,4    | —          |
| Si      | $\leq 0,3$ | 0,8—1,3    | 0,8—1,2    |
| Ti      | —          | —          | 0,05—0,15  |
| Zn      | $\leq 0,1$ | $\leq 0,2$ | $\leq 0,1$ |

Состояние образцов: AL8 — образцы нагревали (708 К, 20 ч) и охлаждали в масле; AL13 — образцы термически не упрочнены; AL22 — образцы нагревали (698 К, 15—20 ч) и охлаждали в масле.





Продолжение табл. 10

Примечание. Химический состав сплавов, %:

| Сплав | Марка сплава | Полуфабрикат          | Mn   | Mg   | Cu   | Zn   | Fe   | Si   |
|-------|--------------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
|       |              |                       |      |      |      |      |      |      |
| I     | АМцС         | Пруток, диаметр 40 мм | 1,05 | —    | —    | —    | 0,45 | 0,28 |
| II    | АК6          | Пруток, диаметр 35 мм | 0,67 | 0,60 | 1,90 | 0,28 | 0,40 | 1,10 |
| III   | 01911        | Полоса 40×30×180 мм   | 0,36 | 1,85 | 0,12 | 4,30 | 0,24 | 0,07 |
| IV    | АМг5         | Пруток, диаметр 30 мм | 0,55 | 5,22 | —    | —    | —    | —    |
| V     | 1201         | Пруток, диаметр 35 мм | 0,36 | 0,02 | 6,10 | 0,10 | 0,28 | 0,20 |
| VI    | Д20          | Пруток, диаметр 40 мм | 0,60 | 0,05 | 6,10 | 0,10 | 0,30 | 0,30 |
| VII   | 1915         | —                     | 0,36 | 3,90 | 0,10 | 1,50 | 0,37 | 0,30 |

  

| Сплав | Марка сплава | Полуфабрикат          | Zr   | Cr   | Ni   | Ti    | V    | Al   |
|-------|--------------|-----------------------|------|------|------|-------|------|------|
|       |              |                       |      |      |      |       |      |      |
| I     | АМцС         | Пруток, диаметр 40 мм | —    | —    | —    | 0,06  | —    | Ост. |
| II    | АК6          | Пруток, диаметр 35 мм | —    | —    | 0,03 | 0,041 | —    |      |
| III   | 01911        | Полоса 40×30×180 мм   | 0,18 | 0,08 | —    | —     | —    |      |
| IV    | АМг5         | Пруток, диаметр 38 мм | —    | —    | —    | 0,08  | —    |      |
| V     | 1201         | Пруток, диаметр 35 мм | 0,15 | —    | —    | 0,04  | 0,07 |      |
| VI    | Д20          | Пруток, диаметр 40 мм | 0,18 | —    | —    | 0,10  | —    |      |
| VII   | 1915         | —                     | 0,17 | 0,09 | —    | —     | —    |      |

Состояние образцов: I — полунагартован; II — горячепрессован; III — закален; IV — отожжен; V, VI, VII — закален.  
Метод измерения — стационарным тепловым потоком по оси цилиндрического образца. Температурный шаг 5—10 К (погрешность измерения ±5%).

11. Температурный коэффициент линейного расширения, теплопроводность и удельная теплоемкость алюминиевых сплавов, низколегированных и не упрочненных термической обработкой [22]

| T, К | АД                  |                           | АД1   |  |   |                                       | АМц   |  |   |      |
|------|---------------------|---------------------------|---|--|---|---------------------------------------|---|--|---|------|
|      | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |      |
|      | К <sup>-1</sup>     |                           |   |  |   |                                       |   |  |   | I    |
| 4    | —                   | —                         | —   | —  | 46,2  | 50,1                                  | —   | —  | —   | 10,7 |
| 5    | —                   | —                         | —   | —  | 58,1  | 65,1                                  | —   | —  | —   | 13,1 |
| 6    | —                   | —                         | —   | —  | 69,3  | 80,1                                  | —   | —  | —   | 16,3 |
| 7    | —                   | —                         | —   | —  | 81,1  | 95,3                                  | —   | —  | —   | 19,2 |
| 8    | —                   | —                         | —   | —  | 92,1  | 110                                   | —   | —  | —   | 22,2 |
| 9    | —                   | —                         | —   | —  | 103   | 120                                   | —   | —  | —   | 25,2 |
| 10   | —                   | —                         | —   | —  | 115   | 130                                   | —   | —  | —   | 28,2 |
| 20   | 0,80                | 14,9                      | —   | 270  | 0,00502   | 228                                   | 260   | —  | 0,019   | 57,5 |
| 30   | 1,10                | 15,5                      | —   | 325  | 0,0301  | 304                                   | 340   | —  | 0,042   | 83,3 |
| 40   | 1,20                | 16,1                      | —   | 322  | 0,0800  | 332                                   | 400   | —  | 0,079   | 106  |
| 50   | 1,30                | 16,6                      | —   | 304  | 0,138   | 331                                   | 340   | —  | 0,140   | 120  |
| 60   | 3,90                | 17,1                      | —   | 282  | 0,205   | 312                                   | 320   | —  | 0,211   | 128  |

Продолжение табл. 11

| T, К | АД                  |                           | АД1   |  |   |                                       | АМц   |  |   |       |     |
|------|---------------------|---------------------------|---|--|---|---------------------------------------|---|--|---|-------|-----|
|      | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |       |     |
|      | К <sup>-1</sup>     |                           |   |  |   |                                       |   |  |   | I     | II  |
| 70   | 6,10                | 17,5                      | —   | 263  | 0,280   | 283                                   | 330   | —  | —   | 0,295 | 133 |
| 80   | 8,05                | 17,9                      | —   | 248  | 0,348   | 257                                   | 250   | 6,05   | 12,2  | 0,371 | 138 |
| 90   | 9,40                | 18,3                      | —   | 236  | 0,418   | 242                                   | 240   | 7,30   | 14,6  | 0,436 | 141 |
| 100  | 11,9                | 18,7                      | —   | 226  | 0,473   | 227                                   | 230   | 8,70   | 16,9  | 0,490 | 144 |
| 110  | 14,0                | 19,0                      | —   | 220  | 0,520   | 220                                   | 228   | 10,0   | 17,3  | 0,540 | 145 |
| 120  | 15,6                | 19,4                      | 212   | 214  | 0,560   | 212                                   | 226   | 11,2   | 17,7  | 0,580 | 147 |
| 130  | 16,7                | 19,7                      | 211   | 211  | 0,608   | 212                                   | 224   | 12,4   | 18,3  | 0,612 | 149 |
| 140  | 16,8                | 20,1                      | 210   | 209  | 0,632   | 211                                   | 222   | 13,6   | 18,8  | 0,644 | 151 |
| 150  | 17,2                | 20,3                      | 209   | 209  | 0,670   | 211                                   | 220   | 14,7   | 19,2  | 0,675 | 153 |
| 160  | 18,1                | 20,6                      | 207   | 209  | 0,700   | 210                                   | 215   | 15,7   | 19,7  | 0,703 | 155 |
| 170  | 18,6                | 20,8                      | 205   | 209  | 0,720   | 210                                   | 210   | 16,8   | 20,4  | 0,730 | 157 |
| 180  | 18,8                | 21,1                      | 205   | 209  | 0,740   | 210                                   | 210   | 17,6   | 20,5  | 0,752 | 158 |
| 190  | 19,0                | 21,4                      | 205   | 208  | 0,762   | 210                                   | 210   | 18,4   | 20,6  | 0,771 | 159 |
| 200  | 20,2                | 21,8                      | 206   | 208  | 0,775   | 210                                   | 210   | 19,1   | 20,7  | 0,788 | 160 |
| 210  | 20,5                | 21,9                      | 206   | 207  | 0,790   | 209                                   | 210   | 19,5   | 20,7  | 0,805 | 160 |
| 220  | 20,9                | 22,1                      | 207   | 206  | 0,812   | 208                                   | 210   | 20,0   | 20,8  | 0,818 | 161 |
| 230  | 21,4                | 22,2                      | 208   | 205  | 0,819   | 207                                   | 210   | 20,2   | 20,8  | 0,829 | 162 |
| 240  | 21,8                | 22,4                      | 209   | 205  | 0,828   | 206                                   | 210   | 20,7   | 20,9  | 0,840 | 163 |
| 250  | 22,2                | 22,5                      | 210   | 204  | 0,844   | 205                                   | 210   | 20,9   | 21,1  | 0,849 | 164 |
| 260  | 22,8                | 22,7                      | 211   | 203  | 0,869   | 204                                   | 210   | 21,0   | 21,2  | 0,856 | 165 |
| 273  | 23,5                | 22,7                      | 213   | 203  | 0,879   | 203                                   | 210   | 21,3   | 21,3  | 0,863 | 166 |
| 280  | 23,5                | 23,1                      | 214   | 203  | 0,885   | 200                                   | 210   | 21,3   | 21,4  | 0,870 | 167 |
| 290  | 23,5                | 23,2                      | 215   | 202  | 0,890   | 198                                   | 210   | 21,4   | 21,4  | 0,876 | 168 |
| 293  | 23,6                | —                         | 218   | 202  | 0,895   | 197                                   | 210   | 21,5   | —   | 0,877 | 169 |
| 300  | 23,7                | 23,6                      | 226   | 202  | —   | 196                                   | 208   | —  | —   | 0,879 | 169 |

Примечание. Химический состав сплавов, %.

| Элемент | АД    | АД1 (I) | АД1 (II) | АД1 (III) | АД1 (IV) | АМц (I) | АМц (II) |
|---------|-------|---------|----------|-----------|----------|---------|----------|
| Al      | 99,10 | 99,125  | 99,50    | 99,26     | 99,30    | 96,41   | 98,12    |
| C       | 0,20  | —       | —        | —         | —        | —       | —        |
| Cr      | —     | —       | —        | —         | —        | —       | 0,02     |
| Cu      | —     | 0,05    | —        | —         | —        | —       | —        |
| Fe      | 0,60  | 0,30    | —        | 0,40      | —        | 0,34    | 0,48     |
| Mg      | —     | 0,05    | —        | 0,04      | —        | 0,20    | —        |
| Mn      | —     | 0,025   | —        | —         | —        | 1,38    | 1,23     |
| Si      | 0,10  | 0,30    | —        | 0,20      | —        | 1,67    | 0,15     |
| Zn      | —     | 0,10    | —        | 0,10      | —        | —       | —        |

Состояние образцов: АД — образцы отжигали; АД1 (I) — нагартовывали и отжигали; АД1 (II) — нагартовывали; АД1 (III) — отжигали в вакууме по режиму 623 К, 1 ч; АД1 (IV) — нагартовывали; АМц (I) — отжигали; АМц (II) — нагартовывали.  
Методы измерения:  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительным методом, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения ±5%);  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения ±10%).

12. Теплопроводность, температурный коэффициент линейного расширения и удельная теплоемкость алюминиевомагневых сплавов АМг2, АМг3 и АМг4 [163]

| T, К | АМг2  |                     | АМг3                      |   |   |   | АМг4                |                 |
|------|---|---------------------|---------------------------|---|---|---|---------------------|-----------------|
|      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\rho$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ |                 |
|      |   |                     |                           |   |   |   |                     | К <sup>-1</sup> |
|      |   | I                   | II                        |   |   |   |                     |                 |
| 2    | —   | —                   | —                         | —   | —   | —   | —                   |                 |
| 4    | 4,55  | —                   | —                         | —   | —   | —   | 14,3                |                 |
| 5    | 5,72  | —                   | —                         | —   | —   | —   | 14,3                |                 |
| 6    | 6,89  | —                   | —                         | —   | —   | —   | 14,4                |                 |
| 7    | 8,21  | —                   | —                         | —   | —   | —   | 14,5                |                 |
| 8    | 9,52  | —                   | —                         | —   | —   | —   | 14,5                |                 |
| 9    | 10,8  | —                   | —                         | —   | —   | —   | 14,6                |                 |
| 10   | 12,1  | —                   | —                         | —   | —   | —   | 14,7                |                 |
| 20   | 25,0  | —                   | —                         | —   | —   | —   | 15,3                |                 |
| 30   | 37,9  | —                   | —                         | —   | —   | —   | 15,8                |                 |
| 40   | 48,7  | —                   | —                         | —   | —   | —   | 16,4                |                 |
| 50   | 57,8  | —                   | —                         | —   | —   | —   | 17,0                |                 |
| 60   | 65,5  | —                   | —                         | —   | —   | —   | 17,5                |                 |
| 70   | 71,9  | —                   | —                         | —   | —   | —   | 17,9                |                 |
| 80   | 76,8  | 9,20                | 17,8                      | —   | —   | —   | 18,4                |                 |
| 90   | 80,9  | 10,7                | 18,4                      | —   | —   | —   | 18,8                |                 |
| 100  | 85,9  | 12,2                | 18,7                      | —   | —   | —   | 19,2                |                 |
| 110  | 89,9  | 13,3                | 19,1                      | —   | —   | —   | 19,5                |                 |
| 120  | 93,9  | 14,6                | 19,4                      | —   | —   | —   | 19,8                |                 |
| 130  | 96,5  | 15,5                | 19,8                      | —   | —   | —   | 20,1                |                 |
| 140  | 98,9  | 16,4                | 20,1                      | —   | —   | —   | 20,5                |                 |
| 150  | 101   | 17,0                | 20,4                      | —   | —   | —   | 20,7                |                 |
| 160  | 105   | 17,7                | 20,6                      | —   | —   | —   | 21,0                |                 |
| 170  | 109   | 18,3                | 20,9                      | —   | —   | —   | 21,2                |                 |
| 180  | 113   | 18,8                | 21,1                      | —   | —   | —   | 21,4                |                 |
| 190  | 117   | 19,3                | 21,3                      | —   | —   | —   | 21,6                |                 |
| 200  | 121   | 19,8                | 21,5                      | —   | —   | —   | 21,8                |                 |
| 210  | 122   | 20,2                | 21,7                      | —   | —   | —   | 22,0                |                 |
| 220  | 123   | 20,6                | 21,9                      | —   | —   | —   | 22,2                |                 |
| 230  | 124   | 20,9                | 22,1                      | —   | —   | —   | 22,3                |                 |
| 240  | 125   | 21,3                | 22,2                      | —   | —   | —   | 22,4                |                 |
| 250  | 126   | 21,6                | 22,3                      | —   | —   | —   | 22,7                |                 |
| 260  | 127   | 21,9                | 22,4                      | —   | —   | —   | 22,7                |                 |
| 270  | 128   | 22,2                | 22,6                      | —   | —   | —   | 22,7                |                 |
| 280  | 129   | 22,4                | 22,6                      | —   | —   | —   | 22,8                |                 |
| 290  | 130   | 22,6                | 22,7                      | —   | —   | —   | 22,9                |                 |
| 293  | 130   | 22,8                | —                         | —   | —   | —   | 23,0                |                 |
| 300  | 130   | 23,0                | 22,9                      | 132   | —   | —   | 23,1                |                 |

Примечание. Химический состав сплавов, %: АМг2 — Al 97,22; Cr 0,22; Mg 2,46; Mn 0,10 (образцы отжигали в вакууме по режиму 623 К, 1 ч); АМг3 — Al 96,17; Cr 0,21; Fe 0,10; Mg 3,32; Mn 0,10; Si 0,10 (образцы отжигали по режиму 553 К, 1 ч); АМг4 — Al 93,70; Si 0,13; Cu 0,10; Fe 0,19; Mg 4,75; Mn 0,63; Ni 0,10; Ti 0,10; V 0,10; Zn 0,10 (образцы нагартовывали; I — измерение  $\lambda$  в направлении, перпендикулярном направлению проката; II — измерение  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  в направлении, параллельном направлению проката).

Метод измерения:  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 10\%$ );  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительным методом, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 5\%$ ).

13. Теплопроводность, температурный коэффициент линейного расширения и удельная теплоемкость алюминиевомагневых сплавов АМг5, АМг5В и АМг6 [22, 114]

| T, К | АМг5  |                     | АМг5В                     |   | АМг6                |                           |
|------|---|---------------------|---------------------------|---|---------------------|---------------------------|
|      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ |
|      |   |                     |                           |   |                     |                           |
|      |   | I                   | II                        |   | I                   | II                        |
| 2    | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 4    | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 5    | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 6    | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 7    | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 8    | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 9    | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 10   | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 20   | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 30   | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 40   | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 50   | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 60   | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 70   | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 80   | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 90   | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 100  | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 110  | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 120  | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 130  | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 140  | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 150  | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 160  | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 170  | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 180  | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 190  | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 200  | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 210  | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 220  | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |
| 230  | —   | —                   | —                         | —   | —                   | —                         |

Примечание. Химический состав сплавов, %: АМг5 — Al 96,17; Cr 0,21; Fe 0,10; Mg 3,32; Mn 0,10; Si 0,10 (образцы отжигали по режиму 553 К, 1 ч); АМг5В — Al 96,17; Cr 0,21; Fe 0,10; Mg 3,32; Mn 0,10; Si 0,10 (образцы отжигали по режиму 553 К, 1 ч); АМг6 — Al 93,70; Si 0,13; Cu 0,10; Fe 0,19; Mg 4,75; Mn 0,63; Ni 0,10; Ti 0,10; V 0,10; Zn 0,10 (образцы нагартовывали; I — измерение  $\lambda$  в направлении, перпендикулярном направлению проката; II — измерение  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  в направлении, параллельном направлению проката).

Метод измерения:  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 10\%$ );  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительным методом, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 5\%$ ).

| T, K | AMг5                |                           |                     |                           | AMг5B               |                           |                     |                           | AMг6                |                           |                     |                           |
|------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
|      | I                   |                           | II                  |                           | I                   |                           | II                  |                           | I                   |                           | II                  |                           |
|      | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ |
| 240  | 22,4                | —                         | 22,3                | 23,1                      | 100                 | 18,4                      | 84,0                | 22,4                      | 22,8                | 0,838                     | 22,2                | 22,4                      |
| 250  | 22,5                | —                         | 22,5                | 23,2                      | 102                 | 18,4                      | 85,0                | 22,5                      | 22,9                | 0,849                     | 22,3                | 22,5                      |
| 260  | 22,6                | —                         | 22,7                | 23,3                      | 105                 | 18,5                      | 86,0                | 22,6                      | 22,9                | 0,868                     | 22,4                | 22,6                      |
| 273  | 22,8                | —                         | 23,4                | 23,5                      | 109                 | 18,7                      | 87,0                | 22,8                      | 22,9                | —                         | 22,5                | 22,6                      |
| 280  | 22,8                | —                         | 23,6                | —                         | —                   | —                         | 88,0                | 22,8                      | 23,0                | —                         | 22,6                | 22,7                      |
| 290  | 22,9                | —                         | 23,7                | —                         | —                   | —                         | 89,0                | 22,9                      | 23,0                | —                         | 22,7                | 22,7                      |
| 293  | 23,0                | —                         | 23,8                | —                         | —                   | —                         | 90,0                | 23,0                      | —                   | —                         | 22,8                | —                         |
| 300  | —                   | —                         | —                   | —                         | —                   | —                         | 90,0                | —                         | —                   | —                         | 22,8                | 22,8                      |

Примечание. Данные по теплопроводности пруткового образца сплава AMг5 см. в табл. 10.

Химический состав сплавов, %: AMг5 (I) — Al 92,827; Fe 0,34; Mg 5,7; Mn 0,58; Si 0,49; Ti 0,043; V 0,02; образцы получали горячим прессованием; AMг5 (II) — Al 93,40; Cr 0,15; Cu 0,10; Mg 5,1; Mn 0,8; Ti 0,20; Zn 0,25; образцы нагартовывали; AMг5B — Al осн.; Mg 4,8—5,8; Mn 0,3—0,6; V 0,02—0,15; образцы отжигали при 483—508 K и охлаждали на воздухе; AMг6 (I) — химический состав, близкий к номиналу; образцы получали горячим прессованием; AMг6 (II) — Al 92,516; V 0,0038; Cu 0,06; Fe 0,29; Mg 6,2; Mn 0,60; Si 0,22; Ti 0,06; Zn 0,05; образцы горячекатаные; AMг6 (III) — химический состав, близкий к номиналу; образцы отжигали по режиму 593 K, 1 ч.

Методы измерения:  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительным методом, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 5\%$ ); образцы цилиндрические (длина 50 мм, диаметр 3,5 мм); скорость нагревания  $3-7$  K·мин<sup>-1</sup>,  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 10\%$ ).

14. Температурный коэффициент линейного расширения, теплопроводность и удельная теплоемкость алюминиевых сплавов системы Al—Mg—Si [114]

| T, K | AK6                 |                 |                           |   | AD33   | AD31  | AK8                 |   |   |  |
|------|---------------------|-----------------|---------------------------|---|--|---|---------------------|---|---|--|
|      | $\alpha \cdot 10^6$ |                 | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ |   | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> |
|      | K <sup>-1</sup>     | K <sup>-1</sup> | K <sup>-1</sup>           |   |  |   | K <sup>-1</sup>     |   |   |  |
| 10   | —                   | —               | —                         | —   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 20   | —                   | —               | —                         | —   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 30   | —                   | —               | —                         | —   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 40   | —                   | —               | 13,4                      | 35,0  | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 50   | 5,01                | —               | 14,6                      | 46,0  | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 60   | 6,30                | —               | 14,2                      | 58,0  | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 70   | 7,60                | —               | 14,9                      | 69,0  | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 80   | 8,90                | —               | 15,1                      | 77,0  | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 90   | 10,2                | —               | 15,4                      | 85,0  | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 100  | 11,5                | —               | 15,8                      | 98,0  | 0,470  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 110  | 12,8                | —               | 16,0                      | 109   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 120  | 13,5                | —               | 16,3                      | 117   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 130  | 14,2                | —               | 16,5                      | 124   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 140  | 15,0                | —               | 16,8                      | 130   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 150  | 15,4                | —               | 17,0                      | 134   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 160  | 15,7                | —               | 17,2                      | 142   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 170  | 16,0                | —               | 17,4                      | 156   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 180  | 16,3                | —               | 17,5                      | 164   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 190  | 16,7                | —               | 17,6                      | 170   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 200  | 17,0                | —               | 17,6                      | 178   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 210  | 17,2                | —               | 17,7                      | 185   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 220  | 17,4                | —               | 17,8                      | 192   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 230  | 17,6                | —               | 17,9                      | 198   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 240  | 17,8                | —               | 18,0                      | 205   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 250  | 18,0                | —               | 18,0                      | 210   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 260  | 18,2                | —               | 18,3                      | 215   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 273  | 18,4                | —               | 18,6                      | 220   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 280  | 18,5                | —               | 18,7                      | 225   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 293  | 18,8                | —               | —                         | 228   | 0,915  | —   | —                   | — | —   | —  |
| 300  | 19,0                | —               | 18,9                      | 230   | —  | —   | —                   | — | —   | —  |

Примечание. Химический состав сплавов, %:

| Элемент | AK6          | AD33 | AD31 | AK8(I) | AK8(II) |
|---------|--------------|------|------|--------|---------|
| Al      | Осн.         | Осн. | Осн. | Осн.   | Осн.    |
| Cr      | —            | 0,3  | —    | 0,1    | 0,02    |
| Cu      | 1,8—2,6      | 0,3  | —    | 4,5    | 4,57    |
| Fe      | $\Delta$ 0,7 | 0,1  | —    | 1,0    | 0,44    |
| Mg      | 0,4—0,8      | 1,0  | 0,65 | 0,4    | 0,45    |
| Mn      | 0,4—0,8      | 0,2  | 0,1  | 0,8    | 0,93    |
| Ni      | $\Delta$ 0,1 | —    | —    | —      | —       |
| Si      | 0,7—1,2      | 0,2  | 0,38 | 0,8    | 0,88    |
| Ti      | $\Delta$ 0,1 | 0,2  | —    | 0,15   | 0,04    |
| Zn      | $\Delta$ 0,3 | 0,3  | —    | 0,25   | 0,06    |

Состояние образцов: AK6 — закаливали, охлаждали в воде, искусственно старили; AD33 — закаливали, искусственно старили; AD31 — закаливали, искусственно старили; AK8 (I) — отжигали; AK8 (II) — закаливали, искусственно старили. Методы измерения:  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительным методом, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 5\%$ );  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 10\%$ ).

15. Температурный коэффициент линейного расширения, теплопроводность и удельная теплоемкость алюминиевых сплавов Д1 и Д16 системы Al—Cu—Mg [22]

| T, K | Д1                                    |                                     |      | Д16                 |                      |  |                                       |  |                     |                      |  |
|------|---------------------------------------|-------------------------------------|------|---------------------|----------------------|--|---------------------------------------|--|---------------------|----------------------|--|
|      | α · 10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup> | λ                                   |      | α · 10 <sup>6</sup> | ᾱ · 10 <sup>6</sup> | λ <sub>в</sub> · Вг.м <sup>-1</sup> .К <sup>-1</sup> | α · 10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup> | λ <sub>в</sub> · Вг.м <sup>-1</sup> .К <sup>-1</sup> | α · 10 <sup>6</sup> | ᾱ · 10 <sup>6</sup> | c <sub>p</sub> · 10 <sup>-3</sup> , Дж.кг <sup>-1</sup> .К <sup>-1</sup> |
|      |                                       | Вг.м <sup>-1</sup> .К <sup>-1</sup> |      |                     |                      |  |                                       |  |                     |                      |  |
|      |                                       | I                                   | II   | III                 | I                    | II   | III                                   | IV   |                     |                      |  |
| 4    | —                                     | —                                   | —    | —                   | —                    | —  | —                                     | —  | —                   | —                    | —  |
| 6    | —                                     | —                                   | —    | —                   | —                    | —  | —                                     | —  | —                   | —                    | —  |
| 8    | —                                     | —                                   | —    | —                   | —                    | —  | —                                     | —  | —                   | —                    | —  |
| 10   | —                                     | —                                   | —    | —                   | —                    | —  | —                                     | —  | —                   | —                    | —  |
| 20   | —                                     | 30,2                                | —    | —                   | —                    | 18,6   | —                                     | —  | —                   | —                    | 0,00555  |
| 30   | —                                     | 42,0                                | —    | —                   | —                    | 28,3   | —                                     | —  | —                   | —                    | 0,0314   |
| 40   | —                                     | 55,0                                | —    | —                   | —                    | 37,4   | —                                     | —  | —                   | —                    | 0,0800   |
| 50   | —                                     | 64,0                                | —    | —                   | —                    | 44,3   | —                                     | —  | —                   | —                    | 0,140  |
| 60   | —                                     | 70,0                                | —    | —                   | —                    | 50,0   | —                                     | —  | —                   | —                    | 0,210  |
| 70   | —                                     | 81,2                                | 90,4 | 9,02                | —                    | 55,6   | —                                     | —  | —                   | —                    | 0,280  |
| 80   | —                                     | 97,1                                | 94,0 | 9,71                | 18,2                 | 61,2   | 18,1                                  | —  | —                   | —                    | 0,347  |
| 90   | 21,8                                  | 103                                 | 98,0 | 10,6                | 18,6                 | 66,0   | 18,4                                  | —  | —                   | —                    | 0,409  |
| 100  | 21,8                                  | 108                                 | 103  | 11,6                | 19,2                 | 70,6   | 18,8                                  | —  | —                   | —                    | 0,450  |
| 110  | 21,8                                  | 112                                 | 109  | 12,6                | 19,6                 | 74,8   | 19,1                                  | —  | —                   | —                    | 0,500  |
| 120  | 21,8                                  | 116                                 | 115  | 13,6                | 20,0                 | 79,2   | 19,4                                  | —  | —                   | —                    | 0,550  |
| 130  | 21,8                                  | 119                                 | 119  | 14,6                | 20,4                 | 83,5   | 19,7                                  | —  | —                   | —                    | 0,600  |
| 140  | 21,8                                  | 122                                 | 123  | 15,7                | 20,8                 | 87,0   | 20,1                                  | —  | —                   | —                    | 0,630  |
| 150  | 21,9                                  | 125                                 | 126  | 16,7                | 21,2                 | 90,3   | 20,3                                  | —  | —                   | —                    | 0,660  |
| 160  | 21,9                                  | 128                                 | 130  | 17,9                | 21,5                 | 93,6   | 20,6                                  | —  | —                   | —                    | 0,702  |
| 170  | 21,9                                  | 130                                 | 133  | 18,8                | 21,9                 | 97,2   | 20,7                                  | —  | —                   | —                    | 0,720  |
| 180  | 21,9                                  | 133                                 | 136  | 19,6                | 21,9                 | 100  | 20,9                                  | —  | —                   | —                    | 0,740  |
| 190  | 22,0                                  | 136                                 | 138  | 20,2                | 22,0                 | 103  | 21,1                                  | —  | —                   | —                    | 0,767  |
| 200  | 22,0                                  | 139                                 | 141  | 20,7                | 22,1                 | 106  | 21,4                                  | —  | —                   | —                    | 0,785  |
| 210  | 22,0                                  | 143                                 | 145  | 21,1                | 22,2                 | 109  | 21,5                                  | —  | —                   | —                    | 0,806  |
| 220  | 22,0                                  | 148                                 | 149  | 21,5                | 22,3                 | 113  | 21,7                                  | —  | —                   | —                    | 0,826  |
| 230  | —                                     | 150                                 | 155  | 21,7                | 22,4                 | 116  | 21,8                                  | —  | —                   | —                    | 0,840  |
| 240  | —                                     | 152                                 | 160  | 21,9                | 22,4                 | 119  | 21,9                                  | —  | —                   | —                    | 0,850  |
| 250  | —                                     | 153                                 | 160  | 22,1                | 22,5                 | 121  | 21,9                                  | —  | —                   | —                    | 0,855  |
| 260  | —                                     | 155                                 | 161  | 22,3                | 22,5                 | 122  | 22,0                                  | —  | —                   | —                    | 0,862  |
| 273  | —                                     | 157                                 | 162  | 22,4                | 22,6                 | 123  | 22,0                                  | —  | —                   | —                    | —  |
| 280  | —                                     | 163                                 | 163  | 22,6                | 22,6                 | 123  | 22,3                                  | —  | —                   | —                    | —  |
| 293  | —                                     | 171                                 | 164  | 22,6                | —                    | 123  | —                                     | —  | —                   | —                    | —  |
| 300  | —                                     | —                                   | 165  | 22,7                | 22,7                 | 123  | 22,4                                  | —  | —                   | —                    | —  |

Примечание. Химический состав сплавов, %:

| Элемент | Д1 (I)  | Д1 (II) | Д1 (III) | Д16 (I) | Д16 (II) | Д16 (III) | Д16 (IV) |
|---------|---------|---------|----------|---------|----------|-----------|----------|
| Al      | Осн.    | Осн.    | Осн.     | Осн.    | Осн.     | Осн.      | Осн.     |
| Cu      | 3,8—4,8 | 4,10    | 4,0      | 3,8—4,9 | 4,5      | 4,58      | —        |
| Fe      | ≤0,7    | 0,42    | —        | ≤0,5    | 0,2      | 0,1       | —        |
| Mg      | 0,4—0,8 | 0,57    | 0,50     | 1,2—1,8 | 1,4      | 1,7       | —        |
| Mn      | 0,4—0,8 | —       | —        | 0,3—0,9 | 0,5      | 0,1       | —        |
| Ni      | ≤0,1    | —       | —        | ≤0,1    | —        | —         | —        |
| Si      | ≤0,7    | —       | —        | ≤0,5    | 0,1      | 0,1       | —        |
| Ti      | ≤0,1    | —       | —        | ≤0,1    | —        | —         | —        |
| V       | —       | —       | —        | —       | —        | 0,1       | —        |
| Zn      | ≤0,3    | —       | —        | ≤0,3    | 0,1      | —         | —        |

Состояние образцов: Д1 (I) — образцы нагартовывали; Д1 (II) и Д1 (III); Д16 (I) — закаливали и естественно старили; Д16 (II) — закаливали и искусственно старили; Д16 (III) — закаливали и естественно старили; Д16 (IV) — отжигали. Образцы цилиндрические длиной 50 мм, диаметром 3,5 мм.

Метод измерения α и ᾱ — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра. Скорость нагревания 3—7 К·мин<sup>-1</sup> (погрешность измерения ±5%).

16. Температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность алюминиевых сплавов Д18, ВД17, В65 и ВАД-1 системы Al—Cu—Mg [22]

| T, K | Д18                 |                      | ВД17                | В65                  |  | ВАД-1                |                 |
|------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|--|----------------------|-----------------|
|      | α · 10 <sup>6</sup> | ᾱ · 10 <sup>6</sup> | α · 10 <sup>6</sup> | ᾱ · 10 <sup>6</sup> | λ <sub>в</sub> · Вг.м <sup>-1</sup> .К <sup>-1</sup> | ᾱ · 10 <sup>6</sup> |                 |
|      |                     |                      |                     |                      |  |                      | К <sup>-1</sup> |
| 20   | —                   | —                    | —                   | —                    | —  | 30,0                 | 14,5            |
| 30   | —                   | —                    | —                   | —                    | —  | —                    | 14,9            |
| 40   | —                   | —                    | —                   | —                    | —  | —                    | 15,4            |
| 50   | —                   | —                    | —                   | —                    | —  | —                    | 15,8            |
| 60   | —                   | —                    | 10,0                | —                    | —  | —                    | 16,1            |
| 70   | 10,0                | —                    | 12,0                | —                    | —  | —                    | 16,4            |
| 80   | 10,7                | 18,4                 | 13,0                | 10,6                 | 19,9   | 60,7                 | 16,8            |
| 90   | 11,7                | 18,7                 | 14,0                | 11,6                 | 20,4   | —                    | 17,2            |
| 100  | 12,8                | 19,0                 | 14,8                | 12,7                 | 20,8   | —                    | 17,5            |
| 110  | 13,8                | 19,3                 | 15,3                | 13,8                 | 21,2   | —                    | 17,8            |
| 120  | 14,7                | 19,6                 | 15,8                | 14,8                 | 21,4   | —                    | 18,2            |
| 130  | 15,6                | 19,9                 | 16,3                | 15,8                 | 21,6   | —                    | 18,5            |
| 140  | 16,5                | 20,4                 | 16,8                | 16,8                 | 21,8   | —                    | 18,7            |
| 150  | 17,4                | 20,8                 | 17,3                | 17,9                 | 22,0   | —                    | 19,0            |
| 160  | 18,1                | 21,3                 | 17,8                | 18,6                 | 22,2   | —                    | 19,1            |
| 170  | 18,9                | 21,9                 | 18,3                | 19,3                 | 22,3   | —                    | 19,3            |
| 180  | 19,4                | 22,0                 | 18,8                | 19,9                 | 22,4   | —                    | 19,4            |
| 190  | 20,2                | 22,1                 | 19,2                | 20,2                 | 22,5   | —                    | 19,5            |
| 200  | 20,7                | 22,1                 | 19,7                | 21,0                 | 22,6   | —                    | 19,5            |
| 210  | 21,2                | 22,2                 | 19,9                | 21,5                 | 22,6   | —                    | 19,6            |
| 220  | 21,5                | 22,3                 | 20,1                | 21,9                 | 22,7   | —                    | 19,6            |
| 230  | 21,7                | 22,4                 | 20,3                | 22,2                 | 22,7   | —                    | 19,7            |
| 240  | 21,9                | 22,4                 | 20,5                | 22,4                 | 22,8   | —                    | 19,8            |
| 250  | 22,1                | 22,5                 | 20,7                | 22,5                 | 22,8   | —                    | 20,0            |
| 260  | 22,3                | 22,5                 | 20,9                | 22,6                 | 22,9   | —                    | 20,5            |
| 273  | 22,3                | 22,6                 | 21,1                | 22,7                 | 22,9   | —                    | 20,5            |
| 280  | 22,5                | 22,6                 | 21,3                | 22,8                 | 22,9   | —                    | —               |
| 293  | 22,7                | —                    | 21,5                | 23,0                 | —  | —                    | —               |
| 300  | —                   | 22,7                 | 21,7                | —                    | 23,0   | 161                  | —               |

Примечание. Химический состав сплавов (по номиналу), %:

| Элемент | Д18     | ВД17      | В65       | ВАД-1        |
|---------|---------|-----------|-----------|--------------|
| Al      | Осн.    | Осн.      | Осн.      | Осн.         |
| B       | —       | —         | —         | 0,01—0,05    |
| Be      | —       | —         | —         | 0,0001—0,005 |
| Cu      | 2,2—3,0 | 2,6—3,2   | 3,9—4,5   | 3,8—4,5      |
| Fe      | ≤0,5    | ≤0,3      | ≤0,2      | —            |
| Mg      | 0,2—0,5 | 2,0—2,4   | 0,15—0,30 | 2,3—2,7      |
| Mn      | ≤0,2    | 0,45—0,70 | 0,3—0,5   | 0,5—0,8      |
| Si      | ≤0,5    | ≤0,3      | ≤0,25     | —            |
| Ti      | ≤0,1    | ≤0,1      | ≤0,1      | 0,08—0,15    |
| Zn      | ≤0,1    | ≤0,1      | ≤0,1      | —            |

Состояние образцов: Д18 — образцы закаливали; ВД17 — закаливали и искусственно старили; В65 — закаливали при 788 К, охлаждали в воде и искусственно старили (348 К, 24 ч); ВАД-1 (I) — отжигали; ВАД-1 (II) — закаливали при 778 К и естественно старили (10 суток).

Метод измерения α и ᾱ — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения ±5%).

## 17. Теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения алюминиевых сплавов

АК2, АК4, АК4-1 системы  
Al—Cu—Mg—Fe—Ni [114]

| T, K | АК2   |                                       | АК4   |                                       | АК4-1   |                                       |
|------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
|      | $\lambda$ , Вт. м <sup>-1</sup> . К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт. м <sup>-1</sup> . К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт. м <sup>-1</sup> . К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
| 50   | —   | —                                     | —   | 9,90                                  | —   | —                                     |
| 100  | —   | —                                     | —   | 16,4                                  | —   | —                                     |
| 200  | —   | —                                     | —   | 19,7                                  | —   | —                                     |
| 300  | 155   | 146                                   | —   | 19,7                                  | 142   | —                                     |

Примечание. Химический состав сплавов (по номиналу), %:

| Элемент | АК2      | АК4     | АК4-1    |
|---------|----------|---------|----------|
| Al      | Осн.     | Осн.    | Осн.     |
| Cu      | 3,5—4,5  | 1,9—2,5 | 1,9—2,5  |
| Fe      | 0,5—1,0  | 1,1—1,6 | 1,0—1,5  |
| Mg      | 0,14—0,8 | 1,4—1,8 | 1,4—1,8  |
| Mn      | ≤0,2     | ≤0,2    | ≤0,2     |
| Ni      | 1,8—2,3  | 1,0—1,5 | 1,0—1,5  |
| Si      | 0,5—1,0  | 0,5—1,2 | 0,35     |
| Ti      | —        | —       | 0,02—0,1 |
| Zn      | ≤0,3     | ≤0,3    | ≤0,3     |

Образцы закаливали и искусственно старили.  
Метод измерения  $\alpha$  — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 5\%$ ).

## 18. Температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность алюминиевого сплава Д20 системы Al—Cu—Mn [114]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |      | $\lambda$ , Вт. м <sup>-1</sup> . К <sup>-1</sup> | T, K | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |      | $\lambda$ , Вт. м <sup>-1</sup> . К <sup>-1</sup> |
|------|---------------------------------------|------|---|------|---------------------------------------|------|---|
|      | I                                     | II   |   |      | I                                     | II   |   |
| 20   | 0,55                                  | 14,4 | 27,0  | 170  | 18,1                                  | 20,6 | 93,0  |
| 30   | 0,65                                  | 15,1 | 32,0  | 180  | 18,5                                  | 20,8 | 94,5  |
| 40   | 1,60                                  | 15,6 | 38,0  | 190  | 18,9                                  | 21,0 | 96,0  |
| 50   | 2,90                                  | 16,2 | 44,0  | 200  | 19,4                                  | 21,1 | 100   |
| 60   | 4,50                                  | 16,7 | 50,0  | 210  | 19,9                                  | 21,2 | 103   |
| 70   | 5,70                                  | 17,2 | 56,0  | 220  | 20,3                                  | 21,2 | 107   |
| 80   | 7,10                                  | 17,7 | 61,0  | 230  | 20,6                                  | 21,3 | 108   |
| 90   | 8,50                                  | 18,2 | 66,0  | 240  | 20,8                                  | 21,5 | 110   |
| 100  | 9,90                                  | 18,7 | 71,0  | 250  | 21,1                                  | 21,7 | 113   |
| 110  | 11,9                                  | 19,1 | 74,0  | 260  | 21,4                                  | 21,9 | 115   |
| 120  | 13,8                                  | 19,3 | 77,0  | 273  | 21,8                                  | 22,1 | 117   |
| 130  | 15,2                                  | 19,6 | 80,0  | 280  | 22,1                                  | 22,3 | 123   |
| 140  | 16,9                                  | 19,8 | 82,0  | 293  | 22,5                                  | —    | 131   |
| 150  | 17,1                                  | 20,1 | 85,0  | 300  | —                                     | —    | 138   |
| 160  | 17,3                                  | 20,4 | 89,0  |      |                                       |      |   |

Примечание. Образцы закаливали и искусственно старили. Химический состав сплава, %:

| Элемент | Д20 (I) | Д20 (II) | Элемент | Д20 (I) | Д20 (II) |
|---------|---------|----------|---------|---------|----------|
| Al      | 92,72   | 93,12    | Si      | 0,20    | 0,13     |
| Cr      | —       | 0,01     | Ti      | 0,06    | 0,02     |
| Cu      | 6,3     | 5,91     | V       | —       | 0,10     |
| Fe      | 0,3     | 0,21     | Zn      | 0,10    | 0,05     |
| Mg      | 0,02    | 0,01     | Zr      | —       | 0,16     |
| Mn      | 0,30    | 0,28     |         |         |          |

Погрешность измерения  $\alpha \pm 5\%$ ; погрешность измерения  $\lambda \pm 10\%$ .

## 19. Температурный коэффициент линейного расширения алюминиевых сплавов В92, В94, В95 системы Al—Zn—Mg [22]

| T, K | В92                 |                           | В94                 |                           | В95                 |                           | T, K | В92                 |                           | В94                 |                           | В95                 |                           |
|------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
|      | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ |      | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ |
|      | К <sup>-1</sup>     |                           |                     |                           |                     |                           |      | К <sup>-1</sup>     |                           |                     |                           |                     |                           |
| 10   | —                   | —                         | —                   | —                         | 0,0621              | 14,8                      | 160  | 21,1                | 17,8                      | 22,1                | 17,8                      | 20,8                |                           |
| 20   | —                   | —                         | —                   | —                         | 0,421               | 15,3                      | 170  | 21,4                | 18,7                      | 22,4                | 18,4                      | 20,9                |                           |
| 30   | —                   | —                         | —                   | —                         | 1,25                | 15,9                      | 180  | 21,7                | 19,5                      | 22,4                | 19,0                      | 21,3                |                           |
| 40   | —                   | —                         | —                   | —                         | 2,58                | 16,5                      | 190  | 21,8                | 20,2                      | 22,5                | 19,4                      | 21,5                |                           |
| 50   | 14,7                | —                         | —                   | —                         | 4,23                | 17,0                      | 200  | 21,9                | 20,9                      | 22,6                | 19,9                      | 21,8                |                           |
| 60   | 15,6                | —                         | —                   | —                         | 6,03                | 17,5                      | 210  | 21,9                | 21,4                      | 22,7                | 20,4                      | 21,9                |                           |
| 70   | 16,5                | 9,02                      | —                   | —                         | 7,82                | 18,0                      | 220  | 22,0                | 21,8                      | 22,7                | 20,8                      | 22,1                |                           |
| 80   | 17,4                | 9,75                      | 19,1                | —                         | 9,51                | 18,3                      | 230  | 22,0                | 22,1                      | 22,8                | 21,2                      | 22,2                |                           |
| 90   | 18,4                | 10,7                      | 19,5                | —                         | 11,0                | 18,8                      | 240  | 22,1                | 22,4                      | 22,8                | 21,5                      | 22,5                |                           |
| 100  | 19,4                | 11,7                      | 20,0                | —                         | 12,4                | 19,2                      | 250  | 22,1                | 22,5                      | 22,9                | 21,8                      | 22,7                |                           |
| 110  | 19,7                | 12,7                      | 20,5                | —                         | 13,6                | 19,5                      | 260  | 22,2                | 22,6                      | 22,9                | 22,1                      | 22,8                |                           |
| 120  | 20,0                | 13,7                      | 21,0                | —                         | 14,7                | 19,8                      | 273  | 22,2                | 22,7                      | 23,0                | 22,5                      | 22,8                |                           |
| 130  | 20,3                | 14,8                      | 21,3                | —                         | 15,5                | 20,1                      | 280  | 22,3                | 22,8                      | 23,0                | 22,7                      | 22,9                |                           |
| 140  | 20,5                | 15,9                      | 21,6                | —                         | 16,4                | 20,4                      | 293  | 22,3                | 23,0                      | —                   | 23,0                      | —                   |                           |
| 150  | 20,8                | 16,9                      | 21,9                | —                         | 17,1                | 20,6                      | 300  | 22,4                | 23,1                      | 23,1                | 23,2                      | 23,1                |                           |

Примечание. Химический состав сплавов (по номиналу), %, и состояние образцов: В92 — Be 0,0001—0,005; Cu ≤ 0,05; Fe ≤ 0,3; Mg 3,9—4,6; Mn 0,6—1,0; Si ≤ 0,2; Zn 2,9—3,6; Al осн.; образцы закаливали (723 К) и искусственно старили (333 К, 24 ч); В94 — закаливали и искусственно старили; В95 — Cr 0,22; Cu 1,4; Fe 0,14; Mg 2,2; Mn 0,1; Ni ≤ 0,1; Si ≤ 0,1; Ti ≤ 0,1; Zn 5,3; Al осн.; образцы отжидали.

Метод измерения  $\alpha$  — относительный, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 5\%$ )

## 20. Температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность порошковых материалов по основе алюминия [114]

| T, K | САС1                                  |   | САП1                                  |   | Примечание.<br>Порошки типа САС1 и САП1 — спеченные.<br>Химический состав порошков, %: САС1 — Ni 5—7; Si 25—30; Al осн.; САП1: Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 6—9; Fe 0,2; Al осн. |
|------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|--|
|      | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт. м <sup>-1</sup> . К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт. м <sup>-1</sup> . К <sup>-1</sup> |  |
| 50   | 6,05                                  | —   | —                                     | —   |  |
| 100  | 9,10                                  | —   | —                                     | —   |  |
| 200  | 11,8                                  | —   | —                                     | —   |  |
| 293  | 12,9                                  | —   | —                                     | 176   |  |
| 300  | 13,0                                  | 87,9  | —                                     | —   |  |

21. Температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность алюминиевых сплавов 2024, 1100, X 2020, 5154, 5052, 3003, 5083, 7075, Tens-50 и 356 (по зарубежным данным) [114]

| T, K | 2024                |      |   |    | 1100                                  |   | X 2020                                |   | 5154                | 5052 | 3003                | 5083 | 7075                | Tens-50 | 356 |
|------|---------------------|------|---|----|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------|------|---------------------|------|---------------------|---------|-----|
|      | $\alpha \cdot 10^6$ |      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |    | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ |      | $\alpha \cdot 10^6$ |      | $\alpha \cdot 10^6$ |         |     |
|      | I                   | II   | III   | IV | V                                     | VI  | VII                                   | VIII  | IX                  | X    | XI                  |      |                     |         |     |
| 4    | —                   | —    | 3,30  | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 6    | —                   | —    | 5,05  | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 8    | —                   | —    | 6,72  | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 10   | —                   | —    | 8,50  | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 15   | 0,05                | 0,04 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 20   | 0,22                | 0,21 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 25   | 0,38                | 0,34 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 30   | 0,77                | 0,69 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 40   | 1,16                | 1,04 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 50   | 2,36                | 2,18 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 60   | 3,86                | 3,86 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 70   | 5,49                | 5,39 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 80   | 7,11                | 7,15 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 90   | 8,65                | 8,85 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 100  | 10,4                | 10,4 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 110  | 11,3                | 11,8 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 120  | 12,4                | 13,0 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 130  | 13,5                | 14,1 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 140  | 14,3                | 14,9 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 150  | 15,2                | 15,8 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 160  | 16,6                | 17,2 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 170  | 17,1                | 17,7 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 180  | 18,2                | 18,2 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 190  | 18,7                | 18,6 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 200  | 19,1                | 19,0 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 210  | 19,6                | 19,7 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 220  | 20,0                | 20,0 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 230  | 20,4                | 20,4 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |
| 240  | 20,4                | 20,3 | —   | —  | —                                     | —   | —                                     | —   | —                   | —    | —                   | —    | —                   | —       | —   |

Продолжение табл. 21

| T, K | 2024                |      |   |     | 1100                                  |   | X 2020                                |   | 5154                | 5052 | 3003                | 5083 | 7075                | Tens-50 | 356  |
|------|---------------------|------|---|-----|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------|------|---------------------|------|---------------------|---------|------|
|      | $\alpha \cdot 10^6$ |      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |     | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ |      | $\alpha \cdot 10^6$ |      | $\alpha \cdot 10^6$ |         |      |
|      | I                   | II   | III   | IV  | V                                     | VI  | VII                                   | VIII  | IX                  | X    | XI                  |      |                     |         |      |
| 250  | 20,7                | 20,6 | 21,3  | 111 | 200                                   | 221   | 22,0                                  | 22,3  | —                   | 131  | 157                 | 21,8 | 21,8                | 21,8    | 20,5 |
| 260  | 21,1                | 20,8 | 21,3  | 113 | 200                                   | 221   | 22,1                                  | 22,3  | —                   | 133  | 158                 | 22,1 | 22,1                | 21,9    | 20,7 |
| 273  | 21,5                | 21,0 | 21,3  | 115 | 200                                   | 221   | 22,2                                  | 22,3  | —                   | 135  | 159                 | 22,5 | 22,5                | 22,0    | 20,7 |
| 283  | 21,7                | 21,2 | 21,3  | 117 | 200                                   | 221   | 22,3                                  | 22,3  | —                   | 137  | 160                 | 22,7 | 22,7                | 22,1    | 20,8 |
| 293  | 22,1                | 21,4 | 21,3  | 119 | 200                                   | 221   | 22,4                                  | —   | —                   | 139  | 161                 | 23,0 | 23,0                | 22,2    | —    |
| 300  | 22,8                | 21,6 | 21,5  | 120 | 200                                   | 221   | 22,5                                  | 22,4  | —                   | 140  | 161                 | 23,1 | 23,2                | 22,3    | 18,5 |
|      |                     |      |   |     |                                       |   |                                       |   |                     |      |                     |      |                     |         | 20,9 |

Примечание. Химический состав сплавов, %

| Элемент | 2024 |      |      |      | 1100 |      | X 2020 |      | 5154 | 5052 | 3003 | 5083 | 7075 | Tens-50 | 356  |
|---------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|------|---------|------|
|         | I    |      | II   |      | III  | IV   | V      | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   |         |      |
|         | Осн. | Осн. | Осн. | Осн. | Осн. | Осн. | Осн.   | Осн. | Осн. | Осн. | Осн. | Осн. | Осн. | Осн.    | Осн. |
| Al      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —       | —    |
| Be      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —       | —    |
| Cd      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —       | —    |
| Cr      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —       | —    |
| Cu      | 4,1  | 4,1  | 4,5  | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —       | —    |
| Fe      | 0,2  | 0,2  | —    | 0,2  | —    | —    | —      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —       | —    |
| Li      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —       | —    |
| Mg      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —       | —    |
| Ni      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —       | —    |
| Mn      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —       | —    |
| Sr      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —       | —    |
| Ti      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —       | —    |
| Zn      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —       | —    |

Обработка образцов \* по режиму: I — 0; II — T86; III — T4; IV — 0; V — F; VI — T6; VII — 0; VIII — F; IX — H113; X — T73; XI — T6. Метод измерения  $\alpha$  и  $\lambda$  — относительный с помощью дифференциального кварцевого dilatометра (погрешность измерения  $\pm 5\%$ ).

\* Здесь и далее обозначения термообработки по зарубежным стандартам.

22. Температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность зарубежных алюминиевых сплавов 6063, 4S, 24S, 75S, дуралюмин, J51, 6061, 25, 7079, 2014, 2219 и 5456 [114]

| Т, К                                      | 6063 | 4S   | 24S  | 75S  | Дура-люмин | J51 | 6061                |                     | 7079 | 2014                |                     | 2219 | 5456 |   |                     |                     |
|---|------|------|------|------|------------|-----|---------------------|---------------------|------|---------------------|---------------------|------|------|---|---------------------|---------------------|
|   |      |      |      |      |            |     | α · 10 <sup>6</sup> | α · 10 <sup>6</sup> |      | α · 10 <sup>6</sup> | α · 10 <sup>6</sup> |      |      | λ |                     |                     |
|   |      |      |      |      |            |     |                     |                     |      |                     |                     |      |      |   | K <sup>-1</sup>     |                     |
|   |      |      |      |      |            |     |                     |                     |      |                     |                     |      |      |   | α · 10 <sup>6</sup> | β · 10 <sup>6</sup> |
| λ, Вт · м <sup>-1</sup> · К <sup>-1</sup> |      |      |      |      |            |     |                     |                     |      |                     |                     |      |      |   |                     |                     |
| 6   | —    | —    | —    | —    | —          | —   | —                   | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 8   | —    | —    | —    | —    | —          | —   | —                   | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 10  | —    | —    | —    | —    | —          | —   | —                   | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 15  | 180  | 34,0 | —    | 23,0 | 23,0       | —   | —                   | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 20  | 210  | 39,0 | —    | 27,0 | 30,0       | —   | —                   | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 25  | 240  | 43,0 | 24,0 | 32,0 | 36,0       | 230 | —                   | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 30  | 270  | 47,0 | 28,0 | 36,0 | 42,0       | 260 | —                   | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 40  | 340  | 53,0 | 36,0 | 40,0 | 55,0       | 275 | 5,30                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 50  | 410  | 62,0 | 42,0 | 48,0 | 67,0       | 266 | 6,70                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 60  | 480  | 70,0 | 49,0 | 55,0 | 77,0       | 260 | 8,10                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 70  | 550  | 76,0 | 54,0 | 61,0 | 85,0       | 248 | 9,50                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 80  | 620  | 82,0 | 58,0 | 67,0 | 92,0       | 236 | 10,8                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 90  | 690  | 86,0 | 63,0 | 72,0 | 100        | 224 | 11,6                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 100                                       | 760  | 90,0 | 67,0 | 76,0 | 110        | 210 | 12,4                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 110                                       | 830  | 94,0 | 71,0 | 79,0 | 120        | 209 | 13,2                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 120                                       | 900  | 98,0 | 75,0 | 83,0 | 130        | 208 | 14,0                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 130                                       | 970  | 101  | 77,0 | 87,0 | 140        | 207 | 14,9                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 140                                       | 1040 | 104  | 82,0 | 90,0 | 150        | 206 | 15,6                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 150                                       | 1110 | 107  | 85,0 | 93,0 | 160        | 205 | 16,2                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 160                                       | 1180 | 110  | 89,0 | 96,0 | 170        | 204 | 16,9                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 170                                       | 1250 | 113  | 92,0 | 99,0 | 180        | 203 | 17,5                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 180                                       | 1320 | 115  | 95,0 | 101  | 190        | 202 | 18,1                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 190                                       | 1390 | 117  | 97,0 | 103  | 200        | 201 | 18,8                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 200                                       | 1460 | 120  | 100  | 105  | 210        | 200 | 19,4                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 210                                       | 1530 | 122  | 102  | 106  | 220        | 199 | 20,0                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 220                                       | 1600 | 125  | 104  | 107  | 230        | 198 | 20,7                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 230                                       | 1670 | 127  | 105  | 108  | 240        | 197 | 21,3                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 240                                       | 1740 | 129  | 107  | 109  | 250        | 196 | 21,8                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 250                                       | 1810 | 132  | 108  | 109  | 260        | 195 | 22,4                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 260                                       | 1880 | 135  | 109  | 110  | 270        | 194 | 22,9                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 270                                       | 1950 | 138  | 109  | 110  | 280        | 193 | 23,3                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 280                                       | 2020 | 141  | 110  | 110  | 290        | 192 | 23,8                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 290                                       | 2090 | 144  | 110  | 110  | 300        | 191 | 24,4                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 300                                       | 2160 | 147  | 110  | 110  | 310        | 190 | 24,9                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 310                                       | 2230 | 150  | 110  | 110  | 320        | 189 | 25,5                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 320                                       | 2300 | 153  | 110  | 110  | 330        | 188 | 26,1                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 330                                       | 2370 | 156  | 110  | 110  | 340        | 187 | 26,7                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 340                                       | 2440 | 159  | 110  | 110  | 350        | 186 | 27,3                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 350                                       | 2510 | 162  | 110  | 110  | 360        | 185 | 27,9                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 360                                       | 2580 | 165  | 110  | 110  | 370        | 184 | 28,5                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 370                                       | 2650 | 168  | 110  | 110  | 380        | 183 | 29,1                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 380                                       | 2720 | 171  | 110  | 110  | 390        | 182 | 29,7                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 390                                       | 2790 | 174  | 110  | 110  | 400        | 181 | 30,3                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 400                                       | 2860 | 177  | 110  | 110  | 410        | 180 | 30,9                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 410                                       | 2930 | 180  | 110  | 110  | 420        | 179 | 31,5                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 420                                       | 3000 | 183  | 110  | 110  | 430        | 178 | 32,1                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 430                                       | 3070 | 186  | 110  | 110  | 440        | 177 | 32,7                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 440                                       | 3140 | 189  | 110  | 110  | 450        | 176 | 33,3                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 450                                       | 3210 | 192  | 110  | 110  | 460        | 175 | 33,9                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 460                                       | 3280 | 195  | 110  | 110  | 470        | 174 | 34,5                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 470                                       | 3350 | 198  | 110  | 110  | 480        | 173 | 35,1                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 480                                       | 3420 | 201  | 110  | 110  | 490        | 172 | 35,7                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 490                                       | 3490 | 204  | 110  | 110  | 500        | 171 | 36,3                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 500                                       | 3560 | 207  | 110  | 110  | 510        | 170 | 36,9                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 510                                       | 3630 | 210  | 110  | 110  | 520        | 169 | 37,5                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 520                                       | 3700 | 213  | 110  | 110  | 530        | 168 | 38,1                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 530                                       | 3770 | 216  | 110  | 110  | 540        | 167 | 38,7                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 540                                       | 3840 | 219  | 110  | 110  | 550        | 166 | 39,3                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 550                                       | 3910 | 222  | 110  | 110  | 560        | 165 | 39,9                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 560                                       | 3980 | 225  | 110  | 110  | 570        | 164 | 40,5                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 570                                       | 4050 | 228  | 110  | 110  | 580        | 163 | 41,1                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 580                                       | 4120 | 231  | 110  | 110  | 590        | 162 | 41,7                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 590                                       | 4190 | 234  | 110  | 110  | 600        | 161 | 42,3                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 600                                       | 4260 | 237  | 110  | 110  | 610        | 160 | 42,9                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 610                                       | 4330 | 240  | 110  | 110  | 620        | 159 | 43,5                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 620                                       | 4400 | 243  | 110  | 110  | 630        | 158 | 44,1                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 630                                       | 4470 | 246  | 110  | 110  | 640        | 157 | 44,7                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 640                                       | 4540 | 249  | 110  | 110  | 650        | 156 | 45,3                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 650                                       | 4610 | 252  | 110  | 110  | 660        | 155 | 45,9                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 660                                       | 4680 | 255  | 110  | 110  | 670        | 154 | 46,5                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 670                                       | 4750 | 258  | 110  | 110  | 680        | 153 | 47,1                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 680                                       | 4820 | 261  | 110  | 110  | 690        | 152 | 47,7                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 690                                       | 4890 | 264  | 110  | 110  | 700        | 151 | 48,3                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 700                                       | 4960 | 267  | 110  | 110  | 710        | 150 | 48,9                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 710                                       | 5030 | 270  | 110  | 110  | 720        | 149 | 49,5                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 720                                       | 5100 | 273  | 110  | 110  | 730        | 148 | 50,1                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 730                                       | 5170 | 276  | 110  | 110  | 740        | 147 | 50,7                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 740                                       | 5240 | 279  | 110  | 110  | 750        | 146 | 51,3                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 750                                       | 5310 | 282  | 110  | 110  | 760        | 145 | 51,9                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 760                                       | 5380 | 285  | 110  | 110  | 770        | 144 | 52,5                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 770                                       | 5450 | 288  | 110  | 110  | 780        | 143 | 53,1                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 780                                       | 5520 | 291  | 110  | 110  | 790        | 142 | 53,7                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 790                                       | 5590 | 294  | 110  | 110  | 800        | 141 | 54,3                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 800                                       | 5660 | 297  | 110  | 110  | 810        | 140 | 54,9                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 810                                       | 5730 | 300  | 110  | 110  | 820        | 139 | 55,5                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 820                                       | 5800 | 303  | 110  | 110  | 830        | 138 | 56,1                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 830                                       | 5870 | 306  | 110  | 110  | 840        | 137 | 56,7                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 840                                       | 5940 | 309  | 110  | 110  | 850        | 136 | 57,3                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 850                                       | 6010 | 312  | 110  | 110  | 860        | 135 | 57,9                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 860                                       | 6080 | 315  | 110  | 110  | 870        | 134 | 58,5                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 870                                       | 6150 | 318  | 110  | 110  | 880        | 133 | 59,1                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 880                                       | 6220 | 321  | 110  | 110  | 890        | 132 | 59,7                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 890                                       | 6290 | 324  | 110  | 110  | 900        | 131 | 60,3                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 900                                       | 6360 | 327  | 110  | 110  | 910        | 130 | 60,9                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 910                                       | 6430 | 330  | 110  | 110  | 920        | 129 | 61,5                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |
| 920                                       | 6500 | 333  | 110  | 110  | 930        | 128 | 62,1                | —                   | —    | —                   | —                   | —    | —    |   |                     |                     |

23. Температурный коэффициент линейного расширения, удельная теплоемкость и теплопроводность бериллия различной частоты [114]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |      | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot K^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |    | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot K^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |    |
|------|-----------------------------|------|---|---|-----------------------------|----|---|---|-----------------------------|---|-----------------------------|----|
|      | I                           | II   |   |   | III                         | IV |   |   |                             |   | V                           | VI |
| 1    | —                           | —    | —                                       | $2,5 \cdot 10^{-8}$                               | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 2    | —                           | —    | —                                       | $5,11 \cdot 10^{-8}$                              | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 3    | —                           | —    | —                                       | $7,9 \cdot 10^{-8}$                               | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 4    | —                           | —    | —                                       | $1,09 \cdot 10^{-4}$                              | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 5    | —                           | —    | —                                       | $1,44 \cdot 10^{-4}$                              | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 6    | —                           | —    | —                                       | $1,80 \cdot 10^{-4}$                              | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 7    | —                           | —    | —                                       | $2,25 \cdot 10^{-4}$                              | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 8    | —                           | —    | —                                       | $2,71 \cdot 10^{-4}$                              | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 9    | —                           | —    | —                                       | $3,36 \cdot 10^{-4}$                              | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 10   | —                           | —    | —                                       | $3,89 \cdot 10^{-4}$                              | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 15   | —                           | —    | —                                       | $8,42 \cdot 10^{-4}$                              | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 20   | —                           | —    | —                                       | $1,61 \cdot 10^{-3}$                              | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 25   | —                           | —    | —                                       | $2,79 \cdot 10^{-3}$                              | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 30   | —                           | —    | —                                       | $4,50 \cdot 10^{-3}$                              | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 40   | —                           | —    | —                                       | $9,96 \cdot 10^{-3}$                              | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 50   | —                           | —    | —                                       | 0,0192  | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 60   | —                           | —    | —                                       | 0,0341  | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 70   | —                           | —    | —                                       | 0,0562  | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 80   | 4,50                        | 2,30 | —                                       | 0,0906  | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 90   | 5,00                        | 2,40 | —                                       | 0,139   | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |
| 100  | 5,35                        | 2,50 | —                                       | 0,199   | —                           | —  | —                                       | —   | —                           | —                                       | —                           | —  |

Продолжение табл. 23

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |      | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot K^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |     | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |      |
|------|-----------------------------|------|---|---|-----------------------------|-----------------------------|-----|---|-----------------------------|------|
|      | I                           | II   |   |   |                             | III                         | IV  |   | V                           | VI   |
| 110  | 5,75                        | 2,60 | —                                       | 0,272   | 9,56                        | 112                         | 168 | 179                                     | 3,15                        | 3,95 |
| 120  | 6,20                        | 2,70 | —                                       | 0,345   | 9,62                        | 111                         | 167 | 178                                     | 3,60                        | 4,00 |
| 130  | 6,70                        | 2,80 | —                                       | 0,435   | 9,68                        | 111                         | 166 | 177                                     | 4,05                        | 4,05 |
| 140  | 7,20                        | 2,90 | —                                       | 0,525   | 9,74                        | 110                         | 164 | 176                                     | 4,50                        | 4,10 |
| 150  | 7,70                        | 3,10 | —                                       | 0,624   | 9,80                        | 110                         | 162 | 175                                     | 5,05                        | 4,20 |
| 160  | 8,20                        | 3,20 | —                                       | 0,723   | 9,86                        | 109                         | 160 | 173                                     | 5,60                        | 4,30 |
| 170  | 8,70                        | 3,30 | —                                       | 0,822   | 9,92                        | 108                         | 158 | 172                                     | 6,15                        | 4,40 |
| 180  | 9,20                        | 3,50 | —                                       | 0,921   | 9,98                        | 107                         | 156 | 171                                     | 6,90                        | 4,50 |
| 190  | 9,70                        | 3,70 | —                                       | 0,966   | 10,3                        | 106                         | 154 | 170                                     | 7,60                        | 4,65 |
| 200  | 10,2                        | 3,90 | —                                       | 1,11  | 10,5                        | 105                         | 152 | 168                                     | 8,30                        | 4,80 |
| 210  | 10,7                        | 4,10 | —                                       | 1,20  | 10,6                        | 104                         | 152 | 167                                     | 8,95                        | 5,00 |
| 220  | 11,2                        | 4,30 | —                                       | 1,29  | 10,7                        | 104                         | 151 | 167                                     | 9,60                        | 5,20 |
| 230  | 11,7                        | 4,50 | —                                       | 1,38  | 10,8                        | 103                         | 149 | 165                                     | 10,3                        | 5,45 |
| 240  | 12,2                        | 4,80 | —                                       | 1,47  | 10,9                        | 103                         | 148 | 164                                     | 11,0                        | 5,70 |
| 250  | 12,7                        | 5,10 | —                                       | 1,56  | 11,0                        | 102                         | 148 | 164                                     | 11,5                        | 6,00 |
| 260  | 13,2                        | 5,30 | —                                       | 1,64  | 11,1                        | 101                         | 146 | 161                                     | 12,1                        | 6,30 |
| 273  | 13,7                        | 5,70 | —                                       | 1,74  | 11,1                        | 100                         | 144 | 161                                     | 12,8                        | 6,70 |
| 280  | 14,0                        | 6,00 | —                                       | 1,81  | 11,3                        | 99,0                        | 142 | 161                                     | 13,2                        | 7,00 |
| 293  | —                           | 6,50 | —                                       | 1,91  | 11,4                        | 98,2                        | 140 | 160                                     | —                           | —    |
| 300  | —                           | 6,80 | —                                       | 1,97  | 11,5                        | 97,0                        | 138 | 156                                     | —                           | —    |

Примечания. Массовые доли бериллия в материале, %: I — 99,0 (монокристалл, полученный зонной плавкой); II — 99,5 (монокристалл); III — 99,9 (получен спеканием порошков); IV — 99,9 (холоднопрессованный и спеченный); V — 99,9 (холоднопрессованный и спеченный, выдержанный по режиму 1273 К, 1000 ч); VI — 99,9 (горячепрессованный); VII — 99,9 (горячепрессованный, выдержанный по режиму 1273 К, 1000 ч); VIII — 99,9 (монокристалл, полученный зонной плавкой).

Методы измерения:  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительным методом, с помощью дифференциального кварцевого dilatометра ( $\Delta$  — измерение в направлении, перпендикулярном оси образца;  $\bar{\alpha}$  — измерение в направлении, параллельном оси образца); погрешность измерения  $\pm 3\%$ ;  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 2\%$ );  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 2\%$ ).

Для материала II приведенные значения  $\alpha$  получены из выражения  $\alpha = 1/3\alpha_{II} + 2/3\alpha_I$ .



24. Удельная теплоемкость и теплопроводность бериллийалюминиевых сплавов при 300 К [114]

| Химический состав, % |    | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|----------------------|----|---|---|
| Al                   | Be |   |   |
| 24                   | 76 | 1,69  | —   |
| 33                   | 67 | 1,67  | 19,2  |
| 36                   | 64 | 1,65  | 21,4  |
| 43                   | 57 | 1,54  | 19,3  |

6. ЩЕЛОЧНЫЕ, ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ,  
МАГНИЙ И СПЛАВЫ НА ИХ ОСНОВЕ

1. Теплопроводность, удельная и молярная теплоемкость щелочных металлов [41]

| T, K | Li  |   | K   |   | Na  | Cs  | Rb  |   | Fr  |   |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p$<br>Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
| 2    | 40  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 3    | 70  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 4    | 150   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 5    | 170   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 6    | 190   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 7    | 210   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 8    | 230   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 9    | 240   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 10   | 250   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 15   | 350   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 20   | 420   | 0,0820  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 25   | 400   | 0,0837  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 30   | 370   | 0,104   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 40   | 280   | 0,312   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 50   | 220   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 60   | 180   | 0,333   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 70   | 260   | 0,480   | —   | —   | —   | 0,214   | —   | —   | —   | —   |
| 80   | 240   | 0,501   | —   | —   | —   | 0,214   | 60,0  | —   | —   | —   |
| 90   | 230   | 0,522   | —   | —   | —   | 0,214   | 75,0  | —   | —   | —   |
| 100  | 230   | 0,544   | —   | —   | —   | 0,214   | 90,0  | —   | —   | —   |
| 110  | —   | 0,555   | —   | —   | —   | 0,215   | 110   | —   | —   | —   |
| 120  | —   | 0,565   | —   | —   | —   | 0,215   | —   | —   | —   | —   |
| 130  | —   | 0,575   | —   | —   | —   | 0,215   | —   | —   | —   | —   |
| 140  | —   | 0,585   | —   | —   | —   | 0,216   | —   | —   | —   | —   |
| 150  | —   | 0,594   | 190   | —   | —   | 0,216   | —   | —   | —   | —   |
| 160  | —   | 0,601   | 170   | —   | —   | 0,216   | —   | —   | —   | —   |
| 170  | —   | 0,607   | 160   | —   | —   | 0,216   | —   | —   | —   | —   |
| 180  | —   | 0,610   | 150   | —   | —   | 0,217   | —   | —   | —   | —   |
| 190  | —   | 0,612   | 140   | —   | —   | 0,217   | —   | —   | —   | —   |
| 200  | —   | 0,615   | 130   | —   | —   | 0,217   | —   | —   | —   | —   |
| 210  | —   | 0,621   | 120   | —   | —   | 0,217   | —   | —   | —   | —   |
| 220  | —   | 0,628   | 110   | 0,690   | 143   | 0,217   | —   | —   | —   | —   |
| 230  | —   | 0,631   | 108   | 0,695   | 142   | 0,218   | —   | —   | —   | —   |
| 240  | —   | 0,634   | 106   | 0,700   | 141   | 0,218   | —   | —   | —   | —   |
| 250  | —   | 0,636   | 104   | 0,710   | 139   | 0,218   | —   | —   | —   | —   |
| 260  | —   | 0,637   | 103   | 0,720   | 138   | 0,218   | —   | —   | —   | —   |
| 273  | —   | 0,640   | 101   | 0,730   | 136   | 0,218   | —   | 0,335   | 3,78  | 3,295   |
| 280  | —   | 0,641   | 100   | 0,735   | 135   | 0,234   | —   | 0,345   | 3,79  | 3,301   |
| 293  | 71,1  | 0,643   | 99,0  | 0,745   | 134   | 0,251   | 35,5  | 0,356   | 3,79  | —   |
| 300  | 71,1  | 0,644   | 98,0  | 0,750   | 133   | 0,251   | 35,6  | 0,357   | —   | —   |

Примечание. Литий (Li) — массовая доля лития в образце 98,5%; при 293 К  $\alpha = 56,0 \cdot 10^{-6}$  К<sup>-1</sup>. Натрий (Na) — химический состав, %: Na > 98,5; Fe ≤ 0,02; K ≤ 0,5. Цезий (Cs) — при 300 К  $\alpha = 97,0 \cdot 10^{-6}$  К<sup>-1</sup>. Рубидий (Rb) — при 300 К  $\alpha = 90,0 \cdot 10^{-6}$  К<sup>-1</sup>. Франций (Fr) — встречающийся изотоп <sup>223</sup>Fr искусственного радиоактивного элемента со средней продолжительностью жизни 32 мин.

Методы измерения для Li, K, Na, Cs и Rb:  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения ±1%);  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения ±3%). Значения  $c_p$  и  $\lambda$  для Fr предсказаны на основе системы неполяризованных ионных радиусов R путем построения коррелятивных зависимостей физико-химических свойств Fr (как аналога K, Rb и Cs) от универсальной постоянной  $tg(\hat{R}, n)$ , где n — число электронов на внешней орбитали. Числовые данные, полученные по коррелятивным зависимостям и по статистическим признакам, совпадают в пределах погрешности построения.

## 2. Удельная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения кальция [114, 146]

| T, K | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ |      | T, K | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ |      |
|------|---|---------------------|------|------|---|---------------------|------|
|      |   | К <sup>-1</sup>     |      |      |   | К <sup>-1</sup>     |      |
| 1    | 0,0000811   | —                   | 42,0 | 110  | 1,01  | 49,4                | 64,7 |
| 2    | 0,000289  | —                   | —    | 120  | 1,03  | 52,4                | 65,2 |
| 3    | 0,000760  | —                   | —    | 130  | 1,05  | 54,6                | 65,7 |
| 4    | 0,00160   | —                   | —    | 140  | 1,06  | 56,9                | 66,2 |
| 5    | 0,00298   | —                   | —    | —    | —   | —                   | —    |
| 6    | 0,00510   | —                   | —    | 150  | 1,08  | 58,6                | 66,6 |
| 7    | 0,00860   | —                   | —    | 160  | 1,09  | 60,4                | 67,0 |
| 8    | 0,0122  | —                   | —    | 170  | 1,11  | 61,7                | 67,3 |
| 9    | 0,0180  | —                   | —    | 180  | 1,12  | 63,1                | 67,6 |
| 10   | 0,0238  | 0,702               | 50,5 | 190  | 1,13  | 64,1                | 67,8 |
| 15   | 0,0780  | 2,80                | 51,5 | 200  | 1,14  | 65,2                | 68,0 |
| 20   | 0,155   | 5,01                | 52,4 | 210  | 1,15  | 65,9                | 68,2 |
| 25   | 0,359   | 11,0                | 53,9 | 220  | 1,16  | 66,7                | 68,5 |
| 30   | 0,364   | 13,0                | 55,3 | 230  | 1,17  | 67,2                | 68,5 |
| 40   | 0,544   | 17,0                | 56,9 | 240  | 1,18  | 67,8                | 68,6 |
| 50   | 0,695   | 23,0                | 58,3 | 250  | 1,19  | 68,1                | 68,6 |
| 60   | 0,793   | 29,0                | 60,0 | 260  | 1,20  | 68,4                | 68,7 |
| 70   | 0,860   | 33,0                | 60,6 | 273  | 1,21  | 68,6                | 68,8 |
| 80   | 0,910   | 38,0                | 61,6 | 280  | 1,22  | 68,7                | 68,8 |
| 90   | 0,950   | 42,4                | 62,7 | 293  | 1,23  | 68,8                | —    |
| 100  | 0,980   | 46,3                | 64,2 | 300  | 1,24  | 68,8                | 68,8 |

Примечание. Массовая доля кальция 99,5%; материал получен электролизом хлористых солей при 1023 К и плотности тока  $10^6$  А·м<sup>-2</sup>.  
Методы измерения:  $c_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром (погрешность измерения:  $\pm 1\%$  для  $T < 20$  К;  $\pm 0,2\%$  для  $T > 20$  К);  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительным методом, с помощью кварцевого дифференциального dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

3. Удельная теплоемкость  $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, щелочноземельных металлов [114]

| T, K | I     | II    |
|------|-------|-------|
| 293  | 0,285 | 0,310 |
| 300  | 0,287 | 0,311 |

Примечание. I — барий; получен алюминотермическим способом при нагревании в вакууме; массовая доля бария в образце 99,98%; структура плотная; II — стронций; получен методом алюминотермического восстановления окиси стронция; массовая доля стронция в образце 99,3%.

## 4. Удельная теплоемкость, температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность магния различной чистоты [114, 146]

| T, K | $c_p \cdot 10^{-3}$                  |       | $\alpha \cdot 10^6$ |      | T, K | $c_p \cdot 10^{-3}$                  |       | $\alpha \cdot 10^6$ |      |
|------|--------------------------------------|-------|---------------------|------|------|--------------------------------------|-------|---------------------|------|
|      | Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |       | К <sup>-1</sup>     |      |      | Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |       | К <sup>-1</sup>     |      |
|      | I                                    | II    | I                   | II   |      | I                                    | II    | I                   | II   |
| 1    | 0,0000551                            | —     | 0,0124              | 16,7 | 110  | 0,695                                | 0,678 | 16,3                | 22,2 |
| 2    | 0,000117                             | —     | 0,0243              | 16,7 | 120  | 0,741                                | 0,717 | 17,6                | 22,4 |
| 3    | 0,000190                             | —     | 0,0371              | 16,8 | 130  | 0,776                                | 0,757 | 18,5                | 22,8 |
| 4    | 0,000290                             | —     | 0,0506              | 16,8 | 140  | 0,812                                | 0,802 | 19,4                | 23,2 |
| 5    | 0,000440                             | —     | 0,0653              | 16,9 | 150  | 0,837                                | 0,837 | 23,5                | 23,5 |
| 6    | 0,000590                             | —     | 0,0811              | 16,9 | 160  | 0,862                                | 0,863 | 21,0                | 23,7 |
| 7    | 0,000850                             | —     | 0,0984              | 17,0 | 170  | 0,880                                | 0,884 | 21,6                | 23,9 |
| 8    | 0,00108                              | —     | 0,118               | 17,0 | 180  | 0,901                                | 0,902 | 22,2                | 24,1 |
| 9    | 0,00150                              | —     | 0,139               | 17,1 | 190  | 0,916                                | 0,922 | 22,7                | 24,2 |
| 10   | 0,00190                              | —     | 0,162               | 17,3 | 200  | 0,932                                | 0,940 | 23,2                | 24,4 |
| 15   | 0,00580                              | —     | 0,281               | 17,6 | 210  | 0,948                                | 0,957 | 23,6                | 24,6 |
| 20   | 0,0150                               | —     | 0,400               | 17,9 | 220  | 0,955                                | 0,973 | 23,9                | 24,7 |
| 25   | 0,0320                               | —     | 0,900               | 18,2 | 230  | 0,965                                | 0,984 | 24,2                | 24,8 |
| 30   | 0,0590                               | —     | 1,40                | 18,6 | 240  | 0,975                                | 0,994 | 24,4                | 25,0 |
| 40   | 0,138                                | —     | 3,30                | 19,2 | 250  | 0,982                                | 1,001 | 24,6                | 25,0 |
| 50   | 0,235                                | 0,418 | 5,70                | 19,8 | 260  | 0,992                                | 1,040 | 24,8                | 25,0 |
| 60   | 0,336                                | 0,464 | 8,10                | 20,4 | 273  | 1,00                                 | 1,065 | 25,1                | 25,2 |
| 70   | 0,430                                | 0,509 | 10,3                | 20,9 | 280  | 1,01                                 | 1,066 | 25,2                | 25,3 |
| 80   | 0,513                                | 0,555 | 12,2                | 21,3 | 293  | 1,01                                 | 1,068 | 25,4                | —    |
| 90   | 0,586                                | 0,601 | 13,9                | 21,7 | 300  | 1,02                                 | 1,070 | 25,5                | 25,4 |
| 100  | 0,646                                | 0,649 | 15,4                | 22,1 | —    | —                                    | —     | —                   | —    |

Примечание. I — химический состав (по номиналу), %: Mg  $\geq 99,9$ ; Al  $\leq 0,02$ ; Cl  $\leq 0,005$ ; Cu  $\leq 0,04$ ; Fe  $\leq 0,04$ ; K  $\leq 0,005$ ; Mn  $\leq 0,04$ ; Na  $\leq 0,01$ ; Ni  $\leq 0,001$ ; Si  $\leq 0,01$ ; II — химический состав, %: Mg 99,974; Al 0,0059; Cu 0,0009; Fe 0,0044; Mn 0,0028; Si 0,006; Zn 0,006.  
Методы измерения:  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 0,5\%$ );  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительным методом, с помощью интерференционного динамического dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ). При 293 К для состава II  $\lambda = 157$  Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>.

## 5. Удельная теплоемкость и теплопроводность сплавов калия с натрием [114, 141]

| T, K | K44   |  | K78   |  |
|------|---|--|---|--|
|      | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
| 260  | —   | —  | 0,997   | 20,6   |
| 273  | —   | —  | 0,988   | 20,9   |
| 280  | —   | 24,5   | 0,984   | 21,1   |
| 293  | 1,17  | 24,6   | 0,975   | 21,4   |
| 300  | 1,16  | 24,7   | 0,971   | 21,5   |

Примечание. Сплавы K44 и K78 содержат соответственно 44 и 78% массовых долей калия.  
Метод измерения:  $c_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром (погрешность измерения  $\pm 2\%$ );  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

6. Теплопроводность и удельная теплосмкость магниевых литейных сплавов [114, 141]

| Т, К | Мл2   |   | Мл3   | Мл4   |   | Мл5   |   | Мл6   |   | Мл7-1   |   |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\rho$ ·10 <sup>-3</sup> , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |   | $\lambda$   | $\rho$ ·10 <sup>-3</sup> , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>                 | $\rho$ ·10 <sup>-3</sup> , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>                 | $\rho$ ·10 <sup>-3</sup> , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>                 | $\rho$ ·10 <sup>-3</sup> , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
| 293  | 134   | —   | 105   | 79,5  | —   | 77,4  | —   | 77,4  | —   | 75,3  | —   |
| 298  | —   | 1,05  | 1,05  | —   | 1,05  | —   | 1,04  | —   | 1,05  | —   | 1,05  |
| Т, К | Мл10  |   | Мл11  |   | Мл12  |   | Мл14  |   | Мл15  |   | ВМл1  |
|      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\rho$ ·10 <sup>-3</sup> , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\rho$ ·10 <sup>-3</sup> , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>                 | $\rho$ ·10 <sup>-3</sup> , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>                 | $\rho$ ·10 <sup>-3</sup> , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>                 | $\rho$ ·10 <sup>-3</sup> , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |   |
| 293  | 113   | —   | 117   | —   | 134   | —   | —   | 109   | —   | 138   | —   |
| 298  | —   | 1,05  | —   | 1,05  | —   | 1,05  | —   | —   | 1,05  | —   | 1,05  |

Примечание. Химический состав сплавов, %:

Продолжение табл. 6

| Элемент | Мл2   | Мл3      | Мл4      | Мл5      | Мл6      | Мл7-1   | Мл10    | Мл11    | Мл12    | Мл14    | Мл15    | ВМл1   |
|---------|-------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Al      | ≤0,1  | 2,5—3,5  | 5—7      | 7,5—9    | 9—10,2   | 5—6,5   | ≤0,03   | ≤0,03   | ≤0,03   | 1,7—2,3 | ≤0,03   | —      |
| Ca      | —     | —        | —        | —        | —        | 0,2—0,5 | —       | —       | —       | —       | —       | —      |
| Cu      | ≤0,1  | ≤0,1     | ≤0,1     | ≤0,1     | ≤0,1     | ≤0,1    | ≤0,03   | ≤0,03   | ≤0,03   | ≤0,03   | ≤0,03   | ≤0,03  |
| Fe      | ≤0,08 | ≤0,08    | ≤0,08    | ≤0,08    | ≤0,08    | ≤0,08   | ≤0,03   | ≤0,03   | ≤0,01   | ≤0,01   | ≤0,01   | ≤0,01  |
| La      | —     | —        | —        | —        | —        | —       | —       | —       | —       | —       | 0,6—1,2 | —      |
| Mg      | Осн.  | Осн.     | Осн.     | Осн.     | Осн.     | Осн.    | Осн.    | Осн.    | Осн.    | Осн.    | Осн.    | Осн.   |
| Mn      | 1—2   | 0,15—0,5 | 0,15—0,5 | 0,15—0,5 | 0,10—0,5 | 0,3—0,6 | —       | —       | —       | —       | —       | —      |
| Nd      | —     | —        | —        | —        | —        | —       | 0,2—2,8 | —       | —       | —       | —       | —      |
| Ni      | ≤0,01 | ≤0,01    | ≤0,01    | ≤0,01    | ≤0,01    | ≤0,01   | ≤0,01   | ≤0,01   | ≤0,01   | ≤0,005  | ≤0,01   | ≤0,005 |
| Si      | ≤0,1  | ≤0,25    | ≤0,25    | ≤0,25    | ≤0,25    | ≤0,25   | ≤0,03   | ≤0,03   | ≤0,03   | ≤0,03   | ≤0,03   | ≤0,02  |
| Th      | —     | —        | —        | —        | —        | —       | —       | —       | —       | 2,6—3,8 | —       | 2,5—4  |
| Zn      | ≤0,05 | 0,5—1,5  | 2—3      | 0,2—0,8  | 0,6—1,2  | 0,3—0,7 | 0,1—0,7 | 0,2—0,7 | 4—5     | —       | 4—5     | —      |
| Zr      | —     | —        | —        | —        | —        | —       | 0,4—1   | 0,4—0,8 | 0,6—1,1 | 0,5—1   | 0,7—1   | 0,5—1  |

Состояние образцов: Мл2, Мл3, Мл7-1 — литые; Мл4, Мл5 — закаленные; Мл12, Мл14, Мл15 — состаренные; Мл6, Мл10, Мл11, ВМл1 — закаленные и состаренные.

7. Удельная теплоемкость и теплопроводность магневых деформируемых сплавов [114, 141]

| T, K | λ, Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>                     |     |      |      |      |     |     |      |      |        |       |            |
|------|--|-----|------|------|------|-----|-----|------|------|--------|-------|------------|
|      | МА2-1  | МА1 | МА2  | МА3  | МА5  | МА8 | МА9 | МА11 | МА13 | ВМ65-1 | ВМД-1 | «Электрон» |
|      | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |     |      |      |      |     |     |      |      |        |       |            |
| 20   | —  | —   | —    | —    | —    | —   | —   | —    | —    | —      | —     | —          |
| 80   | 0,561  | —   | —    | —    | —    | —   | —   | —    | —    | —      | —     | —          |
| 293  | 1,25   | —   | —    | —    | 54,5 | —   | —   | —    | —    | —      | —     | 116        |
| 300  | —  | 126 | 96,2 | 71,1 | 58,6 | 134 | 146 | 109  | 121  | 117    | 126   | —          |

Примечание. Состояние образцов: МА2-1 — образцы отжигали по режиму 553 К, 30 мин; МА1, МА8 и МА9 отжигали по режиму 623 К, 30 мин; МА11 — отжигали по режиму 623 К, 1 ч; МА3 — отжигали по режиму 623 К, 4 ч; МА5 и МА13 — закаливали; ВМ65-1 — подвергали искусственному старению.

Химический состав сплавов, %:

| Элемент | МА2-1   | МА1     | МА2      | МА3      | МА5      | МА8     | МА9     | МА11    | МА13    | ВМ65-1  | ВМД-1  | «Электрон» |
|---------|---------|---------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|------------|
| Al      | 3,8—5   | ≤0,3    | 3—4      | 5,5—7    | 7,8—9,2  | ≤0,3    | 0,3—0,7 | ≤0,2    | ≤0,2    | ≤0,05   | ≤0,2   | 2,5        |
| Be      | ≤0,02   | ≤0,02   | ≤0,02    | ≤0,02    | ≤0,02    | ≤0,02   | ≤0,02   | ≤0,02   | ≤0,02   | —       | ≤0,02  | —          |
| Ca      | —       | —       | —        | —        | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —      | —          |
| Cu      | ≤0,05   | ≤0,05   | ≤0,05    | ≤0,05    | ≤0,05    | ≤0,05   | ≤0,05   | ≤0,05   | ≤0,05   | ≤0,05   | ≤0,05  | 0,5        |
| Fe      | ≤0,05   | ≤0,05   | ≤0,05    | ≤0,05    | ≤0,05    | ≤0,05   | ≤0,05   | ≤0,05   | ≤0,05   | ≤0,05   | ≤0,05  | —          |
| Mg      | Осн.    | Осн.    | Осн.     | Осн.     | Осн.     | Осн.    | Осн.    | Осн.    | Осн.    | Осн.    | Осн.   | Осн.       |
| Mn      | 0,4—0,8 | 1,3—2,5 | 0,15—0,5 | 0,15—0,5 | 0,15—0,5 | 1,5—2,5 | 1—1,3   | 1,5—2,5 | 0,4—0,8 | —       | 1,2—2  | —          |
| Ni      | —       | —       | —        | —        | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —      | —          |
| Ni      | ≤0,005  | ≤0,01   | ≤0,05    | ≤0,05    | ≤0,05    | ≤0,01   | ≤0,1    | ≤0,15   | ≤0,005  | ≤0,005  | ≤0,005 | —          |
| Si      | ≤0,01   | ≤0,3    | ≤0,1     | ≤0,3     | ≤0,3     | ≤0,15   | ≤0,15   | ≤0,15   | ≤0,15   | ≤0,15   | ≤0,15  | —          |
| Th      | —       | —       | —        | —        | —        | —       | —       | —       | —       | —       | —      | —          |
| Zn      | 0,8—1,5 | ≤0,3    | 0,2—0,8  | 0,2—0,8  | 0,2—0,8  | ≤0,3    | ≤0,1    | ≤0,2    | ≤0,2    | 5—6     | ≤0,2   | 4          |
| Zr      | —       | —       | —        | —        | —        | —       | —       | —       | —       | 0,3—0,9 | —      | —          |

7. РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ  
НА ИХ ОСНОВЕ1. Удельная теплоемкость  $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, поликристаллического иттербия марки ИТМ-1 [128]

| T, K | I     | II    | T, K | I     | II    |
|------|-------|-------|------|-------|-------|
| 80   | 0,136 | 0,136 | 200  | 0,154 | 0,165 |
| 90   | 0,133 | 0,133 | 210  | 0,154 | 0,165 |
| 100  | 0,136 | 0,136 | 220  | 0,154 | 0,165 |
| 110  | 0,138 | 0,138 | 230  | 0,156 | 0,167 |
| 120  | 0,140 | 0,140 | 240  | 0,156 | 0,167 |
| 130  | 0,143 | 0,143 | 250  | 0,158 | 0,167 |
| 140  | 0,145 | 0,145 | 260  | 0,160 | 0,167 |
| 150  | 0,154 | 0,185 | 270  | 0,163 | 0,167 |
| 160  | 0,154 | 0,181 | 280  | 0,163 | 0,170 |
| 170  | 0,151 | 0,165 | 290  | 0,163 | 0,170 |
| 180  | 0,151 | 0,165 | 300  | 0,163 | 0,170 |
| 190  | 0,150 | 0,165 |      |       |       |

Примечание. Номинальная чистота иттербия 99,91%; отношение удельного электросопротивления при 300 К к удельному электросопротивлению при 4,2 К равно 20.  
Масса образца 1,4 г. Перед измерением образцы отжигали в вакууме при 673 К в течение 2 ч.  
Метод измерения  $c_p$  — монотонный нагрев (в теплообменном микрокалориметре) со скоростью нагрева и охлаждения 10 К·ч<sup>-1</sup> (погрешность измерения ±5%).  
I — зависимость  $c_p(T)$  при нагреве; II — зависимость  $c_p(T)$  при охлаждении.  
Термоупругие аномалии теплоемкости в иттербии обнаруживаются при 390—400 К (при нагревании) и при 145—150 К (при охлаждении).

2. Температурный коэффициент линейного расширения поликристаллического иттербия при глубоком охлаждении [114]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | T, K | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | T, K | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|------|---------------------------------------|------|---------------------------------------|------|---------------------------------------|
| 1    | 0,0314                                | 4    | 0,208                                 | 7    | 0,680                                 |
| 2    | 0,0710                                | 5    | 0,321                                 | 8    | 0,701                                 |
| 3    | 0,137                                 | 6    | 0,476                                 | 9    | 0,999                                 |
|      |                                       |      |                                       | 10   | 1,67                                  |

Примечание. Массовая доля иттербия в образцах 99,9%.

## 3. Температурный коэффициент линейного расширения, удельная теплоемкость и теплопроводность лантана [114]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |
|------|-----------------------------|--|---|------|-----------------------------|--|---|
|      |                             |  |   |      |                             |  |   |
| 1    | 0,0244                      | —  | —                                       | 7    | 0,305                       | —  | —                                       |
| 2    | 0,0512                      | —  | —                                       | 273  | —                           | —  | —                                       |
| 3    | 0,0828                      | —  | —                                       | 280  | —                           | 0,278  | 13,8                                    |
| 4    | 0,134                       | —  | —                                       | 293  | —                           | —  | 13,8                                    |
| 5    | 0,160                       | —  | —                                       | 300  | —                           | —  | 13,9                                    |
| 6    | 0,230                       | —  | —                                       |      |                             |  |   |

Примечание. Химический состав образцов, %: La 99,76; C 0,0152; Ca < 0,05; Ce < 0,03; Sr 0,01; N<sub>2</sub> 0,0033; Mg 0,02; N<sub>2</sub> 0,0013; Nd 0,2; O<sub>2</sub> 0,0455; Pr < 0,03; Ta < 0,1.

## 4. Удельная теплоемкость и теплопроводность скандия, эрбия и тербия [114]

| T, K | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ |        |         | T, K | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ |       |      |
|------|--|--------|---------|------|--|-------|------|
|      | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$            |        |         |      | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$            |       |      |
|      | I  | II     | III     |      | I  | II    | III  |
| 1    | 0,000267   | —      | 0,00421 | 110  | 0,400  | —     | —    |
| 2    | 0,000505   | —      | 0,00852 | 120  | 0,417  | 0,146 | —    |
| 3    | 0,000747   | —      | 0,0128  | 130  | 0,436  | 0,148 | —    |
| 4    | 0,00100  | —      | 0,0213  | 140  | 0,455  | 0,149 | —    |
| 5    | 0,00130  | —      | 0,0656  | 150  | 0,469  | 0,151 | —    |
| 6    | 0,00170  | —      | 0,110   | 160  | 0,482  | 0,153 | —    |
| 7    | 0,00210  | —      | 0,123   | 170  | 0,493  | 0,155 | —    |
| 8    | 0,00250  | —      | 0,136   | 180  | 0,504  | 0,157 | —    |
| 9    | 0,00290  | —      | 0,149   | 190  | 0,512  | 0,158 | —    |
| 10   | 0,00331  | —      | 0,161   | 200  | 0,520  | 0,159 | —    |
| 15   | 0,00700  | —      | 0,182   | 210  | 0,527  | 0,159 | —    |
| 20   | 0,0139   | —      | 0,195   | 220  | 0,533  | 0,160 | —    |
| 25   | 0,0259   | 0,0922 | 0,199   | 230  | 0,538  | 0,160 | —    |
| 30   | 0,0477   | 0,117  | 0,200   | 240  | 0,544  | 0,161 | —    |
| 40   | 0,0954   | 0,142  | —       | 250  | 0,549  | 0,161 | —    |
| 50   | 0,145  | 0,167  | —       | 260  | 0,553  | 0,162 | —    |
| 60   | 0,198  | 0,176  | —       | 273  | 0,560  | 0,163 | —    |
| 70   | 0,226  | 0,185  | —       | 280  | 0,562  | 0,165 | —    |
| 80   | 0,289  | 0,187  | —       | 293  | 0,568  | 0,167 | 10,3 |
| 90   | 0,353  | 0,190  | —       | 300  | 0,573  | 0,168 | —    |
| 100  | 0,364  | 0,192  | —       |      |  |       |      |

Примечание. I — скандий поликристаллический; химический состав, %: Sc 99,8; Ag < 0,01; As < 0,1; Bi < 0,01; Fe < 0,01; Gd < 0,01; K < 0,01; La < 0,01; N<sub>2</sub> < 0,01; Sb < 0,01; Zr < 0,01; образцы получали вакуумной дистилляцией; при 293 K  $\lambda = 16,0 Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ .

II — эрбий; при 293 K  $\lambda = 9,62 Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ ; при 300 K  $\lambda = 9,63 Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ .

III — тербий монокристаллический; при 293 K  $c_p = 172 Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ .

Метод измерения  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 0,5\%$ ).

## 5. Удельная теплоемкость и теплопроводность церия, празеодима и неодима [114]

| T, K | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ |      | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |      | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ |       | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |   |
|------|--|------|---|------|--|-------|---|---|
|      | I  |      | II                                      |      | I  |       | II                                      |   |
|      | III  |      | III                                     |      | III  |       | III                                     |   |
| 250  | —  | —    | —                                       | —    | 0,201  | —     | —                                       | — |
| 260  | —  | —    | —                                       | —    | 0,201  | —     | —                                       | — |
| 273  | —  | —    | —                                       | —    | 0,202  | —     | —                                       | — |
| 280  | —  | —    | —                                       | —    | 0,203  | —     | —                                       | — |
| 293  | 0,206  | 10,9 | 12,0                                    | 12,0 | 0,204  | 0,201 | —                                       | — |
| 300  | 0,192  | 10,9 | 12,0                                    | 12,0 | 0,205  | 0,188 | 12,9                                    | — |

Примечание. I — церий; химический состав, %: Ce 99,92; Ca < 0,01; Cu < 0,05; Sm < 0,02.

II — празеодим; химический состав, %: Pr 99,8; Ca < 0,05; Ce + La + Nd + Ta < 0,10; Fe 0,01; Sm < 0,02.

III — неодим; химический состав, %: Nd 99,98; Ca 0,10; Fe < 0,01; Pr < 0,01; Sm < 0,02; Ta < 0,03; Zr < 0,02.

Метод измерения  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 0,2\%$ ).

6. Теплопроводность  $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ , церия, празеодима, неодима, самария и европия при глубоком охлаждении [167]

| T, K | I     | II   | III  | IV    | V     | VI    | VII   |
|------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 1,0  | 0,130 | 2,70 | —    | 0,370 | 0,370 | 0,302 | 0,650 |
| 2,0  | 0,281 | 5,81 | 11,0 | 0,602 | 0,601 | 0,550 | 1,25  |
| 3,0  | 0,402 | 7,80 | 14,0 | 0,921 | 0,802 | 0,851 | 1,90  |
| 4,0  | 0,580 | 8,61 | 14,7 | 1,25  | 1,01  | 1,20  | 2,60  |
| 5,0  | 0,802 | 8,30 | 14,0 | 1,60  | 1,22  | 1,40  | 3,16  |
| 6,0  | 0,981 | 7,90 | 12,9 | 1,85  | 1,42  | 1,81  | 3,80  |
| 7,0  | 1,23  | 7,31 | 11,8 | 2,20  | 1,80  | 2,10  | —     |
| 8,0  | 1,45  | 7,02 | 11,0 | 2,45  | 2,30  | 2,30  | —     |
| 9,0  | 1,76  | 6,54 | 10,3 | 2,75  | 2,90  | 2,55  | —     |
| 10   | 2,15  | 6,20 | 9,60 | 3,10  | 3,65  | 2,80  | —     |
| 11   | —     | 5,80 | 8,91 | —     | —     | 3,10  | —     |
| 12   | —     | 5,51 | 8,52 | —     | —     | 3,30  | —     |
| 13   | —     | 5,20 | 8,10 | —     | —     | 3,65  | —     |
| 14   | —     | 5,03 | 8,03 | —     | —     | 3,85  | —     |

Примечание. I — церий неотожженный; II — празеодим неотожженный; III — празеодим отожженный; IV — неодим неотожженный; V — неодим отожженный; VI — самарий неотожженный; VII — европий неотожженный. Все образцы поликристаллические.

Метод измерения  $\lambda$  — стационарным тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 5\%$ ).

7. Теплопроводность и удельная теплоемкость гадолиния, самария, европия, гольмия, тулия, диспрозия, иттрия и лютеция [114, 141]

| T, К | Гадолиний                                       |  | Самарий | Европий | Гольмий | Тулий |
|------|---|--|---------|---------|---------|-------|
|      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |         |         |         |       |
| 280  | 9,10  | 0,298  | 0,181   | 0,178   | —       | 0,160 |
| 293  | 9,20  | —  | —       | —       | 0,163   | —     |

  

| T, К | Диспрозий                                       |      | Иттрий   | Лютеций   |   |      |
|------|---|------|--|---|---|------|
|      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |      | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^3$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |      |
| 280  | —   | —    | —  | 0,222   | —   | —    |
| 293  | 0,173   | 10,0 | 14,7   | —   | 0,154   | 16,0 |

Примечание. Метод измерения  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 0,2\%$ ).

8. Температурный коэффициент линейного расширения поликристаллов сплава тербий—гадолиний [153]

| T, К | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | T, К | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | T, К | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|------|---------------------------------------|------|---------------------------------------|------|---------------------------------------|
| 100  | 0,83                                  | 170  | 0,91                                  | 240  | 0,96                                  |
| 110  | 0,83                                  | 180  | 0,92                                  | 250  | 0,96                                  |
| 120  | 0,85                                  | 190  | 0,93                                  | 260  | 0,96                                  |
| 130  | 0,86                                  | 200  | 0,94                                  | 270  | 0,96                                  |
| 140  | 0,87                                  | 210  | 0,95                                  | 280  | 0,96                                  |
| 150  | 0,88                                  | 220  | 0,95                                  | 290  | 0,96                                  |
| 160  | 0,90                                  | 230  | 0,96                                  | 300  | 0,96                                  |

Примечание. Массовая доля тербия в сплаве 80%. Сплав получен дуговой плавкой в среде аргона. Используемые металлы высокой степени чистоты.

9. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6$ , К<sup>-1</sup>, сплавов тербий—гадолиний при воздействии магнитного поля [153]

| T, К | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 100  | 0,67 | 0,47 | 0,16 | 0,93 | 0,65 | 0,32 |
| 110  | 0,68 | 0,50 | 0,18 | 0,95 | 0,66 | 0,33 |
| 120  | 0,69 | 0,51 | 0,19 | 0,96 | 0,67 | 0,37 |
| 130  | 0,70 | 0,52 | 0,21 | 0,97 | 0,68 | 0,41 |
| 140  | 0,72 | 0,53 | 0,22 | 0,98 | 0,69 | 0,43 |
| 150  | 0,73 | 0,53 | 0,23 | 0,98 | 0,69 | 0,46 |
| 160  | 0,74 | 0,54 | 0,25 | 1,01 | 0,70 | 0,49 |
| 170  | 0,75 | 0,55 | 0,27 | 1,01 | 0,70 | 0,50 |
| 180  | 0,76 | 0,56 | 0,28 | 1,02 | 0,70 | 0,53 |
| 190  | 0,77 | 0,56 | 0,29 | 1,02 | 0,69 | 0,54 |
| 200  | 0,79 | 0,57 | 0,30 | 1,01 | 0,69 | 0,55 |
| 210  | 0,80 | 0,58 | 0,31 | 1,00 | 0,68 | 0,56 |
| 220  | 0,81 | 0,59 | 0,33 | 0,97 | 0,67 | 0,56 |
| 230  | 0,82 | 0,59 | 0,34 | 0,95 | 0,66 | 0,55 |
| 240  | 0,83 | 0,60 | 0,35 | 0,93 | 0,65 | 0,53 |
| 250  | 0,84 | 0,60 | 0,36 | 0,88 | 0,63 | 0,51 |
| 260  | 0,85 | 0,60 | 0,38 | 0,81 | 0,59 | 0,50 |
| 270  | 0,86 | 0,61 | 0,40 | 0,77 | 0,56 | 0,48 |
| 280  | 0,87 | 0,61 | 0,42 | 0,75 | 0,53 | 0,48 |
| 290  | 0,88 | 0,61 | 0,43 | 0,68 | 0,52 | 0,50 |
| 300  | 0,89 | 0,61 | 0,45 | 0,67 | 0,53 | 0,51 |

Примечание. Образцы — монокристаллы гексагональной структуры, полученные по методу Чохральского. Использовались исходные материалы высокой чистоты.  
Вдоль оси легкого намагничивания приложено магнитное поле напряженностью  $2 \cdot 10^4$  А·м<sup>-1</sup>, обеспечивающее одномерное состояние.  
Массовая доля гадолиния: I — 90% (поле вдоль оси «в»); II — 80% (поле вдоль оси «в»); III — 61% (поле вдоль оси «в»); IV — 90% (поле вдоль гексагональной оси); V — 80% (поле вдоль гексагональной оси); VI — 61% (поле вдоль гексагональной оси).

1. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, золота различной чистоты [119, 164]

| T, K | I   | II  | III | IV   | V   | T, K | I   | II  | III | IV  | V   |
|------|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1    | 25  | 65  | 100 | 300  | 160 | 30   | 200 | 240 | 280 | 400 | 320 |
| 2    | 50  | 110 | 190 | 530  | 290 | 40   | 170 | 200 | 240 | 310 | 240 |
| 3    | 95  | 170 | 260 | 800  | 400 | 50   | 150 | 180 | 200 | 220 | 200 |
| 4    | 110 | 200 | 340 | 1050 | 530 | 60   | 145 | 175 | 180 | 180 | 180 |
| 5    | —   | —   | 430 | —    | —   | 70   | 140 | 160 | 170 | 175 | 170 |
| 6    | —   | —   | 500 | —    | —   | 80   | 140 | 150 | 155 | 160 | 155 |
| 7    | —   | —   | 570 | —    | —   | 90   | 139 | 139 | 139 | 140 | 139 |
| 8    | —   | —   | 640 | —    | —   | 100  | 139 | 139 | 139 | 140 | 139 |
| 9    | —   | —   | 720 | —    | —   | 110  | 138 | 138 | 138 | 140 | 138 |
| 10   | —   | —   | 790 | —    | —   | 120  | 138 | 138 | 138 | 140 | 138 |
| 15   | —   | —   | 800 | —    | —   | 130  | 138 | 138 | 138 | 140 | 138 |
| 20   | 205 | 295 | 315 | 600  | 400 | —    | —   | —   | —   | —   | —   |

Примечание. Материал — золото поликристаллическое, коммерческой чистоты, гранецентрированной кубической структуры.

I — образец цилиндрический (диаметр 2 мм, длина 50 мм), неотожженный; массовая доля золота в образце 99,9%; II — образец цилиндрический (диаметр 2 мм, длина 50 мм); отжиг в вакууме при 973 К в течение 3 ч; последующее остывание до 473 К в течение 6 ч; массовая доля золота в образце 99,9%; III — образец цилиндрический (диаметр 1,5 мм), полученный волочением из прутка диаметром 3 мм, неотожженный; массовая доля золота в образце 99,999%; IV — образец цилиндрический (диаметр 1,5 мм), полученный волочением из прутка диаметром 3 мм; отжиг в вакууме при 973 К в течение 3 ч; последующее остывание до 473 К в течение 6 ч; массовая доля золота в образце 99,999%; V — образец цилиндрический (диаметр 1,3 мм), полученный волочением образца IV. Погрешность измерения  $\pm 5\%$ .

Температуропроводность отожженных пластичных образцов (поликристаллические с гранецентрированной кубической структурой) при 4 К равна  $2,4 \cdot 10^{-2}$  м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>.

2. Температурный коэффициент линейного расширения и удельная теплоемкость золота различной чистоты [114, 146]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6$ |      | $c_p \cdot 10^{-3}$                  |          | T, K | $\alpha \cdot 10^6$ |      | $c_p \cdot 10^{-3}$                  |    |
|------|---------------------|------|--------------------------------------|----------|------|---------------------|------|--------------------------------------|----|
|      | К <sup>-1</sup>     |      | Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |          |      | К <sup>-1</sup>     |      | Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |    |
|      | I                   | II   | I                                    | II       |      | I                   | II   | I                                    | II |
| 1    | —                   | 11,0 | 0,000006                             | —        | 110  | 11,7                | 13,3 | 0,111                                | —  |
| 2    | —                   | 11,0 | 0,000025                             | —        | 120  | 12,1                | 13,4 | 0,114                                | —  |
| 3    | —                   | 11,1 | 0,000070                             | 0,000068 | 130  | 12,3                | 13,5 | 0,116                                | —  |
| 4    | —                   | 11,1 | 0,000160                             | 0,000146 | 140  | 12,5                | 13,6 | 0,118                                | —  |
| 5    | —                   | 11,2 | 0,000290                             | 0,000272 | 150  | 12,6                | 13,6 | 0,119                                | —  |
| 6    | —                   | 11,2 | 0,000500                             | 0,000456 | 160  | 12,8                | 13,7 | 0,120                                | —  |
| 7    | —                   | 11,3 | 0,000740                             | 0,000712 | 170  | 12,9                | 13,7 | 0,121                                | —  |
| 8    | —                   | 11,4 | 0,00120                              | 0,00106  | 180  | 13,1                | 13,8 | 0,122                                | —  |
| 9    | —                   | 11,5 | 0,00170                              | 0,00150  | 190  | 13,2                | 13,8 | 0,123                                | —  |
| 10   | —                   | 11,6 | 0,00220                              | 0,00206  | 200  | 13,3                | 13,8 | 0,124                                | —  |
| 15   | —                   | 11,7 | 0,00740                              | 0,00705  | 210  | 13,4                | 13,9 | 0,124                                | —  |
| 20   | 2,40                | 11,8 | 0,0159                               | 0,0153   | 220  | 13,5                | 13,9 | 0,125                                | —  |
| 25   | 3,60                | 11,9 | 0,0263                               | 0,0251   | 230  | 13,6                | 13,9 | 0,125                                | —  |
| 30   | 4,80                | 12,1 | 0,0371                               | 0,0352   | 240  | 13,7                | 14,0 | 0,126                                | —  |
| 40   | 6,70                | 12,3 | 0,0572                               | —        | 250  | 13,8                | 14,0 | 0,127                                | —  |
| 50   | 8,20                | 12,6 | 0,0726                               | —        | 260  | 13,9                | 14,1 | 0,127                                | —  |
| 60   | 9,20                | 12,7 | 0,0842                               | —        | 273  | 14,0                | 14,1 | 0,128                                | —  |
| 70   | 10,0                | 12,9 | 0,0928                               | —        | 280  | 14,0                | 14,1 | 0,128                                | —  |
| 80   | 10,6                | 13,0 | 0,0992                               | —        | 293  | 14,1                | —    | 0,129                                | —  |
| 90   | 11,1                | 13,1 | 0,104                                | —        | 300  | 14,1                | 14,1 | 0,129                                | —  |
| 100  | 11,5                | 13,2 | 0,108                                | —        | —    | —                   | —    | —                                    | —  |

Примечание. I — Массовая доля золота в образце 99,99%; образец в виде тянутой проволоки; II — химический состав, %: Au 97,8; Ag 0,5; Cu 0,2; Fe 1,0; Mg 0,3; Si 0,2; образец в виде тянутой проволоки.

Методы измерения:  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительный, с помощью кварцевого дифференциального dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ );  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 2,5\%$ ).

8. Удельная теплоемкость, температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность серебра различной чистоты [114, 146]

| T, K | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\lambda$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|---|---------------------|---------------------------|---------------------|--|---|
|      |   | К <sup>-1</sup>     |                           |                     |  |   |
|      |   | I                   | II                        | III                 | IV   |   |
| 1    | 0,00000721  | —                   | 14,0                      | —                   | —  | —   |
| 2    | 0,0000239   | —                   | 14,0                      | —                   | —  | —   |
| 3    | 0,0000595   | —                   | 14,1                      | —                   | —  | 4 800   |
| 4    | 0,000124  | —                   | 14,1                      | —                   | —  | 6 600   |
| 5    | 0,000225  | —                   | 14,2                      | —                   | —  | 7 900   |
| 6    | 0,000390  | —                   | 14,2                      | —                   | —  | 9 200   |
| 7    | 0,000605  | —                   | 14,3                      | —                   | —  | 10 300  |
| 8    | 0,000910  | —                   | 14,4                      | —                   | —  | 10 600  |
| 9    | 0,00135   | —                   | 14,5                      | —                   | —  | 10 300  |
| 10   | 0,00180   | 0,10                | 14,6                      | —                   | —  | 10 100  |
| 15   | 0,00640   | 0,55                | 14,8                      | —                   | —  | 6 900   |
| 20   | 0,0155  | 1,00                | 15,1                      | 1,35                | —  | 3 800   |
| 25   | 0,0287  | 2,10                | 15,1                      | 2,27                | —  | 2 750   |
| 30   | 0,0442  | 3,20                | 15,2                      | 3,36                | —  | 1 700   |
| 40   | 0,0780  | 5,80                | 16,0                      | 5,78                | —  | 1 000   |
| 50   | 0,108   | 8,21                | 16,4                      | 7,98                | —  | 770   |
| 60   | 0,133   | 10,1                | 16,7                      | 10,0                | —  | 620   |
| 70   | 0,151   | 11,5                | 16,9                      | 11,7                | —  | 540   |
| 80   | 0,166   | 12,7                | 17,2                      | 13,2                | —  | 500   |
| 90   | 0,177   | 13,7                | 17,4                      | 14,2                | —  | 450   |
| 100  | 0,187   | 14,5                | 17,6                      | 15,7                | —  | 400   |
| 110  | 0,193   | 15,0                | 17,6                      | —                   | —  | 390   |
| 120  | 0,200   | 15,6                | 17,7                      | —                   | —  | 38  |
| 130  | 0,204   | 16,0                | 17,8                      | —                   | —  | 388   |
| 140  | 0,209   | 16,4                | 18,0                      | —                   | —  | 387   |
| 150  | 0,212   | 16,7                | 18,1                      | —                   | —  | 386   |
| 160  | 0,216   | 17,0                | 18,3                      | —                   | —  | 385   |
| 170  | 0,219   | 17,2                | 18,4                      | —                   | —  | 384   |
| 180  | 0,221   | 17,4                | 18,4                      | —                   | —  | 383   |
| 190  | 0,223   | 17,6                | 18,5                      | —                   | —  | 382   |
| 200  | 0,225   | 17,8                | 18,6                      | —                   | —  | 381   |
| 210  | 0,226   | 17,9                | 18,7                      | —                   | —  | 381   |
| 220  | 0,228   | 18,1                | 18,8                      | —                   | —  | 380   |
| 230  | 0,229   | 18,2                | 18,8                      | —                   | —  | 380   |
| 240  | 0,231   | 18,4                | 18,9                      | —                   | —  | 379   |
| 250  | 0,232   | 18,6                | 18,9                      | —                   | —  | 379   |
| 260  | 0,234   | 18,8                | 19,0                      | —                   | —  | 378   |
| 273  | 0,235   | 18,9                | 19,1                      | —                   | —  | 378   |
| 280  | 0,235   | 19,1                | 19,2                      | —                   | —  | 377   |
| 293  | 0,236   | 19,2                | —                         | —                   | —  | 377   |
| 300  | 0,236   | 19,3                | 19,2                      | —                   | —  | 376   |

Примечание. I — химический состав, %: Ag > 99,99; Cu 0,0005; Fe 0,0003; Mg 0,0001; образец — тянутая проволока; II — химический состав, %: Ag > 99,99; Bi 0,00005; Cu 0,0001; Pb 0,00005; образец — тянутая проволока; материал поликристаллический; III — массовая доля серебра в образце 99,9%; материал поликристаллический; IV — химический состав, %: Ag > 98,0; Cd < 0,5; Cu 0,2; Fe 0,5; Mg < 0,5; Si 0,1; образец — тянутая проволока.

Методы измерения:  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 2,5\%$ );  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительным методом, с помощью интерференционного динамического dilatометра (погрешность измерения  $\pm 5\%$ );  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 10\%$ ).

4. Теплопроводность, удельная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения платины различной чистоты [114, 146]

| T, К | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ |                | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|---|--|---------------------|----------------|--|---|
|      |   |  | $\alpha$            | $\bar{\alpha}$ |  |   |
|      |   |  |                     |                |  |   |
|      |   |  | I                   |                | II   | III   |
| 1    | —   | 0,0000352  | 0,0201              | 6,66           | —  | —   |
| 2    | 350   | 0,0000741  | 0,0404              | 6,67           | —  | —   |
| 3    | —   | 0,000122   | 0,0615              | 6,68           | —  | —   |
| 4    | —   | 0,000186   | —                   | 6,70           | —  | —   |
| 5    | 1080  | 0,000278   | —                   | 6,72           | —  | —   |
| 6    | —   | 0,000370   | —                   | 6,74           | —  | —   |
| 7    | —   | 0,000520   | —                   | 6,76           | —  | —   |
| 8    | —   | 0,000670   | —                   | 6,79           | —  | —   |
| 9    | —   | 0,000890   | —                   | 6,83           | —  | —   |
| 10   | 1230  | 0,00112  | 0,08                | 6,89           | —  | —   |
| 15   | —   | 0,00330  | 0,29                | 7,02           | —  | —   |
| 20   | 500   | 0,00740  | 0,50                | 7,14           | —  | —   |
| 25   | 380   | 0,0137   | 1,00                | 7,26           | —  | —   |
| 30   | 260   | 0,0212   | 1,50                | 7,38           | —  | —   |
| 40   | —   | 0,0380   | 2,60                | 7,59           | —  | —   |
| 50   | —   | 0,0551   | 3,80                | 7,78           | 0,0423   | —   |
| 60   | —   | 0,0680   | 4,70                | 7,94           | 0,0553   | —   |
| 70   | —   | 0,0792   | 5,40                | 8,06           | 0,0663   | —   |
| 80   | —   | 0,0881   | 6,00                | 8,17           | 0,0750   | —   |
| 90   | —   | 0,0940   | 6,50                | 8,27           | 0,0810   | —   |
| 100  | —   | 0,100  | 6,80                | 8,34           | 0,0941   | —   |
| 110  | —   | 0,104  | 7,05                | 8,42           | 0,0980   | —   |
| 120  | —   | 0,109  | 7,30                | 8,50           | 0,103  | —   |
| 130  | —   | 0,112  | 7,50                | 8,56           | 0,106  | —   |
| 140  | —   | 0,116  | 7,70                | 8,63           | 0,110  | —   |
| 150  | —   | 0,118  | 7,85                | 8,67           | 0,112  | —   |
| 160  | —   | 0,121  | 8,00                | 8,72           | 0,115  | —   |
| 170  | —   | 0,123  | 8,15                | 8,76           | 0,119  | —   |
| 180  | —   | 0,125  | 8,30                | 8,80           | 0,121  | —   |
| 190  | —   | 0,126  | 8,40                | 8,83           | 0,123  | —   |
| 200  | —   | 0,127  | 8,50                | 8,86           | 0,126  | 70,3  |
| 210  | —   | 0,128  | 8,55                | 8,86           | 0,127  | 70,3  |
| 220  | —   | 0,129  | 8,60                | 8,87           | 0,128  | 70,3  |
| 230  | —   | 0,130  | 8,65                | 8,87           | 0,129  | 70,3  |
| 240  | —   | 0,130  | 8,70                | 8,88           | 0,130  | 70,3  |
| 250  | —   | 0,131  | 8,75                | 8,89           | 0,131  | 70,3  |
| 260  | —   | 0,131  | 8,80                | 8,90           | 0,131  | 70,3  |
| 273  | —   | 0,132  | 8,80                | 8,90           | 0,132  | 70,4  |
| 280  | —   | 0,132  | 8,90                | 8,90           | 0,132  | 70,4  |
| 293  | —   | 0,133  | 8,90                | —              | 0,133  | 70,5  |
| 300  | —   | 0,133  | 8,90                | 8,90           | 0,134  | 70,7  |

Примечание. I — массовая доля платины в образцах 99,999%; образцы отожженные; II — химический состав, %: Pt 99,94%; Ag, Ca, Cu, Fe, Mg — следы; Pd 0,01; Rh 0,03; образцы отожженные; III — химический состав, %: Pt 99,986; Ag 0,0008; Al 0,0016; Au 0,0011; Cu 0,0022; Fe 0,0005; Ir 0,0030; Mg 0,0008; Pd 0,0016; Rh 0,0022; образцы отожженные.

Методы измерения:  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 3\%$ );  $c_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром (погрешность измерения  $\pm 1\%$ );  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительным методом, с помощью кварцевого дифференциального dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

5. Удельная теплоемкость, теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения металлов платиновой группы иридия, родия, палладия и осмия [114, 146]

| T, К | Иридий   |   | Родий  |   | Палладий            |                           |  | Осмий    |                 |      |
|------|--|---|--|---|---------------------|---------------------------|--|----------|-----------------|------|
|      | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |          |                 |      |
|      |  |   |  |   |                     |                           |  |          | К <sup>-1</sup> |      |
|      |  |   |  |   |                     |                           |  |          |                 |      |
| 1    | —  | —   | 0,0000481  | —   | 5,46                | —                         | 0,0000991  | —        | 8,23            |      |
| 2    | —  | 270   | 0,0000971  | —   | —                   | 160                       | 20,0   | 0,000203 | —               |      |
| 3    | —  | —   | 0,000147   | —   | —                   | —                         | 27,0   | 0,000318 | —               |      |
| 4    | —  | —   | 0,000201   | —   | —                   | —                         | 34,0   | 0,000447 | —               |      |
| 5    | —  | 640   | 0,000260   | —   | —                   | 370                       | 40,0   | 0,000669 | —               |      |
| 6    | —  | —   | 0,000320   | —   | —                   | —                         | —  | 0,000891 | —               |      |
| 7    | —  | —   | 0,000395   | —   | —                   | —                         | —  | 0,00115  | —               |      |
| 8    | —  | —   | 0,000470   | —   | —                   | —                         | —  | 0,00141  | —               |      |
| 9    | —  | —   | 0,000560   | —   | —                   | —                         | —  | 0,00210  | —               |      |
| 10   | —  | 1200  | 0,000650   | —   | —                   | 690                       | 85,0   | 0,00310  | —               |      |
| 15   | —  | —   | 0,00135  | —   | —                   | —                         | —  | 0,00471  | —               |      |
| 20   | —  | 1780  | 0,00271  | 0,09  | 5,86                | 1100                      | 135,0  | 0,00922  | 0,50            | 8,83 |
| 25   | 0,00418  | —   | 0,00561  | 0,24  | 5,98                | —                         | 133,0  | 0,0160   | 0,90            | 8,98 |
| 30   | 0,0166   | 1400  | 0,0106   | 0,40  | 6,09                | —                         | 130,0  | 0,0258   | 1,30            | 9,13 |
| 40   | 0,0290   | —   | 0,0266   | 0,90  | 6,29                | —                         | —  | 0,0507   | 2,50            | 9,40 |
| 50   | 0,0377   | —   | 0,0489   | 1,70  | 6,50                | —                         | —  | 0,0777   | 3,80            | 9,67 |
| 60   | 0,0540   | —   | 0,0724   | 2,50  | 6,70                | —                         | —  | 0,101    | 4,90            | 9,91 |
| 70   | 0,0710   | —   | 0,0940   | 3,20  | 6,86                | —                         | —  | 0,122    | 5,90            | 10,0 |
| 80   | 0,0780   | 228   | 0,114  | 3,90  | 6,99                | 262                       | —  | 0,139    | 6,70            | 10,3 |
| 90   | 0,0850   | 198   | 0,132  | 4,50  | 7,14                | 280                       | —  | 0,154    | 7,40            | 10,4 |
| 100  | 0,0920   | 173   | 0,147  | 5,00  | 7,25                | 174                       | —  | 0,167    | 8,10            | 10,6 |
| 110  | 0,0971   | 167   | 0,159  | 5,45  | 7,36                | 170                       | —  | 0,177    | 8,55            | 10,6 |
| 120  | 0,102  | 160   | 0,171  | 5,90  | 7,47                | 166                       | —  | 0,188    | 9,00            | 10,8 |
| 130  | 0,105  | 157   | 0,180  | 6,20  | 7,56                | 162                       | —  | 0,195    | 9,35            | 10,9 |
| 140  | 0,109  | 154   | 0,189  | 6,50  | 7,65                | 158                       | —  | 0,202    | 9,70            | 10,9 |
| 150  | 0,113  | 153   | 0,196  | 6,70  | 7,72                | 157                       | —  | 0,207    | 9,95            | 11,0 |
| 160  | 0,115  | 153   | 0,202  | 6,90  | 7,80                | 155                       | —  | 0,213    | 10,2            | 11,1 |
| 170  | 0,117  | 152   | 0,207  | 7,10  | 7,85                | 154                       | —  | 0,217    | 10,4            | 11,1 |
| 180  | 0,118  | 151   | 0,212  | 7,30  | 7,90                | 154                       | —  | 0,221    | 10,7            | 11,2 |
| 190  | 0,119  | 151   | 0,216  | 7,45  | 7,95                | 153                       | —  | 0,224    | 10,8            | 11,2 |
| 200  | 0,121  | 150   | 0,220  | 7,60  | 8,00                | 153                       | —  | 0,227    | 10,9            | 11,3 |
| 210  | 0,123  | 150   | 0,223  | 7,70  | 8,04                | 153                       | —  | 0,229    | 11,1            | 11,3 |
| 220  | 0,125  | 149   | 0,226  | 7,80  | 8,09                | 142                       | —  | 0,232    | 11,2            | 11,4 |
| 230  | 0,126  | 149   | 0,229  | 7,90  | 8,14                | 152                       | —  | 0,234    | 11,2            | 11,4 |
| 240  | 0,127  | 148   | 0,232  | 8,00  | 8,19                | 151                       | —  | 0,236    | 11,3            | 11,4 |
| 250  | 0,127  | 148   | 0,234  | 8,05  | 8,22                | 151                       | —  | 0,237    | 11,3            | 11,5 |
| 260  | 0,128  | 148   | 0,236  | 8,10  | 8,25                | 151                       | —  | 0,239    | 11,4            | 11,5 |
| 273  | 0,131  | 148   | 0,239  | 8,20  | 8,30                | 151                       | —  | 0,240    | 11,5            | 11,5 |
| 280  | 0,132  | 148   | 0,240  | 8,30  | 8,40                | 150                       | —  | 0,241    | 11,5            | 11,6 |
| 293  | 0,133  | 148   | 0,242  | 8,40  | —                   | 150                       | —  | 0,242    | 11,6            | —    |
| 300  | 0,134  | 148   | 0,243  | 8,42  | 8,40                | 150                       | 75,7   | 0,243    | 11,6            | 11,6 |

Примечание. Химический состав металлов, %: иридий — Ir 99,994; Pd 0,001; Rh 0,035; Ru 0,0035; образцы отожженные; родий — Rh > 99,90; Ag 0,0035; Fe 0,005; Ir 0,03—0,10; Pd 0,002; образцы отожженные; палладий — Pd > 99,99; Ag 0,0001; Au 0,0005; Cu 0,0001; Fe 0,0005; Pt 0,0002; Rh 0,005; образцы отожженные; осмий — Os 99,95; Ag 0,001; Cu 0,0002; Fe 0,0005; Rh 0,002; Ru 0,03. При 273 К удельная теплоемкость  $c_p = 130$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>.

Методы измерения:  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 1\%$ );  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 3\%$ );  $\alpha$  и  $\bar{\alpha}$  — относительным методом, с помощью кварцевого дифференциального dilatометра (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).



## 6. Теплопроводность и удельная теплоемкость платиновольфрамового сплава при глубоком охлаждении [156]

| T, K | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|---|--|------|---|--|------|---|--|
| 0,04 | —   | 0,0041                                       | 0,2  | —   | 0,0030                                       | 0,9  | —   | 0,020  |
| 0,05 | —   | 0,0030                                       | 0,3  | —   | 0,0049                                       | 1,0  | —   | 0,022  |
| 0,06 | —   | 0,0027                                       | 0,4  | —   | 0,0068                                       | 1,5  | 0,12  | —  |
| 0,07 | —   | 0,0025                                       | 0,5  | —   | 0,0095                                       | 2,0  | 0,16  | —  |
| 0,08 | —   | 0,0023                                       | 0,6  | —   | 0,013  | 3,0  | 0,26  | —  |
| 0,09 | —   | 0,0022                                       | 0,7  | —   | 0,015  | 4,0  | 0,40  | —  |
| 0,1  | —   | 0,0021                                       | 0,8  | —   | 0,018  |      |   |  |

Примечание. Материал — высокоомный сплав Pt—W; химический состав, %: Pt 91—92; W 9—8; плотность 21340 кг·м<sup>-3</sup>, применяется в виде проволоки для нагревателей.

Образцы цилиндрические (диаметр 6,3—6,4 мм, длина 70—80 мм).

Метод измерения  $c_p$  — тепловым импульсом (погрешность измерения  $c_p$  и  $\lambda \pm 10\%$ ).

## 7. Теплопроводность сплавов на основе благородных металлов [114, 141]

| T, K | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |      |      |     |     |      |      |      |      |      |
|------|---|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|
|      | 1   | 2    | 3    | 4   | 5   | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| 293  | 31,0  | 35,1 | 92,0 | 142 | 222 | 37,7 | 36,0 | 29,7 | 23,0 | 17,6 |
| 300  | 30,8  | 35,0 | 91,7 | 140 | 221 | 37,5 | 36,1 | 29,8 | 23,1 | 17,7 |

  

| T, K | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |      |     |     |      |     |     |     |     |     |
|------|---|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
|      | 11  | 12   | 13  | 14  | 15   | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  |
| 293  | 16,3  | 15,5 | 293 | 197 | 70,3 | 351 | 347 | 340 | 314 | 100 |
| 300  | 16,4  | 15,6 | 291 | 196 | 70,1 | 350 | 345 | 338 | 313 | 99  |

Примечание. Химический состав сплавов, %: 1 — Ag 40; Pd 60; 2 — Ag 50; Pd 50; 3 — Ag 80; Pd 20; 4 — Ag 90; Pd 10; 5 — Ag 95; Pd 5; 6 — Pd 60; Cd 40; 7 — Pt 92; Ni 8; 8 — Ir 10; Pt 90; 9 — Ir 15; Pt 85; 10 — Ir 20; Pt 80; 11 — Ir 25; Pt 75; 12 — Ir 30; Pt 70; 13 — Ag 30; Au 70; 14 — Ag 90; Au 10; 15 — Au 93; Pt 7; 16 — Ag 92,5; Cu 7,5; 17 — Ag 90; Cu 10; 18 — Ag 80; Cu 20; 19 — Ag 50; Cu 50; 20 — Ag 80; Cd 20.

Состояние образцов: 1—6 — механическая обработка в холодном состоянии; 7 — механическая обработка в горячем состоянии; 8—12 — штамповка в холодном состоянии.

8. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, родия, помещенного в магнитное поле [114]

| T, K | Напряженность магнитного поля, А·м <sup>-1</sup> |                   |                   |                    |                   |
|------|--|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
|      | 0  | $5,76 \cdot 10^5$ | $8,56 \cdot 10^5$ | $1,048 \cdot 10^6$ | $1,40 \cdot 10^6$ |
| 2    | 160  | 135               | 123               | 114                | 105               |
| 3    | 222  | 191               | 175               | 162                | 152               |
| 4    | 310  | 275               | 255               | 230                | 217               |

Примечание. Массовая доля родия в материале 99,9995%, образец поликристаллический неотожженный.

## 9. ДЕЛЯЩИЕСЯ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ НА ИХ ОСНОВЕ

## 1. Удельная теплоемкость, теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения урана различной чистоты [114]

| T, K | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |    |
|------|--|---|---------------------------------------|---|----|
|      |  |   |                                       | I   | II |
| 20   | 0,125  | 15,7  | —                                     | —   | —  |
| 100  | 0,126  | 17,0  | 11,0                                  | 20,0  | —  |
| 200  | 0,130  | 17,8  | 11,0                                  | 25,0  | —  |
| 220  | 0,131  | 18,7  | 12,0                                  | 25,1  | —  |
| 250  | 0,132  | 20,0  | 13,0                                  | 25,3  | —  |
| 273  | 0,133  | 21,2  | 13,5                                  | 25,5  | —  |
| 293  | 0,133  | 22,1  | 14,0                                  | 27,0  | —  |
| 300  | 0,134  | 22,5  | 15,0                                  | 27,0  | —  |

Примечание. I — уран литой нетермообработанный,  $\alpha$ -фаза; массовая доля урана в образце 99,7%; II — уран литой, восстановленный кальцием; массовая доля урана в образце 99,5%.

Методы измерения  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 3\%$ );  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

Для урана, восстановленного магнием, закаленного в  $\beta$ -фаза и отожженного в  $\alpha$ -фаза, при  $T = 293$  К:  $\lambda = 23,9$  Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>.

## 2. Молярная теплоемкость плутония при глубоком охлаждении [111]

| T, K | $C_p \cdot 10^3$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $C_p \cdot 10^3$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $C_p \cdot 10^3$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|---|------|---|------|---|
| 3    | 7,25  | 7    | 5,40  | 11   | 6,05  |
| 4    | 5,89  | 8    | 5,00  | 12   | 6,67  |
| 5    | 5,53  | 9    | 5,20  | 13   | 7,30  |
| 6    | 5,43  | 10   | 5,50  | 14   | 7,70  |

Примечание. Материал — саморазогревающийся радиоактивный элемент <sup>242</sup>Pu; мощность саморазогрева около 10<sup>-4</sup> Вт. Масса образца 1,5 кг. Метод измерения — тепловым импульсом (погрешность измерения  $\pm 1\%$ ).

## 3. Удельная теплоемкость, теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения плутония и тория (иодидного, переплавленного в дуговой печи) [114]

| T, K | Плутоний   |                                       |   | Торий  |                                       |   |
|------|--|---------------------------------------|---|--|---------------------------------------|---|
|      | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
| 100  | —  | —                                     | 4,10  | 0,053  | 9,02                                  | 40,4  |
| 200  | 0,133  | —                                     | 4,65  | 0,082  | 10,0                                  | 38,0  |
| 220  | 0,133  | —                                     | 4,78  | 0,089  | 10,2                                  | 37,0  |
| 250  | 0,134  | —                                     | 4,95  | 0,099  | 10,6                                  | 35,8  |
| 273  | 0,134  | —                                     | 5,08  | 0,113  | 10,8                                  | 35,8  |
| 293  | 0,134  | —                                     | 5,13  | 0,114  | 11,0                                  | 35,7  |
| 300  | 0,134  | 50,8                                  | 5,23  | 0,115  | 11,1                                  | 35,6  |

Примечание. Метод измерения  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 5\%$ ). Для искусственно состаренного тория при 300 К  $\lambda = 20,0$  Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>.

## 4. Теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения сплавов урана с алюминием [114]

| T, K | A11  |      |                                    |      | A12  | A14  | A15  | A110 | A120 | A125 | A130 | A150 |
|------|--|------|------------------------------------|------|--|------|------|------|------|------|------|------|
|      | $\lambda, \text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ |      | $\alpha \cdot 10^6, \text{К}^{-1}$ |      | $\lambda, \text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ |      |      |      |      |      |      |      |
| 200  | 14,1   | 13,5 | 13,8                               | 13,6 | 10,4   | 10,1 | 21,3 | 29,1 | 30,6 | 68,2 |      |      |
| 220  | 14,1   | 13,5 | 13,8                               | 13,6 | 10,4   | 10,1 | 21,3 | 29,1 | 30,5 | 67,8 |      |      |
| 250  | 14,1   | 13,6 | 13,9                               | 13,7 | 10,4   | 10,1 | 21,2 | 29,0 | 30,4 | 67,4 |      |      |
| 273  | 14,0   | 13,6 | 13,9                               | 13,7 | 10,3   | 10,1 | 21,2 | 29,0 | 30,3 | 67,0 |      |      |
| 293  | 14,0   | 13,7 | 14,0                               | 13,8 | 10,3   | 10,1 | 21,1 | 28,9 | 30,2 | 66,8 |      |      |
| 300  | 14,0   | 13,8 | 14,1                               | 13,9 | 10,3   | 10,1 | 21,1 | 28,9 | 30,1 | 66,4 |      |      |

Примечание. При 300 К для сплавов: A15 —  $c_p = 0,171 \cdot 10^3$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>; A110 —  $c_p = 0,218 \cdot 10^3$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>; A120 —  $c_p = 0,305 \cdot 10^3$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>; A130 —  $c_p = 0,385 \cdot 10^3$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>; A150 —  $c_p = 0,565 \cdot 10^3$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>; A170 —  $c_p = 0,735 \cdot 10^3$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup> и  $\lambda = 119$  Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>; A180 —  $c_p = 0,825 \cdot 10^3$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup> и  $\lambda = 150$  Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>; A190 —  $c_p = 0,912 \cdot 10^3$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup> и  $\lambda = 186$  Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>.

## 5. Удельная теплоемкость, теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения сплавов уран—молибден, уран—хром, уран—железо, уран—цирконий и уран—висмут при 300 К [114]

| Тип сплава | Марка сплава | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{Дж}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ | $\lambda, \text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, \text{К}^{-1}$ | Тип сплава | Марка сплава                   | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{Дж}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ | $\lambda, \text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, \text{К}^{-1}$ |      |
|------------|--------------|---|--|------------------------------------|------------|--------------------------------|---|--|------------------------------------|------|
|            |              |   |  |                                    |            |                                |   |  |                                    |      |
| U—Mo       | Mo 5         | 0,118   | 25,1   | —                                  | U—Fe       | Fe 5                           | 0,127   | 24,0   | 14,8                               |      |
|            | Mo 10        | 0,118   | 23,1   | —                                  |            | Fe 10                          | 0,145   | 22,0   | 14,7                               |      |
|            | Mo 20        | 0,119   | 24,4   | —                                  |            | Fe 20                          | 0,179   | 18,0   | 14,4                               |      |
|            | Mo 30        | 0,119   | 26,7   | —                                  |            | Fe 30                          | 0,210   | 17,0   | 13,9                               |      |
|            | Mo 40        | 0,119   | 30,2   | —                                  |            | Fe 50                          | 0,280   | 20,0   | 13,6                               |      |
|            | Mo 50        | 0,120   | 39,5   | —                                  |            | Fe 70                          | 0,348   | 33,0   | 13,0                               |      |
|            | Mo 60        | 0,120   | 52,3   | —                                  |            | U—Zr                           | Zr 5  | 0,113  | 19,0                               | 14,5 |
|            | Mo 70        | 0,121   | 67,4   | —                                  |            |                                | Zr 10   | 0,121  | 14,0                               | 14,0 |
|            | Mo 80        | 0,121   | 73,3   | —                                  |            |                                | Zr 20   | 0,142  | 9,02                               | 13,0 |
|            | Mo 90        | 0,121   | 108  | —                                  |            |                                | Zr 30   | 0,159  | 6,01                               | 12,2 |
|            |              |   |  | Zr 50                              | 0,193      |                                | 5,03  | 10,3   |                                    |      |
|            |              |   |  | Zr 70                              | 0,226      |                                | 6,02  | 8,40   |                                    |      |
| U—Cr       | Cr 5         | 0,126   | 21,0   | 14,5                               | U—Bi       |                                | UBi   | —  | 21,0                               | 12,0 |
|            | Cr 10        | 0,142   | 17,0   | 14,0                               |            | U <sub>3</sub> Bi <sub>4</sub> | —   | 19,0   | 11,0                               |      |
|            | Cr 20        | 0,176   | 14,0   | 13,0                               |            | UBi <sub>2</sub>               | —   | 17,0   | 10,0                               |      |
|            | Cr 30        | 0,209   | 10,0   | 12,1                               |            |                                |   |  |                                    |      |
|            | Cr 50        | 0,276   | 8,51   | 10,4                               |            |                                |   |  |                                    |      |
|            | Cr 70        | 0,343   | 16,0   | 8,52                               |            |                                |   |  |                                    |      |

## 10. КРИСТАЛЛЫ ОПТИЧЕСКИЕ

## 1. Температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность монокристаллического синтетического кварца [118]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6$ |      | $\lambda, \text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ |      | T, K | $\alpha \cdot 10^6$ |      | $\lambda, \text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ |      |      |      |
|------|---------------------|------|--|------|------|---------------------|------|--|------|------|------|
|      | К <sup>-1</sup>     |      | К <sup>-1</sup>  |      |      | К <sup>-1</sup>     |      | К <sup>-1</sup>  |      |      |      |
|      |                     | ⊥    |  | ⊥    |      |                     | ⊥    |  | ⊥    |      |      |
| 80   | —                   | 2,20 | —  | 48,9 | 24,5 | 200                 | 6,51 | 5,54   | 12,0 | 17,9 | 9,80 |
| 90   | 5,27                | 2,70 | —  | 38,9 | 21,4 | 210                 | 6,57 | 5,74   | 12,2 | 16,8 | 9,30 |
| 100  | 5,39                | 3,10 | 7,02   | 35,3 | 19,4 | 220                 | 6,63 | 5,92   | 12,4 | 15,8 | 8,82 |
| 110  | 5,51                | 3,40 | 7,60   | 32,7 | 17,7 | 230                 | 6,78 | 6,16   | 12,6 | 14,9 | 8,32 |
| 120  | 5,65                | 3,70 | 8,24   | 30,5 | 16,4 | 240                 | 6,93 | 6,37   | 12,8 | 14,0 | 7,90 |
| 130  | 5,75                | 3,95 | 8,86   | 28,5 | 15,3 | 250                 | 7,04 | 6,58   | 13,0 | 13,2 | 7,50 |
| 140  | 5,85                | 4,20 | 9,44   | 26,6 | 14,2 | 260                 | 7,15 | 6,79   | 13,2 | 12,4 | 7,20 |
| 150  | 5,97                | 4,45 | 10,0   | 25,0 | 13,3 | 273                 | 7,30 | 7,07   | 13,5 | 11,4 | 6,82 |
| 160  | 6,09                | 4,70 | 10,5   | 23,4 | 12,5 | 280                 | 7,35 | 7,22   | 13,6 | 10,9 | 6,60 |
| 170  | 6,19                | 4,90 | 10,9   | 21,8 | 11,7 | 293                 | —    | 7,43   | 13,8 | 10,0 | 6,30 |
| 180  | 6,30                | 5,11 | 11,3   | 20,4 | 11,0 | 300                 | 7,55 | 7,64   | 14,0 | 9,50 | 6,10 |
| 190  | 6,40                | 5,33 | 11,7   | 19,1 | 10,4 |                     |      |  |      |      |      |

Примечание. || — измерения в направлении, параллельном оси; ⊥ — измерения в направлении, перпендикулярном оси.

Метод измерения  $\alpha$  и  $\lambda$  — относительный интерференционный (погрешность измерения  $\pm 1\%$ ).

## 2. Удельная теплоемкость, средний температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность сапфира [192, 198]

| T, K | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{Дж}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ |       |          | $\alpha \cdot 10^6, \text{К}^{-1}$ | $\lambda, \text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ |
|------|---|-------|----------|------------------------------------|--|
|      | I   | II    | III      |                                    |  |
|      |   |       |          |                                    |  |
| 5    | —   | —     | 0,000091 | —                                  | 200  |
| 10   | —   | —     | 0,000088 | —                                  | 1100   |
| 20   | —   | —     | 0,000745 | 2,89                               | 4000   |
| 30   | —   | —     | 0,00258  | 3,01                               | 6000   |
| 40   | —   | —     | 0,00677  | 3,12                               | 6200   |
| 50   | —   | —     | 0,0146   | 3,24                               | 4500   |
| 60   | —   | —     | 0,0276   | 3,38                               | 2600   |
| 70   | —   | —     | 0,0451   | 3,52                               | 1700   |
| 80   | —   | —     | 0,0676   | 3,66                               | 1140   |
| 90   | —   | 0,105 | 0,0944   | 3,77                               | 700  |
| 100  | —   | —     | 0,125    | 3,88                               | 360  |
| 110  | —   | —     | 0,160    | 4,01                               | —  |
| 120  | —   | —     | 0,196    | 4,16                               | —  |
| 130  | —   | —     | 0,234    | 4,29                               | —  |
| 140  | —   | —     | 0,274    | 4,43                               | —  |
| 150  | —   | —     | 0,313    | 4,58                               | —  |
| 160  | —   | —     | 0,352    | 4,73                               | —  |
| 170  | —   | —     | 0,391    | 4,84                               | —  |
| 180  | —   | —     | 0,429    | 4,95                               | —  |
| 190  | —   | —     | 0,466    | 5,06                               | —  |
| 200  | —   | —     | 0,501    | 5,17                               | —  |
| 210  | —   | —     | 0,536    | 5,32                               | —  |
| 220  | —   | —     | 0,568    | 5,47                               | —  |
| 230  | —   | —     | 0,599    | 5,57                               | —  |
| 240  | —   | —     | 0,629    | 5,67                               | —  |
| 250  | —   | —     | 0,657    | 5,71                               | —  |
| 260  | 0,728   | —     | 0,684    | 5,76                               | —  |
| 273  | 0,788   | —     | 0,718    | —                                  | —  |
| 280  | 0,743   | 0,759 | 0,735    | —                                  | —  |
| 293  | 0,748   | 0,768 | 0,762    | —                                  | —  |
| 300  | 0,751   | 0,780 | 0,775    | —                                  | 25,1   |

Примечание. Материал — сапфир Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> синтетический, монокристалл; сингония тригональная.

I — массовая доля Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в материале 99,999%; образцы — диски толщиной 5·10<sup>-4</sup> м, площадью основания 5,084·10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>; метод измерения  $c_p$  — тепловой релаксацией (разогрев образца в калориметре с теплообменным газом — воздухом или гелием — при давлении 1 Па — от галогенной лампы); погрешность измерения  $\pm 3\%$  при разогреве в воздушной среде;  $\pm 5\%$  при разогреве в гелиевой среде.

II — массовая доля Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в материале 99,902%; плотность 3980 кг·м<sup>-3</sup>; метод измерения  $c_p$  — адиабатическим калориметром (исследуемый образец записывали в кварцевую ампулу) малого объема (погрешность измерения  $\pm 0,5\%$ ).

III — химический состав, %: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 99,98; щелочноземельные элементы  $\leq 0,006$ ; нерастворимый осадок  $\leq 0,003$ ; тяжелые металлы  $\leq 0,0005$ . Метод измерения  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром; погрешность измерения  $\pm 10\%$  (в диапазоне от 5 до 30 К) и  $\pm 1\%$  (при T > 30 К); методы измерения:  $\alpha$  — интерференционным, в направлении, параллельном оси кристалла (погрешность измерения  $\pm 5\%$ );  $\lambda$  — стационарным тепловым потоком, параллельным оси кристалла.

## 3. Удельная теплоемкость, теплопроводность и температуропроводность алломатричного граната, активированного неодимом [63]

| T, К | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> |
|------|--|---|--|
| 170  | 240  | 14,6  | 19,0   |
| 180  | 280  | 13,6  | 16,3   |
| 190  | 315  | 12,8  | 14,0   |
| 200  | 340  | 11,9  | 11,4   |
| 210  | 360  | 11,0  | 9,6  |
| 220  | 375  | 10,4  | 8,0  |
| 230  | 400  | 9,6   | 6,8  |
| 240  | 420  | 9,0   | 4,8  |
| 250  | 440  | 8,4   | 4,5  |
| 260  | 450  | 7,9   | 4,3  |
| 270  | 460  | 7,6   | 4,0  |
| 280  | 475  | 7,4   | 3,8  |
| 290  | 485  | 7,3   | 3,5  |
| 300  | 490  | 7,3   | 3,4  |

Примечание. Образцы выращивали методом направленной кристаллизации. Метод измерения  $a$  и  $c_p$  — динамическим калориметром ДК-ас-400 в режиме монотонного нагрева. Погрешность измерения  $a$  и  $c_p$  не более  $\pm 7\%$ .  $\lambda$  вычисляли по формуле  $\lambda = a c_p \rho \gamma$ , где  $\gamma$  — плотность. Достоверность вычисленных значений  $\lambda$  подтверждали измерением на калориметре ДК-ас-400 (результаты расчета и эксперимента практически совпадали).

4. Температурный коэффициент  $\alpha \cdot 10^6$ , К<sup>-1</sup>, линейного расширения кальцита и дигидрофосфата калия [118]

| T, К | Кальцит |      | Дигидрофосфат калия (КДР) |      | T, К | Кальцит |      | Дигидрофосфат калия (КДР) |      |
|------|---------|------|---------------------------|------|------|---------|------|---------------------------|------|
|      |         | ⊥    |                           | ⊥    |      |         | ⊥    |                           | ⊥    |
| 120  | 16,4    | 4,56 | 34,3                      | 21,6 | 220  | 23,2    | 5,53 | 34,3                      | 21,6 |
| 130  | 17,3    | 4,68 | 34,3                      | 21,6 | 230  | 23,6    | 5,58 | 34,3                      | 21,6 |
| 140  | 18,3    | 4,83 | 34,3                      | 21,6 | 240  | 23,9    | 5,62 | 34,3                      | 21,6 |
| 150  | 19,1    | 4,94 | 34,3                      | 21,6 | 250  | 24,1    | 5,65 | 34,3                      | 21,6 |
| 160  | 19,9    | 5,06 | 34,3                      | 21,6 | 260  | 24,3    | 5,67 | 34,3                      | 21,6 |
| 170  | 20,6    | 5,16 | 34,3                      | 21,6 | 273  | 24,4    | 5,68 | 34,3                      | 21,6 |
| 180  | 21,3    | 5,25 | 34,3                      | 21,6 | 280  | —       | —    | 34,3                      | 21,6 |
| 190  | 21,8    | 5,34 | 34,3                      | 21,6 | 293  | —       | —    | 34,3                      | 21,6 |
| 200  | 22,4    | 5,41 | 34,3                      | 21,6 | 300  | —       | —    | 34,3                      | 21,6 |
| 210  | 22,8    | 5,48 | 34,3                      | 21,6 |      |         |      |                           |      |

Примечание. Материалы — природный монокристалл кальцита (CaO·CO<sub>2</sub>) и синтетический монокристалл дигидрофосфата калия (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>). Для синтетического монокристаллического кальцита при 273 К:  $c_p = 0,849 \cdot 10^3$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;  $\lambda_{||} = 4,00$  Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>,  $\lambda_{\perp} = 3,47$  Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>. Для синтетического монокристаллического дигидрофосфата аммония NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (АДР) при 300 К:  $\alpha_{||} = 1,9 \cdot 10^{-6}$  К<sup>-1</sup> и  $\alpha_{\perp} = 39,8 \cdot 10^{-6}$  К<sup>-1</sup>.

|| — измерения в направлении, параллельном оси; ⊥ — измерения в направлении, перпендикулярном оси.

## 5. Удельная теплоемкость, температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность слюды мусковит и флогопит [202]

| Слюда    | T, К | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^7$ , К <sup>-1</sup> |     | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|----------|------|--|---------------------------------------|-----|---|
|          |      |  |                                       | ⊥   |   |
| Мусковит | 90   | —  | —                                     | —   | 140,0   |
|          | 293  | 870,5  | 83                                    | 170 | 167,6   |
|          | 300  | 871,5  | —                                     | —   | 180,0   |
| Флогопит | 293  | 863,1  | 135                                   | 162 | —   |

Примечание. Мусковит — природный кристалл; водный алюмосиликат калия (K<sub>2</sub>O·3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·6SiO<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O); слабой красноватой окраски. Химический состав, %: SiO<sub>2</sub> 45,7; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 37,1; K<sub>2</sub>O 11,2; MgO следы; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,4; F 0,3; H<sub>2</sub>O 4,9. Плотность 2600—3300 кг·м<sup>-3</sup>. Твердость по Моосу ~3.

Флогопит — природный кристалл; двойной алюмосиликат калия и магния; янтарно-желтой окраски. Химический состав, %: SiO<sub>2</sub> 41,2; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 16,3; K<sub>2</sub>O 9,8; MgO 16,3; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 10,7; F 1,9; H<sub>2</sub>O 3,2. Плотность 2600—3200 кг·м<sup>-3</sup>. Твердость по Моосу 2,5—3,0.

|| — направление, параллельное плоскости спайности; ⊥ — направление, перпендикулярное плоскости спайности.

Толщина образцов слюды — мусковит 6 мкм.

Теплопроводность при 90 и 300 К определяли по изменению сопротивления вспомогательного проводящего слоя, нанесенного на исследуемый образец, при пропускании по нему электрического тока.

Погрешность измерения  $\lambda \pm 7\%$  при 90 К и  $\pm 9\%$  при 300 К.

## 6. Температурный коэффициент линейного расширения, теплопроводность, удельная и молярная теплоемкость хлористого натрия и хлористого кадмия [118]

| T, К | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, К | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|---------------------------------------|--|---|--|------|---------------------------------------|--|---|--|
|      |                                       |  |   |  |      |                                       |  |   |  |
| 5    | —                                     | —  | —   | 0,142  | 160  | 32,3                                  | 0,412  | 12,8  | —  |
| 10   | 0,0610                                | 0,00129  | —   | 1,674  | 170  | 33,2                                  | 0,450  | 12,0  | —  |
| 20   | 0,602                                 | 0,0112   | —   | 7,53   | 180  | 34,0                                  | 0,491  | 11,3  | —  |
| 30   | 2,48                                  | 0,0408   | —   | 13,0   | 190  | 34,7                                  | 0,528  | 10,5  | —  |
| 40   | 5,74                                  | 0,0854   | —   | 20,1   | 200  | 35,4                                  | 0,568  | 10,0  | —  |
| 50   | 9,75                                  | 0,142  | —   | 25,9   | 210  | 36,1                                  | 0,608  | 9,50  | —  |
| 60   | 13,8                                  | 0,180  | —   | 33,1   | 220  | 36,6                                  | 0,647  | 9,12  | —  |
| 70   | 17,4                                  | 0,218  | —   | 38,1   | 230  | 37,2                                  | 0,687  | 8,70  | —  |
| 80   | 20,5                                  | 0,250  | 26,6  | 42,7   | 240  | 37,7                                  | 0,726  | 8,31  | —  |
| 90   | 23,1                                  | 0,277  | 23,4  | 46,4   | 250  | 38,1                                  | 0,765  | 7,80  | —  |
| 100  | 25,2                                  | 0,299  | 20,6  | 50,2   | 260  | 38,5                                  | 0,803  | 7,40  | —  |
| 110  | 26,8                                  | 0,313  | 18,7  | —  | 273  | 38,9                                  | 0,854  | 6,97  | —  |
| 120  | 28,4                                  | 0,328  | 17,1  | —  | 280  | 39,1                                  | 0,859  | 6,76  | —  |
| 130  | 29,5                                  | 0,342  | 15,8  | —  | 293  | 39,5                                  | 0,865  | 6,54  | —  |
| 140  | 30,5                                  | 0,357  | 14,7  | —  | 300  | 39,6                                  | 0,870  | 6,32  | —  |
| 150  | 31,4                                  | 0,372  | 13,7  | —  |      |                                       |  |   |  |

Примечание. I — синтетический монокристалл хлористого натрия (NaCl); массовая доля примесей менее 10<sup>-5</sup> %; II — синтетический монокристалл хлористого кадмия (CdCl<sub>2</sub>) марки ЧДА; массовая доля примесей 0,12%.

Метод измерения  $\alpha$  — относительный, на компараторном dilatометре (погрешность измерения  $\pm 2,5\%$ ).

7. Теплопроводность, температуропроводность и удельная теплоемкость хлористого натрия при повышенном давлении [52]

| Давление, Па        | $\lambda \cdot 10^2$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |      |       | $a \cdot 10^3$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> |           |      | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |                     |           |      |       |
|---------------------|--|------|-------|--|-----------|------|--|---------------------|-----------|------|-------|
|                     | $\lambda$  | $a$  | $c_p$ | Давление, Па                                     | $\lambda$ | $a$  | $c_p$  | Давление, Па        | $\lambda$ | $a$  | $c_p$ |
| 1·10 <sup>8</sup>   | 16,8   | 35,0 | 0,838 | 1,7·10 <sup>8</sup>                              | 23,6      | 47,5 | 0,797  | 1,7·10 <sup>8</sup> | 23,6      | 47,5 | 0,797 |
| 1·10 <sup>9</sup>   | 17,2   | 35,8 | 0,835 | 1,8·10 <sup>8</sup>                              | 24,0      | 48,2 | 0,797  | 1,8·10 <sup>8</sup> | 24,0      | 48,2 | 0,797 |
| 2·10 <sup>8</sup>   | 17,6   | 36,5 | 0,832 | 1,9·10 <sup>8</sup>                              | 24,4      | 48,9 | 0,796  | 1,9·10 <sup>8</sup> | 24,4      | 48,9 | 0,796 |
| 3·10 <sup>8</sup>   | 18,0   | 37,3 | 0,829 | 2,0·10 <sup>8</sup>                              | 24,8      | 49,6 | 0,796  | 2,0·10 <sup>8</sup> | 24,8      | 49,6 | 0,796 |
| 4·10 <sup>8</sup>   | 18,4   | 37,8 | 0,826 | 2,1·10 <sup>8</sup>                              | 25,2      | 50,4 | 0,796  | 2,1·10 <sup>8</sup> | 25,2      | 50,4 | 0,796 |
| 5·10 <sup>8</sup>   | 18,8   | 38,5 | 0,823 | 2,2·10 <sup>8</sup>                              | 25,6      | 51,2 | 0,796  | 2,2·10 <sup>8</sup> | 25,6      | 51,2 | 0,796 |
| 6·10 <sup>8</sup>   | 19,2   | 39,3 | 0,820 | 2,3·10 <sup>8</sup>                              | 26,0      | 51,9 | 0,796  | 2,3·10 <sup>8</sup> | 26,0      | 51,9 | 0,796 |
| 7·10 <sup>8</sup>   | 19,6   | 40,0 | 0,817 | 2,4·10 <sup>8</sup>                              | 26,4      | 52,7 | 0,796  | 2,4·10 <sup>8</sup> | 26,4      | 52,7 | 0,796 |
| 8·10 <sup>8</sup>   | 20,0   | 40,8 | 0,814 | 2,5·10 <sup>8</sup>                              | 26,8      | 53,2 | 0,796  | 2,5·10 <sup>8</sup> | 26,8      | 53,2 | 0,796 |
| 9·10 <sup>8</sup>   | 20,4   | 41,5 | 0,811 | 2,6·10 <sup>8</sup>                              | 27,2      | 53,8 | 0,795  | 2,6·10 <sup>8</sup> | 27,2      | 53,8 | 0,795 |
| 1,0·10 <sup>9</sup> | 20,8   | 42,3 | 0,808 | 2,7·10 <sup>8</sup>                              | 27,6      | 54,4 | 0,795  | 2,7·10 <sup>8</sup> | 27,6      | 54,4 | 0,795 |
| 1,1·10 <sup>9</sup> | 21,2   | 43,0 | 0,805 | 2,8·10 <sup>8</sup>                              | 28,0      | 55,0 | 0,795  | 2,8·10 <sup>8</sup> | 28,0      | 55,0 | 0,795 |
| 1,2·10 <sup>9</sup> | 21,6   | 43,8 | 0,803 | 2,9·10 <sup>8</sup>                              | 28,4      | 56,6 | 0,795  | 2,9·10 <sup>8</sup> | 28,4      | 56,6 | 0,795 |
| 1,3·10 <sup>9</sup> | 22,0   | 44,5 | 0,801 | 3,0·10 <sup>8</sup>                              | 28,8      | 56,6 | 0,795  | 3,0·10 <sup>8</sup> | 28,8      | 56,6 | 0,795 |
| 1,4·10 <sup>9</sup> | 22,4   | 45,3 | 0,799 | 3,1·10 <sup>8</sup>                              | 29,2      | 57,4 | 0,795  | 3,1·10 <sup>8</sup> | 29,2      | 57,4 | 0,795 |
| 1,5·10 <sup>9</sup> | 22,8   | 46,0 | 0,798 | 3,2·10 <sup>8</sup>                              | 29,5      | 58,2 | 0,795  | 3,2·10 <sup>8</sup> | 29,5      | 58,2 | 0,795 |
| 1,6·10 <sup>9</sup> | 23,2   | 46,8 | 0,798 | 3,3·10 <sup>8</sup>                              | 29,8      | 59,0 | 0,795  | 3,3·10 <sup>8</sup> | 29,8      | 59,0 | 0,795 |

Примечание. Материал — ионные кристаллы хлористого натрия NaCl в виде тонкоизмельченного порошка марки ХЧ.

Образцы — цилиндры (диаметр 20 мм, высота 5–6 мм); изготовлены прессованием высушенного порошка под давлением (1,0–1,5)·10<sup>9</sup> Па.

Метод измерения — мгновенным источником тепла при комнатной температуре. Погрешность измерения, %: ±7 для  $\lambda$ ; ±8 для  $a$ ; ±6 для  $c_p$ .

8. Средний температурный коэффициент линейного расширения монокристаллического хлористого натрия NaCl [89]

| T, К | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | T, К | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | T, К | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|------|---|------|---|------|---|
| 80   | 34,1  | 140  | 36,6  | 200  | 39,0  |
| 90   | 34,8  | 150  | 37,3  | 210  | 39,0  |
| 100  | 35,0  | 160  | 37,7  | 220  | 40,0  |
| 110  | 35,3  | 170  | 37,8  | 230  | 40,0  |
| 120  | 36,3  | 180  | 38,3  | 240  | 40,0  |
| 130  | 36,5  | 190  | 38,4  | 250  | 42,0  |

Примечание. Образец — в виде диска. Торцовые поверхности отполированы. Отклонение от параллельности торцовых поверхностей менее 3'.

Метод измерения — емкостной (погрешность измерения ±10%).

Значения  $\alpha$  определяли для интервала температур 80–300 К.

9. Теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения фтористого кальция [161]

| T, К | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |                                       | T, К | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |                                       | T, К | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |                                       |
|------|---|---------------------------------------|------|---|---------------------------------------|------|---|---------------------------------------|
|      | $\lambda$                                       | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |      | $\lambda$                                       | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |      | $\lambda$                                       | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
| 80   | 59,1  | —                                     | 160  | 20,3  | 13,0                                  | 240  | 12,3  | 17,1                                  |
| 90   | 47,7  | —                                     | 170  | 18,8  | 13,7                                  | 250  | 11,7  | 17,4                                  |
| 100  | 40,0  | 7,42                                  | 180  | 17,5  | 14,3                                  | 260  | 11,2  | 17,7                                  |
| 110  | 34,5  | 8,61                                  | 190  | 16,3  | 14,9                                  | 270  | 10,7  | 18,0                                  |
| 120  | 30,3  | 9,63                                  | 200  | 15,3  | 15,4                                  | 280  | 10,2  | 18,2                                  |
| 130  | 27,0  | 10,6                                  | 210  | 14,4  | 15,9                                  | 290  | 9,80  | 18,4                                  |
| 140  | 24,3  | 11,5                                  | 220  | 13,6  | 16,3                                  | 300  | 9,51  | 18,6                                  |
| 150  | 22,1  | 12,3                                  | 230  | 12,9  | 16,7                                  |      |   |                                       |

Примечание. Материал — фтористый кальций или флюорит (CaF<sub>2</sub>); массовые доли примесей, %: Mg 0,01; Si 0,003; Al 0,003; Fe 0,003; Be, Ti, Mn — следы.

Метод измерения — на образцовой установке 1-го разряда, аттестованной по рабочим эталонам единицы теплопроводности из плавленого кварца и коррозионностойкой стали в области 60–300 К. Погрешность измерения  $\lambda \pm 2,6\%$  для  $T \geq 200$  К;  $\pm 10\%$  для  $T = 80–200$  К.

Метод измерения  $\alpha$  — dilatометрический, на низкотемпературном dilatометре (со средним шагом по температуре 10 К), аттестованном по образцовой мере 1-го разряда из меди. Погрешность измерения  $\alpha \pm 5\%$  в диапазоне температур от 100 до 300 К.

Удельная теплоемкость синтетического флюорита при 273 К  $c_p = 854$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>.

10. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6$ , К<sup>-1</sup>, фтористого магния, фтористого кадмия, фтористого бария [118]

| T, К | I    |      | II   | III  | Примечание. I — монокристаллический фтористый магний (MgF <sub>2</sub> ); II — монокристаллический синтетический фтористый кадмий (CdF <sub>2</sub> ); III — монокристаллический синтетический фтористый барий (BaF <sub>2</sub> ).<br>Для поликристаллического MgF <sub>2</sub> при T = 293–300 К. $\alpha = 11,5 \cdot 10^{-6}$ К <sup>-1</sup> , $c_p = 839$ Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> . Для монокристаллического MgF <sub>2</sub> при T = 293 К $c_p = 921$ Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> ; $\lambda = 3,14$ Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> .<br>Для монокристаллического CdF <sub>2</sub> при T = 273 К $\lambda = 1,46$ Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> . |
|------|------|------|------|------|--|
|      |      | ⊥    |      |      |  |
| 273  | 8,80 | 13,1 | —    | 18,4 |  |
| 280  | 8,80 | 13,1 | 27,0 | 18,4 |  |
| 293  | 8,80 | 13,1 | 27,0 | 18,4 |  |
| 300  | 8,80 | 13,1 | 27,0 | 18,4 |  |

11. Температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность фтористого натрия, фтористого лития и бромистого цезия [118]

| T, К | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup>           |                                       |   | T, К   | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |   |                                       |      |      |      |      |
|------|---|---------------------------------------|---|--------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|------|------|------|------|
|      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |        | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |      |      |      |      |
| 5    | —   | —                                     | 600   | —      | —                                     | 235   | 4,35                                  | 33,0 |      |      |      |
| 10   | —   | —                                     | 1950  | —      | —                                     | 140   | 5,75                                  | 35,9 |      |      |      |
| 20   | —   | —                                     | 1970  | 0,0631 | 10,0                                  | 107   | 7,20                                  | 37,3 |      |      |      |
| 30   | —   | —                                     | 1200  | 0,240  | 20,0                                  | 90  | 50,6                                  | 86,0 | 11,2 | 38,2 |      |
| 40   | —   | —                                     | 814   | 1,60   | 24,2                                  | 100   | 23,0                                  | 47,5 | 70,0 | 15,2 | 38,6 |
| 50   | —   | —                                     | 400   | 2,96   | 28,7                                  | 110   | 23,0                                  | 45,3 | 60,0 | 19,2 | 39,0 |

Продолжение табл. 11

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |      |      | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |      |      |      |      |
|------|-----------------------------|------|------|------|-----------------------------|------|------|------|------|
|      | I                           | II   | III  |      | I                           | II   | III  |      |      |
| 120  | 23,0                        | 43,2 | 52,0 | 220  | 23,0                        | 21,8 | 22,0 | 29,2 | 44,1 |
| 130  | 23,0                        | 41,0 | 46,2 | 230  | 23,0                        | 19,7 | 18,5 | 29,7 | 44,6 |
| 140  | 23,0                        | 38,8 | 41,1 | 240  | 23,0                        | 17,5 | 18,0 | 30,3 | 45,0 |
| 150  | 23,0                        | 36,7 | 36,5 | 250  | 23,0                        | 15,4 | 17,2 | 30,8 | 45,5 |
| 160  | 23,0                        | 34,6 | 33,0 | 260  | 23,0                        | 13,3 | 16,2 | 31,3 | 46,0 |
| 170  | 23,0                        | 32,5 | 30,2 | 273  | 23,0                        | 10,5 | 15,1 | 31,9 | 46,6 |
| 180  | 23,0                        | 30,3 | 27,1 | 280  | —                           | 10,0 | 15,0 | 32,5 | 46,9 |
| 190  | 23,0                        | 28,1 | 25,3 | 293  | —                           | 9,71 | 14,8 | —    | 47,4 |
| 200  | 23,0                        | 26,0 | 23,2 | 300  | —                           | 9,20 | 14,2 | —    | 47,6 |
| 210  | 23,0                        | 23,9 | 21,5 |      |                             |      |      |      |      |

Примечание. I — монокристалл синтетический фтористого натрия (NaF); II — монокристалл синтетический фтористого лития (LiF); массовая доля примесей Al, Fe, Si менее  $10^{-3}\%$ ; III — монокристалл синтетический бромистого цезия (CsBr).

Метод измерения  $\alpha$  — дифференциальный, с помощью объемного dilatометра. Погрешность измерения  $\pm 2,5\%$ .

При 273 K удельная теплоемкость  $c_p$  монокристаллического фтористого натрия равна  $1088 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ , монокристаллического фтористого лития при 280 K —  $1560 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ; монокристаллического бромистого цезия при 293 K —  $264 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

## 12. Теплопроводность титаната стронция [118]

| T, K | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | T, K | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | T, K | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ |
|------|--|------|--|------|--|
| 70   | 4,85   | 150  | 3,71   | 230  | 2,97   |
| 80   | 4,66   | 160  | 3,60   | 240  | 2,88   |
| 90   | 4,50   | 170  | 3,51   | 250  | 2,79   |
| 100  | 4,34   | 180  | 3,42   | 260  | 2,70   |
| 110  | 4,20   | 190  | 3,33   | 273  | 2,60   |
| 120  | 4,06   | 200  | 3,24   | 280  | 2,54   |
| 130  | 3,94   | 210  | 3,15   | 293  | 2,46   |
| 140  | 3,82   | 220  | 3,06   | 300  | 2,38   |

Примечание. Материал — монокристалл синтетический титаната стронция  $\text{SrTiO}_3$ ; химически чистый. При 273 K  $\alpha = 9,40 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

## 13. Удельная теплоемкость титаната стронция [108]

| T, K | $c_p, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | T, K | $c_p, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | T, K | $c_p, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ |
|------|---|------|---|------|---|
| 102  | 250,4   | 105  | 260,5   | 108  | 268,2   |
| 103  | 254,3   | 106  | 263,6   | 109  | 270,5   |
| 104  | 257,3   | 107  | 265,1   | 110  | 273,6   |
|      |   |      |   | 111  | 276,7   |

Примечание. Материал — синтетический монокристалл титаната стронция  $\text{SrTiO}_3$ ; плотность  $6450 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$  при 293 K; постоянная решетки  $3,9049 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ .

Метод измерения — адиабатическим калориметром (при непрерывном и дискретном нагреве). Образцы объемом около  $2 \text{ см}^3$  помещали в гелиевую камеру, температуру в которой регулировали откачиванием паров гелия (погрешность измерения  $\pm 0,3\%$ ).

Выше 109 K и ниже 102 K температурная зависимость удельной теплоемкости линейна и имеет одинаковый наклон.

## 14. Теплопроводность хлористого серебра при высоких давлениях [14]

| Давление, Па   | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | Давление, Па   | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | Давление, Па   | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ |
|----------------|--|----------------|--|----------------|--|
| $10^5$         | 0,79   | $4 \cdot 10^8$ | 0,87   | $8 \cdot 10^8$ | 1,50   |
| $1 \cdot 10^6$ | 0,81   | $5 \cdot 10^8$ | 0,89   | $9 \cdot 10^8$ | 1,70   |
| $2 \cdot 10^6$ | 0,83   | $6 \cdot 10^8$ | 1,10   | $10^9$         | 1,90   |
| $3 \cdot 10^6$ | 0,85   | $7 \cdot 10^8$ | 1,30   |                |  |

Примечание. Материал — порошковое хлористое серебро  $\text{AgCl}$ , массовая доля примесей не более  $0,01\%$ .

Образцы в виде пластин толщиной 3 мм, полученные прессованием порошка хлористого серебра под давлением  $2 \cdot 10^8 \text{ Па}$ . Пористость образцов  $2\%$ .

Метод измерения при 300 K — нестационарным методом нагретой проволоки (погрешность измерения  $\pm 2\%$ ).

Для синтетического монокристалла хлористого серебра при 273 K  $c_p = 355 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ; при 300 K  $\alpha = 30,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

## 15. Молярная теплоемкость нитрата натрия [76]

| T, K | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{Дж} \cdot \text{кмоль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | T, K | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{Дж} \cdot \text{кмоль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | T, K | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{Дж} \cdot \text{кмоль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ |
|------|--|------|--|------|--|
| 20   | 3,57   | 120  | 58,80  | 220  | 79,59  |
| 30   | 10,08  | 130  | 61,32  | 230  | 81,48  |
| 40   | 16,59  | 140  | 63,84  | 240  | 83,37  |
| 50   | 24,05  | 150  | 66,04  | 250  | 85,15  |
| 60   | 31,50  | 160  | 68,25  | 260  | 86,94  |
| 70   | 37,17  | 170  | 70,25  | 270  | 88,32  |
| 80   | 42,84  | 180  | 72,24  | 280  | 90,30  |
| 90   | 47,15  | 190  | 74,13  | 290  | 91,87  |
| 100  | 51,45  | 200  | 76,02  | 300  | 93,45  |
| 110  | 55,12  | 210  | 77,80  |      |  |

Примечание. Материал — синтетический монокристалл нитрата натрия ( $\text{NaNO}_3$ ), низкотемпературная фаза, устойчивая до 560 K; плотность  $2260 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$  при 293 K.

Достоверность приведенных значений  $c_p$  проверяли статистическим расчетом в предположении, что температурные зависимости частоты колебательного спектра, скорости распространения ультразвука в кристалле и плотности известны. Расхождение экспериментальных и расчетных данных при 300 K не превышает  $\pm 1\%$ .

Для синтетического монокристалла:

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ |
|------|------------------------------------|
| 273  | 1,03                               |
| 280  | 1,04                               |
| 293  | 1,07                               |
| 300  | 1,09                               |

16. Удельная теплоемкость, теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения йодистого, хлористого и бромистого калия [118]

| T, К | $\lambda$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\lambda$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|------|--|---|---------------------------------------|--|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
|      | I  |   |                                       | II   |                                       |   | III                                   |
| 5    | —  | —   | 0,0361                                | 305  | —                                     | 0,00269   | 0,0121                                |
| 10   | —  | —   | 0,530                                 | 400  | 0,0522                                | 0,00505   | 0,162                                 |
| 20   | —  | —   | 4,55                                  | 150  | 0,691                                 | 0,0390  | 2,13                                  |
| 30   | —  | —   | 10,3                                  | 100  | 3,11                                  | 0,0750  | 6,83                                  |
| 40   | —  | —   | 14,8                                  | 85,0   | 7,08                                  | 0,170   | 11,6                                  |
| 50   | —  | —   | 19,3                                  | 70,0   | 11,4                                  | 0,276   | 16,7                                  |
| 60   | —  | —   | 23,9                                  | 52,0   | 15,3                                  | 0,353   | 20,5                                  |
| 70   | —  | —   | 27,2                                  | 33,0   | 18,8                                  | 0,420   | 23,5                                  |
| 80   | —  | —   | 29,3                                  | 20,0   | 21,5                                  | 0,460   | 25,9                                  |
| 90   | —  | —   | 29,8                                  | 18,0   | 23,7                                  | 0,490   | 27,8                                  |
| 100  | —  | —   | 30,3                                  | 17,0   | 25,4                                  | 0,522   | 29,3                                  |
| 110  | —  | —   | 30,9                                  | 16,0   | 26,0                                  | 0,546   | 30,9                                  |
| 120  | —  | —   | 31,4                                  | 15,0   | 26,5                                  | 0,570   | 31,3                                  |
| 130  | —  | —   | 31,9                                  | 14,0   | 27,5                                  | 0,574   | 31,7                                  |
| 140  | —  | —   | 32,5                                  | 13,5   | 28,8                                  | 0,577   | 32,1                                  |
| 150  | —  | —   | 33,0                                  | 13,0   | 30,8                                  | 0,581   | 32,5                                  |
| 160  | —  | —   | 33,6                                  | 12,5   | 31,3                                  | 0,610   | 33,0                                  |
| 170  | —  | —   | 34,1                                  | 11,5   | 31,7                                  | 0,629   | 33,4                                  |
| 180  | —  | —   | 34,6                                  | 10,8   | 32,5                                  | 0,634   | 33,8                                  |
| 190  | —  | —   | 35,2                                  | 10,3   | 33,0                                  | 0,640   | 34,2                                  |
| 200  | —  | 0,305   | 35,8                                  | 9,80   | 33,5                                  | 0,645   | 34,6                                  |
| 210  | —  | 0,307   | 36,2                                  | 9,20   | 33,8                                  | 0,647   | 35,0                                  |
| 220  | —  | 0,309   | 36,8                                  | 8,50   | 34,1                                  | 0,650   | 35,4                                  |
| 230  | —  | 0,311   | 37,3                                  | 7,50   | 34,6                                  | 0,654   | 35,8                                  |
| 240  | —  | 0,312   | 37,9                                  | 6,50   | 35,0                                  | 0,658   | 36,2                                  |
| 250  | —  | 0,314   | 38,4                                  | 6,30   | 35,4                                  | 0,662   | 36,6                                  |
| 260  | —  | 0,314   | 38,9                                  | 5,50   | 35,8                                  | 0,670   | 37,1                                  |
| 273  | 2,09   | 0,314   | 39,6                                  | 4,92   | 36,4                                  | 0,678   | 37,6                                  |
| 280  | 2,90   | 0,314   | 40,0                                  | —  | 36,8                                  | 0,680   | 37,9                                  |
| 293  | 4,40   | 0,314   | 40,6                                  | —  | 36,9                                  | 0,683   | 38,6                                  |
| 300  | 5,02   | 0,314   | —                                     | —  | —                                     | 0,685   | 39,0                                  |

Примечание. I — монокристалл синтетический йодистого калия (KI); II — монокристалл синтетический хлористого калия (KCl), массовая доля примесей менее  $10^{-5}$ , %; III — монокристалл синтетический бромистого калия (KBr).

Методы измерения:  $\alpha$  — относительным методом, с помощью компараторного dilatометра (погрешность измерения  $\pm 2,5\%$ );  $c_p$  — адиабатическим калориметром в вакууме.

Для монокристаллического KBr при 273 К  $c_p = 435$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>; при 300 К  $\lambda = 2,92$  Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>.

17. Теплопроводность, температуропроводность и удельная теплоемкость хлористого калия при повышенном давлении [52]

| Давление, Па        | $\lambda \cdot 10^3$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | Давление, Па        | $\lambda \cdot 10^3$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|---------------------|---|--|---|---------------------|---|--|---|
|                     |   |  |   |                     |   |  |   |
| 1·10 <sup>8</sup>   | 20,4  | —  | 0,670   | 1,8·10 <sup>9</sup> | 31,2  | 77,1   | 0,654   |
| 1·10 <sup>8</sup>   | 21,0  | 55,0   | 0,670   | 1,9·10 <sup>9</sup> | 31,8  | 78,5   | 0,654   |
| 2·10 <sup>8</sup>   | 21,6  | 56,3   | 0,669   | 2,0·10 <sup>9</sup> | 32,4  | 79,8   | 0,654   |
| 3·10 <sup>8</sup>   | 22,2  | 57,6   | 0,668   | 2,1·10 <sup>9</sup> | 33,0  | 81,2   | 0,653   |
| 4·10 <sup>8</sup>   | 22,8  | 58,9   | 0,666   | 2,2·10 <sup>9</sup> | 29,1  | 71,0   | 0,653   |
| 5·10 <sup>8</sup>   | 23,4  | 60,2   | 0,664   | 2,3·10 <sup>9</sup> | 24,2  | 57,0   | 0,652   |
| 6·10 <sup>8</sup>   | 24,0  | 61,5   | 0,662   | 2,4·10 <sup>9</sup> | 19,3  | 43,0   | 0,652   |
| 7·10 <sup>8</sup>   | 24,6  | 62,8   | 0,660   | 2,5·10 <sup>9</sup> | 14,4  | 30,0   | 0,651   |
| 8·10 <sup>8</sup>   | 25,2  | 64,1   | 0,658   | 2,6·10 <sup>9</sup> | 14,4  | 30,0   | 0,650   |
| 9·10 <sup>8</sup>   | 25,8  | 65,4   | 0,656   | 2,7·10 <sup>9</sup> | 14,5  | 30,0   | 0,649   |
| 1,0·10 <sup>9</sup> | 26,4  | 66,7   | 0,654   | 2,8·10 <sup>9</sup> | 14,6  | 30,0   | 0,648   |
| 1,1·10 <sup>9</sup> | 27,0  | 68,0   | 0,654   | 2,9·10 <sup>9</sup> | 14,7  | 30,5   | 0,647   |
| 1,2·10 <sup>9</sup> | 27,6  | 69,3   | 0,654   | 3,0·10 <sup>9</sup> | 14,8  | 31,0   | 0,646   |
| 1,3·10 <sup>9</sup> | 28,2  | 70,6   | 0,654   | 3,1·10 <sup>9</sup> | 14,9  | 32,0   | 0,645   |
| 1,4·10 <sup>9</sup> | 28,8  | 71,9   | 0,654   | 3,2·10 <sup>9</sup> | 15,0  | 33,0   | 0,644   |
| 1,5·10 <sup>9</sup> | 29,4  | 73,2   | 0,654   | 3,3·10 <sup>9</sup> | —   | 34,0   | 0,643   |
| 1,6·10 <sup>9</sup> | 30,0  | 74,5   | 0,654   | 3,4·10 <sup>9</sup> | —   | 35,0   | 0,642   |
| 1,7·10 <sup>9</sup> | 30,6  | 75,8   | 0,654   | 3,5·10 <sup>9</sup> | —   | —  | 0,641   |

Примечание. Материал — ионные кристаллы хлористого калия KCl в виде тонкоизмельченного порошка марки ХЧ.

Образцы цилиндрические (диаметр 20 мм, высота 5–6 мм); изготовлены прессованием высушенного порошка под давлением  $(1,0–1,5) \cdot 10^9$  Па.

Метод измерения при 293 К — мгновенным источником тепла. Погрешность измерения, %:  $\pm 7$  при измерении  $\lambda$ ;  $\pm 8$  при измерении  $a$ ;  $\pm 6$  при измерении  $c_p$ .

18. Температурный коэффициент линейного расширения, удельная теплоемкость и теплопроводность вольфрамата кальция и титаната бария [118]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |        |   | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |      |   |
|------|-----------------------------|--------|---|------|-----------------------------|------|---|
|      | I*                          | II     | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |      | I*                          | II   | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |
| 50   | —                           | 0,0750 | —                                       | 180  | 7,90/12,7                   | 6,00 | —                                       |
| 60   | —                           | 0,100  | —                                       | 190  | 7,90/12,7                   | 6,01 | —                                       |
| 70   | —                           | 0,125  | 2,00                                    | 200  | 7,90/12,7                   | 6,50 | —                                       |
| 80   | 7,90/12,7                   | 0,145  | 2,00                                    | 210  | 7,90/12,7                   | 6,50 | —                                       |
| 90   | 7,90/12,7                   | 0,165  | 2,01                                    | 220  | 7,90/12,7                   | 6,50 | —                                       |
| 100  | 7,90/12,7                   | 0,185  | 2,01                                    | 230  | 7,90/12,7                   | 6,50 | —                                       |
| 110  | 7,90/12,7                   | 0,215  | 2,01                                    | 240  | 7,90/12,7                   | 7,02 | —                                       |
| 120  | 7,90/12,7                   | 0,238  | 2,01                                    | 250  | 7,90/12,7                   | 7,03 | —                                       |
| 130  | 7,90/12,7                   | 0,243  | 2,02                                    | 260  | 7,90/12,7                   | 7,04 | —                                       |
| 140  | 7,90/12,7                   | 0,258  | 2,02                                    | 273  | 7,90/12,7                   | 7,06 | —                                       |
| 150  | 7,90/12,7                   | 0,287  | 2,04                                    | 280  | 7,90/12,7                   | 7,07 | —                                       |
| 160  | 7,90/12,7                   | 0,310  | 2,06                                    | 293  | 7,90/12,7                   | 7,09 | —                                       |
| 170  | 7,90/12,7                   | 5,01   | 0,326                                   | 300  | 7,90/12,7                   | 7,50 | —                                       |

\* В числителе приведены значения, измеренные в направлении, параллельном оси a, в знаменателе — измеренные в направлении, параллельном оси c.

Примечание. I — монокристалл синтетический вольфрамата кальция  $CaWO_4$ ; II — монокристалл синтетический титаната бария  $BaTiO_3$ , химически чистый.

Для синтетического монокристаллического вольфрамата кальция при 293 K:  $c_p = 435 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  и  $\lambda = 3,31 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

19. Температурный коэффициент линейного расширения, теплопроводность и удельная теплоемкость кристаллов KRS-5 и KRS-6 [118]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |       | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |       | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |
|------|-----------------------------|-------|---|-------|--|-----------------------------|
|      | I                           | II    | I                                       | II    |  |                             |
| 220  | 61,0                        | —     | —                                       | —     | —  | 55,0                        |
| 230  | 61,0                        | —     | —                                       | —     | —  | 55,0                        |
| 240  | 61,0                        | 0,460 | 0,460                                   | —     | —  | 55,0                        |
| 250  | 61,0                        | 0,460 | 0,460                                   | —     | —  | 55,0                        |
| 260  | 61,0                        | 0,462 | 0,472                                   | —     | —  | 55,0                        |
| 273  | 61,0                        | 0,502 | 0,490                                   | —     | —  | 55,0                        |
| 280  | 61,0                        | 0,517 | 0,502                                   | —     | —  | 55,0                        |
| 293  | 61,0                        | 0,544 | 0,546                                   | 0,202 | —  | 55,0                        |
| 300  | —                           | —     | 0,586                                   | —     | —  | —                           |

Примечание. I — бромистый таллий — иодистый таллий синтетический, монокристалл  $TlBr-TlI$  (TlBr 42%, TlI 58%), марка KRS-5; II — бромистый таллий — хлористый таллий синтетический, монокристалл  $TlBr-TlCl$  (TlBr 40%, TlCl 60%), марка KRS-6.

20. Температурный коэффициент линейного расширения, теплопроводность и удельная теплоемкость окиси магния, двуокиси титана и окиси цинка [118]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |      | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |      | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |        |      |
|------|-----------------------------|------|---|--|-----------------------------|------|---|--|-----------------------------|--------|------|
|      |                             | ⊥    |   |  |                             | ⊥    |   |  |                             | ⊥      |      |
| 5    | —                           | —    | —                                       | —  | —                           | —    | 100                                     | —  | —                           | —      |      |
| 10   | —                           | 4,91 | 1096                                    | —  | —                           | —    | 300                                     | —  | -0,027                      | -0,012 |      |
| 20   | 0,0210                      | 5,10 | —                                       | —  | —                           | —    | 400                                     | 0,00870  | -0,175                      | -0,099 |      |
| 30   | 0,0621                      | 5,29 | 3163                                    | —  | —                           | —    | 200                                     | 0,0308   | -0,480                      | -0,270 |      |
| 40   | 0,101                       | 5,49 | —                                       | —  | —                           | —    | 110                                     | 0,067  | -0,720                      | -0,410 |      |
| 50   | 0,202                       | 5,72 | —                                       | —  | —                           | —    | 60,0                                    | 0,102  | -0,875                      | -0,500 |      |
| 60   | 0,401                       | 5,94 | —                                       | —  | —                           | —    | 49,0                                    | 0,124  | -0,885                      | -0,515 |      |
| 70   | 0,803                       | 6,21 | —                                       | —  | —                           | —    | 31,1                                    | 0,146  | -0,901                      | -0,490 |      |
| 80   | 1,20                        | 6,44 | —                                       | —  | —                           | —    | 29,0                                    | 0,170  | -0,865                      | -0,380 |      |
| 90   | 1,70                        | 6,57 | —                                       | —  | —                           | —    | 28,2                                    | 0,195  | -0,750                      | -0,200 |      |
| 100  | 2,30                        | 6,91 | 267                                     | —  | —                           | —    | 27,0                                    | 0,218  | -0,620                      | -0,040 |      |
| 110  | 2,80                        | 7,14 | —                                       | —  | —                           | —    | —                                       | 0,244  | -0,370                      | 0,340  |      |
| 120  | 3,40                        | 7,37 | —                                       | —  | —                           | —    | —                                       | 0,267  | -0,160                      | 0,640  |      |
| 130  | 4,00                        | 7,57 | —                                       | —  | —                           | —    | —                                       | 0,288  | 0,050                       | 1,02   |      |
| 140  | 4,60                        | 7,78 | —                                       | —  | —                           | —    | —                                       | 0,306  | 0,281                       | 1,39   |      |
| 150  | 5,10                        | 8,00 | —                                       | —  | —                           | —    | —                                       | 0,320  | 0,500                       | 1,69   |      |
| 160  | 5,60                        | 8,22 | —                                       | —  | —                           | —    | —                                       | 0,330  | 0,710                       | 1,97   |      |
| 170  | 6,10                        | 8,38 | —                                       | —  | —                           | —    | —                                       | 0,341  | 0,910                       | 2,20   |      |
| 180  | 6,60                        | 8,59 | —                                       | —  | —                           | —    | —                                       | 0,350  | 1,12                        | 2,45   |      |
| 190  | 7,00                        | 8,76 | —                                       | —  | —                           | —    | —                                       | 0,361  | 1,31                        | 2,65   |      |
| 200  | 7,40                        | 8,92 | —                                       | —  | —                           | —    | —                                       | 0,370  | 1,51                        | 2,88   |      |
| 210  | 7,70                        | 9,06 | —                                       | —  | —                           | —    | —                                       | 0,387  | 1,70                        | 3,10   |      |
| 220  | 8,10                        | 9,19 | —                                       | —  | —                           | —    | —                                       | 0,405  | 1,82                        | 3,31   |      |
| 230  | 8,40                        | 9,41 | —                                       | —  | —                           | —    | —                                       | 0,429  | 2,10                        | 3,55   |      |
| 240  | 8,80                        | 9,64 | —                                       | —  | —                           | —    | —                                       | 0,455  | 2,11                        | 3,71   |      |
| 250  | 9,10                        | 9,90 | —                                       | —  | —                           | —    | —                                       | 0,485  | 2,25                        | 3,90   |      |
| 260  | 9,40                        | 10,0 | —                                       | —  | —                           | —    | —                                       | 0,516  | 2,39                        | 4,09   |      |
| 273  | 9,70                        | 10,0 | —                                       | 0,875  | 0,703                       | 9,19 | 7,14                                    | —  | 0,555                       | 2,56   | 4,31 |
| 280  | 9,90                        | 10,0 | —                                       | 0,996  | 0,706                       | 9,35 | 7,22                                    | —  | 0,555                       | 2,66   | 4,43 |
| 293  | 10,2                        | —    | —                                       | 1,16   | 0,709                       | 9,64 | 7,36                                    | —  | 0,550                       | 2,79   | 4,65 |
| 300  | 10,2                        | 10,2 | 58,6                                    | 1,16   | 0,712                       | 9,80 | 7,44                                    | —  | 0,497                       | 2,92   | 4,75 |

Примечание. I — синтетический монокристалл окиси магния  $MgO$ ; II — синтетический монокристалл двуокиси титана  $TiO_2$ ; III — синтетический монокристалл окиси цинка  $ZnO$ .

Метод измерения  $c_p$  — метод смешения (погрешность измерения  $\pm 1\%$ ).

|| — измерения в направлении, параллельном оси, ⊥ — перпендикулярном оси.

Продолжение табл. 1

I. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, германия с различной концентрацией носителей тока [114, 139, 206]

| T, K | Ge2  | Ge5  | Ge3, Ge4, Ge10 | Ge7    | Ge11 | Ge12 | Ge1 |
|------|------|------|----------------|--------|------|------|-----|
| 0,2  | —    | —    | —              | 0,0012 | 0,02 | —    | —   |
| 0,5  | —    | —    | —              | 0,04   | 0,21 | —    | —   |
| 1    | —    | —    | —              | 0,5    | 0,8  | —    | —   |
| 2    | 95   | 70   | 55             | 7,0    | 2,3  | 3,0  | 23  |
| 3    | 200  | 190  | 120            | 73     | 10   | 5,2  | 64  |
| 4    | 400  | 320  | 260            | 125    | 20   | 8,0  | 120 |
| 5    | 600  | 510  | 420            | 200    | 40   | 16   | 200 |
| 6    | 768  | 680  | 660            | 298    | 66   | 32   | 300 |
| 7    | 860  | 800  | 776            | 398    | 100  | 48   | 400 |
| 8    | 948  | 920  | 876            | 520    | 138  | 64   | 440 |
| 9    | 1084 | 1020 | 940            | 640    | 170  | 77   | 510 |
| 10   | 1200 | 1100 | 1000           | 800    | 220  | 90   | 610 |
| 15   | 1400 | 1350 | 1200           | 942    | 388  | 200  | 790 |
| 20   | 1200 | 1150 | 1100           | 950    | 470  | 300  | 850 |
| 30   | 1000 | 950  | 950            | 708    | 451  | 300  | 770 |
| 40   | 850  | 850  | 800            | 568    | 386  | 300  | 660 |
| 50   | 600  | 600  | 550            | 500    | 350  | 270  | 560 |
| 60   | 408  | 480  | 456            | 448    | 320  | 248  | 470 |
| 70   | 308  | 388  | 385            | 404    | 295  | 224  | 390 |
| 80   | 260  | 318  | 320            | 366    | 271  | 208  | 320 |
| 90   | 227  | 256  | 250            | 331    | 250  | 192  | 280 |
| 100  | 200  | 200  | 200            | 300    | 230  | 180  | 220 |
| 120  | 161  | —    | —              | 242    | 195  | —    | —   |
| 140  | 132  | —    | —              | 194    | 166  | —    | —   |
| 160  | 112  | —    | —              | 155    | 140  | —    | —   |
| 180  | 100  | —    | —              | 124    | 119  | —    | —   |
| 200  | 90   | —    | —              | 100    | 100  | —    | —   |
| 220  | 80   | —    | —              | 81     | 85   | —    | —   |
| 240  | 72   | —    | —              | 68,5   | 73   | —    | —   |
| 260  | 66   | —    | —              | 60     | 64   | —    | —   |
| 273  | 64   | —    | —              | 56     | 60   | —    | —   |
| 280  | 62   | —    | —              | 55     | 57   | —    | —   |
| 300  | 60   | —    | —              | 50     | 50   | —    | —   |

| T, K | Ge3a, Ge3b | Ge13, Ge14 | Ge15, Ge16, Ge17 | Ge18 | Ge22 | Ge24 |
|------|------------|------------|------------------|------|------|------|
| 0,2  | —          | —          | —                | —    | —    | —    |
| 0,5  | —          | —          | —                | —    | —    | —    |
| 1    | —          | —          | 182              | —    | —    | —    |
| 2    | 49         | —          | —                | —    | 50   | 50   |
| 3    | 140        | —          | —                | —    | 120  | 200  |
| 4    | 260        | —          | —                | —    | 210  | 400  |
| 5    | 400        | —          | —                | —    | 320  | 710  |
| 6    | 530        | —          | —                | —    | 480  | 1010 |
| 7    | 670        | —          | —                | —    | 600  | 1700 |
| 8    | 800        | —          | —                | —    | 730  | 2000 |
| 9    | 880        | —          | —                | —    | 800  | 2300 |
| 10   | 940        | —          | 1676             | —    | 1000 | 2900 |
| 15   | 1020       | —          | —                | —    | 1100 | 3600 |
| 20   | 1010       | —          | 1676             | 1500 | 1050 | 3580 |
| 30   | 880        | —          | 1046             | 1050 | 840  | 3000 |
| 40   | 600        | —          | 697              | 770  | 600  | 2000 |
| 50   | 490        | 381        | 505              | 590  | 450  | 1300 |
| 60   | 400        | 310        | 381              | 470  | 370  | 940  |
| 70   | 310        | 262        | 323              | 370  | 300  | 520  |
| 80   | 250        | 226        | 279              | 310  | 280  | 460  |
| 90   | 210        | 200        | 233              | 255  | 230  | 370  |
| 100  | 200        | 178        | 209              | 225  | 205  | 300  |
| 120  | 182        | 148        | 173              | 185  | 173  | 250  |
| 140  | 160        | 125        | 144              | 147  | 149  | 208  |
| 160  | 137        | 109        | 123              | 118  | 130  | 170  |
| 180  | 114        | 95,8       | 107              | 106  | 114  | 137  |
| 200  | 90         | 85,5       | 95,2             | 95   | 100  | 107  |
| 220  | —          | 77,7       | 86,2             | 85   | —    | —    |
| 240  | —          | 71,0       | 77,9             | 76   | —    | —    |
| 260  | —          | 66,7       | 71,0             | 70   | —    | —    |
| 273  | —          | 62,5       | 67,7             | 67   | —    | —    |
| 280  | —          | 61,1       | 66,0             | 65   | —    | —    |
| 300  | —          | 57,7       | 61,4             | 59,8 | —    | —    |

Примечание. Характеристика образцов дана в табл. 2. Метод измерения — стационарный осевой тепловой поток.



2. Характеристика образцов германия с различными структурами и типами проводимости (*n, p*) [114, 139, 206]

| Характеристика образца                        | Ge2<br>( <i>n</i> )     | Ge5<br>( <i>n</i> )                                      | Ge3<br>( <i>p</i> )  | Ge4<br>( <i>p</i> )  | Ge10<br>( <i>p</i> )          | Ge7<br>( <i>p</i> )  | Ge11<br>( <i>p</i> ) | Ge12<br>( <i>p</i> )              |                                  |
|---|-------------------------|--|----------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Ось образца                                   | [100]                   | [100]  | [111]                | [111]                | [111]                         | [111]                | [100]                | [100]                             |                                  |
| $\rho \cdot 10^2$ , Ом·м, при 300 К           | 36—42                   | 40—42  | 34—40                | 20—22                | 2,5—3,0                       | 0,18—0,20            | 0,012—0,006          | 0,0035—0,0018                     |                                  |
| Конц. нос. тока в 1 см <sup>3</sup> при 300 К | 10 <sup>18</sup>        | 10 <sup>18</sup>   | 10 <sup>14</sup>     | 1,9·10 <sup>14</sup> | 10 <sup>15</sup>              | 2,3·10 <sup>16</sup> | 2·10 <sup>18</sup>   | 10 <sup>19</sup>                  |                                  |
| Доб. прим.                                    | Нет                     | Нет  | Индий                | Индий                | Индий                         | Индий                | Галлий               | Галлий                            |                                  |
| Характеристика образца                        | Ge1<br>(монокрист. ОВЧ) | Ge3 <i>a</i> ,<br>Ge3 <i>b</i><br>(поликрист. <i>p</i> ) | Ge13<br>( <i>n</i> ) | Ge14<br>( <i>n</i> ) | Ge15,<br>Ge16<br>( <i>p</i> ) | Ge17<br>( <i>p</i> ) | Ge18<br>(монокрист.) | Ge <sup>22</sup><br>( <i>n</i> )  | Ge <sup>24</sup><br>( <i>n</i> ) |
| Ось образца                                   | —                       | —  | —                    | —                    | —                             | —                    | —                    | —                                 | —                                |
| $\rho \cdot 10^2$ , Ом·м, при 300 К           | 60                      | 30   | 2,0                  | 0,0043               | 21—60                         | 0,049                | —                    | —                                 | —                                |
| Конц. нос. тока в 1 см <sup>3</sup> при 300 К | —                       | —  | —                    | —                    | —                             | —                    | —                    | —                                 | —                                |
| Доб. прим.                                    | —                       | —  | Нет                  | Сурьма               | Нет                           | Галлий               | —                    | Прир. содержание Ge <sup>74</sup> | Обогащенные 96% Ge <sup>74</sup> |

Примечание. Цифрой, следующей после символа Ge, обозначен номер образца в использованном первоисточнике. Образцы Ge3*a*, Ge3*b*, Ge13, Ge14, Ge15 и Ge16 изготовлены по методу Чохральского; Ge17 — по методу зонной рекристаллизации; Ge18 — поликристаллический *p*-типа образец Ge3*a*, отожженный при 823 К в атмосфере гелия. Метод измерения — стационарным осевым тепловым потоком.

3. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, германия в зависимости от типа и концентрации примесей [114]

| Концентрация примеси в 1 см <sup>3</sup> | Примесь  |             |
|--|----------|-------------|
|  | донорная | акцепторная |
| 10 <sup>14</sup>                         | 60       | 60          |
| 10 <sup>15</sup>                         | 60       | 60          |
| 10 <sup>16</sup>                         | 60       | 60          |
| 10 <sup>17</sup>                         | 60       | 60          |
| 10 <sup>18</sup>                         | 54       | 57          |
| 10 <sup>19</sup>                         | 50       | 55          |
| 10 <sup>20</sup>                         | 46       | 54          |

Примечание. Измерения при средней температуре образцов 300 К. До концентрации примесей 10<sup>17</sup> в 1 см<sup>3</sup> теплопроводность германия почти не зависит ни от количества, ни от типа легирующей примеси.

4. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, германия с добавками мышьяка и галлия [114]

| T, К | Конц. нос. тока в 1 см <sup>3</sup> при добавках As |                    |                      |                    |                       | Конц. нос. тока в 1 см <sup>3</sup> при добавках Ga |                      |                      |                    |
|------|---|--------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|---|----------------------|----------------------|--------------------|
|      | 3,58·10 <sup>15</sup>                               | 3·10 <sup>17</sup> | 8,8·10 <sup>18</sup> | 2·10 <sup>19</sup> | 5,45·10 <sup>19</sup> | 1,4·10 <sup>18</sup>                                | 1,5·10 <sup>18</sup> | 6,7·10 <sup>18</sup> | 1·10 <sup>19</sup> |
|      | 100   | 200                | 178,5                | 169,4              | 164,1                 | 121,9   | 204                  | 164,1                | 147,05             |
| 120  | 161,2   | 147,0              | 138,8                | 131,9              | 103,1                 | 164,1   | 138,8                | 126,6                | 114,9              |
| 140  | 136,1   | 125,0              | 114,9                | 109,9              | 90,0                  | 138,8   | 117,6                | 111,6                | 103,1              |
| 160  | 117,6   | 108,6              | 98,0                 | 94,4               | 80,0                  | 120,5   | 105,2                | 98,03                | 91,7               |
| 180  | 103,1   | 96,1               | 86,1                 | 82,6               | 69,4                  | 106,5   | 94,4                 | 88,5                 | 83,3               |
| 200  | 91,7  | 86,1               | 76,9                 | 74,1               | 64,9                  | 94,4  | 85,5                 | 80,6                 | 75,7               |
| 220  | 83,3  | 78,7               | 69,4                 | 65,7               | 59,5                  | 85,5  | 78,1                 | 74,1                 | 69,4               |
| 240  | 75,5  | 71,9               | 63,2                 | 60,6               | 54,4                  | 78,1  | 71,4                 | 69,5                 | 64,9               |
| 260  | 69,9  | 65,7               | 57,8                 | 55,6               | 50,5                  | 69,4  | 65,7                 | 63,8                 | 60,6               |
| 273  | 65,7  | 62,9               | 54,9                 | 52,7               | 48,1                  | 68,0  | 63,2                 | 60,6                 | 57,8               |
| 280  | 64,1  | 61,3               | 53,1                 | 51,3               | 46,9                  | 66,2  | 61,3                 | 59,2                 | 56,8               |
| 300  | 59,4  | 56,8               | 49,5                 | 47,7               | 43,8                  | 61,3  | 57,5                 | 55,6                 | 53,1               |

Примечание. Образцы монокристаллические, изготовленные по методу Чохральского, имеют однородное распределение добавок As и Ga. Для образцов с добавками As проводимость *n*-типа и для образцов с добавками Ga — *p*-типа.

5. Удельная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения германия [114, 208]

| T, K | Ge1   |                     | Ge2  | Ge3  | Ge4   | Ge5 |                           |
|------|---|---------------------|------|------|-------|-----|---------------------------|
|      | $c_p$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ |      |      |       |     | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ |
|      |   | К <sup>-1</sup>     |      |      |       |     |                           |
| 0,5  | 6,9·10 <sup>-6</sup>                            | —                   | —    | —    | —     | —   | —                         |
| 1,0  | 5,51·10 <sup>-4</sup>                           | —                   | —    | —    | —     | —   | —                         |
| 1,5  | 1,86·10 <sup>-3</sup>                           | —                   | —    | —    | —     | —   | —                         |
| 2,5  | 8,2·10 <sup>-3</sup>                            | —                   | —    | —    | —     | —   | —                         |
| 5    | 0,0692  | —                   | —    | —    | —     | —   | 3,14                      |
| 10   | 0,245   | —                   | —    | —    | —     | —   | 3,18                      |
| 15   | 4,43  | —                   | —    | —    | —     | —   | 3,23                      |
| 20   | 12,54   | —                   | —    | —    | —     | —   | 3,28                      |
| 30   | 36,4  | —                   | —    | —    | —0,40 | —   | 3,41                      |
| 40   | 61,6  | —                   | —    | —    | 0,07  | —   | 3,55                      |
| 50   | 26,0  | —                   | —    | —    | 0,20  | —   | 3,69                      |
| 60   | 108,4   | —                   | —    | —    | 0,39  | —   | 3,94                      |
| 70   | 130,7   | —                   | —    | —    | 0,67  | —   | 4,10                      |
| 80   | 152,3   | 1,1                 | 1,05 | 1,0  | 1,05  | —   | 4,25                      |
| 90   | 172,5   | 1,5                 | 1,55 | 1,6  | 1,54  | —   | 4,39                      |
| 100  | 190,5   | 1,9                 | 2,0  | 2,08 | 2,20  | —   | 4,52                      |
| 120  | 221,1   | 2,6                 | 2,8  | 3,0  | 3,25  | —   | 4,72                      |
| 140  | 245,9   | 3,36                | 3,6  | 3,8  | 3,91  | —   | 4,98                      |
| 160  | 264,7   | 4,0                 | 4,36 | 4,51 | 4,29  | —   | 5,02                      |
| 180  | 278,6   | 4,5                 | 4,8  | 4,94 | 4,58  | —   | 5,16                      |
| 200  | 290,4   | 4,92                | 5,21 | 5,32 | 4,82  | —   | 5,24                      |
| 220  | 299,5   | 5,23                | 5,48 | 5,60 | 5,03  | —   | 5,34                      |
| 240  | 306,3   | 5,50                | 5,68 | 5,83 | 5,23  | —   | 5,46                      |
| 260  | 312,4   | 5,68                | 5,87 | 6,04 | 5,42  | —   | 5,56                      |
| 273  | 316,2   | 5,80                | 5,98 | 6,12 | 5,53  | —   | 5,65                      |
| 280  | 318,0   | 5,82                | 6,0  | 6,13 | 5,59  | —   | 5,70                      |
| 300  | 322,0   | 5,93                | 6,09 | 6,19 | 5,75  | —   | 5,73                      |

Примечание. Образцы монокристаллические,  $p$ -тип проводимости. Образцы Ge1, Ge2, Ge3, Ge4 имели однородное распределение добавок Ga с конц. нос. тока в 1 см<sup>3</sup> при 300 К соответственно: 1·10<sup>14</sup>; 1,1·10<sup>15</sup>—4,1·10<sup>16</sup>; 1,9·10<sup>16</sup> и 5,2·10<sup>16</sup>. Методы измерения:  $c_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром (погрешность  $\pm 15\%$  при  $T < 2,5$  К;  $\pm 2,0$  при  $T = 2,5-10$  К и  $\pm 0,5-0,2\%$  при  $T > 10$  К);  $\alpha$  — кварцевым дифференциальным dilatометром (погрешность  $\pm 2,5\%$ ); измерения  $\alpha$  в направлении [111].

6. Характеристическая температура  $\Theta$  для германия различной чистоты [114]

| Тип и концентрация примесей в Г см <sup>3</sup> | Интервал температур, К | $\Theta$ , К | Тип и концентрация примесей в Г см <sup>3</sup> | Интервал температур, К | $\Theta$ , К |
|---|------------------------|--------------|---|------------------------|--------------|
| 4,7 As·10 <sup>18</sup>                         | 0,5—4,2                | 364±3        | 3,0 Si·10 <sup>19</sup>                         | 0,5—4,2                | 368±2        |
| 1,0 Sb·10 <sup>18</sup>                         | 0,4—1,4                | 365±3        | Чистый поликрист.                               | 0,5—4,5                | 371±3        |
| 4,4 Sb·10 <sup>17</sup>                         | 0,4—1,1                | 367±3        |   |                        |              |
| 5,4 Ga·10 <sup>19</sup>                         | 0,5—4,2                | 362±2        | Чистый монокрист.                               | 2,5—300                | 374±2        |

7. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, германия в зависимости от дозы облучения потоком электронов и нейтронов [205]

| T, K | Ge $n$ -типа                               |                      |                      |                      | Ge $p$ -типа |                      |
|------|--|----------------------|----------------------|----------------------|--------------|----------------------|
|      | Доза облучения, электронов/см <sup>2</sup> |                      |                      |                      |              |                      |
|      | 0  | 1,3·10 <sup>17</sup> | 5,2·10 <sup>17</sup> | 1,6·10 <sup>18</sup> | 0            | 1,7·10 <sup>18</sup> |
| 5    | 220  | 215                  | 260                  | 380                  | 370          | 400                  |
| 6    | 370  | 290                  | 360                  | 515                  | 520          | 580                  |
| 7    | 500  | 360                  | 430                  | 670                  | 700          | 720                  |
| 8    | 605  | 400                  | 500                  | 790                  | 810          | 830                  |
| 9    | 710  | 440                  | 540                  | 890                  | 930          | 980                  |
| 10   | 800  | 500                  | 600                  | 980                  | 1020         | 1040                 |
| 15   | 1050                                       | 670                  | 740                  | 1100                 | 1350         | 1400                 |
| 20   | 1040                                       | 705                  | 790                  | 1080                 | 1300         | 1350                 |
| 30   | 890  | 680                  | 700                  | 900                  | 920          | 930                  |
| 40   | 700  | 570                  | 570                  | 700                  | 700          | 700                  |
| 50   | 550  | 480                  | 480                  | 550                  | 540          | 540                  |
| 60   | 420  | —                    | —                    | 420                  | 420          | 420                  |
| 70   | 370  | —                    | —                    | 370                  | 370          | 370                  |
| 80   | 300  | —                    | —                    | 300                  | 300          | 300                  |

Примечание. Ge  $n$ -типа легирован антимонием, при 295 К  $\rho = 1 \times 10^{-3}$  Ом·м; Ge  $p$ -типа легирован индием, при 295 К  $\rho = 0,012$  Ом·м.

При дозах облучения 1,3·10<sup>17</sup>; 2,6·10<sup>17</sup>; 6,5·10<sup>17</sup> и 1,7·10<sup>18</sup> электронов на 1 см<sup>2</sup> различия в теплопроводности для германия  $p$ -типа менее 15%. Образцы облучены при 313К потоком электронов энергией 4 МэВ.

Метод измерения  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (абсолютный вариант); погрешность измерения  $\pm 10\%$  при  $T = 5 \div 10$  К и  $\pm 15\%$  при  $T = 20 \div 100$  К.

Увеличение теплосопrotивления  $\Delta W_p$ , м·К·Вт<sup>-1</sup>, германия при температуре 20 К в зависимости от дозы радиационного облучения может быть рассчитано по формулам:

при облучении нейтронами с энергией 2 МэВ  $\Delta W_p = (W_p - W_p^0) = 3,8 \cdot 10^{-14} \cdot D_1^{0,65}$  м·К·Вт<sup>-1</sup>, где  $W_p$  и  $W_p^0$  — теплосопrotивление соответственно облученного и исходного материала, м·К·Вт<sup>-1</sup>;  $D_1$  — доза нейтронов с энергией 2 МэВ в интервале 1,1·10<sup>17</sup> — 3,4·10<sup>18</sup> нейтронов/см<sup>2</sup>;

при облучении электронами с энергией 2 МэВ  $\Delta W_p = (W_p - W_p^0) = 1,7 \cdot 10^{-13} \cdot D_2^{0,58}$  м·К·Вт<sup>-1</sup>, где  $D_2$  — доза электронов в интервале 2,08·10<sup>16</sup> — 6,1·10<sup>17</sup> электронов/см<sup>2</sup>.

8. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, металлокерамических образцов твердого раствора Si—Ge [165]

| T, K | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 100  | 3,20 | 3,36 | 2,54 | 1,31 | 2,12 | 4,86 |
| 120  | 3,41 | 3,56 | 2,73 | 1,40 | 2,26 | 4,85 |
| 140  | 3,54 | 3,66 | 2,80 | 1,45 | 2,38 | 4,85 |
| 160  | 3,62 | 3,70 | 2,87 | 1,51 | 2,47 | 4,84 |
| 180  | 3,69 | 3,72 | 2,92 | 1,54 | 2,54 | 4,83 |
| 200  | 3,72 | 3,78 | 2,96 | 1,58 | 2,60 | 4,82 |
| 220  | 3,77 | 3,81 | 2,99 | 1,62 | 2,67 | 4,80 |
| 240  | 3,82 | 3,85 | 3,03 | 1,67 | 2,72 | 4,79 |
| 260  | 3,85 | 3,88 | 3,06 | 1,71 | 2,77 | 4,77 |
| 280  | 3,88 | 3,92 | 3,10 | 1,74 | 2,84 | 4,72 |
| 300  | 3,92 | 3,95 | 3,12 | 1,76 | 2,90 | 4,66 |

Примечание. 1—5 — металлокерамические образцы твердого раствора Si—Ge с атомным содержанием Ge 22,5% приготовлены методом вакуумного горячего прессования из исходных порошков различной дисперсности (сравнение проведено с зонно-плавленными образцами 6).

Дисперсность исходного порошка, мкм: 1—50; 2—5; 3—5; 4—5; 5—0,5. Пористость, %: 1—7,8; 2—8,4; 3—15; 4—25; 5—10.

Метод измерения  $\lambda$  — абсолютный (погрешность  $\pm 5\%$ ).

9. Теплопроводность  $\lambda_{реш}$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, решетки твердых растворов Si-Ge [114]

| T, K | Атомное содержание Ge, % |      |      |
|------|--------------------------|------|------|
|      | 5,3                      | 8,2  | 33,0 |
| 80   | 31,5                     | 23,0 | 16,5 |
| 90   | 30,5                     | 22,0 | 16,0 |
| 100  | 30,0                     | 21,0 | 15,5 |
| 150  | 22,0                     | 19,0 | 13,0 |
| 200  | 18,5                     | 15,5 | 9,8  |
| 250  | 16,0                     | 14,0 | 8,4  |
| 300  | 14,8                     | 12,0 | 7,8  |

Примечание. Образцы p-типа получены по методу Чохральского. Легирующая примесь — бор. Конц. нос. тока в 1 см<sup>3</sup> при атомном содержании Ge, %: 5,3—3,1·10<sup>17</sup>; 8,2—4,3·10<sup>17</sup>; 33,0—4,6·10<sup>17</sup>.  
Метод измерения  $\lambda_{реш}$  — стационарным осевым тепловым потоком (абсолютный вариант) погрешность ±8%.

10. Теплопроводность, удельная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения некоторых типов кремния [114, 107]

| T, K | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |               |        |        |      | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |                   |                       |            |       |
|------|---|---------------|--------|--------|------|--|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|------------|-------|
|      | Монокрист. л-типа                               | Поликрист. ВЧ | p-типа | л-типа | ВЧ   |  | Монокрист. синтез. ВЧ                 | Монокрист. л-типа | Монокрист. синтез. ВЧ | Поликрист. |       |
| 2    | 21  | 1,1           | 10     | 30     | 30   | —  | —                                     | —                 | —                     | —          |       |
| 2,5  | —   | —             | —      | —      | —    | 4,1 X 10 <sup>-3</sup>                       | —                                     | —                 | —                     | —          |       |
| 3    | 61  | 3,2           | 40     | 90     | 80   | —  | —                                     | —                 | —                     | —          |       |
| 4    | 130   | 6,3           | 80     | 190    | 150  | —  | —                                     | —                 | —                     | —          |       |
| 5    | 220   | 10,5          | 150    | 320    | 320  | 0,033  | —                                     | —                 | —                     | —          |       |
| 6    | 350   | 18            | 252    | 460    | 600  | —  | —                                     | —                 | —                     | —          |       |
| 7    | 490   | 26            | 344    | 596    | 950  | —  | —                                     | —                 | —                     | —          |       |
| 8    | 560   | 34            | 440    | 752    | 1300 | —  | —                                     | —                 | —                     | —          |       |
| 9    | 700   | 41            | 520    | 900    | 1600 | —  | —                                     | —                 | —                     | —          |       |
| 10   | 800   | 58            | 600    | 1050   | 2000 | 0,275  | —                                     | —                 | —                     | —          |       |
| 15   | 1010  | 140           | 1050   | 1650   | 2640 | 1,09   | —                                     | —                 | —                     | —          |       |
| 20   | 1010  | 210           | 1200   | 1700   | 3350 | 3,37   | —                                     | —                 | —                     | —          |       |
| 30   | 1010  | 370           | 1200   | 1550   | 3300 | —  | —0,03                                 | —                 | —                     | -0,005     |       |
| 40   | 1000  | 490           | 1150   | 1450   | 2460 | 17,1   | -0,12                                 | -0,05             | 0,853                 | -0,053     |       |
| 50   | 900   | 540           | 1100   | 1300   | 2050 | 2598   | -0,31                                 | -0,20             | 0,893                 | -0,28      |       |
| 60   | 820   | 560           | 1044   | 1280   | 1670 | 2099   | -0,54                                 | -0,41             | 0,944                 | -0,365     |       |
| 70   | 700   | 550           | 980    | 1120   | 1375 | 1699   | -0,64                                 | -0,59             | 1,00                  | -0,415     |       |
| 80   | 610   | 540           | 910    | 1080   | 1145 | 1389   | -0,58                                 | -0,77             | 1,09                  | -0,465     |       |
| 90   | 550   | 530           | 833    | 908    | 960  | 1139   | -0,34                                 | -0,51             | 1,18                  | -0,410     |       |
| 100  | 500   | 510           | 750    | 800    | 800  | 949  | -0,18                                 | -0,31             | 1,25                  | -0,34      |       |
| 110  | 459   | —             | —      | 695    | 690  | 750  | 294                                   | -0,06             | -0,15                 | 1,34       | -0,22 |
| 120  | 426   | —             | —      | 606    | 595  | 600  | 328                                   | 0,07              | 0,01                  | 1,43       | -0,04 |
| 130  | 397   | —             | —      | 533    | 525  | 560  | 361                                   | 0,20              | 0,15                  | 1,52       | 0,15  |
| 140  | 370   | —             | —      | 464    | 475  | 500  | 395                                   | 0,33              | 0,31                  | 1,60       | 0,34  |
| 150  | 344   | —             | —      | 418    | 433  | 420  | 426                                   | 0,47              | 0,47                  | 1,68       | 0,53  |
| 160  | 320   | —             | —      | 384    | 400  | 350  | 455                                   | 0,62              | 0,65                  | 1,76       | 0,72  |
| 170  | 298   | —             | —      | 355    | 372  | 320  | 483                                   | 0,77              | 0,84                  | 1,84       | 0,91  |
| 180  | 279   | —             | —      | 332    | 347  | 300  | 509                                   | 0,93              | 1,05                  | 1,92       | 1,09  |
| 190  | 258   | —             | —      | 308    | 321  | 280  | 533                                   | 1,09              | 1,29                  | 1,99       | 1,26  |
| 200  | 240   | —             | —      | 287    | 300  | 266  | 556                                   | 1,25              | 1,49                  | 2,05       | 1,41  |
| 210  | —   | —             | —      | 267    | 279  | 245  | 577                                   | 1,43              | 1,68                  | 2,12       | 1,55  |
| 220  | —   | —             | —      | 248    | 260  | 230  | 597                                   | 1,61              | 1,83                  | 2,18       | 1,68  |
| 230  | —   | —             | —      | 230    | 241  | 220  | 615                                   | 1,79              | 1,96                  | 2,23       | 1,80  |

Продолжение табл. 10

| T, K | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |               |        |        |     |                       | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |                   |                       |            |      |
|------|---|---------------|--------|--------|-----|-----------------------|--|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|------------|------|
|      | Монокрист. л-типа                               | Поликрист. ВЧ | p-типа | л-типа | ВЧ  | Монокрист. синтез. ВЧ |  | Монокрист.                            | Монокрист. л-типа | Монокрист. синтез. ВЧ | Поликрист. |      |
| 240  | —   | —             | —      | 216    | 228 | 205                   | 632  | —                                     | 1,98              | 2,07                  | 2,28       | 1,92 |
| 250  | —   | —             | —      | 201    | 208 | 195                   | 648  | —                                     | 2,14              | 2,16                  | —          | 2,03 |
| 260  | —   | —             | —      | 190    | 193 | 187                   | 663  | —                                     | 2,29              | 2,22                  | —          | 2,14 |
| 273  | —   | —             | —      | 178    | 178 | 177                   | 682  | —                                     | 2,44              | 2,28                  | —          | 2,28 |
| 280  | —   | —             | —      | 172    | 170 | 171                   | 691  | —                                     | 2,51              | 2,30                  | —          | 2,35 |
| 290  | —   | —             | —      | 165    | 160 | 163                   | 703  | —                                     | 2,58              | 2,32                  | —          | 2,46 |
| 300  | —   | —             | —      | 160    | 153 | 156                   | 714  | —                                     | 2,64              | 2,33                  | —          | 2,56 |

Примечание. Образцы p-типа проводимости содержали добавки золота, в других образцах добавок не было. Конц. нос. тока в 1 см<sup>3</sup> при 300 К: p-типа 10<sup>18</sup>; л-типа 5·10<sup>14</sup>; монокрист. 10<sup>18</sup>. Удельное электрическое сопротивление, Ом·м, при 300 К: p-типа 0,18±0,26; л-типа 0,15—0,25; монокрист. л-типа ( $\lambda$ -образцы) — 0,067; монокрист. — 1,1; монокрист. л-типа ( $\alpha$ -образцы) — 0,20.  
Метод измерения  $c_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром с погрешностью ±2% при 2,5 К и ±0,2% при T > 20 К. Измерения теплопроводности в направлении [100].

11. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^{-2}$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, кремния, легированного оловом [21]

| T, K | Атомное содержание олова, % |                      |                      |                      |                      |                      |
|------|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|      | 0                           | 2,1·10 <sup>-3</sup> | 1,2·10 <sup>-2</sup> | 4,8·10 <sup>-2</sup> | 5,2·10 <sup>-2</sup> | 2,4·10 <sup>-1</sup> |
| 80   | 14                          | 6,9                  | —                    | 3,4                  | 2,8                  | 2,2                  |
| 90   | 10                          | 6,0                  | —                    | 3,0                  | 2,6                  | 2,0                  |
| 100  | 8,3                         | 5,2                  | —                    | 2,7                  | 2,3                  | 1,8                  |
| 120  | 6,0                         | 4,1                  | —                    | 2,4                  | 2,0                  | 1,6                  |
| 140  | 4,8                         | 3,5                  | —                    | 2,0                  | 1,8                  | 1,5                  |
| 160  | 3,8                         | 3,0                  | —                    | 1,8                  | 1,6                  | 1,3                  |
| 180  | 3,0                         | 2,5                  | —                    | 1,6                  | 1,4                  | 1,2                  |
| 200  | 2,6                         | 2,3                  | 1,7                  | 1,4                  | 1,3                  | 1,1                  |
| 250  | 1,9                         | 1,7                  | 1,4                  | 1,16                 | 1,05                 | 0,9                  |
| 300  | 1,5                         | 1,3                  | 1,1                  | 1,0                  | 0,9                  | 0,8                  |

12. Теплопроводность, молярная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения селена разных марок [114, 96, 233]

| T, K  | Крист. Se |       |        | Аморф. Se     |        | Аморф. Se ВЧ после отжига при 373 К и времени отжига, ч |       |       | Крист. Se | Аморф. Se | C <sub>p</sub> , моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |         |                     |                 |
|---|-----------|-------|--------|---------------|--------|---|-------|-------|-----------|-----------|--|---------|---------------------|-----------------|
|   | В-3       | В-4   | В-5    | В-3, В-4, В-5 | ВЧ     | Поликр. Se  | 0,0   | 0,5   |           |           | 2,0  | 10      | α · 10 <sup>6</sup> | К <sup>-1</sup> |
|   |           |       |        |               |        |   |       |       |           |           |  |         |                     |                 |
| λ, Вт · м <sup>-1</sup> · К <sup>-1</sup>             |           |       |        |               |        |   |       |       |           |           |  |         |                     |                 |
| 1,5   | —         | —     | —      | —             | —      | —   | —     | —     | —         | —         | —  | —       |                     |                 |
| 2   | —         | —     | —      | —             | 0,020  | —   | —     | —     | —         | —         | —  | 0,00188 |                     |                 |
| 3   | —         | —     | —      | —             | 0,029  | 0,90  | —     | —     | —         | —         | —  | 0,00445 |                     |                 |
| 4   | —         | —     | —      | —             | 0,031  | 2,2   | —     | —     | —         | —         | —  | 0,0150  |                     |                 |
| 5   | 0,334     | 0,836 | 3,762  | —             | 0,0376 | 4,0   | —     | —     | —         | —         | —  | 0,0356  |                     |                 |
| 6   | —         | —     | —      | —             | 0,0381 | 6,0   | —     | —     | —         | —         | —  | —       |                     |                 |
| 7   | —         | —     | —      | —             | 0,0386 | 9,0   | —     | —     | —         | —         | —  | —       |                     |                 |
| 8   | —         | —     | —      | —             | 0,0392 | 10,5  | —     | —     | —         | —         | —  | —       |                     |                 |
| 9   | —         | —     | —      | —             | 0,040  | 12,0  | —     | —     | —         | —         | —  | —       |                     |                 |
| 10  | 2,926     | 8,36  | 33,47  | —             | 0,041  | 16,0  | —     | —     | —         | —         | —  | 0,420   |                     |                 |
| 15  | 3,340     | 8,26  | 33,10  | —             | 0,054  | 18,0  | —     | —     | —         | —         | —  | 1,88    |                     |                 |
| 20  | 3,595     | 8,117 | 32,635 | —             | 0,096  | 19,0  | —     | —     | —         | —         | —  | 3,40    |                     |                 |
| 30  | 3,899     | 7,531 | 30,29  | —             | 0,165  | 14,0  | —     | —     | —         | —         | —  | 6,15    |                     |                 |
| 40  | 4,100     | 6,945 | 26,68  | —             | 0,218  | 11,0  | —     | —     | —         | —         | —  | 8,70    |                     |                 |
| 50  | 4,184     | 6,276 | 23,012 | —             | 0,251  | 9,0   | —     | —     | —         | —         | —  | 10,96   |                     |                 |
| 60  | 4,121     | 5,565 | 18,326 | —             | 0,276  | 7,8   | —     | —     | —         | —         | —  | 12,90   |                     |                 |
| 70  | 3,974     | 4,937 | 13,47  | —             | 0,293  | 6,9   | —     | —     | —         | —         | —  | 14,47   |                     |                 |
| 80  | 3,807     | 4,443 | 8,452  | 0,305         | 0,100  | 5,9   | —     | —     | —         | —         | —  | 15,80   |                     |                 |
| 90  | 3,581     | 4,058 | 4,686  | 0,309         | 0,105  | 5,1   | —     | —     | —         | —         | —  | 17,03   |                     |                 |
| 100   | 3,347     | 3,766 | 4,184  | 0,314         | 0,160  | 4,60  | 0,293 | 0,418 | 0,836     | 1,46      | —  | 18,18   |                     |                 |
| 120   | 3,146     | 3,43  | 3,807  | 0,318         | 0,322  | 4,21  | 0,322 | 0,429 | 0,836     | 1,42      | —  | 19,80   |                     |                 |
| 140   | 3,042     | 3,263 | 3,682  | 0,324         | 0,350  | 3,82  | 0,350 | 0,444 | 0,836     | 1,38      | —  | 21,13   |                     |                 |
| 160   | 2,97      | 3,192 | 3,598  | 0,330         | 0,376  | 3,43  | 0,376 | 0,460 | 0,836     | 1,34      | —  | 22,15   |                     |                 |
| 180   | 2,95      | 3,138 | 3,514  | 0,345         | 0,399  | 3,30  | 0,399 | 0,502 | 0,841     | 1,32      | —  | 22,85   |                     |                 |
| 200   | 2,93      | 3,096 | 3,389  | 0,364         | 0,418  | 3,14  | 0,418 | 0,544 | 0,843     | 1,30      | 20,3   | 23,36   |                     |                 |
| 220   | 2,887     | 3,042 | 3,347  | 0,389         | 0,432  | 2,95  | 0,432 | 0,577 | 0,845     | 1,28      | 20,3   | 23,75   |                     |                 |
| 240   | 2,858     | 2,99  | 3,263  | 0,418         | 0,437  | 2,74  | 0,437 | 0,604 | 0,851     | 1,26      | 20,3   | 24,10   |                     |                 |
| 260   | 2,824     | 2,937 | 3,18   | 0,456         | 0,460  | 2,51  | 0,460 | 0,628 | 0,858     | 1,25      | 20,3   | 24,40   |                     |                 |
| 273   | 2,803     | 2,92  | 3,159  | 0,481         | 0,472  | 2,37  | 0,472 | 0,640 | 0,862     | 1,25      | 20,3   | 24,70   |                     |                 |
| 280   | 2,791     | 2,887 | 3,138  | 0,498         | 0,479  | 2,30  | 0,479 | 0,648 | 0,864     | 1,25      | 20,3   | 24,85   |                     |                 |
| 300   | 2,761     | 2,845 | 3,096  | 0,544         | 0,502  | 2,09  | 0,502 | 0,669 | 0,879     | 1,25      | 22,9   | 25,38   |                     |                 |
| λ, Вт · м <sup>-1</sup> · К <sup>-1</sup>             |           |       |        |               |        |   |       |       |           |           |  |         |                     |                 |
| C <sub>p</sub> , моль <sup>-1</sup> · К <sup>-1</sup> |           |       |        |               |        |   |       |       |           |           |  |         |                     |                 |
| Дж · моль <sup>-1</sup> · К <sup>-1</sup>             |           |       |        |               |        |   |       |       |           |           |  |         |                     |                 |
| К <sup>-1</sup>                                       |           |       |        |               |        |   |       |       |           |           |  |         |                     |                 |
| α · 10 <sup>6</sup>                                   |           |       |        |               |        |   |       |       |           |           |  |         |                     |                 |
| К <sup>-1</sup>                                       |           |       |        |               |        |   |       |       |           |           |  |         |                     |                 |

Продолжение табл. 12

| T, K  | Крист. Se |       |       | Аморф. Se     |       | Поликр. Se | Аморф. Se ВЧ после отжига при 373 К и времени отжига, ч |       |       |      | Крист. Se | Аморф. Se | C <sub>p</sub> , моль <sup>-1</sup> · К <sup>-1</sup> |           |           |
|---|-----------|-------|-------|---------------|-------|------------|---|-------|-------|------|-----------|-----------|---|-----------|-----------|
|   | В-3       | В-4   | В-5   | В-3, В-4, В-5 | ВЧ    |            | 0,0   | 0,5   | 2,0   | 10   |           |           |   | Крист. Se | Аморф. Se |
|   |           |       |       |               |       |            |   |       |       |      |           |           |   |           |           |
| λ, Вт · м <sup>-1</sup> · К <sup>-1</sup>             |           |       |       |               |       |            |   |       |       |      |           |           |   |           |           |
| 80  | 3,807     | 4,443 | 8,452 | 0,305         | 0,100 | 5,9        | —   | —     | —     | —    | —         | —         | 15,80   |           |           |
| 90  | 3,581     | 4,058 | 4,686 | 0,309         | 0,105 | 5,1        | —   | —     | —     | —    | —         | —         | 17,03   |           |           |
| 100   | 3,347     | 3,766 | 4,184 | 0,314         | 0,160 | 4,60       | 0,293   | 0,418 | 0,836 | 1,46 | —         | —         | 18,18   |           |           |
| 120   | 3,146     | 3,43  | 3,807 | 0,318         | 0,322 | 4,21       | 0,322   | 0,429 | 0,836 | 1,42 | —         | —         | 19,80   |           |           |
| 140   | 3,042     | 3,263 | 3,682 | 0,324         | 0,350 | 3,82       | 0,350   | 0,444 | 0,836 | 1,38 | —         | —         | 21,13   |           |           |
| 160   | 2,97      | 3,192 | 3,598 | 0,330         | 0,376 | 3,43       | 0,376   | 0,460 | 0,836 | 1,34 | —         | —         | 22,15   |           |           |
| 180   | 2,95      | 3,138 | 3,514 | 0,345         | 0,399 | 3,30       | 0,399   | 0,502 | 0,841 | 1,32 | —         | —         | 22,85   |           |           |
| 200   | 2,93      | 3,096 | 3,389 | 0,364         | 0,418 | 3,14       | 0,418   | 0,544 | 0,843 | 1,30 | 20,3      | 23,36     |   |           |           |
| 220   | 2,887     | 3,042 | 3,347 | 0,389         | 0,432 | 2,95       | 0,432   | 0,577 | 0,845 | 1,28 | 20,3      | 23,75     |   |           |           |
| 240   | 2,858     | 2,99  | 3,263 | 0,418         | 0,437 | 2,74       | 0,437   | 0,604 | 0,851 | 1,26 | 20,3      | 24,10     |   |           |           |
| 260   | 2,824     | 2,937 | 3,18  | 0,456         | 0,460 | 2,51       | 0,460   | 0,628 | 0,858 | 1,25 | 20,3      | 24,40     |   |           |           |
| 273   | 2,803     | 2,92  | 3,159 | 0,481         | 0,472 | 2,37       | 0,472   | 0,640 | 0,862 | 1,25 | 20,3      | 24,70     |   |           |           |
| 280   | 2,791     | 2,887 | 3,138 | 0,498         | 0,479 | 2,30       | 0,479   | 0,648 | 0,864 | 1,25 | 20,3      | 24,85     |   |           |           |
| 300   | 2,761     | 2,845 | 3,096 | 0,544         | 0,502 | 2,09       | 0,502   | 0,669 | 0,879 | 1,25 | 22,9      | 25,38     |   |           |           |
| C <sub>p</sub> , моль <sup>-1</sup> · К <sup>-1</sup> |           |       |       |               |       |            |   |       |       |      |           |           |   |           |           |
| Дж · моль <sup>-1</sup> · К <sup>-1</sup>             |           |       |       |               |       |            |   |       |       |      |           |           |   |           |           |
| К <sup>-1</sup>                                       |           |       |       |               |       |            |   |       |       |      |           |           |   |           |           |
| α · 10 <sup>6</sup>                                   |           |       |       |               |       |            |   |       |       |      |           |           |   |           |           |
| К <sup>-1</sup>                                       |           |       |       |               |       |            |   |       |       |      |           |           |   |           |           |

Примечание. Образцы аморфного селена (аморф. Se) получены из расплава путем быстрого охлаждения в вакууме. Кристаллические образцы (крист. Se) получены из аморфной фазы путем отжига в вакууме при 483 К в течение 50 ч. Размер кристаллов (поликр. Se) менее 20 мкм. Образцы аморфного селена (Se аморф. В-5) чистой 99,99999 полученны быстрым охлаждением расплава (скорость охлаждения 40 К·мин<sup>-1</sup>). Параметры решетки тетрагонального селена (крист. Se):  $a = 4,337 \cdot 10^{-10}$  м;  $c = 4,944 \cdot 10^{-10}$  м.

Содержание селена по маркам материала, %: В-3 99,999; В-4 99,9999; В-5 99,99999.  
Методы измерения: C<sub>p</sub> — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность ±0,6—2% при T < 20 К и 0,1—3% при T > 40 К); λ — стационарным осевым тепловым потоком (относительный вариант); погрешность ±(3—5)%.



Продолжение табл. 17

| T, K | Te1  |      | Te2  |      | Te5  |      | Te3  |      | Te с конст. нос. тока в 1 см <sup>3</sup> при 300 К |      | λ, Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |      | Te6 |   | Te7 |   | Te = осн |   | Te ⊥ осн |   | Te8  |   | α · 10 <sup>4</sup> , К <sup>-1</sup> |   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|------|--|------|-----|---|-----|---|----------|---|----------|---|--|---|---------------------------------------|---|
|      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1 · 10 <sup>15</sup>                                |      | 5 · 10 <sup>18</sup>                   |      |     |   |     |   |          |   |          |   | c <sub>p</sub> · 10 <sup>-3</sup> , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |   |                                       |   |
|      | 1,30 | 1,10 | 12   | 10   | 12   | 10   | 12   | 10   | —   | —    | —                                      | —    | —   | — | —   | — | —        | — | —        | — | —  | — | —                                     | — |
| 80   | 1,30 | 1,10 | 12   | 10   | 12   | 10   | 12   | 10   | —   | —    | —                                      | —    | —   | — | —   | — | —        | — | —        | — | —  | — | —                                     | — |
| 90   | 1,10 | —    | 12   | 10   | 12   | 10   | 12   | 10   | —   | —    | —                                      | —    | —   | — | —   | — | —        | — | —        | — | —  | — | —                                     | — |
| 100  | —    | —    | 12   | 10   | 12   | 10   | 12   | 10   | 8,33  | 6,45 | 5,56                                   | —    | —   | — | —   | — | —        | — | —        | — | —  | — | —                                     | — |
| 120  | —    | —    | 7,0  | 7,0  | 7,0  | 7,0  | 7,0  | 6,57 | 5,78  | 4,78 | 4,20                                   | 4,20 | —   | — | —   | — | —        | — | —        | — | —  | — | —                                     | — |
| 140  | —    | —    | 5,84 | 5,84 | 5,84 | 5,84 | 5,84 | 5,71 | 5,00  | 4,20 | 4,20                                   | —    | —   | — | —   | — | —        | — | —        | — | —  | — | —                                     | — |
| 160  | —    | —    | 5,40 | 5,40 | 5,40 | 5,40 | 5,40 | 5,29 | 4,33  | 3,77 | 3,77                                   | —    | —   | — | —   | — | —        | — | —        | — | —  | — | —                                     | — |
| 180  | —    | —    | 4,88 | 4,88 | 4,88 | 4,88 | 4,88 | 4,98 | 3,97  | 3,45 | 3,45                                   | —    | —   | — | —   | — | —        | — | —        | — | —  | — | —                                     | — |
| 200  | —    | —    | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,76 | 3,48  | 3,20 | 3,20                                   | —    | —   | — | —   | — | —        | — | —        | — | —  | — | —                                     | — |
| 220  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 4,59 | 3,25  | 2,97 | 2,97                                   | —    | —   | — | —   | — | —        | — | —        | — | —  | — | —                                     | — |
| 240  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 4,46 | 3,06  | 2,77 | 2,77                                   | —    | —   | — | —   | — | —        | — | —        | — | —  | — | —                                     | — |
| 260  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 4,35 | 2,92  | 2,59 | 2,59                                   | —    | —   | — | —   | — | —        | — | —        | — | —  | — | —                                     | — |
| 273  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 4,27 | 2,85  | 2,49 | 2,49                                   | —    | —   | — | —   | — | —        | — | —        | — | —  | — | —                                     | — |
| 280  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 4,24 | 2,81  | 2,43 | 2,43                                   | —    | —   | — | —   | — | —        | — | —        | — | —  | — | —                                     | — |
| 300  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 4,12 | 2,73  | 2,27 | 2,27                                   | —    | —   | — | —   | — | —        | — | —        | — | —  | — | —                                     | — |

Примечание. Образцы Te1 и Te2 — поликристаллические, остальные — монокристаллические. Химический состав образцов, %: Te1 — 99,5; Te2, Te3, Te5 — 99,99. Образцы Te2 получены зонной рекристаллизацией в вакууме. В отличие от Te3 образцы Te5 отожжены в течение 5 сут. при T ≈ T<sub>пл</sub> и затем охлаждены за 24 ч. Образцы Te6, Te7 получены методом зонной плавки. Режим отжига Te6: T = 593 К, время 70 ч. Подвижность Te7 2000 см<sup>2</sup>·В<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup> и Te6<sub>1</sub> — 6000 см<sup>2</sup>·В<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup>. Конст. нос. тока в 1 см<sup>3</sup> при 77 К: Te6 — 3·10<sup>14</sup>; Te7 — 7·10<sup>14</sup>. Измерения — в направлении главной оси кристалла λ<sub>реш</sub> || c = 1255 T<sup>-1</sup> Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup> и λ<sub>реш</sub> ⊥ c = 543,9 T<sup>-1</sup> Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup> (T = 2–50 К). Образцы Te8 отжигали при 573 К в течение 50 ч, затем охлаждали за 24 ч. Метод измерения α — емкостным dilatометром, погрешность ± (3–5)%; погрешность измерения c<sub>p</sub> равна ± 0,5%; λ ± 10% при T ≤ 10 К и ± 5% при T > 20 К.

18. Теплопроводность λ, Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, теллура, подвергнутого всестороннему сжатию [9] при различных температурах

| ρ · 10 <sup>-6</sup> , Па | T, K |      | ρ · 10 <sup>-6</sup> , Па | T, K |      |
|---------------------------|------|------|---------------------------|------|------|
|                           | 285  | 298  |                           | 285  | 298  |
| 0                         | 2,91 | 2,86 | 2,00                      | 3,17 | 3,11 |
| 0,25                      | 2,96 | 2,91 | 2,25                      | 3,19 | 3,12 |
| 0,50                      | 3,01 | 2,96 | 2,50                      | 3,21 | 3,13 |
| 0,75                      | 3,05 | 2,98 | 2,75                      | 3,23 | 3,15 |
| 1,00                      | 3,08 | 3,01 | 3,00                      | 3,24 | 3,17 |
| 1,25                      | 3,11 | 3,04 | 3,25                      | 3,26 | 3,19 |
| 1,50                      | 3,13 | 3,09 | 3,50                      | 3,27 | 3,20 |
| 1,75                      | 3,15 | 3,10 |                           |      |      |

Примечание. Материал — монокрист. теллур. Образцы в виде цилиндрических дисков диаметром 10 мм и высотой 4 мм вырезали из единого монокрист. слитка и помещали внутрь бомбы высокого давления; тепловой поток был направлен вдоль кристаллографической оси (c); гидростатическая жидкость (касторовое масло) осуществляла всестороннее давление на образец.

Метод измерения λ — плоским стационарным методом; погрешность ± 6%.

ρ — избыточное давление.

19. Теплопроводность λ, Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, твердых растворов висмут—сурьма [47]

| T, K | I    | II   | III  | IV   | T, K | I    | II   | III  | IV   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 80   | 11,0 | 6,75 | 4,45 | 3,60 | 200  | 8,60 | 5,50 | 5,05 | 4,05 |
| 90   | 10,6 | 6,70 | 4,47 | 3,65 | 210  | 8,55 | 5,45 | 5,10 | 4,05 |
| 100  | 10,1 | 6,40 | 4,50 | 3,70 | 220  | 8,50 | 5,40 | 5,15 | 4,05 |
| 110  | 9,95 | 6,20 | 4,55 | 3,75 | 230  | 8,45 | 5,35 | 5,20 | 4,05 |
| 120  | 9,55 | 6,05 | 4,60 | 3,80 | 240  | 8,40 | 5,30 | 5,50 | 4,10 |
| 130  | 9,15 | 5,95 | 4,65 | 3,90 | 250  | 8,35 | 5,20 | 5,60 | 4,12 |
| 140  | 9,00 | 5,90 | 4,70 | 4,00 | 260  | 8,30 | 5,10 | 5,70 | 4,17 |
| 150  | 8,95 | 5,85 | 4,80 | 4,00 | 270  | 8,25 | 5,05 | 5,80 | 4,20 |
| 160  | 8,90 | 5,75 | 4,85 | 4,00 | 280  | 8,20 | 5,03 | 5,90 | 4,25 |
| 170  | 8,85 | 5,65 | 4,90 | 4,00 | 290  | 8,15 | 5,02 | 5,95 | 4,30 |
| 180  | 8,80 | 5,55 | 4,95 | 4,05 | 300  | 8,10 | 5,01 | 6,00 | 4,35 |
| 190  | 8,75 | 5,50 | 5,00 | 4,05 |      |      |      |      |      |

Примечание. Материалы — твердые растворы Bi—Sb с атомным содержанием Sb 3,0 и 7,6%. Монокристаллы твердых растворов получали по методу Чохральского вытягиванием из жидкой фазы.

Образцы из совершенных кристаллов вырезали в виде прямоугольных брусьев с размерами сечения 4 × 5 × (15–20) мм двух ориентаций.

I — металлоид Bi<sub>97</sub>Sb<sub>3</sub>, большая грань образца параллельна бинарной оси монокристалла; II — металлоид Bi<sub>97</sub>Sb<sub>3</sub>, большая грань образца параллельна тригональной оси монокристалла; III — полупроводник (при T = 4,2 ÷ 150 К) Bi<sub>92,4</sub>Sb<sub>7,6</sub>, большая грань образца параллельна бинарной оси монокристалла; IV — полупроводник (при T = 4,2 ÷ 150 К) Bi<sub>92,4</sub>Sb<sub>7,6</sub>, большая грань образца параллельна тригональной оси монокристалла.

Метод измерения λ — абсолютный, стационарным тепловым потоком, направленным по большей грани образца (погрешность измерения ± 3,5%).

20. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, твердых растворов висмут—сурьма, легированных оловом, в зависимости от магнитной индукции [47]

| T, К | Магнитная индукция, Тл |      |      |      |      |      |      |
|------|------------------------|------|------|------|------|------|------|
|      | 0                      | 0,2  | 0,4  | 0,6  | 0,8  | 1,0  | 1,2  |
| 90   | 2,40                   | 2,18 | 2,12 | 2,10 | 2,10 | 2,09 | 2,08 |
| 112  | 2,30                   | 2,02 | 1,92 | 1,88 | 1,88 | 1,89 | 1,90 |
| 136  | 2,15                   | 1,92 | 1,77 | 1,70 | 1,69 | 1,68 | 1,68 |
| 175  | 2,50                   | 2,22 | 2,03 | 1,92 | 1,82 | 1,77 | 1,70 |
| 201  | 2,96                   | 2,68 | 2,51 | 2,37 | 2,22 | 2,10 | 1,97 |
| 252  | 2,97                   | 2,80 | 2,70 | 2,64 | 2,60 | 2,59 | 2,58 |
| 298  | 3,80                   | 3,40 | 3,05 | 2,97 | 2,92 | 2,88 | 2,82 |

Примечание. Материал — монокристалл твердый раствор висмут—сурьма, легированный оловом, типа  $(\text{Bi}_{92,4}\text{Sb}_{7,6})_{1-x}\text{Sn}_x$  при атомной доле  $x = 0,05\%$ .

Монокристаллы твердого раствора получали вытягиванием твердой фазы из жидкой фазы по методу Чохральского с одновременным подпитыванием расплава твердой сурьмой.

Образцы из совершенных монокристаллов вырезали в виде прямоугольных брусков с размерами  $4 \times 5 \times (15 \div 20)$  мм; большая грань образца параллельна тригональной оси монокристалла.

Метод измерения — абсолютный, стационарным тепловым потоком, направленным по большей грани образца (погрешность измерения  $\pm 3,5\%$ ).

Вектор индукции магнитного поля направлен вдоль биссекторной оси монокристалла.

21. Теплопроводность, удельная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения стибнитов и арсенидов индия и галлия [114]

| T, К | InSb   |                           |                     |   | InAs   |                                       | GaAs  |
|------|--|---------------------------|---------------------|---|--|---------------------------------------|-------|
|      | $\lambda$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |       |
|      |  |                           |                     |   |  |                                       |       |
| 2    | 320  | —                         | —                   | —   | 180  | —                                     | —     |
| 3    | 800  | —                         | —                   | —   | 440  | —                                     | —     |
| 4    | 1300   | —                         | —                   | —   | 800  | —                                     | —     |
| 5    | 1800   | —                         | —                   | —   | 1350   | —                                     | —     |
| 6    | 1930   | —                         | —                   | —   | 1820   | —                                     | —     |
| 7    | 1980   | —                         | —                   | —   | 2010   | —                                     | —     |
| 8    | 2000   | —                         | —                   | —   | 2300   | —                                     | —     |
| 9    | 2000   | —                         | —                   | —   | 2550   | —                                     | —     |
| 10   | 1970   | 2,95                      | -0,06               | —   | 2700   | —                                     | —     |
| 15   | 1600   | 3,02                      | -0,08               | —   | 2400   | —                                     | —     |
| 20   | 1050   | 3,09                      | -0,10               | —   | 2000   | —                                     | —     |
| 30   | 630  | 3,27                      | -1,72               | —   | 1200   | —                                     | —     |
| 40   | 380  | 3,44                      | -0,82               | —   | 790  | —                                     | -0,50 |
| 50   | 240  | 3,62                      | -0,33               | —   | 510  | —                                     | —     |
| 60   | 180  | 3,79                      | 0,28                | —   | 380  | —                                     | —     |
| 70   | 110  | 3,93                      | 0,89                | —   | 270  | —                                     | —     |
| 80   | 100  | 4,05                      | 1,50                | —   | 210  | 3,40                                  | 3,64  |
| 90   | 76   | 4,16                      | 2,18                | —   | 185  | 3,40                                  | 3,64  |
| 100  | 65   | 4,26                      | 2,76                | —   | 150  | 3,40                                  | 3,64  |
| 120  | 56,6   | 4,37                      | 3,48                | —   | —  | 3,40                                  | 3,64  |
| 140  | 51,9   | 4,48                      | 3,83                | —   | —  | 3,40                                  | 3,64  |
| 160  | 48   | 4,57                      | 4,08                | —   | —  | 3,40                                  | 3,64  |
| 180  | 45   | 4,66                      | 4,27                | 0,0967  | —  | 3,40                                  | 3,64  |
| 200  | 42,3   | 4,73                      | 4,43                | 0,0981  | —  | 3,40                                  | 3,64  |
| 220  | 40,4   | 4,77                      | 4,58                | 0,0995  | —  | 3,40                                  | 3,64  |
| 240  | 38,8   | 4,84                      | 4,71                | 0,101   | —  | 3,40                                  | 3,64  |
| 260  | 37,4   | 4,91                      | 4,83                | 0,102   | —  | 3,40                                  | 3,64  |
| 273  | 36,7   | 4,95                      | 4,90                | 0,103   | —  | 3,40                                  | 3,64  |
| 280  | 36,3   | 5,00                      | 4,95                | 0,103   | —  | 3,40                                  | 3,64  |
| 300  | 35,4   | 5,00                      | 5,04                | 0,104   | —  | 5,20                                  | 7,44  |

Примечание. Образец InSb (марка ОВЧ) получен электронной плавкой. При 300 К конц. нос. тока  $7 \cdot 10^{13}$  см<sup>-3</sup>, подвижность  $9,5 \cdot 10^5$  см<sup>2</sup>·В<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup>. Установлено, что  $\lambda_{\text{реш}}$  InSb не зависит от концентрации примесей до значений  $10^{17}$  см<sup>-3</sup>. Для образца GaAs при 300 К  $\lambda = 52,3$  Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>.

22. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^{-2}$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, стибнита индия, подвергнутого пластической деформации [114]

| T, К | I    |      | II  |      |
|------|------|------|-----|------|
|      | I    | II   | I   | II   |
| 2    | 2,05 | 0,25 | 20  | 12,0 |
| 5    | 14,0 | 0,75 | 50  | 3,00 |
| 10   | 20,0 | 1,75 | 100 | 0,60 |

Примечание. Материал — монокристаллический стибнит индия. Образцы стержневидные с поперечным сечением  $2 \times 2$  мм. Конц. нос. тока n- и p-типа:  $2 \cdot 10^{20}$  м<sup>-3</sup>.

I — теплопроводность до деформации; проводимость электронная; II — после деформации (пластический изгиб при 573 К); проводимость дырочная.

23. Молярная теплоемкость фосфида галлия [50]

| T, К | $C_p$ , Дж×<br>× моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, К | $C_p$ , Дж×<br>× моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, К   | $C_p$ , Дж×<br>× моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|--|------|--|--------|--|
| 55   | 5,192  | 130  | 13,86  | 220    | 19,72  |
| 60   | 5,933  | 140  | 14,73  | 240    | 20,46  |
| 70   | 7,260  | 150  | 15,58  | 260    | 21,10  |
| 80   | 8,506  | 160  | 16,33  | 273,15 | 21,47  |
| 90   | 9,652  | 170  | 17,02  | 280    | 21,64  |
| 100  | 10,79  | 180  | 17,65  | 300    | 21,94  |
| 110  | 11,90  | 190  | 18,25  | —      | —  |
| 120  | 12,91  | 200  | 18,78  | —      | —  |

Примечание. Измерения проведены на образцах общей массой от 50 до 100 г. Масса вещества набиралась из кристаллов соединения размерами 2—5 мм.

Метод измерения  $C_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (установка КУ-300); погрешность измерения  $\pm (0,2 \div 0,3) \%$ .

24. Теплопроводность и молярная теплоемкость стибнитов редкоземельных элементов [166]

| Стибниты | $C_p$ , Дж×<br>× моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | Стибниты | $C_p$ , Дж×<br>× моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|----------|--|--|----------|--|--|
| LaSb     | 50,57  | —  | SmSb     | 51,79  | 44,0   |
| CeSb     | 50,53  | 40,0   | EuSb     | 53,59  | —  |
| PrSb     | 50,62  | 30,7   | GdSb     | 50,91  | 18,2   |
| NbSb     | 50,78  | 38,3   | DySb     | —  | 52,5   |
| TbSb     | —  | 8,7  | HoSb     | —  | 29,2   |

Примечание. Материалы — твердые стибниты редкоземельных металлов — лантанидов, представляющие соединения редкоземельных металлов, в которых атомы лантаноидов находятся в состоянии трехзарядных положительных ионов.

Стибниты получены ампульным методом из порошков соответствующих металлов. Для синтеза применяли сурьму марки ОС.Ч и дистилляты редкоземельных металлов, содержащих основного металла 99,9%. Однофазность образцов подтверждена рентгенофазовым, химическим и макроструктурным анализом.

Теплопроводность измерена на компактных образцах, полученных прессованием и спеканием при температуре  $0,77 T_{\text{пл}}$  моносоединения. Опытные значения теплопроводности пересчитаны на нулевую пористость. Погрешность измерения  $\pm 15\%$ . Средняя квадратическая погрешность измерения  $C_p \pm 3\%$ . Средняя температура образцов 298 К.

25. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^{-2}$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, легированного арсенида галлия с примесями [19]

| T, К | Конц. нос. тока в 1 м <sup>3</sup> примесей |                            |                            |                            |                          |                            |
|------|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
|      | 1·10 <sup>22</sup><br>ВЧ                    | 1,4·10 <sup>22</sup><br>ВЧ | 0,9·10 <sup>24</sup><br>Te | 1,3·10 <sup>24</sup><br>Se | 3·10 <sup>24</sup><br>Zn | 1,2·10 <sup>25</sup><br>Zn |
| 4    | 2,3   | 1,8                        | 1,0                        | 1,0                        | —                        | —                          |
| 6    | 6,2   | 4,5                        | 3,2                        | 3,3                        | 0,12                     | —                          |
| 8    | 15,0  | 8,0                        | 5,5                        | 5,5                        | 0,39                     | 0,20                       |
| 10   | 22,0  | 12,0                       | 8,0                        | 8,1                        | 0,68                     | 0,40                       |
| 20   | 35,0  | 15,0                       | 12,5                       | 12,4                       | 1,6                      | 0,95                       |
| 30   | 45,0  | 19,0                       | 15,0                       | 15,0                       | 3,5                      | 2,2                        |
| 40   | 44,0  | 18,0                       | 12,7                       | 12,6                       | 5,5                      | 3,5                        |
| 50   | 26,0  | 14,0                       | 11,9                       | 11,9                       | 6,0                      | 4,0                        |
| 60   | 14,0  | 8,8                        | 7,0                        | 7,0                        | 5,5                      | 3,9                        |
| 70   | 8,0   | 6,8                        | 5,5                        | 5,4                        | 4,2                      | 3,8                        |
| 80   | 5,9   | 4,9                        | 4,0                        | 3,9                        | 4,0                      | 3,2                        |
| 90   | 4,5   | 4,0                        | 3,9                        | 3,8                        | 3,8                      | 2,8                        |
| 100  | 3,9   | 3,5                        | 3,4                        | 3,4                        | 3,3                      | 2,0                        |
| 110  | 3,0   | 2,8                        | 2,7                        | 2,7                        | 2,7                      | 1,8                        |
| 120  | 2,2   | 2,1                        | 2,0                        | 2,0                        | 2,0                      | 1,4                        |
| 130  | 1,8   | 1,7                        | 1,6                        | 1,5                        | 1,5                      | 0,90                       |
| 140  | 1,1   | 1,0                        | —                          | —                          | 1,4                      | 0,70                       |
| 150  | 0,79  | 0,72                       | —                          | —                          | 1,4                      | 0,55                       |
| 160  | —   | 0,71                       | —                          | —                          | 1,3                      | 0,54                       |
| 170  | —   | 0,70                       | —                          | —                          | 1,3                      | 0,53                       |
| 180  | —   | 0,74                       | —                          | —                          | 1,3                      | 0,53                       |
| 190  | —   | 0,75                       | —                          | —                          | 1,2                      | 0,52                       |
| 200  | —   | 0,70                       | —                          | —                          | 1,2                      | 0,52                       |
| 210  | —   | 0,69                       | —                          | —                          | 1,2                      | 0,52                       |
| 220  | —   | 0,68                       | —                          | —                          | 1,1                      | 0,51                       |

Примечание. Материал — синтетический GaAs кубической структуры; плотность 5316 кг·м<sup>-3</sup> при 298 К; постоянные решетки 5,6534·10<sup>-10</sup> м. Образцы — монокристаллы GaAs n- и p-типа высокой чистоты.

26. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, твердого раствора InSb—In<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> [114]

| T, К | Молярное содержание In <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> в растворе, % |      |      |      |      |      |
|------|---|------|------|------|------|------|
|      | 0,0   | 0,1  | 0,3  | 0,5  | 1,0  | 5,0  |
| 100  | 6,25  | 28,6 | 25,0 | 15,4 | 11,1 | 35,7 |
| 120  | 5,88  | 26,3 | 22,2 | 14,3 | 10,0 | 31,3 |
| 140  | 5,56  | 23,8 | 20,0 | 13,3 | 9,08 | 27,8 |
| 160  | 5,24  | 21,8 | 18,5 | 12,5 | 8,33 | 25,0 |
| 180  | 4,92  | 20,0 | 17,0 | 11,8 | 7,70 | 22,8 |
| 200  | 4,65  | 18,5 | 15,6 | 11,2 | 7,20 | 20,8 |
| 220  | 4,41  | 17,2 | 14,5 | 10,6 | 6,75 | 19,2 |
| 240  | 4,16  | 16,1 | 13,5 | 10,2 | 6,36 | 17,9 |
| 260  | 3,97  | 15,2 | 12,7 | 9,80 | 6,03 | 16,7 |
| 273  | 3,85  | 14,6 | 12,2 | 9,46 | 5,81 | 16,0 |
| 280  | 3,79  | 14,3 | 12,0 | 9,35 | 5,71 | 15,6 |
| 300  | 3,61  | 13,2 | 11,5 | 8,93 | 5,44 | 14,7 |

Примечание. Образцы синтезированы в вакуумированной до 0,133 Па кварцевой ампуле из исходных чистых сурьмы Су-000, индия и теллура, очищенных многократной зонной перекристаллизацией. Конц. нос. тока в чистом InSb—10<sup>18</sup> см<sup>-3</sup>.  
Метод измерения  $\lambda$  — стационарным тепловым потоком (абсолютный вариант), погрешность  $\pm 5\%$ .

27. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, твердого раствора InSb—In<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> в зависимости от содержания In<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> [114]

| Молярное содержание In <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> , % | Температура, К |      |      | Примечание. Для синтеза сплава были использованы сурьма марки Су-00, индий и теллур высокой чистоты, очищенные многократной зонной перекристаллизацией. Синтез проведен в вакуумированных кварцевых ампулах. Метод измерения $\lambda$ — стационарным осевым тепловым потоком (абсолютный вариант). |
|---|----------------|------|------|---|
|   | 110            | 213  | 300  |   |
| 0   | 34,0           | 18,5 | 15,8 |   |
| 0,5   | 16,0           | 10,5 | 8,8  |   |
| 1,0   | 10,4           | 6,6  | 5,1  |   |
| 2,0   | 9,2            | 6,0  | 4,6  |   |
| 3,0   | 8,0            | 5,4  | 4,2  |   |
| 4,0   | 6,9            | 5,0  | 3,8  |   |
| 5,0   | 5,8            | 4,4  | 3,4  |   |

28. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, твердого раствора InSb—In<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> в зависимости от времени отжига [114]

| Время отжига и параметры                                  | Температура, К  |                       |                       |                       |
|---|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|   | 110   |                       | 300                   |                       |
|   | Молярное содержание In <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> , % |                       |                       |                       |
|   | 0,5   | 5,0                   | 0,5                   | 5,0                   |
| Время отжига, ч:  |   |                       |                       |                       |
| 0   | 16  | 6,5                   | 9,0                   | 3,5                   |
| 20  | 16,5  | 8,8                   | 9,2                   | 4,2                   |
| 40  | 17,0  | 9,7                   | 9,3                   | 4,4                   |
| 60  | 17,1  | 10,2                  | 9,4                   | 4,5                   |
| 80  | 17,2  | 10,5                  | 9,5                   | 4,6                   |
| 100   | 17,2  | 10,7                  | 9,6                   | 4,6                   |
| Параметры:  |   |                       |                       |                       |
| $n$ , см <sup>-3</sup>                                    | 1,04·10 <sup>19</sup>                                   | 0,88·10 <sup>19</sup> | 1,04·10 <sup>19</sup> | 0,88·10 <sup>19</sup> |
| $\sigma$ , Ом <sup>-1</sup> ·см <sup>-1</sup>             | 4080  | 2800                  | 4080                  | 2800                  |
| $\mu$ , см <sup>2</sup> ·В <sup>-1</sup> ·с <sup>-1</sup> | 2400  | 1900                  | 2400                  | 1900                  |
| $\lambda_{общ}$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>     | 9,0   | 3,5                   | 9,0                   | 3,5                   |
| $\lambda_{реш}$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>     | 6,1   | 1,5                   | 6,1                   | 1,5                   |
| $\lambda_{эл}$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>      | 2,9   | 2,0                   | 2,9                   | 2,0                   |

Примечание. Температура отжига 723 К. Параметры образцов даны при 300 К.

29. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, решетки твердого раствора InSb—In<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> [114]

| T, К | Молярное содержание In <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> , % |       |       |       |        |        |
|------|---|-------|-------|-------|--------|--------|
|      | 0   | 0,1   | 0,3   | 0,5   | 1,0    | 5,0    |
| 100  | 0,5   | 0,25  | 0,2   | 0,165 | 0,154  | 0,154  |
| 120  | 0,4   | 0,23  | 0,18  | 0,15  | 0,122  | 0,092  |
| 140  | 0,34  | 0,20  | 0,17  | 0,139 | 0,100  | 0,074  |
| 160  | 0,29  | 0,19  | 0,164 | 0,128 | 0,0855 | 0,061  |
| 180  | 0,26  | 0,18  | 0,154 | 0,120 | 0,0746 | 0,052  |
| 200  | 0,23  | 0,169 | 0,146 | 0,112 | 0,0662 | 0,046  |
| 220  | 0,21  | 0,159 | 0,139 | 0,106 | 0,0595 | 0,04   |
| 240  | 0,19  | 0,149 | 0,132 | 0,096 | 0,0538 | 0,036  |
| 260  | 0,17  | 0,14  | 0,125 | 0,086 | 0,0493 | 0,033  |
| 273  | 0,164   | 0,132 | 0,118 | 0,08  | 0,0467 | 0,031  |
| 280  | 0,16  | 0,127 | 0,114 | 0,077 | 0,0455 | 0,0303 |
| 300  | 0,149   | 0,109 | 0,09  | 0,068 | 0,0422 | 0,0279 |



30. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, решетки твердого раствора InSb—GaSb [114]

| T, K | Молярное содержание InSb, % |        |        |        |       |       |       |
|------|-----------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
|      | 90                          | 75     | 50     | 25     | 10    | 0     | 100   |
| 80   | 0,1627                      | 0,1470 | 0,1389 | 0,1786 | 0,333 | 1,250 | 0,256 |
| 90   | 0,1548                      | 0,1404 | 0,1316 | 0,1709 | 0,320 | 1,176 | 0,243 |
| 100  | 0,1471                      | 0,1346 | 0,1253 | 0,1634 | 0,308 | 1,087 | 0,230 |
| 120  | 0,1351                      | 0,1239 | 0,1143 | 0,1504 | 0,286 | 1,909 | 0,208 |
| 140  | 0,1245                      | 0,1149 | 0,1064 | 0,1389 | 0,270 | 0,787 | 0,189 |
| 160  | 0,1149                      | 0,1073 | 0,0971 | 0,1290 | 0,254 | 0,714 | 0,174 |
| 180  | 0,1075                      | 0,1004 | 0,0909 | 0,1205 | 0,238 | 0,625 | 0,161 |
| 200  | 0,1007                      | 0,0943 | 0,0848 | 0,1136 | 0,227 | 0,571 | 0,149 |
| 220  | 0,0917                      | 0,089  | 0,0788 | 0,1067 | 0,216 | 0,526 | 0,140 |
| 240  | 0,0890                      | 0,0842 | 0,0744 | 0,1010 | 0,205 | 0,476 | 0,132 |
| 260  | 0,0848                      | 0,0807 | 0,0702 | 0,0962 | 0,196 | 0,444 | 0,123 |
| 273  | 0,0813                      | 0,0774 | 0,0678 | 0,0926 | 0,190 | 0,426 | 0,119 |
| 280  | 0,0799                      | 0,0761 | 0,0667 | 0,0909 | 0,187 | 0,417 | 0,117 |
| 300  | 0,0759                      | 0,0725 | 0,0633 | 0,0870 | 0,179 | 0,385 | 0,111 |

31. Теплопроводность твердого раствора InAs—InP [19]

| Молярное содержание InP, % | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | Молярное содержание InP, % | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | Молярное содержание InP, % | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|----------------------------|---|----------------------------|---|----------------------------|---|
|                            |   |                            |   |                            |   |
| 0                          | 27,0  | 40                         | 8,0   | 80                         | 16,1  |
| 10                         | 21,0  | 50                         | 7,5   | 90                         | 28,0  |
| 20                         | 14,5  | 60                         | 8,0   | 95                         | 39,5  |
| 30                         | 9,5   | 70                         | 10,0  | 100                        | 60,0  |

Примечание. Материал — сплавы полупроводниковых соединений типа АIIIВV. Использовали индий высокой чистоты, очищенный многократной зонной перекристаллизацией, и белый фосфор (плотность 1820 кг·м<sup>-3</sup>). Метод измерения  $\lambda$  — стационарным тепловым потоком при 300 К.

32. Теплопроводность твердого раствора GaAs—InAs [19]

| Молярное содержание InAs, % | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | Молярное содержание InAs, % | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | Молярное содержание InAs, % | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|-----------------------------|---|-----------------------------|---|-----------------------------|---|
|                             |   |                             |   |                             |   |
| 0                           | 46,5  | 40                          | 5,5   | 80                          | 7,0   |
| 10                          | 13,5  | 50                          | 5,0   | 90                          | 9,5   |
| 20                          | 9,0   | 60                          | 5,5   | 95                          | 16,0  |
| 30                          | 7,5   | 70                          | 6,0   | 100                         | 28,0  |

Примечание. Материал — сплавы полупроводниковых соединений типа АIIIВV. Использовали индий высокой чистоты, очищенный многократной зонной перекристаллизацией, и арсенид галлия высокой чистоты л-типа. Метод измерения — стационарным тепловым потоком при 300 К.

33. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, решетки твердого раствора GaSb—Ga<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> [114]

| T, K | Молярное содержание Ga <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> , % |       |       |       |       |       |
|------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | 0,0   | 0,1   | 0,3   | 0,5   | 1,3   | 5     |
| 80   | 1,0   | 0,526 | 0,435 | 0,400 | 0,256 | 0,185 |
| 90   | 0,91  | 0,513 | 0,426 | 0,391 | 0,244 | 0,175 |
| 100  | 0,833   | 0,500 | 0,417 | 0,382 | 0,233 | 0,167 |
| 120  | 0,770   | 0,470 | 0,400 | 0,358 | 0,215 | 0,152 |
| 140  | 0,690   | 0,445 | 0,378 | 0,336 | 0,199 | 0,139 |
| 160  | 0,625   | 0,426 | 0,360 | 0,318 | 0,185 | 0,128 |
| 180  | 0,588   | 0,400 | 0,345 | 0,303 | 0,172 | 0,119 |
| 200  | 0,541   | 0,385 | 0,333 | 0,286 | 0,162 | 0,111 |
| 220  | 0,500   | 0,371 | 0,318 | 0,277 | 0,153 | 0,104 |
| 240  | 0,477   | 0,357 | 0,306 | 0,263 | 0,144 | 0,980 |
| 260  | 0,465   | 0,339 | 0,294 | 0,253 | 0,137 | 0,926 |
| 273  | 0,432   | 0,333 | 0,286 | 0,244 | 0,132 | 0,894 |
| 280  | 0,416   | 0,323 | 0,286 | 0,244 | 0,130 | 0,877 |
| 300  | 0,400   | 0,313 | —     | —     | 0,125 | 0,834 |

34. Молярная теплоемкость стибнитов кадмия и цинка [56]

| T, K | CdSb   |       | ZnSb   |       | T, K  | CdSb   |  | ZnSb   |  |
|------|--|-------|--|-------|-------|--|--|--|--|
|      | $C_p$ , Дж×моль <sup>-1</sup> ×К <sup>-1</sup> |       | $C_p$ , Дж×моль <sup>-1</sup> ×К <sup>-1</sup> |       |       | $C_p$ , Дж×моль <sup>-1</sup> ×К <sup>-1</sup> |  | $C_p$ , Дж×моль <sup>-1</sup> ×К <sup>-1</sup> |  |
| 55   | 29,47  | 25,85 | 220  | 48,66 | 48,37 |  |  |  |  |
| 80   | 37,46  | 34,15 | 200  | 49,33 | 49,04 |  |  |  |  |
| 100  | 41,40  | 38,85 | 240  | 49,92 | 49,83 |  |  |  |  |
| 120  | 43,93  | 42,17 | 260  | 50,46 | 50,75 |  |  |  |  |
| 140  | 45,73  | 44,39 | 280  | 50,92 | 51,67 |  |  |  |  |
| 160  | 46,99  | 45,98 | 298,15   | 51,38 | 52,38 |  |  |  |  |
| 180  | 47,91  | 47,24 | 300  | 51,38 | 52,47 |  |  |  |  |

Примечание. Образцы синтезированы из Cd-000 (Zn-000) и Sb марки «Экстра», взятых в стехиометрическом соотношении в атмосфере водорода. Затем из полученных поликристаллических образцов CdSb методом зонной перекристаллизации и вытягиванием из расплава получены монокристаллы CdSb.

Метод измерения  $C_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром (установка типа КУ-300); погрешность ±0,3%.

35. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, стибнита кадмия в различных направлениях монокристалла [114, 39]

| T, K | Монокрист. ОВЧ в направлениях |                    |                    | Монокрист. с примесями              |                       |                       |                       |
|------|-------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|      | [100]                         | [010]              | [001]              | Конц. нос. тока в 1 см <sup>3</sup> |                       |                       |                       |
|      | 5·10 <sup>15</sup>            | 5·10 <sup>15</sup> | 5·10 <sup>15</sup> | 2,08·10 <sup>16</sup>               | 1,25·10 <sup>16</sup> | 1,04·10 <sup>16</sup> | 0,86·10 <sup>16</sup> |
| 100  | 2,803                         | 4,728              | 5,063              | 3,933                               | —                     | 4,561                 | —                     |
| 120  | 2,469                         | 4,184              | 4,310              | 2,761                               | 3,724                 | 3,431                 | —                     |
| 140  | 2,176                         | 3,556              | 3,473              | 2,301                               | 3,054                 | 2,761                 | —                     |
| 160  | 1,883                         | 3,012              | 2,803              | 1,924                               | 2,594                 | 2,301                 | —                     |
| 180  | 1,674                         | 2,510              | 2,385              | 1,674                               | 2,343                 | 2,092                 | 1,883                 |
| 200  | 1,506                         | 2,218              | 2,176              | 1,464                               | 2,218                 | 1,924                 | 1,715                 |
| 220  | 1,423                         | 2,05               | 2,050              | 1,297                               | 2,092                 | 1,883                 | 1,674                 |
| 240  | 1,381                         | 1,966              | 1,966              | 1,172                               | 2,008                 | 1,841                 | 1,632                 |

Продолжение табл. 35

| Т, К | Монокрист. ОВЧ в направлениях |                    |                    | Монокрист. с примесями              |                       |                       |                       |
|------|-------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|      | [100]                         | [010]              | [001]              | Конц. нос. тока в 1 см <sup>2</sup> |                       |                       |                       |
|      | 5·10 <sup>15</sup>            | 5·10 <sup>15</sup> | 5·10 <sup>15</sup> | 2,08·10 <sup>16</sup>               | 1,25·10 <sup>16</sup> | 1,04·10 <sup>16</sup> | 0,86·10 <sup>16</sup> |
| 260  | 1,381                         | 1,924              | 1,883              | 1,088                               | 2,008                 | 1,841                 | 1,674                 |
| 273  | 1,423                         | 1,883              | 1,841              | 1,046                               | 2,050                 | 1,883                 | 1,715                 |
| 280  | 1,433                         | 1,924              | 1,883              | 1,004                               | 2,092                 | 1,924                 | 1,757                 |
| 300  | 1,464                         | 2,008              | 1,924              | 0,962                               | 2,218                 | 2,008                 | 1,841                 |

Примечание. Все образцы CdSb монокристаллические р-типа. Исходные Cd и Sb очищали путем трехкратной вакуумной фракционной дистилляции с последующей зонной очисткой. Монокристаллы CdSb выращивали методом перекристаллизации.

Метод измерения  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (абсолютный вариант); погрешность измерения  $\pm 5\%$ .

В интервале температур 78—293 К для монокристалла ОВЧ ромбической сингонии в направлении [100]  $\alpha = (21,5 \pm 0,2) 10^{-6}$ , К<sup>-1</sup>; в направлении [010]  $\alpha = (2,6 \pm 0,2) 10^{-6}$ , К<sup>-1</sup>; в направлении [001]  $\alpha = (7,4 \pm 0,1) 10^{-6}$ , К<sup>-1</sup>;  $\alpha$  определен рентгендифрактометрическим методом.

36. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, стибнита кадмия, легированного серебром и золотом [114]

| Параметры  | Атомное содержание примесей в расплаве, % |                        |                        |                        |                      |                        |                        |                      |                        |  |
|--|---|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|--|
|  | серебра                                   |                        |                        |                        |                      | золота                 |                        |                      |                        |  |
|  | 0   | 0,001                  | 0,01                   | 0,1                    | 1,0                  | 0,001                  | 0,01                   | 0,1                  | 1,0                    |  |
| Т, К   | 3,36                                      | —                      | 2,07                   | 2,49                   | 2,67                 | 3,18                   | 3,10                   | 3,23                 | 2,12                   |  |
| 140  | 3,10                                      | 2,69                   | 1,90                   | 2,30                   | 2,53                 | 2,93                   | 2,78                   | 2,81                 | 1,94                   |  |
| 160  | 2,87                                      | 2,49                   | 1,79                   | 2,19                   | 2,41                 | 2,71                   | 2,52                   | 2,53                 | 1,80                   |  |
| 180  | 2,63                                      | 2,28                   | 1,70                   | 2,07                   | 2,33                 | 2,50                   | 2,24                   | 2,23                 | 1,68                   |  |
| 200  | 2,42                                      | 2,13                   | 1,64                   | 2,0                    | 2,24                 | 2,30                   | 2,03                   | 2,01                 | 1,59                   |  |
| 220  | 2,21                                      | 2,01                   | 1,59                   | 1,91                   | 2,17                 | 2,10                   | 1,86                   | 1,87                 | 1,50                   |  |
| 240  | 2,05                                      | 1,90                   | 1,55                   | 1,86                   | 2,10                 | 1,92                   | 1,74                   | 1,76                 | 1,40                   |  |
| 260  | 1,96                                      | 1,86                   | 1,53                   | 1,83                   | 2,07                 | 1,86                   | 1,69                   | 1,71                 | 1,38                   |  |
| 273  | 1,91                                      | 1,81                   | 1,51                   | 1,80                   | 2,04                 | 1,81                   | 1,65                   | 1,68                 | 1,35                   |  |
| 280  | 1,82                                      | 1,75                   | 1,49                   | 1,76                   | 2,00                 | 1,73                   | 1,59                   | 1,63                 | 1,29                   |  |
| 300  | 1,82                                      | 1,75                   | 1,49                   | 1,76                   | 2,00                 | 1,73                   | 1,59                   | 1,63                 | 1,29                   |  |
| Конц. нос. тока, см <sup>-3</sup> , при 100 К                                      | 1,2 × 10 <sup>15</sup>                    | 6,5 × 10 <sup>15</sup> | 1,6 × 10 <sup>17</sup> | 1,7 × 10 <sup>18</sup> | 2 × 10 <sup>19</sup> | 1,7 × 10 <sup>15</sup> | 1,5 × 10 <sup>16</sup> | 8 × 10 <sup>16</sup> | 1,1 × 10 <sup>18</sup> |  |
| Подвижность нос. тока при 100 К, см <sup>2</sup> ·В <sup>-1</sup> ·с <sup>-1</sup> | 1620                                      | 2580                   | 1600                   | 640                    | 340                  | 2625                   | 1700                   | 940                  | 745                    |  |

Примечание. Образцы CdSb монокристаллические, получены прямым синтезом очищенных элементов с последующей зонной плавкой.

Метод измерения — стационарный осевой тепловой поток (относительный вариант). В качестве эталона взят свинец. Измерения проведены в вакууме 1,33·10<sup>-2</sup> Па (погрешность  $\pm 10\%$ ).

37. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, твердых растворов ZnSb—CdSb при различном содержании CdSb [95]

| Т, К | Молярное содержание CdSb в растворе, % |      |      |      |      |      |      |
|------|--|------|------|------|------|------|------|
|      | 0                                      | 0,1  | 0,5  | 3    | 10   | 20   | 50   |
| 100  | 2,28                                   | 1,92 | 1,57 | 1,35 | 0,94 | 0,86 | 0,72 |
| 120  | 2,15                                   | 1,75 | 1,39 | 1,20 | 0,90 | 0,82 | 0,69 |
| 140  | 2,03                                   | 1,61 | 1,24 | 1,09 | 0,86 | 0,78 | 0,66 |
| 160  | 1,94                                   | 1,51 | 1,11 | 0,98 | 0,81 | 0,72 | 0,62 |
| 180  | 1,85                                   | 1,44 | 1,01 | 0,90 | 0,79 | 0,70 | 0,60 |
| 200  | 1,78                                   | 1,39 | 0,96 | 0,86 | 0,77 | 0,69 | 0,57 |
| 220  | 1,70                                   | 1,35 | 0,91 | 0,81 | 0,75 | 0,67 | 0,56 |
| 240  | 1,66                                   | 1,30 | 0,88 | 0,79 | 0,73 | 0,66 | 0,55 |
| 260  | 1,62                                   | 1,29 | 0,87 | 0,77 | 0,72 | 0,65 | 0,55 |
| 280  | 1,60                                   | 1,28 | 0,85 | 0,77 | 0,72 | 0,66 | 0,56 |
| 300  | 1,59                                   | 1,27 | 0,85 | 0,77 | 0,73 | 0,67 | 0,58 |

Примечание. Образцы крупнокристаллические, получены методом медленного охлаждения. При синтезировании твердых растворов использованы сурьма марки Су-000, Zn и Cd высокой чистоты. Синтез проведен в вакуумированных кварцевых ампулах.

Метод измерения  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком.

38. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, твердого раствора ZnSb—CdSb в зависимости от содержания CdSb [95]

| Т, К | Молярное содержание CdSb, % |      |      |      |      |      |      |
|------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|
|      | 0                           | 5    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   |
| 100  | 2,28                        | 1,16 | 0,94 | 0,86 | 0,77 | 0,73 | 0,72 |
| 200  | 1,78                        | 0,78 | 0,77 | 0,69 | 0,60 | 0,58 | 0,57 |

Примечание. Характеристика образцов дана в примечании к табл. 37.

39. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, твердого раствора CdSb—ZnSb при различном содержании ZnSb [114]

| Параметры                         | Молярное содержание ZnSb в растворе, % |                      |                      |                      |                      |
|-----------------------------------|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                                   | 0,0                                    | 2,0                  | 5,0                  | 10,0                 |                      |
| Т, К                              | —                                      | 2,113                | 2,364                | 2,498                |                      |
| 100                               | —                                      | 2,427                | 2,029                | 2,134                |                      |
| 120                               | 2,427                                  | 1,674                | 1,799                | 1,883                |                      |
| 140                               | 1,820                                  | 1,422                | 1,590                | 1,707                |                      |
| 160                               | 1,648                                  | 1,255                | 1,456                | 1,569                |                      |
| 180                               | 1,560                                  | 1,130                | 1,339                | 1,464                |                      |
| 200                               | 1,469                                  | 1,063                | 1,243                | 1,380                |                      |
| 220                               | 1,406                                  | 1,012                | 1,171                | 1,322                |                      |
| 240                               | 1,360                                  | 0,983                | 1,142                | 1,288                |                      |
| 260                               | 1,339                                  | 0,979                | 1,130                | 1,255                |                      |
| 273                               | 1,335                                  | 0,975                | 1,117                | 1,259                |                      |
| 280                               | 1,322                                  | 0,966                | 1,097                | 1,247                |                      |
| 300                               | 1,322                                  | 0,966                | 1,097                | 1,247                |                      |
| Характеристика образцов при 295 К | Хим. состав                            | CdSb                 | 49CdSb·ZnSb          | 19CdSb·ZnSb          | 9CdSb·ZnSb           |
|                                   | Конц. нос. тока в 1 см <sup>2</sup>    | 1,8·10 <sup>16</sup> | 4,1·10 <sup>16</sup> | 4,0·10 <sup>16</sup> | 5,7·10 <sup>16</sup> |

Продолжение табл. 39

| Параметры                         |  | Молярное содержание ZnSb в растворе, % |     |     |      |
|-----------------------------------|--|--|-----|-----|------|
|                                   |  | 0,0                                    | 2,0 | 5,0 | 10,0 |
| Характеристика образцов при 295 К | $\sigma \cdot 10^{-2}$ , Ом <sup>-1</sup> ·м <sup>-1</sup>     | 0,5                                    | 0,7 | 0,8 | 1,95 |
|                                   | Подвижность, см <sup>2</sup> ·В <sup>-1</sup> ·с <sup>-1</sup> | 325                                    | 125 | 140 | 500  |

Примечание. Компоненты: сурьма марки Су-000, дополнительно очищенная зонной перекристаллизацией (50 проходов), кадмий Кд-0 и цинк Ц-0, очищенные четырехкратной вакуумной дистилляцией и зонной перекристаллизацией. Спектральный анализ слитков, полученных в вакуумированной кварцевой ампуле, не обнаружил примесей.

40. Молярная теплоемкость CdP<sub>4</sub> [117]

| T, К | C <sub>p</sub> , Дж×<br>×моль <sup>-1</sup> ×<br>×К <sup>-1</sup> | T, К | C <sub>p</sub> , Дж×<br>×моль <sup>-1</sup> ×<br>×К <sup>-1</sup> | T, К | C <sub>p</sub> , Дж×<br>×моль <sup>-1</sup> ×<br>×К <sup>-1</sup> | T, К   | C <sub>p</sub> , Дж×<br>×моль <sup>-1</sup> ×<br>×К <sup>-1</sup> |
|------|---|------|---|------|---|--------|---|
| 55   | 31,91   | 120  | 65,28   | 190  | 89,90   | 260    | 103,6   |
| 60   | 34,58   | 130  | 69,44   | 200  | 92,43   | 270    | 104,9   |
| 70   | 40,00   | 140  | 73,41   | 210  | 94,71   | 273,15 | 105,4   |
| 80   | 45,34   | 150  | 77,14   | 220  | 96,92   | 280    | 106,4   |
| 90   | 50,60   | 160  | 80,61   | 230  | 98,85   | 290    | 108,1   |
| 100  | 55,81   | 170  | 84,02   | 240  | 100,6   | 298,15 | 109,5   |
| 110  | 60,72   | 180  | 87,12   | 250  | 102,2   | 300    | 109,9   |

Примечание. Соединение CdP<sub>4</sub> относится к типу A<sup>II</sup>V<sup>V</sup>. Образцы получены сплавлением в вакууме стехиометрических количеств компонентов высокой степени чистоты, количество примесей менее 1·10<sup>-4</sup>%. Метод измерения C<sub>p</sub> — вакуумным адиабатическим калориметром на установке типа КУ-300 (относительная погрешность измерения ±0,3%).

41. Молярная теплоемкость C<sub>p</sub>, Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, фосфидов и арсенидов цинка и кадмия [177]

| T, К   | Zn <sub>3</sub> P <sub>2</sub> | Cd <sub>3</sub> P <sub>2</sub> | Zn <sub>3</sub> As <sub>2</sub> | Cd <sub>3</sub> As <sub>2</sub> |
|--------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 55     | 47,10                          | 57,86                          | 61,42                           | 69,62                           |
| 80     | 63,25                          | 73,85                          | 79,54                           | 87,80                           |
| 100    | 74,30                          | 83,80                          | 89,19                           | 98,20                           |
| 120    | 83,40                          | 91,80                          | 97,60                           | 105,1                           |
| 140    | 91,00                          | 98,15                          | 104,0                           | 110,2                           |
| 160    | 97,20                          | 103,3                          | 108,7                           | 113,9                           |
| 180    | 102,5                          | 107,4                          | 112,5                           | 116,8                           |
| 200    | 106,4                          | 110,6                          | 115,3                           | 118,9                           |
| 220    | 110,0                          | 113,4                          | 117,5                           | 120,5                           |
| 240    | 112,2                          | 115,7                          | 119,3                           | 122,1                           |
| 260    | 114,6                          | 117,6                          | 121,1                           | 123,2                           |
| 273,15 | 116,2                          | 118,9                          | 122,3                           | 123,9                           |
| 298,15 | 119,9                          | 121,4                          | 124,6                           | 125,3                           |
| 300    | 120,2                          | 121,6                          | 124,7                           | 125,5                           |

Примечание. Характеристика образцов дана в табл. 42. Метод измерения C<sub>p</sub> — вакуумным адиабатическим калориметром на установке КУ-300 (погрешность измерения ±0,3%).

## 42. Характеристика образцов фосфидов и арсенидов цинка и кадмия при 293 К [177]

| Соединение                      | Плотность ρ, кг·м <sup>-3</sup> | α·10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup> | Модуль упругости E·10 <sup>10</sup> , Па |
|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--|
| Zn <sub>3</sub> P <sub>2</sub>  | 4485                            | 8,33                                | 9,8                                      |
| Cd <sub>3</sub> P <sub>2</sub>  | 5956                            | 9,63                                | 8,1                                      |
| Zn <sub>3</sub> As <sub>2</sub> | 5578                            | 10,4                                | 5,4                                      |
| Cd <sub>3</sub> As <sub>2</sub> | 6250                            | 11,4                                | 4,9                                      |

Примечание. Соединения относятся к типу A<sub>3</sub>V<sub>2</sub><sup>II</sup>, синтезированы в вакууме из элементов высокой степени чистоты (10<sup>-4</sup>% примесей), взятых в стехиометрическом соотношении. Однофазность образцов подтверждена микроструктурными исследованиями.

43. Изменение теплопроводности Cd<sub>3</sub>As<sub>2</sub> при 93 К в магнитном поле [114]

| Напряженность магнитного поля, А·м <sup>-1</sup> | Δλ, Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | Напряженность магнитного поля, А·м <sup>-1</sup> | Δλ, Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|--|---|--|---|
| 0<br>7,96·10 <sup>5</sup>                        | 0<br>1,10                               | 15,92·10 <sup>5</sup><br>23,9·10 <sup>5</sup>    | 1,40<br>1,45                            |

Примечание. Δλ = λ<sub>0</sub> - λ(H), где λ<sub>0</sub> — теплопроводность исходного образца; λ(H) — теплопроводность образца в магнитном поле.

44. Молярная теплоемкость C<sub>p</sub>, Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, фосфидов кремния и германия [65]

| T, К | SiP   | GeP    | T, К | SiP   | GeP   | T, К   | SiP   | GeP   |
|------|-------|--------|------|-------|-------|--------|-------|-------|
| 10   | 0,071 | 0,1816 | 80   | 9,95  | 17,43 | 200    | 27,91 | 37,69 |
| 15   | 0,223 | 0,644  | 90   | 11,85 | 19,82 | 220    | 29,95 | 39,50 |
| 20   | 0,463 | 1,356  | 100  | 13,59 | 22,10 | 240    | 31,72 | 41,15 |
| 30   | 1,389 | 3,766  | 120  | 16,96 | 26,34 | 260    | 33,13 | 42,43 |
| 40   | 2,774 | 6,627  | 140  | 20,17 | 30,04 | 273,15 | 33,97 | 43,18 |
| 50   | 4,498 | 9,598  | 160  | 22,97 | 33,15 | 280    | 34,36 | 43,51 |
| 60   | 6,30  | 12,54  | 180  | 25,60 | 36,69 | 300    | 35,32 | 44,48 |
| 70   | 8,12  | 14,99  |      |       |       |        |       |       |

Примечание. Образцы синтезированы из элементов высокой чистоты: германий марки ГЭС 9Г2, кремний марки КЭФ 7,5/0,1, фосфор марки В-5. По данным рентгенографического и химического анализов, решетка SiP орторомбическая с параметрами (10<sup>-10</sup> м) элементарной ячейки: a = 20,85; b = 13,96; c = 3,54. GeP имеет моноклинную структуру с параметрами (10<sup>-10</sup> м) a = 15,14; b = 3,64; c = 9,19; β = 101°. Плотность SiP равна 2370 кг·м<sup>-3</sup>, GeP — 4150 кг·м<sup>-3</sup>. Метод измерения C<sub>p</sub> — вакуумным адиабатическим калориметром на установке типа КУ-300. Точность измерения проверялась по эталону Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. В интервале 5—40 К погрешность измерения ±1,4%; в интервале 40—100 К ±0,54%; в интервале 100—300 К ±0,3%.

## 45. Молярная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения стибнита кобальта CoSb [71]

| T, К | C <sub>p</sub> , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | α·10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup> | T, К | C <sub>p</sub> , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | α·10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup> | T, К | C <sub>p</sub> , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | α·10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup> |
|------|---|-------------------------------------|------|---|-------------------------------------|------|---|-------------------------------------|
| 15   | 0,276   | —                                   | 80   | 13,53   | 7,0                                 | 200  | 22,76   | 11,4                                |
| 20   | 0,815   | —                                   | 90   | 15,11   | 7,8                                 | 220  | 23,29   | 11,7                                |
| 30   | 2,540   | —                                   | 100  | 16,43   | 8,3                                 | 240  | 23,74   | 11,9                                |
| 40   | 4,794   | —                                   | 120  | 18,56   | 9,4                                 | 260  | 24,09   | 12,1                                |
| 50   | 7,213   | —                                   | 140  | 20,07   | 10,1                                | 280  | 24,40   | 12,3                                |
| 60   | 9,569   | —                                   | 160  | 21,22   | 10,5                                | 300  | 24,67   | 12,5                                |
| 70   | 11,69   | —                                   | 180  | 22,08   | 11,0                                |      |   |                                     |

Примечание. Образцы CoSb имели стехиометрический состав, грамматомная масса 90,34 г. Методы измерения: C<sub>p</sub> — вакуумным адиабатическим калориметром (погрешность измерения ±1%); α — кварцевым dilatометром (погрешность измерения ±2—3%).

46. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6$ ,  $K^{-1}$ , халькогенидов индия [5]

| T, K | InS  |      |      | InSe |      | InTe  |       |
|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
|      | I    | II   | III  | I    | II   | I     | II    |
| 150  | 9,48 | 7,05 | 8,75 | 11,2 | 8,94 | 10,75 | 8,82  |
| 160  | 9,95 | 7,45 | 9,21 | 11,9 | 9,41 | 11,45 | 9,45  |
| 170  | 10,4 | 7,82 | 9,66 | 12,4 | 9,90 | 12,01 | 9,95  |
| 180  | 10,8 | 8,17 | 10,0 | 12,9 | 10,2 | 12,60 | 10,41 |
| 190  | 11,1 | 8,50 | 10,4 | 13,3 | 10,5 | 13,10 | 10,85 |
| 200  | 11,5 | 8,76 | 10,7 | 13,7 | 10,8 | 13,55 | 11,25 |
| 210  | 11,8 | 9,05 | 11,0 | 14,0 | 11,1 | 13,77 | 11,46 |
| 220  | 12,1 | 9,35 | 11,3 | 14,3 | 11,3 | 14,00 | 11,67 |
| 230  | 12,4 | 9,53 | 11,6 | 14,5 | 11,5 | 14,38 | 11,89 |
| 240  | 12,7 | 9,82 | 11,8 | 14,8 | 11,6 | 14,75 | 12,31 |
| 250  | 13,0 | 10,0 | 12,1 | 15,1 | 11,8 | 15,27 | 12,79 |
| 260  | 13,3 | 10,2 | 12,3 | 15,3 | 12,0 | 15,80 | 13,25 |
| 270  | 13,6 | 10,4 | 12,5 | 15,5 | 12,1 | 16,01 | 13,45 |
| 280  | 13,8 | 10,6 | 12,7 | 15,7 | 12,2 | 16,12 | 13,65 |
| 290  | 14,0 | 10,7 | 12,9 | 15,9 | 12,3 | 16,27 | 13,83 |
| 300  | 14,2 | 10,8 | 13,0 | 16,0 | 12,4 | 16,42 | 14,00 |

Примечание. Халькогениды индия кристаллизованы в слоистой структуре: InS — орторомбическая кристаллическая решетка; InSe — гексагональная кристаллическая решетка; InTe — тетрагональная кристаллическая решетка.

I — монокристаллы InS, InSe и InTe; измерения перпендикулярно слоям; II — монокристаллы InS, InSe и InTe; измерения параллельно слоям; III — InS поликристаллический.

Образцы цилиндрические диаметром 5 мм, длиной 30 мм.

Метод измерения  $\alpha$  — на кварцевом dilatометре с фотоэлектрической регистрацией (погрешность измерения  $\pm 2\%$ ).

47. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^2$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, монокристаллов халькогенидов меди [34]

| T, K | Cu <sub>2</sub> Se |                       | T, K | Cu <sub>2</sub> Se |                       | T, K | Cu <sub>1,92</sub> Se |                       |
|------|--------------------|-----------------------|------|--------------------|-----------------------|------|-----------------------|-----------------------|
|      | Cu <sub>2</sub> Se | Cu <sub>1,92</sub> Se |      | Cu <sub>2</sub> Se | Cu <sub>1,92</sub> Se |      | Cu <sub>2</sub> Se    | Cu <sub>1,92</sub> Se |
| 110  | 5,60               | 5,18                  | 180  | 4,64               | 4,21                  | 250  | 3,95                  | 3,52                  |
| 120  | 5,40               | 4,98                  | 190  | 4,60               | 4,17                  | 260  | 3,90                  | 3,47                  |
| 130  | 5,20               | 4,78                  | 200  | 4,50               | 4,07                  | 270  | 3,90                  | 3,40                  |
| 140  | 5,06               | 4,64                  | 210  | 4,40               | 3,97                  | 280  | 3,90                  | 3,36                  |
| 150  | 4,95               | 4,52                  | 220  | 4,30               | 3,87                  | 290  | 3,95                  | 3,25                  |
| 160  | 4,86               | 4,43                  | 230  | 4,20               | 3,77                  | 300  | 4,00                  | 3,15                  |
| 170  | 4,76               | 4,33                  | 240  | 4,10               | 3,67                  |      |                       |                       |

Примечание. Монокристаллы халькогенидов меди Cu<sub>2</sub>Se и Cu<sub>1,92</sub>Se тетрагональной сингонии; параметры решетки, 10<sup>-10</sup> м: a = 6,81, c = 6,10; проводимость p-типа.

Образцы синтезировали в стехиометрическом соотношении методом прямого сплавления в вакуумной ампуле из плавленого кварца; для лучшего перемешивания применяли вибрацию ампулы. Кристаллы выращивали из расплавов методом Бриджмена. Полученные кристаллы имели гладкую поверхность и легкую скалываемость в плоскости [100].

В интервале температур 80—300 К теплопроводность обоих халькогенидов пропорциональна T<sup>-0,5</sup>.

48. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6$ , К<sup>-1</sup>, халькогенидов никеля [154]

| T, K | NiS   | NiSe | NiTe | T, K | NiS  | NiSe | NiTe |
|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 100  | 0,03  | 8,7  | 7,5  | 210  | -9,5 | 20,0 | 12,0 |
| 110  | 0,1   | 9,2  | 8,0  | 220  | -4,8 | 10,0 | 6,5  |
| 120  | 0,2   | 11,0 | 8,5  | 230  | -2,0 | 8,0  | 6,5  |
| 130  | 0,3   | 12,5 | 9,5  | 240  | 0,2  | 8,5  | 6,5  |
| 140  | 0,4   | 14,7 | 10,1 | 250  | 0,8  | 9,0  | 6,5  |
| 150  | 0,5   | 15,8 | 10,8 | 260  | 0,9  | 10,0 | 6,7  |
| 160  | 0,6   | 17,0 | 10,2 | 270  | 0,95 | 11,8 | 7,8  |
| 170  | 0,7   | 19,5 | 12,0 | 280  | 1,0  | 15,0 | 10,2 |
| 180  | -0,7  | 22,5 | 14,0 | 290  | 1,1  | 18,0 | 12,5 |
| 190  | -6,5  | 28,0 | 22,0 | 300  | 1,1  | 20,0 | 15,0 |
| 200  | -13,5 | 29,5 | 24,0 |      |      |      |      |

Примечание. Для приготовления образцов использовали материалы с массовыми долями элементов, %: порошок никель 99,99; сера 99,9999; селен 99,9999; теллур 99,99.

Синтез сплавов из отдельных элементов проводили в запаянных и предварительно откачанных кварцевых ампулах при постепенном повышении температуры до плавления (для NiS до 1258 К, для NiSe до 1213 К и для NiTe до 1198 К). Затем сплавы охлаждали (NiS и NiTe, медленно до 623—643 К; NiSe — медленно до 1053 К с последующей закалкой в воде с тающим льдом). Приготовленные сплавы обладали структурой типа NiAs.

Образцы цилиндрические диаметром 5 мм, длиной 30 мм.

Метод измерения  $\alpha$  — кварцевым dilatометром с фотоэлектрической регистрацией (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

49. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, халькогенидов свинца и ртути при различной концентрации носителей тока [114]

| T, K | PbSe                                |                    |                      | PbTe               |                      |                    | HgTe               |
|------|-------------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
|      | Конц. нос. тока в 1 см <sup>3</sup> |                    |                      |                    |                      |                    | 3·10 <sup>18</sup> |
|      | 7·10 <sup>16</sup>                  | 2·10 <sup>17</sup> | 3,5·10 <sup>18</sup> | 5·10 <sup>18</sup> | 1,3·10 <sup>19</sup> | 7·10 <sup>17</sup> |                    |
| 4    | 40                                  | 140                | 45                   | 14,0               | 5,5                  | 52,0               | 27                 |
| 5    | 57                                  | 187                | 65                   | 16,6               | 7,1                  | 61                 | 54                 |
| 6    | 70                                  | 205                | 80                   | 22,0               | 8,5                  | 70,0               | 70                 |
| 7    | 79                                  | 204                | 92                   | 28,0               | 9,8                  | 77,0               | 72                 |
| 8    | 85                                  | 195                | 100                  | 34,0               | 11,0                 | 82,0               | 69                 |
| 9    | 87                                  | 179                | 102                  | 37,6               | 11,8                 | 83,0               | 65                 |
| 10   | 85                                  | 155                | 100                  | 40,0               | 12,5                 | 81,0               | 62                 |

Продолжение табл. 49

| T, K | PbSe                                |                      |                        | PbTe                 |                        |                      | HgTe                 |
|------|-------------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
|      | Конц. нос. тока в 1 см <sup>2</sup> |                      |                        |                      |                        |                      |                      |
|      | 7 · 10 <sup>18</sup>                | 2 · 10 <sup>17</sup> | 3,5 · 10 <sup>18</sup> | 5 · 10 <sup>18</sup> | 1,3 · 10 <sup>19</sup> | 7 · 10 <sup>17</sup> | 3 · 10 <sup>18</sup> |
| 15   | 70                                  | 100                  | 75                     | 44,0                 | 15,0                   | 62,0                 | 46                   |
| 20   | 40                                  | 55,0                 | 40                     | 39,0                 | 15,5                   | 41,0                 | 40                   |
| 30   | 23,4                                | 29,0                 | 24                     | 35,6                 | 14,4                   | 26,8                 | 30                   |
| 40   | 17,0                                | 16,0                 | 15                     | 31,0                 | 12,5                   | 18,0                 | 24                   |
| 50   | 12,8                                | 10,3                 | 10,4                   | 15,6                 | 11,1                   | 13,7                 | 20                   |
| 60   | 10,0                                | 8,0                  | 8,0                    | 11,0                 | 10,0                   | 11,0                 | 17                   |
| 70   | 8,4                                 | 7,0                  | 7,0                    | 9,8                  | 9,1                    | 9,2                  | 14                   |
| 80   | 7,5                                 | 6,5                  | 6,5                    | 9,0                  | 8,5                    | 8,0                  | 12                   |
| 90   | 6,9                                 | 6,1                  | 6,1                    | 8,5                  | 7,9                    | 7,3                  | 11                   |
| 100  | 6,5                                 | 5,7                  | 5,7                    | 8,0                  | 7,5                    | 7,0                  | 10                   |
| 120  | —                                   | —                    | —                      | —                    | —                      | —                    | 9                    |

Примечание. Образцы монокристаллические, выращены по методу Бриджмена. Для уменьшения конц. нос. тока образцы PbTe отжигали в парах Te, а PbSe — в парах Se.

50. Изменение теплопроводности Δλ, Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, монохалькогенидов свинца и ртути в зависимости от напряженности магнитного поля [114]

| Напряженность магнитного поля, А·м <sup>-1</sup> | PbSe           |      |      |      |      | PbS  |      |      |      |      | HgTe |
|--|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|  | Температура, К |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|  | 36             | 42   | 50   | 77   | 87   | 34   | 39   | 46   | 71   | 87   | 77   |
| 0  | 0              | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 7,96 · 10 <sup>6</sup>                           | 1,20           | 0,80 | 0,50 | 0,37 | 0,25 | 1,10 | 0,85 | 0,62 | 0,25 | 0,10 | 0,70 |
| 15,92 · 10 <sup>6</sup>                          | 1,45           | 1,20 | 0,75 | 0,50 | 0,40 | 1,40 | 1,20 | 0,90 | 0,38 | 0,20 | 0,95 |
| 23,9 · 10 <sup>6</sup>                           | 1,45           | 1,20 | 0,87 | 0,62 | 0,50 | 1,40 | 1,25 | 1,00 | 0,62 | 0,30 | 1,20 |

Примечание. Δλ = λ<sub>0</sub> - λ(H), где λ<sub>0</sub> — теплопроводность исходного образца; λ(H) — теплопроводность образца в магнитном поле.

51. Молярная теплоемкость C<sub>p</sub> · 10<sup>3</sup>, Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, слоистых кристаллов монохалькогенидов галлия [174]

| T, K | GaTe | GaSe | GaS   |
|------|------|------|-------|
| 2    | 0,02 | 0,06 | 0,001 |
| 5    | 0,05 | 0,02 | 0,006 |
| 10   | 0,2  | 0,1  | 0,06  |
| 20   | 1,1  | 0,7  | 0,5   |
| 50   | 5,0  | 4,0  | 2,5   |
| 100  | 9,0  | 8,0  | 7,0   |

Примечание. Кристаллы GaTe — моноклинной структуры с параметрами решетки, 10<sup>-10</sup> м: a = 12,78; b = 4,03; c = 14,99; кристаллы GaSe — гексагональной структуры с параметрами решетки, 10<sup>10</sup> м: a = 3,75; c = 15,95; кристаллы GaS — гексагональной структуры с параметрами решетки, 10<sup>10</sup> м: a = 3,57; c = 15,47.  
Метод измерения C<sub>p</sub> — адиабатическим калориметром. Средняя квадратическая погрешность измерения ±5% при T = 2К и ±0,3 — 1,5% при T > 4К.

52. Теплопроводность λ, Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, монохалькогенидов некоторых редкоземельных металлов [114]

| Температура, параметры | NaCl  |       |       | Гексагон. |       |        | NaCl   |       |       | Гексагон. |  |  |
|------------------------|-------|-------|-------|-----------|-------|--------|--------|-------|-------|-----------|--|--|
|                        | PrTe  | PrSe  | Sm    | Pr        | PrS   | La (2) | La (1) | LaTe  | LaSe  | LaS       |  |  |
| Температура, К         | 4,184 | 4,937 | 5,314 | 6,987     | 7,53  | 8,79   | 10,88  | 13,39 | 14,64 | 20,08     |  |  |
| 80                     | 4,309 | 5,063 | 5,523 | 7,364     | 7,91  | 9,0    | 11,09  | 14,06 | 15,04 | 20,50     |  |  |
| 100                    | 4,519 | 5,272 | 5,858 | 7,824     | 8,28  | 9,20   | 11,30  | 14,64 | 15,48 | 20,92     |  |  |
| 120                    | 4,937 | 5,690 | 6,388 | 8,494     | 8,91  | 9,62   | 11,72  | 15,48 | 16,74 | 21,76     |  |  |
| 140                    | 5,272 | 6,150 | 6,945 | 9,079     | 9,62  | 10,04  | 12,13  | 16,32 | 16,83 | 22,6      |  |  |
| 160                    | 5,607 | 6,569 | 7,406 | 9,791     | 10,3  | 10,46  | 12,55  | 17,15 | 17,57 | 23,43     |  |  |
| 180                    | 6,025 | 7,029 | 7,95  | 10,46     | 10,96 | 10,67  | 12,97  | 17,57 | 17,62 | 24,27     |  |  |
| 200                    | 6,360 | 7,406 | 8,494 | 11,09     | 11,59 | 11,09  | 13,39  | 18,0  | 19,04 | 25,10     |  |  |
| 220                    | 6,694 | 7,824 | 8,87  | 11,54     | 12,22 | 11,51  | 13,807 | 18,3  | 19,66 | 25,52     |  |  |
| 240                    | 6,945 | 8,20  | 9,205 | 11,97     | 12,84 | 11,72  | 14,44  | 19,46 | 20,92 | 25,94     |  |  |
| 260                    | 7,196 | 8,619 | 9,54  | 12,43     | 13,22 | 12,13  | 14,85  | 20,36 | 21,38 | 26,36     |  |  |
| 280                    | 7,364 | 8,745 | 9,791 | 12,64     | 13,51 | 12,27  | 14,979 | 20,92 | 21,55 | 26,78     |  |  |
| 280                    | 7,531 | 8,786 | 9,791 | 12,80     | 13,4  | 12,34  | 15,06  | 20,92 | 21,55 | 26,99     |  |  |
| 300                    | 7,740 | 8,99  | 10,04 | 13,14     | 14,14 | 12,55  | 15,48  | 20,92 | 21,97 | 27,61     |  |  |

Тип структуры: NaCl, Гексагон., Ромбоэдр., Гексагон.

Параметры решетки, 10<sup>-10</sup> м: a = 8,996; a = 3,6725; c = 23 · 13; c = 11,8354; 5,71

Характеристика образцов: γ · 10<sup>-4</sup> кг · м<sup>-3</sup>

ρ · 10<sup>7</sup>, Ом · м

Примеси, %

Параметры λ и с равны теоретическим

6,55 6,34 5,75 4,85 4,90 3,82

0,01 Ce; 0,01 Nd; 0,008 Fe; 0,1 O<sub>2</sub>; 0,005 Pr

0,1 Ce; 0,5 Nd; 0,25 Ca; 0,15 Ta; 0,04 Fe

0,5 La; 0,01 Ca; 0,04 Cu; 0,03 Fe

0,01 Nd; 0,5 Eu; 0,18 Ca; 0,01 V; 0,02 Cd

Прием ч а н и е. При синтезе соединений были использованы сера марки В-5, селен высокой степени чистоты марки В-5, теллур, очищенный эвандей плавкой, и лантан электронно-лучевой пучковой сорга. Образцы изготовляли брикетированием соединений под давлением 7,84 · 10<sup>8</sup> Па с последующим отжигом в вакууме 1,33 · 10<sup>-2</sup> Па при T = 1870—2070 К в течение 1—2 ч. Ареш — для исследованных веществ составляет 30—50% от λ<sub>0</sub> и λ.

Температурный коэффициент линейного расширения для LaS в интервале 20—1000 К α = 11,6 · 10<sup>-6</sup> К<sup>-1</sup>. Метод измерения λ — стационарным тепловым потоком (абсолютный вариант), погрешность ±3%.

53. Теплопроводность теллурида серебра  $Ag_2Te$  [6]

| T, K | $\lambda, \text{Вт} \times \text{см}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | T, K | $\lambda, \text{Вт} \times \text{см}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ |
|------|--|------|--|
| 3    | 1,0  | 20   | 6,0  |
| 4    | 2,0  | 30   | 4,7  |
| 5    | 3,3  | 40   | 4,0  |
| 6    | 4,7  | 50   | 3,2  |
| 7    | 5,7  | 60   | 2,1  |
| 8    | 6,2  | 70   | 1,7  |
| 9    | 7,0  | 80   | 1,0  |
| 10   | 7,2  | 90   | 0,8  |
| 12   | 7,7  | 100  | 0,6  |

Примечание. Образцы  $Ag_2Te$  поликристаллические, получены методом медленного охлаждения. Массовая доля элементов в исходных материалах (%): Te — 99,995 и Ag — 99,99. Конц. нос. тока и подвижность электронов составляли при 77 К  $2,4 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$  и  $11 000 \text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$  соответственно. Размер образцов  $0,3 \times 0,2 \times 1,5 \text{ см}$ . Метод измерения  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком.

54. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^{-2}, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ , легированного теллурида кадмия  $CdTe$  [19]

| T, K | Конц. нос. тока в $1 \text{ м}^3$ |                                |                                |                                | T, K | Конц. нос. тока в $1 \text{ м}^3$ |                                |                                |                                |
|------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|      | нелегированого                    | $1,1 \cdot 10^{18} \text{ Zn}$ | $1,3 \cdot 10^{18} \text{ Mg}$ | $1,6 \cdot 10^{18} \text{ Fe}$ |      | нелегированого                    | $1,1 \cdot 10^{18} \text{ Zn}$ | $1,3 \cdot 10^{18} \text{ Mg}$ | $1,6 \cdot 10^{18} \text{ Fe}$ |
| 4    | 2,8                               | 2,0                            | 1,3                            | 0,020                          | 60   | 0,55                              | 0,38                           | 0,36                           | 0,165                          |
| 6    | 4,0                               | 2,8                            | 1,7                            | 0,028                          | 70   | 0,42                              | 0,37                           | 0,34                           | 0,170                          |
| 8    | 4,8                               | 2,8                            | 1,9                            | 0,032                          | 80   | 0,40                              | 0,36                           | 0,32                           | 0,165                          |
| 10   | 4,8                               | 2,6                            | 1,7                            | 0,050                          | 90   | 0,38                              | 0,35                           | 0,25                           | 0,163                          |
| 20   | 2,8                               | 1,7                            | 1,2                            | 0,105                          | 100  | 0,28                              | 0,26                           | 0,22                           | 0,160                          |
| 30   | 1,8                               | 1,0                            | 0,78                           | 0,120                          | 110  | 0,17                              | 0,15                           | 0,12                           | 0,120                          |
| 40   | 1,4                               | 0,65                           | 0,60                           | 0,140                          | 120  | 0,12                              | 0,11                           | 0,10                           | 0,100                          |
| 50   | 0,90                              | 0,48                           | 0,45                           | 0,166                          |      |                                   |                                |                                |                                |

Примечание. Материал — полупроводниковое соединение  $CdTe$ , кубический, типа  $A^{II} B^{VI}$ , синтетический; плотность  $5854 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$  при 293 К; постоянные решетки  $6,477 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ . При 300 К теплопроводность нелегированного  $CdTe$  составляет  $6,3-7,5 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$  (колебания значений  $\lambda$  определяются степенью чистоты).

55. Теплопроводность  $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ , тонких пленок теллурида свинца  $PbTe$  [26]

| T, K | I    | II   | III | IV  | T, K | I   | II  | III | IV  |
|------|------|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| 30   | 11,0 | 10,4 | 9,5 | 9,0 | 140  | 4,8 | 4,6 | 4,4 | 3,6 |
| 40   | 10,0 | 9,5  | 9,0 | 8,4 | 150  | 4,6 | 4,4 | 4,1 | 3,4 |
| 50   | 9,0  | 8,8  | 8,0 | 7,5 | 160  | 4,5 | 4,3 | 3,9 | 3,3 |
| 60   | 8,4  | 8,2  | 7,6 | 7,0 | 170  | 4,3 | 4,1 | 3,6 | 3,0 |
| 70   | 7,6  | 7,4  | 6,7 | 6,1 | 180  | 4,1 | 3,9 | 3,5 | 2,9 |
| 80   | 7,0  | 6,7  | 6,3 | 5,5 | 190  | 4,0 | 3,8 | 3,4 | 2,8 |
| 90   | 6,6  | 6,4  | 5,9 | 5,3 | 200  | 3,9 | 3,7 | 3,3 | 2,6 |
| 100  | 6,1  | 5,9  | 5,5 | 4,8 | 210  | 3,8 | 3,6 | 3,1 | 2,5 |
| 110  | 5,7  | 5,5  | 5,2 | 4,6 | 220  | 3,7 | 3,5 | 3,0 | 2,4 |
| 120  | 5,4  | 5,2  | 4,9 | 4,3 | 230  | 3,5 | 3,3 | 2,9 | 2,3 |
| 130  | 5,0  | 4,8  | 4,6 | 3,9 |      |     |     |     |     |

Продолжение табл. 55

| T, K | I   | II  | III | IV  | T, K | I   | II  | III | IV  |
|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| 240  | 3,4 | 3,2 | 2,8 | 2,2 | 270  | 3,3 | 3,1 | 2,5 | 1,9 |
| 250  | 3,4 | 3,2 | 2,7 | 2,1 | 280  | 3,2 | 3,0 | 2,5 | 1,8 |
| 260  | 3,3 | 3,1 | 2,6 | 2,0 | 290  | 3,1 | 2,9 | 2,4 | 1,8 |
|      |     |     |     |     | 300  | 3,0 | 2,8 | 2,3 | 1,7 |

Примечание. Исходный материал — сплав теллурида свинца, близкий по составу к стехиометрическому, обладающий  $p$ -проводимостью, плотность  $8160 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ . Пленки получены методом термического испарения на подложку при давлении  $6,65 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$  и скорости осаждения  $(10-15) 10^{-10} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  с последующим отжигом в атмосфере аргона. Все исследованные пленки имели проводимость  $n$ -типа. Материал подложки — слюда мусковит и полиамидная лента.

I — подложка слюдяная; температура подложки при конденсации пленки  $PbTe$  623 К; средний размер кристаллических зерен 1,0 мкм; толщина пленки 1,3 мкм; II — подложка слюдяная; температура подложки при конденсации пленки  $PbTe$  573 К; средний размер кристаллических зерен 0,3—0,4 мкм; толщина пленки 1,3 мкм; III — подложка полиамидная; температура подложки при конденсации пленки  $PbTe$  623 К; средний размер кристаллических зерен 0,4—0,5 мкм; толщина пленки 1,3 мкм; IV — подложка полиамидная; температура подложки при конденсации пленки  $PbTe$  573 К; средний размер кристаллических зерен 0,1—0,2 мкм; толщина пленки 1,3 мкм.

В пленках на слюде преобладают большеугольные границы с разориентацией кристаллов до  $5^\circ$ . В пленках на полиамидной ленте взаимная разориентация больше, а размеры кристаллитов в 2—3 раза меньше.

Заметного влияния толщины пленки (в диапазоне 0,5—4 мкм) на величину  $\lambda$  не наблюдалось. Метод измерения  $\lambda$  — по величине изменения сопротивления вспомогательного проводящего слоя, нанесенного на исследуемый образец, при пропускании по нему электрического тока. Средняя квадратическая погрешность измерения не превышает  $\pm 20\%$ .

56. Теплопроводность теллурида лантана  $La_2Te_4$  [90]

| T, K | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | T, K | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | T, K | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ |
|------|--|------|--|------|--|
| 100  | 2,58   | 170  | 2,85   | 240  | 3,02   |
| 110  | 2,65   | 180  | 2,88   | 250  | 3,04   |
| 120  | 2,67   | 190  | 2,90   | 260  | 3,05   |
| 130  | 2,69   | 200  | 2,92   | 270  | 3,06   |
| 140  | 2,73   | 210  | 2,94   | 280  | 3,07   |
| 150  | 2,77   | 220  | 2,98   | 290  | 3,08   |
| 160  | 2,81   | 230  | 3,00   | 300  | 3,09   |

Примечание. Материал — поликристаллический высокотемпературный термоэлектрический теллурид лантана  $La_2Te_4$ . Образцы получали сплавлением в индукционной печи в заваренных молибденовых тиглях; для выравнивания состава по длине образцы отжидали при 1473—1573 К; образцы имели хорошо сформированную решетку типа  $Th_3P_4$  с присутствием небольшого количества второй фазы в виде оксидтеллурида. Метод измерения  $\lambda$  — на цилиндрических образцах диаметром 6—8 мм, высотой 12—15 мм (погрешность измерения  $\pm 5\%$ ).

57. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, теллуридов прозеодима и лантана [182]

| T, K | Pg <sub>3</sub> Te <sub>4</sub> | La <sub>3</sub> Te <sub>4</sub> | T, K | Pg <sub>3</sub> Te <sub>4</sub> | La <sub>3</sub> Te <sub>4</sub> | T, K | Pg <sub>3</sub> Te <sub>4</sub> | La <sub>3</sub> Te <sub>4</sub> |
|------|---------------------------------|---------------------------------|------|---------------------------------|---------------------------------|------|---------------------------------|---------------------------------|
| 5    | 4,20                            | 0,42                            | 19   | 32,76                           | 16,38                           | 150  | 176,4                           | 165,9                           |
| 6    | 5,04                            | 0,42                            | 20   | 33,60                           | 20,06                           | 160  | 178,1                           | 167,6                           |
| 7    | 6,30                            | 0,84                            | 30   | 60,90                           | 46,20                           | 170  | 178,9                           | 168,0                           |
| 8    | 8,40                            | 1,26                            | 40   | 88,20                           | 72,66                           | 180  | 180,2                           | 169,7                           |
| 9    | 10,08                           | 1,68                            | 50   | 112,6                           | 98,28                           | 190  | 181,0                           | 170,9                           |
| 10   | 11,76                           | 2,52                            | 60   | 126,0                           | 110,5                           | 200  | 181,9                           | 172,2                           |
| 11   | 14,70                           | 3,78                            | 70   | 138,6                           | 123,9                           | 210  | 182,7                           | 173,5                           |
| 12   | 16,80                           | 5,04                            | 80   | 151,2                           | 134,4                           | 220  | 183,5                           | 174,7                           |
| 13   | 17,64                           | 6,30                            | 90   | 157,1                           | 142,8                           | 230  | 184,0                           | 175,6                           |
| 14   | 20,16                           | 6,72                            | 100  | 163,8                           | 149,5                           | 240  | 184,8                           | 176,4                           |
| 15   | 21,84                           | 7,14                            | 110  | 166,7                           | 153,7                           | 250  | 184,8                           | 176,4                           |
| 16   | 24,36                           | 8,82                            | 120  | 169,7                           | 157,1                           | 260  | 185,2                           | 176,4                           |
| 17   | 26,04                           | 10,92                           | 130  | 172,2                           | 160,4                           | 270  | 185,2                           | 176,8                           |
| 18   | 30,66                           | 13,86                           | 140  | 174,7                           | 163,8                           |      |                                 |                                 |

Примечание. Теллурид прозеодима  $Pg_3Te_4$  и теллурид лантана  $La_3Te_4$  — высокотемпературный термоэлектрический материал. Для синтеза препаратов использовали Pг и La нулевого и первого сорта, Te возогнаный в вакууме и очищенный зонной плавкой. Образцы получали сплавлением в индукционной печи синтезированных препаратов; исследуемый материал содержал следы оксидов теллурида; для измерений использовали куски размером 3—5 мм.

Метод измерения  $C_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром. Образцы размещали в герметичном контейнере, наполненном теплообменным газом [гелий под давлением (1,197—1,330) 10<sup>4</sup> Па]. Шаг температурного хода от 0,2 (в диапазоне 5—20 К) до 5 К (в диапазоне 20—273 К). Погрешность измерения ±1%.

58. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, селенида и теллурида теллурия [183]

| T, K | TlSe   | TlTe   | T, K | TlSe  | TlTe  | T, K  | TlTe  |
|------|--------|--------|------|-------|-------|-------|-------|
| 2    | 0,0376 | 0,0795 | 10   | 3,556 | 4,812 | 150   | 46,40 |
| 3    | 0,130  | 0,201  | 12   | 5,565 | 7,113 | 160   | 50,38 |
| 4    | 0,289  | 0,460  | 14   | 8,033 | 9,832 | 170   | 54,89 |
| 5    | 0,544  | 0,774  | 16   | 10,04 | 12,76 | 171,8 | 75,31 |
| 6    | 0,837  | 1,255  | 18   | 11,92 | 15,69 | 180   | 50,75 |
| 8    | 1,883  | 2,636  | 20   | 13,39 | 18,41 | 190   | 51,17 |

Примечание. Образцы TlSe и TlTe получены сплавлением компонентов в вакуумированных кварцевых ампулах. По данным рентгенографического анализа, образцы были однофазные и имели параметры решетки, 10<sup>-10</sup> м: для TlSe  $a = 8,03$ ;  $c = 6,99$ , для TlTe  $a = 12,90$ ;  $c = 6,16$ .

Метод измерения  $C_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром на установке типа КУ-300; погрешность ±4% при 3 К и ±(0,3÷1)% при >5 К. При 171,8 К в TlTe наблюдается фазовый переход II рода со скачком теплоемкости до 48%.

59. Теплопроводность  $\lambda^*$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, теллурида висмута в зависимости от электропроводности и температуры [114]

| $\sigma \cdot 10^{-5}$ , Ом <sup>-1</sup> ·м <sup>-1</sup> | T = 150 K |           | T = 300 K |           |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
|  | p-тип     | n-тип     | p-тип     | n-тип     |
|  |           |           |           |           |
| 0,5  | 2,63/2,76 | 2,59/2,72 | 1,49/1,80 | 1,49/1,80 |
| 1,0  | 2,60/2,86 | 2,55/2,80 | 1,43/1,94 | 1,40/1,89 |
| 2,0  | 2,58/3,10 | 2,46/2,94 | 1,38/2,45 | 1,29/2,34 |
| 3,0  | 2,55/3,38 | 2,36/3,20 | —         | 1,19/2,85 |
| 4,0  | 2,50/3,66 | 2,28/3,40 |           |           |
| 6,0  | 2,40/4,40 | 2,08/3,95 |           |           |

\* В числителе даны значения  $\lambda_{реш}$ , а в знаменателе  $\lambda_{общ}$ .

60. Теплопроводность селенида кадмия в различных направлениях к осям монокристалла [218]

| T, K | CdSe (1)    |     |     | CdSe (2)    |     |    |    |
|------|-------------|-----|-----|-------------|-----|----|----|
|      | Направления |     |     | Направления |     |    |    |
|      |             |     | ⊥   |             |     | ⊥  |    |
| 5    | 170         | 46  | 60  | 30          | 100 | 88 | 96 |
| 6    | 185         | 58  | 77  | 40          | 70  | 66 | 70 |
| 7    | 195         | 68  | 88  | 50          | 56  | 54 | 57 |
| 8    | 205         | 77  | 100 | 60          | 45  | 44 | 42 |
| 9    | 220         | 89  | 108 | 70          | 38  | 38 | 36 |
| 10   | 230         | 100 | 115 | 80          | 31  | 31 | 30 |
| 15   | 235         | 120 | 140 | 90          | 29  | 29 | 29 |
| 20   | 202         | 110 | 130 | 100         | 27  | 27 | 29 |

Примечание. Образцы монокристаллические, n-типа. Образец CdSe (1) — высокоомный, термообработанный, при 300 К  $\rho \geq 10^4$  Ом·м. Образец CdSe (2) — низкоомный, без термообработки, при 300 К  $\rho = 10^{-2}$  Ом·м. Массовая доля CdSe образцов обоих типов 99,9999%. Теплоемкость монокристалла при 80 К 87,4 Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>.

61. Теплопроводность  $\lambda$  слоистых кристаллов PbI<sub>2</sub> и In<sub>4</sub>Se<sub>3</sub> [12]

| T, K | PbI <sub>2</sub> |           | In <sub>4</sub> Se <sub>3</sub> |           |
|------|------------------|-----------|---------------------------------|-----------|
|      | Образец 1        | Образец 2 | Образец 1                       | Образец 2 |
| 2    | 0,10             | 0,36      | 75                              | 30        |
| 3    | 0,47             | 1,35      | 250                             | 250       |
| 4    | 0,95             | 2,30      | 425                             | 500       |
| 5    | 1,48             | 2,84      | 480                             | 825       |
| 6    | 1,87             | 9,40      | 505                             | 875       |
| 7    | 2,13             | 2,87      | 490                             | 810       |
| 8    | 2,05             | 2,35      | 460                             | 695       |
| 9    | 1,71             | 1,78      | 422                             | 610       |
| 10   | 1,38             | 1,38      | 380                             | 530       |
| 15   | 0,61             | 0,61      | 225                             | 265       |
| 20   | 0,38             | 0,38      | 150                             | 170       |
| 25   | 0,29             | 0,29      | 110                             | 125       |

Примечание. Йодид свинца имел гексагональную решетку с параметрами, 10<sup>-10</sup> м:  $a = 4,55$ ;  $c = 6,86$ . Селенид индия имел ромбическую решетку с параметрами, 10<sup>-10</sup> м:  $a = 4,083$ ;  $b = 12,258$ ;  $c = 15,271$ .

Каждый из образцов 1 и 2 отличался степенью совершенства кристаллической структуры.

Теплопроводность монокристаллов PbI<sub>2</sub> и In<sub>4</sub>Se<sub>3</sub>, обладающих слоистыми решетками определялась в направлении, параллельном плоскости слоев. Погрешность измерения не превышала ±3% во всем температурном интервале измерений.

62. Теплопроводность  $\lambda$  селенида висмута в зависимости от произведения электропроводности на абсолютную температуру [114]

| $(\sigma \cdot T) 10^4$ , Ом <sup>-1</sup> ·м <sup>-1</sup> ·К | Температура, К |      |
|--|----------------|------|
|  | 100            | 250  |
| 0,5  | 3,24           | 1,80 |
| 1,0  | 3,37           | 1,90 |
| 2,0  | 3,67           | 2,13 |
| 3,0  | 3,93           | 2,33 |
| 4,0  | —              | 2,55 |

63. Дополнительное теплосогривление  $\Delta W$ , Вт<sup>-1</sup>·м<sup>-1</sup>·К, твердых растворов на основе Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> в зависимости от содержания второй компоненты [114]

| Молярное содержание A <sup>II</sup> B <sup>III</sup> , % | Вторая компонента в растворе на основе Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> |                                 |                                 |                                 |                                |                                |
|--|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|  | Sb <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>  | Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> | Sb <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> | In <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> | Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub> | Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub> |
| 1  | 0,0143   | 0,0287                          | 0,0430                          | 0,0566                          | 0,0865                         | 0,113                          |
| 2  | 0,0299   | 0,0533                          | 0,0856                          | 0,106                           | 0,167                          | 0,229                          |
| 3  | 0,0464   | 0,0798                          | 0,127                           | 0,162                           | 0,241                          | 0,289                          |
| 4  | 0,0662   | 0,106                           | 0,174                           | 0,217                           | 0,266                          | 0,326                          |
| 5  | 0,0813   | 0,134                           | 0,219                           | —                               | 0,282                          | 0,353                          |
| 6  | 0,0994   | 0,162                           | 0,249                           | —                               | —                              | 0,375                          |
| 7  | 0,116  | 0,193                           | 0,272                           | —                               | —                              | 0,400                          |
| 8  | 0,133  | 0,222                           | 0,292                           | —                               | —                              | 0,411                          |

64. Температурный коэффициент линейного расширения ферромагнетика  $Fe_3Se_4$  [93]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |
|------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|-----------------------------|
| 10   | 0,20                        | 110  | -3,50                       | 210  | -0,80                       |
| 20   | 0,10                        | 120  | -2,90                       | 220  | -0,45                       |
| 30   | -0,30                       | 130  | -2,80                       | 230  | -0,15                       |
| 40   | -1,50                       | 140  | -2,40                       | 240  | 0,10                        |
| 50   | -2,15                       | 150  | -2,10                       | 250  | 0,85                        |
| 60   | -2,80                       | 160  | -2,00                       | 260  | 1,30                        |
| 70   | -3,50                       | 170  | -1,95                       | 270  | 2,00                        |
| 80   | -4,05                       | 180  | -1,50                       | 280  | 3,00                        |
| 90   | -4,15                       | 190  | -1,10                       | 290  | 3,00                        |
| 100  | -3,80                       | 200  | -0,90                       | 300  | 1,85                        |

Примечание. Ферромагнетик  $Fe_3Se_4$  — моноклинной структуры с упорядоченными вакансиями. Массовая доля исходных компонентов, %: Fe 99,98; Se 99,999. Соединение получено в кварцевых ампулах, в которых предварительно создан вакуум до  $1,33 \cdot 10^{-2} - 1,33 \cdot 10^{-3}$  Па, а затем запаянных. Образцы цилиндрические (диаметр 5 мм и длина 30 мм). Метод измерения  $\alpha$  — кварцевым dilatометром с фотоэлектрической регистрацией. Погрешность измерения  $\pm 2\%$ .

65. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, решетки твердого раствора  $x PbSe - (1-x) PbTe$  [48]

| Параметры                           | Коэффициент $x$ |                      |                       |                      |                       |                       |                      |                      |                   |
|-------------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
|                                     | 0               | 0,05                 | 0,10                  | 0,16                 | 0,20                  | 0,5                   | 0,5                  |                      |                   |
| Температура, К                      |                 |                      |                       |                      |                       |                       |                      |                      |                   |
| 100                                 | 6,44            | 2,827                | 2,179                 | 1,911                | 1,641                 | 1,409                 | 1,316                |                      |                   |
| 120                                 | 5,30            | 2,615                | 2,049                 | 1,803                | 1,591                 | 1,358                 | 1,264                |                      |                   |
| 140                                 | 4,50            | 2,336                | 1,937                 | 1,708                | 1,538                 | 1,304                 | 1,219                |                      |                   |
| 160                                 | 3,95            | 2,274                | 1,835                 | 1,624                | 1,489                 | 1,256                 | 1,179                |                      |                   |
| 180                                 | 3,49            | 2,129                | 1,743                 | 1,541                | 1,448                 | 1,213                 | 1,137                |                      |                   |
| 200                                 | 3,11            | 2,012                | 1,661                 | 1,468                | 1,404                 | 1,175                 | 1,101                |                      |                   |
| 220                                 | 2,85            | 1,902                | 1,584                 | 1,404                | 1,367                 | 1,137                 | 1,067                |                      |                   |
| 240                                 | 2,60            | 1,803                | 1,516                 | 1,345                | 1,328                 | 1,098                 | 1,036                |                      |                   |
| 260                                 | 2,39            | 1,715                | 1,453                 | 1,291                | 1,296                 | 1,065                 | 1,003                |                      |                   |
| 273                                 | 2,28            | 1,660                | 1,414                 | 1,272                | 1,275                 | 1,046                 | 0,985                |                      |                   |
| 280                                 | 2,22            | 1,633                | 1,394                 | 1,242                | 1,260                 | 1,035                 | 0,975                |                      |                   |
| 300                                 | 2,07            | 1,560                | 1,341                 | 1,195                | 1,231                 | 1,004                 | 0,947                |                      |                   |
| Конц. нос. тока в 1 см <sup>3</sup> | —               | $4,7 \times 10^{18}$ | $0,53 \times 10^{18}$ | $1,1 \times 10^{18}$ | $0,47 \times 10^{18}$ | $0,15 \times 10^{18}$ | $1,2 \times 10^{18}$ | $2,2 \times 10^{18}$ | $6 \cdot 10^{18}$ |
| Тип пров.                           | —               | <i>n</i>             | <i>p</i>              | <i>n</i>             | <i>p</i>              | <i>p</i>              | <i>n</i>             | <i>n</i>             | <i>n</i>          |
| $T_{отж.}$ , К                      | —               | 1070                 | 1070                  | 870                  | 1020                  | 870                   | 1070                 | 1070                 | 1070              |
| Время отж., ч                       | —               | 50                   | 50                    | 10                   | 16                    | 10                    | 70                   | 50                   | 50                |

Примечание. Все образцы — мелкокристаллические, получены пресованием при 670 К с последующим отжигом. Исходными материалами служили свинец чистой 99,99%, теллур, дважды перегнанный в вакууме, и селен «для выпрямителей». Синтез соединений проводился в вакуумированных кварцевых ампулах.

Для составов с  $x > 0,9$  теплопроводность сплава равна теплопроводности чистого PbSe. Кроме того  $\lambda_{реш} = \lambda_{под}$ , так как  $\lambda_{эл} \approx 0$ .

Метод измерения — стационарным осевым тепловым потоком (абсолютный вариант); погрешность измерения  $\pm 5\%$ .

66. Теплопроводность решетки системы  $x PbSe - (1-x) PbTe$  в зависимости от содержания PbSe [48]

| Содержание PbSe, % | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | Содержание PbSe, % | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|--------------------|---|--------------------|---|
| 0,0                | 2,202   | 0,6                | 0,987   |
| 0,1                | 1,162   | 0,7                | 1,058   |
| 0,2                | 1,086   | 0,8                | 1,145   |
| 0,3                | 0,973   | 0,9                | 1,312   |
| 0,4                | 0,944   | 1,0                | 1,706   |
| 0,5                | 0,953   |                    |   |

Примечание. Характеристика материалов и условия измерения даны в табл. 65. Средняя температура образцов 280 К.

67. Теплопроводность сульфида цинка [19]

| T, K | $\lambda \cdot 10^{-2}$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $\lambda \cdot 10^{-2}$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $\lambda \cdot 10^{-2}$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $\lambda \cdot 10^{-2}$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|---|------|---|------|---|------|---|
| 4    | 2,0   | 20   | 6,5   | 60   | 2,8   | 100  | 0,65  |
| 6    | 4,8   | 30   | 5,5   | 70   | 1,7   | 110  | 0,40  |
| 8    | 5,5   | 40   | 5,5   | 80   | 1,2   | 120  | 0,25  |
| 10   | 6,0   | 50   | 3,9   | 90   | 0,90  | 130  | 0,19  |

Примечание. Материал — полупроводниковое соединение ZnS — кубический типа A<sup>IV</sup>B<sup>VI</sup>, синтетический; плотность 4102 кг·м<sup>-3</sup> при 298 К; постоянные решетки  $5,43 \cdot 10^{-10}$  м.

Образцы изготавливали из чистого нелегированного ZnS. Для образцов, изготовленных из выраженного кубического ZnS,  $\lambda = 2,6$  Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup> при  $T = 300$  К.

68. Молярная теплоемкость сульфида галлия [160]

| T, K | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|--|------|--|------|--|
| 4    | 0,0126   | 8    | 0,0966   | 20   | 1,596  |
| 5    | 0,0210   | 9    | 0,1596   | 25   | 2,940  |
| 6    | 0,0420   | 10   | 0,2100   |      |  |
| 7    | 0,0714   | 15   | 0,6300   | 30   | 9,450  |

Примечание. Кристалл сульфида галлия GaS — гексагональный, простой структуры с параметрами решетки,  $10^{-10}$  м:  $a = 3,57$ ;  $c = 15,47$ .

Метод измерения  $C_p$  — адиабатическим калориметром (погрешность измерения  $\pm 1\%$ ).

69. Температурный коэффициент линейного расширения моносulfида самария [56]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ |
|------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|-----------------------------|
| 90   | 6,0                         | 160  | 10,9                        | 230  | 11,4                        |
| 100  | 7,2                         | 170  | 11,1                        | 240  | 11,5                        |
| 110  | 8,9                         | 180  | 11,2                        | 250  | 11,5                        |
| 120  | 9,2                         | 190  | 11,2                        | 260  | 11,6                        |
| 130  | 9,4                         | 200  | 11,3                        | 270  | 11,6                        |
| 140  | 10,0                        | 210  | 11,3                        | 280  | 11,7                        |
| 150  | 10,7                        | 220  | 11,4                        | 290  | 11,7                        |
|      |                             |      |                             | 300  | 11,8                        |

Примечание. Материал — моносulfид самария (SmS) — моноклинный и поликристаллический.

Метод измерения  $\alpha$  — dilatометрический, с помощью гальваномагнитного dilatометра.

При  $T < 290$  К измерения на воздухе; при  $T \geq 290$  К — в атмосфере аргона. Результаты измерения  $\alpha$  моноклинных и поликристаллических образцов совпадают. Средняя квадратическая погрешность измерения  $\pm(4 \div 5)\%$ .



70. Молярная теплоемкость сульфида самария [15]

| T, K | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|--|------|--|------|--|------|--|
| 2,0  | 1,97   | 4,5  | 1,47   | 7,0  | 0,966  | 9,5  | 1,18   |
| 2,5  | 2,81   | 5,0  | 1,30   | 7,5  | 0,966  |      |  |
| 3,0  | 2,94   | 5,5  | 1,13   | 8,0  | 0,966  | 10,0 | 1,30   |
| 3,5  | 2,31   | 6,0  | 1,01   | 8,5  | 1,01   |      |  |
| 4,0  | 1,72   | 6,5  | 0,966  | 9,0  | 1,05   |      |  |

Примечание. Материал — сульфид самария  $\text{Sm}_2\text{S}_3$ . Образец однофазный; постоянная решетки при комнатной температуре  $8,528 \cdot 10^{-10}$  м; аномалия теплоемкости при 2,3 К.  
Метод измерения  $C_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

71. Молярная теплоемкость дисульфида кремния [24]

| T, K  | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K   | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K   | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|-------|--|--------|--|--------|--|
| 5,37  | 0,210  | 80,37  | 25,44  | 201,25 | 50,58  |
| 6,28  | 0,382  | 89,74  | 27,86  | 209,73 | 51,57  |
| 7,44  | 0,620  | 97,82  | 30,02  | 218,83 | 53,24  |
| 8,51  | 0,783  | 108,41 | 32,66  | 228,12 | 54,28  |
| 10,19 | 1,134  | 116,92 | 34,65  | 240,14 | 55,72  |
| 14,47 | 2,516  | 130,47 | 37,52  | 251,54 | 56,87  |
| 19,73 | 4,414  | 140,59 | 39,64  | 260,34 | 57,77  |
| 30,28 | 8,555  | 150,49 | 41,27  | 269,33 | 58,90  |
| 40,72 | 12,62  | 155,49 | 42,44  | 280,25 | 59,56  |
| 50,73 | 16,03  | 171,51 | 45,50  | 288,49 | 60,77  |
| 59,94 | 19,54  | 182,05 | 47,34  | 299,26 | 62,32  |
| 70,69 | 22,81  | 192,73 | 48,99  |        |  |

Примечание. Дисульфид кремния ( $\text{SiS}_2$ ) — ромбической модификации стехиометрического состава. Получен синтезом из элементов: сера марки ОСЧ.16-5, содержащая металлические примеси в количестве не более  $1 \cdot 10^{-6}$ — $4 \cdot 10^{-8}\%$  и битумы (органика) в количестве не более  $2 \cdot 10^{-3}\%$ ; кремний монокристаллический марки КЭФ-0,4, содержащий фосфора не более  $2 \cdot 10^{-4}\%$  и металлических примесей (20 элементов)  $1 \cdot 10^{-6}$ — $1 \cdot 10^{-4}\%$  каждого элемента. Обладает повышенной гигроскопичностью.  
Метод измерения  $C_p$  — адиабатическим калориметром в сухом блоке в атмосфере осушенного аргона. Масса образца  $3,1212 \cdot 10^{-3}$  кг.  
Погрешность измерения  $\pm 0,28\%$  [определяли по отклонениям измеренных значений теплоемкости бензойной (бензокарбонной) кислоты  $\text{C}_6\text{H}_5\text{—COOH}$  от стандартных данных].  
Для сульфида кремния 1 кмоль равен 92,206 кг.

72. Молярная теплоемкость монокристалла  $\text{V}_3\text{Si}$  [149]

| T, K | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|--|------|--|------|--|------|--|
| 10   | 0,80   | 60   | 5,9  | 120  | 14,4   | 220  | 20,9   |
| 20   | 1,80   | 70   | 7,2  | 140  | 16,5   | 240  | 21,5   |
| 30   | 1,60   | 80   | 9,1  | 160  | 18,0   | 260  | 22,0   |
| 40   | 2,6  | 90   | 11,0   | 180  | 19,3   | 280  | 22,4   |
| 50   | 3,8  | 100  | 12,4   | 200  | 20,2   | 300  | 22,7   |

Примечание. Образец  $\text{V}_3\text{Si}$  — монокристалл стехиометрического состава. Отношение электросопротивлений  $R_{300}/R_{18} = 25$ ; параметр решетки  $a = (4,7252 \pm 0,0005) \cdot 10^{-10}$  м; температура сверхпроводящего перехода  $T = (17 \pm 0,1)$  К.

73. Молярная теплоемкость силицида хрома [180]

| T, K | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|--|------|--|------|--|
| 6    | 0,0190   | 90   | 7,448  | 200  | 19,018   |
| 7    | 0,0199   | 100  | 9,002  | 210  | 19,593   |
| 8    | 0,0260   | 110  | 10,543   | 220  | 20,075   |
| 9    | 0,0400   | 120  | 11,740   | 230  | 20,573   |
| 10   | 0,0599   | 130  | 13,000   | 240  | 21,008   |
| 20   | 0,2878   | 140  | 14,603   | 250  | 21,288   |
| 30   | 0,566  | 150  | 15,705   | 260  | 21,675   |
| 40   | 1,130  | 160  | 16,390   | 270  | 22,020   |
| 50   | 2,000  | 170  | 16,918   | 280  | 22,238   |
| 60   | 3,150  | 180  | 17,573   | 290  | 22,438   |
| 70   | 4,500  | 190  | 18,333   | 300  | 22,658   |
| 80   | 5,908  |      |  |      |  |

Примечание. Материал — монокрист. силицид хрома  $\text{Cr}_3\text{Si}$  стехиометрического состава; обладает свойствами сверхпроводника при температуре около 0,01 К. Монокристаллы выращивали методом бестигельной зонной плавки с индукционным нагревом в атмосфере аргона. Масса образцов 2,9597 г.  
Погрешность измерения:  $\pm 10\%$  при  $T = 6 \div 20$  К;  $\pm 3\%$  при  $T = 20 \div 100$  К;  $\pm 1\%$  при  $T = 100 \div 300$  К.

74. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, силицидов скандия, титана и ванадия [145]

| T, K | Sc <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> | Ti <sub>5</sub> Si <sub>3</sub> | V <sub>5</sub> Si <sub>3</sub> | T, K | Sc <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> | Ti <sub>5</sub> Si <sub>3</sub> | V <sub>5</sub> Si <sub>3</sub> |
|------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 15   | 0,1466                          | 0,0913                          | 0,0753                         | 120  | 14,27                           | 12,29                           | 11,86                          |
| 20   | 0,3064                          | 0,1778                          | 0,1396                         | 140  | 16,25                           | 14,45                           | 14,06                          |
| 30   | 0,9221                          | 0,5151                          | 0,4042                         | 160  | 17,77                           | 16,24                           | 15,89                          |
| 40   | 2,031                           | 1,258                           | 1,041                          | 180  | 19,00                           | 17,67                           | 17,39                          |
| 50   | 3,490                           | 2,412                           | 2,049                          | 200  | 20,04                           | 18,92                           | 18,65                          |
| 60   | 5,133                           | 3,680                           | 3,332                          | 220  | 20,90                           | 19,95                           | 19,69                          |
| 70   | 6,801                           | 5,189                           | 4,177                          | 240  | 21,63                           | 20,77                           | 20,53                          |
| 80   | 8,510                           | 6,706                           | 6,281                          | 260  | 22,22                           | 21,45                           | 21,17                          |
| 90   | 10,16                           | 8,198                           | 7,780                          | 280  | 22,69                           | 22,03                           | 21,74                          |
| 100  | 11,65                           | 9,668                           | 9,232                          | 300  | 23,10                           | 22,55                           | 22,26                          |

Примечание. Для синтеза соединений использовали, %: Sc 99,7; Ti 99,9; V 99,9 и Si 99,99. Силициды Sc<sub>3</sub>Si<sub>3</sub> и Ti<sub>5</sub>Si<sub>3</sub> готовили дуговой плавкой в охлаждаемом медном тигле с последующим отжигом в вакууме при 1770 К в течение 2 ч. Силицид V<sub>5</sub>Si<sub>3</sub> синтезировали сплавлением шихты в индукционной печи, затем его отжигали в вакууме в течение 50 ч при 1320 К.

Параметры решетки, 10<sup>-10</sup> м:

|   | Sc <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> | Ti <sub>5</sub> Si <sub>3</sub> | V <sub>5</sub> Si <sub>3</sub> |
|---|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| a | 7,845                           | 7,424                           | 9,426                          |
| c | 5,786                           | 5,125                           | 4,758                          |

Метод измерения  $C_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром; погрешность ±0,5 % при T > 20 К и ±2 % при T < 20 К.

75. Молярная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения силицида железа [144]

| T, K | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | T, K | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|------|--|---------------------------------------|------|--|---------------------------------------|
| 30   | 0,90   | —                                     | 140  | 16,7   | 7,0                                   |
| 40   | 1,80   | —                                     | 160  | 18,6   | 7,6                                   |
| 50   | 3,50   | —                                     | 180  | 19,9   | 8,0                                   |
| 60   | 5,0  | —                                     | 200  | 21,0   | 8,3                                   |
| 70   | 6,8  | 0,5                                   | 220  | 21,9   | 8,4                                   |
| 80   | 8,1  | 1,7                                   | 240  | 23,0   | 8,5                                   |
| 90   | 10,1   | 3,1                                   | 260  | 24,0   | 8,5                                   |
| 100  | 11,5   | 4,3                                   | 280  | 24,7   | 8,4                                   |
| 120  | 14,0   | 6,1                                   | 300  | 25,5   | 8,2                                   |

Примечание. Поликрист. препарат Fe<sub>3</sub>Si<sub>3</sub> синтезировали из полупроводникового (>99,99 %) Si и восстановленного Fe (~99,95 %). Сплавление соответствующих навесок компонентов осуществляли в тиглях из Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в индукционной печи в атмосфере очищенного аргона. Полученные слитки отжигали в вакууме при 1220 К в течение 100 ч. Металлографический и рентгеновский анализы подтвердили однофазность и гомогенность синтезированных образцов стехиометрического состава.

Метод измерения  $C_p$  — адиабатическим калориметром (погрешность измерений не превышала 1 %);  $\alpha$  — кварцевым dilatометром системы Стрелкова (погрешность ~4 %).

76. Молярная теплоемкость галогенида ртути [179]

| T, K | $C_p \cdot 10^{-2}$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $C_p \cdot 10^{-2}$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $C_p \cdot 10^{-2}$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|--|------|--|------|--|
| 80   | 0,857  | 160  | 0,972  | 240  | 1,02   |
| 90   | 0,865  | 170  | 0,983  | 250  | 1,02   |
| 100  | 0,890  | 180  | 0,991  | 260  | 1,03   |
| 110  | 0,911  | 190  | 1,00   | 270  | 1,03   |
| 120  | 0,937  | 200  | 1,01   | 280  | 1,04   |
| 130  | 0,949  | 210  | 1,01   | 290  | 1,04   |
| 140  | 0,970  | 220  | 1,02   | 300  | 1,05   |
| 150  | 0,966  | 230  | 1,02   |      |  |

Примечание. Материал — галогенид одновалентной ртути Hg<sub>2</sub>Br<sub>2</sub>, синтезированный в виде искусственного монокристалла.

Образцы — набор монокристалликов общей массой 14,039 г.

Метод измерения  $C_p$  — адиабатическим калориметром.

77. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6$ , К<sup>-1</sup>, бромида ртути [150] в различных направлениях

| T, K  | Направление |       |       | T, K | Направление |       |       |
|-------|-------------|-------|-------|------|-------------|-------|-------|
|       | [001]       | [100] | [010] |      | [001]       | [100] | [010] |
| 77    | 2,9         | 50,8  | 43,0  | 180  | 2,9         | 41,5  | 41,5  |
| 80    | 3,3         | 51,0  | 44,0  | 190  | 3,0         | 42,5  | 42,5  |
| 90    | 3,9         | 52,0  | 45,0  | 200  | 3,2         | 42,8  | 42,8  |
| 100   | 4,8         | 53,4  | 45,5  | 210  | 3,2         | 43,0  | 43,0  |
| 110   | 5,9         | 54,3  | 46,5  | 220  | 3,2         | 43,5  | 43,5  |
| 120   | 6,7         | 56,4  | 48,0  | 230  | 3,3         | 44,0  | 44,0  |
| 123   | 7,3         | 57,5  | 54,0  | 240  | 3,3         | 44,2  | 44,2  |
| 130   | 10,1        | 59,0  | 59,0  | 250  | 3,4         | 44,2  | 44,2  |
| 140   | 15,8        | 76,0  | 76,0  | 260  | 3,4         | 44,4  | 44,4  |
| 143,5 | 17,5        | 78,0  | 78,0  | 270  | 3,5         | 44,6  | 44,6  |
| 150   | 4,1         | 42,0  | 42,0  | 280  | 3,5         | 44,8  | 44,8  |
| 160   | 2,9         | 41,5  | 41,5  | 290  | 3,6         | 45,0  | 45,0  |
| 170   | 2,7         | 41,0  | 41,0  | 300  | 3,7         | 45,0  | 45,0  |

Примечание. Материал — кристаллы бромида одновалентной ртути Hg<sub>2</sub>Br<sub>2</sub>. Температура фазового перехода 143,5±0,5 К. Образцы — прямоугольные параллелепипеды (5×5×8 мм).

Метод измерения  $\alpha$  — dilatометрический (на двухштоковом кварцевом dilatометре чувствительностью 5·10<sup>-7</sup> К<sup>-1</sup>, аттестованном по образцовой мере I разряда, из поликристаллической меди); погрешность ±1 %.

78. Удельная теплоемкость хлористой ртути [181]

| T, K | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K  | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|--|-------|--|------|--|
| 100  | 166  | 183   | 198,4  | 220  | 201,7  |
| 120  | 177  | 185,9 | 202,5  | 240  | 204,2  |
| 140  | 185  | 187   | 199  | 260  | 206,5  |
| 160  | 191,5  | 191   | 197,5  | 280  | 208,5  |
| 179  | 196,8  | 200   | 198,5  | —    | —  |

Примечание. Материал — несобственный ферроэластик Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>. Образец — набор отдельных монокристаллов, имеющих тетрагональную кристаллическую решетку. Линейные размеры кристаллов от 1 до 5 мм. Общая масса образца 10,8 г.

При 185,9 К наблюдался фазовый переход II рода из тетрагональной модификации в ромбическую со скачком, равным 0,75±0,25 Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>.

Метод измерения  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром. Случайный разброс экспериментальных точек до ±0,4 %.

79. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6$ , К<sup>-1</sup>, хлористой ртути в различных направлениях [151]

| T, K | Направления |              | T, K | Направления |              | T, K | Направления |              |
|------|-------------|--------------|------|-------------|--------------|------|-------------|--------------|
|      | [001]       | [010], [100] |      | [001]       | [010], [100] |      | [001]       | [010], [100] |
| 80   | 1,2         | 43,0         | 160  | 5,0         | 51,9         | 230  | 0,7         | 44,0         |
| 90   | 1,4         | 43,5         | 170  | 6,2         | 53,2         | 240  | 0,8         | 44,2         |
| 100  | 1,6         | 44,1         | 180  | 10,0        | 59,0         | 250  | 0,9         | 44,7         |
| 110  | 2,0         | 45,1         | 185  | 32,5        | 80,0         | 260  | 1,0         | 45,0         |
| 120  | 2,3         | 46,3         | 190  | 2,0         | 59,0         | 270  | 1,1         | 46,0         |
| 130  | 3,0         | 47,3         | 200  | 0,3         | 43,0         | 280  | 1,2         | 46,3         |
| 140  | 3,5         | 48,5         | 210  | 0,4         | 43,0         | 290  | 1,3         | 46,8         |
| 150  | 4,0         | 50,2         | 220  | 0,5         | 43,3         | 300  | 1,4         | 47,0         |

Примечание. Материал — кристаллы каломели Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> (белый порошок хлористой ртути).

Образцы — монокристаллические, в виде прямоугольных брусков (6×7×8 мм).

Метод измерения  $\alpha$  — dilatометрический, с помощью двухштокового кварцевого dilatометра чувствительностью 5·10<sup>-7</sup> К<sup>-1</sup>, аттестованного по образцовой мере I разряда из поликристаллической меди. Температурный шаг вблизи максимума 2 К, на остальных участках 10 К; погрешность измерения температуры ±0,01 К. Вдоль кристаллических осей [010] и [100] значения  $\alpha$  совпадают в пределах погрешности измерений. Средняя квадратическая погрешность измерения ±(2÷3) %.

80. Температурный коэффициент объемного расширения бромид углерода [84]

| T, K | $\alpha \cdot 10^4, \text{K}^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^4, \text{K}^{-1}$ |
|------|------------------------------------|------|------------------------------------|
| 210  | 1,05                               | 260  | 1,17                               |
| 220  | 1,07                               | 270  | 1,23                               |
| 230  | 1,08                               | 280  | 1,30                               |
| 240  | 1,12                               | 290  | 1,40                               |
| 250  | 1,15                               | 300  | 1,50                               |

Примечание. Материал — твердый галогенид углерода  $\text{CBr}_4$ . Монокристаллы для образцов получены кристаллизацией из раствора  $\text{CBr}_4$  в этиловом спирте при понижении температуры. Значения  $\alpha$  получены расчетом с использованием температурного коэффициента объемного расширения и представляют средние величины температурных коэффициентов линейного расширения вдоль трех координатных осей. Температурный коэффициент объемного расширения определялся относительным пикнометрическим методом с погрешностью  $\pm 1\%$ . Пикнометрическая жидкость: в диапазоне 278–320 K — вода; в диапазоне 209–320 K — 37 %-ный раствор серной кислоты в воде.

81. Теплопроводность, температуропроводность и удельная теплоемкость хлористого рубидия при повышенном давлении [52]

| Давление, Па     | $\lambda \cdot 10^2, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $a \cdot 10^7, \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | Давление, Па     | $\lambda \cdot 10^2, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $a \cdot 10^7, \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ |
|------------------|---|--|---|------------------|---|--|---|
| $1 \cdot 10^8$   | 7,20  | 20,0   | 0,355   | $1,4 \cdot 10^8$ | 4,60  | 10,4   | 0,358   |
| $1 \cdot 10^8$   | 7,50  | 21,2   | 0,355   | $1,5 \cdot 10^8$ | 4,76  | 10,5   | 0,358   |
| $2 \cdot 10^8$   | 7,80  | 22,8   | 0,356   | $1,6 \cdot 10^8$ | 4,92  | 10,8   | 0,357   |
| $3 \cdot 10^8$   | 8,10  | 24,0   | 0,357   | $1,7 \cdot 10^8$ | 5,08  | 11,0   | 0,356   |
| $4 \cdot 10^8$   | 8,40  | 25,2   | 0,358   | $1,8 \cdot 10^8$ | 5,24  | 11,5   | 0,355   |
| $5 \cdot 10^8$   | 7,80  | 22,0   | 0,359   | $1,9 \cdot 10^8$ | 5,40  | 11,8   | 0,354   |
| $6 \cdot 10^8$   | 4,56  | 12,0   | 0,359   | $2,0 \cdot 10^8$ | 5,52  | 12,0   | 0,353   |
| $7 \cdot 10^8$   | 4,28  | 11,2   | 0,359   | $2,1 \cdot 10^8$ | 5,66  | 12,2   | 0,352   |
| $8 \cdot 10^8$   | 3,72  | 10,8   | 0,358   | $2,2 \cdot 10^8$ | 5,80  | 12,6   | 0,352   |
| $9 \cdot 10^8$   | 3,72  | 10,2   | 0,358   | $2,3 \cdot 10^8$ | 5,94  | 13,0   | 0,352   |
| $1,0 \cdot 10^9$ | 3,96  | 10,0   | 0,357   | $2,4 \cdot 10^8$ | 6,08  | 13,2   | 0,352   |
| $1,1 \cdot 10^9$ | 4,12  | 10,1   | 0,357   | $2,5 \cdot 10^8$ | 6,24  | 13,5   | 0,353   |
| $1,2 \cdot 10^9$ | 4,28  | 10,2   | 0,358   | $2,6 \cdot 10^8$ | —   | 14,0   | 0,354   |
| $1,3 \cdot 10^9$ | 4,44  | 10,3   | 0,358   | $2,7 \cdot 10^8$ | —   | 14,5   | 0,355   |

Примечание. Материал — ионные кристаллы хлористого рубидия ( $\text{RbCl}$ ) в виде тонкодисперсного порошка марки ХЧ. Образцы цилиндрические диаметром 20 мм и высотой 5–6 мм. Изготовлены прессованием высушенного порошка под давлением  $(1,0 \pm 1,5) \cdot 10^9$  Па.

Методы измерения  $\lambda$ ,  $a$ ,  $c_p$  — мгновенным источником тепла. Средняя температура образца 293 К. Средняя квадратическая погрешность измерения, %:  $\pm 7$  при измерении  $\lambda$ ;  $\pm 8$  при измерении  $a$ ;  $\pm 6$  при измерении  $c_p$ .

82. Теплопроводность и термическое расширение моновисмутидов гадолиния, тербия, диспрозия, галмия и эрбия при 300 K [171]

| Материал | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^{-6}, \text{K}^{-1}$ |
|----------|--|---------------------------------------|
| GdBi     | 42,0   | 9,2                                   |
| TbBi     | 39,0   | 9,8                                   |
| DyBi     | 36,0   | 10,2                                  |
| HoBi     | 28,0   | 10,5                                  |
| ErBi     | 21,0   | 10,8                                  |

Примечание. Соединения получены из соответствующих порошков методом ампульного синтеза. Использовали висмут марки ОСЧ, %: Gd — 99,84; Tb — 99,88; Dy — 99,86; Ho — 99,92; Er — 99,90. Образцы получены методом спекания в инертной атмосфере при 700 K; состав их близок к стехиометрическому. Методы измерения:  $\alpha$  — кварцевым dilatометром (погрешность измерения  $\pm 3\%$ );  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (максимальная погрешность измерения  $\pm 15\%$ ).

83. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ , карбидных твердых растворов TiC—VC [169]

| T, K | TiC | 90TiC—10VC | 60TiC—40VC | 40TiC—60VC | 80TiC—20VC | VC  |
|------|-----|------------|------------|------------|------------|-----|
| 100  | 6,2 | 5,3        | 4,9        | 4,4        | 6,0        | 5,7 |
| 200  | 6,8 | 6,3        | 5,8        | 5,0        | 6,6        | 6,2 |
| 300  | 7,3 | 6,6        | 6,2        | 5,4        | 7,0        | 6,6 |

Примечание. Характеристика образцов дана в табл. 85.

84. Коэффициент теплового линейного расширения  $\alpha \cdot 10^4, \text{K}^{-1}$ , карбидных твердых растворов TiC—ZrC [169]

| T, K | ZrC | 80ZrC—20TiC | 60ZrC—40TiC | 40ZrC—60TiC | 20ZrC—80TiC |
|------|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 100  | 5,1 | 6,3         | 5,3         | 4,8         | 5,7         |
| 200  | 5,8 | 6,8         | 5,7         | 5,3         | 6,2         |
| 300  | 6,1 | 7,1         | 6,1         | 5,6         | 6,5         |

Примечание. Характеристика образцов дана в табл. 85.

## 85. Характеристика исследованных образцов карбидных твердых растворов [169]

| Материалы   | Химический состав, % |       |       |       |               | Период решетки, 10 <sup>-10</sup> м | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | Пористость, % |
|-------------|----------------------|-------|-------|-------|---------------|-------------------------------------|-------------------------------|---------------|
|             | Ti                   | Zr    | V     | Собщ  | Ссвоб         |                                     |                               |               |
| TiC         | 79,87                | —     | —     | 19,85 | 0,30          | 4,34                                | 4478                          | 7,0           |
| 90TiC—10VC  | 71,49                | —     | 8,42  | 19,75 | Не обнаружено | 4,309                               | 4505                          | 9,8           |
| 60TiC—40VC  | 47,0                 | —     | 33,16 | 19,59 | Не обнаружено | 4,261                               | 4972                          | 5,6           |
| 40TiC—60VC  | 30,88                | —     | 49,60 | 19,22 | Не обнаружено | 4,238                               | 4960                          | 7,8           |
| 20TiC—80VC  | 15,28                | —     | 65,20 | 19,20 | 0,30          | 4,212                               | 5134                          | 7,3           |
| VC          | —                    | —     | 81,30 | 17,20 | 0,15          | 4,173                               | 5361                          | 6,7           |
| ZrC         | —                    | 88,50 | —     | 11,40 | 0,20          | 4,699                               | 6332                          | 4,1           |
| 20TiC—80ZrC | 10,13                | 77,05 | —     | 12,60 | Не обнаружено | 4,613                               | 6045                          | 5,4           |
| 40TiC—60ZrC | 22,45                | 63,40 | —     | 13,72 | 0,18          | 4,557                               | 5961                          | 1,1           |
| 60TiC—40ZrC | 47,14                | 36,89 | —     | 15,25 | 0,31          | 4,483                               | 5632                          | 1,0           |
| 80TiC—20ZrC | 55,69                | 26,38 | —     | 17,21 | 0,28          | 4,410                               | 5137                          | 3,2           |

Примечание. Образцы сплавов получены методом горячего прессования в среде особо чистого гелия в графитовых пресс-формах. Температуры прессования образцов TiC—ZrC 2773 К, давление 24,5·10<sup>8</sup> Па, выдержка 15 мин, температура прессования образцов TiC—VC 2673 К, давление 24,5·10<sup>8</sup> Па, выдержка 10 мин. Количество газовых примесей (O, N) в полученных материалах 0,1—0,2%. Металлографический и рентгенофазовый анализы показали, что все сплавы однофазны.

Для исследования вырезались прямоугольные образцы шириной 4 и высотой 15—20 мм. Образцы отжигались в вакууме при температуре 1880 К. Отжиг проводился до стабилизации отношения  $\rho_{комн}/\rho_{возд}$ .

Метод измерения  $\alpha$  — кварцевым dilatометром (погрешность  $\pm 1,5\%$ ).

86. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, соединений CdSnAs<sub>2</sub> и CdGeAs<sub>2</sub> [19]

| T, K | CdSnAs <sub>2</sub> | CdGeAs <sub>2</sub> | T, K | CdSnAs <sub>2</sub> | CdGeAs <sub>2</sub> | T, K | CdSnAs <sub>2</sub> | CdGeAs <sub>2</sub> |
|------|---------------------|---------------------|------|---------------------|---------------------|------|---------------------|---------------------|
| 10   | 31,15               | 10,07               | 110  | 23,28               | 9,23                | 210  | 17,35               | 7,43                |
| 20   | 30,40               | 10,05               | 120  | 22,65               | 9,03                | 220  | 16,78               | 7,43                |
| 30   | 29,58               | 10,03               | 130  | 21,80               | 8,80                | 230  | 16,55               | 7,13                |
| 40   | 28,50               | 10,03               | 140  | 21,19               | 8,58                | 240  | 16,55               | 6,92                |
| 50   | 27,42               | 10,01               | 150  | 20,55               | 8,38                | 250  | 16,22               | 6,72                |
| 60   | 26,88               | 9,85                | 160  | 20,15               | 8,18                | 260  | 15,25               | 6,72                |
| 70   | 26,42               | 9,85                | 170  | 19,50               | 8,18                | 270  | 15,10               | 6,50                |
| 80   | 25,35               | 9,65                | 180  | 18,75               | 7,97                | 280  | 14,68               | 6,55                |
| 90   | 24,75               | 9,43                | 190  | 18,45               | 7,75                | 290  | 14,60               | 6,55                |
| 100  | 24,15               | 9,43                | 200  | 17,75               | 7,55                | 300  | 14,48               | 6,55                |

Примечание. Материалы — тройные полупроводниковые соединения — сплавы системы A<sup>II</sup>B<sup>IV</sup>C<sup>V</sup><sub>2</sub> с узкой (сплав CdSnAs<sub>2</sub>) и заметной зоной гомогенности (сплав CdGeAs<sub>2</sub>).

Сплав CdGeAs<sub>2</sub> — в кристаллическом состоянии; проводимость  $n$ - и  $p$ -типа; плотность 5610 кг·м<sup>-3</sup> (при 293 К); для этого же сплава в стеклообразном состоянии: проводимость  $p$ -типа; плотность 5720 кг·м<sup>-3</sup> (при 293 К).

Метод измерения  $C_p$  — калориметрический, погрешность измерения  $\pm 5\%$ .

87. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, соединения ZnSnAs<sub>2</sub> со структурой сфалерита и халькопирита [19]

| T, K | Сфалерит | Халькопирит | T, K | Сфалерит | Халькопирит | T, K | Сфалерит | Халькопирит |
|------|----------|-------------|------|----------|-------------|------|----------|-------------|
| 50   | 4,20     | 3,36        | 140  | 8,44     | 7,56        | 230  | 10,00    | 9,20        |
| 60   | 5,04     | 3,91        | 150  | 8,80     | 7,90        | 240  | 10,08    | 9,24        |
| 70   | 5,67     | 4,62        | 160  | 9,03     | 8,20        | 250  | 10,14    | 9,29        |
| 80   | 6,10     | 5,25        | 170  | 9,24     | 8,30        | 260  | 10,29    | 9,45        |
| 90   | 6,71     | 5,67        | 180  | 9,40     | 8,50        | 270  | 10,30    | 9,58        |
| 100  | 7,14     | 6,12        | 190  | 9,60     | 8,70        | 280  | 10,34    | 9,64        |
| 110  | 7,56     | 6,69        | 200  | 9,66     | 8,82        | 290  | 10,35    | 9,66        |
| 120  | 7,96     | 6,93        | 210  | 9,80     | 9,03        | 300  | 10,36    | 9,69        |
| 130  | 8,18     | 7,4         | 220  | 9,90     | 9,10        |      |          |             |

Примечание. Материал — тройное полупроводниковое соединение типа A<sup>II</sup>B<sup>IV</sup>C<sup>V</sup><sub>2</sub>—ZnSnAs<sub>2</sub> со структурой сфалерита (твердый раствор с упорядоченной структурой) и халькопирита (твердый раствор с неупорядоченной структурой).

88. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^{-2}$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, твердых растворов системы Ga<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>Sb [4]

| T, K | MnSb  | Ga <sub>0,4</sub> Mn <sub>0,6</sub> Sb | Ga <sub>0,75</sub> Mn <sub>0,25</sub> Sb | Ga <sub>0,8</sub> Mn <sub>0,2</sub> Sb | Ga <sub>0,85</sub> Mn <sub>0,15</sub> Sb | Ga <sub>0,9</sub> Mn <sub>0,1</sub> Sb | Ga <sub>0,95</sub> Mn <sub>0,05</sub> Sb | GaSb |
|------|-------|--|--|--|--|--|--|------|
| 80   | 0,082 | 0,135                                  | 0,248                                    | 0,291                                  | 0,315                                    | 0,352                                  | 0,422                                    | 0,99 |
| 100  | 0,089 | 0,138                                  | 0,250                                    | 0,290                                  | 0,313                                    | 0,350                                  | 0,403                                    | 0,91 |
| 120  | 0,096 | 0,140                                  | 0,250                                    | 0,289                                  | 0,310                                    | 0,345                                  | 0,396                                    | 0,85 |
| 140  | 0,100 | 0,142                                  | 0,250                                    | 0,286                                  | 0,305                                    | 0,340                                  | 0,390                                    | 0,79 |
| 160  | 0,108 | 0,140                                  | 0,250                                    | 0,280                                  | 0,302                                    | 0,330                                  | 0,370                                    | 0,70 |
| 180  | 0,116 | 0,150                                  | 0,250                                    | 0,277                                  | 0,300                                    | 0,327                                  | 0,356                                    | 0,64 |
| 200  | 0,121 | 0,153                                  | 0,250                                    | 0,275                                  | 0,292                                    | 0,325                                  | 0,345                                    | 0,60 |
| 220  | 0,125 | 0,155                                  | 0,250                                    | 0,271                                  | 0,289                                    | 0,317                                  | 0,336                                    | 0,56 |
| 240  | 0,127 | 0,157                                  | 0,247                                    | 0,265                                  | 0,280                                    | 0,305                                  | 0,320                                    | 0,51 |
| 260  | 0,130 | 0,157                                  | 0,242                                    | 0,255                                  | 0,275                                    | 0,296                                  | 0,308                                    | 0,48 |
| 280  | 0,131 | 0,157                                  | 0,240                                    | 0,250                                  | 0,270                                    | 0,290                                  | 0,300                                    | 0,43 |
| 300  | 0,131 | 0,156                                  | 0,236                                    | 0,245                                  | 0,265                                    | 0,280                                  | 0,285                                    | 0,40 |

Примечание. Образцы синтезированы непосредственным сплавлением высокочистых компонентов в стеклографитовом тигле в вакууме. После синтеза расплав подвергали направленной кристаллизации по вертикальному методу со скоростью 1 мм/ч. Из полученных монокристаллических слитков вырезали образцы (5×4×12 мм). Контроль образцов проведен микроструктурными исследованиями. Метод измерения  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (абсолютный вариант).

89. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^{-2}$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, твердых растворов типа GaAs<sub>x</sub>P<sub>1-x</sub> [19]

| T, K | I   | II   | III  | IV   | V    | VI   |
|------|-----|------|------|------|------|------|
| 40   | 5,2 | 0,95 | —    | 0,42 | 0,42 | 0,25 |
| 50   | 5,0 | 0,92 | —    | 0,40 | 0,40 | 0,24 |
| 60   | 4,0 | 0,80 | —    | 0,38 | 0,38 | 0,23 |
| 70   | 2,9 | 0,58 | —    | 0,36 | 0,36 | 0,20 |
| 80   | 2,0 | 0,50 | 0,18 | 0,34 | 0,34 | 0,19 |
| 90   | 1,7 | 0,42 | 0,17 | 0,30 | 0,30 | 0,18 |

Продолжение табл. 89

| T, K | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 100  | 1,2  | 0,36 | 0,16 | 0,26 | 0,26 | 0,16 |
| 110  | 0,90 | 0,30 | 0,14 | 0,20 | 0,20 | 0,16 |
| 120  | 0,75 | 0,28 | 0,12 | 0,18 | 0,18 | 0,15 |
| 130  | 0,50 | 0,27 | 0,12 | 0,18 | 0,18 | 0,15 |

Примечание. I — поликристалл GaAs, конц. нос. тока  $3 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$ ; II — GaAs<sub>0,8</sub>P<sub>0,1</sub>, конц. нос. тока  $4 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$ ; III — GaAs<sub>0,8</sub>P<sub>0,2</sub>, конц. нос. тока  $2 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$ ; IV — GaAs<sub>0,67</sub>P<sub>0,33</sub>, конц. нос. тока  $2 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$ ; V — GaAs<sub>0,65</sub>P<sub>0,35</sub>, конц. нос. тока  $2 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$ ; VI — GaAs<sub>0,5</sub>P<sub>0,5</sub>, конц. нос. тока  $3 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$ .

90. Температурный коэффициент линейного расширения соединения CdGeP<sub>2</sub> [19]

| T, K | Состояние материала | $\alpha \cdot 10^6, \text{ K}^{-1}$ | Примечание. Материал — тройное полупроводниковое соединение типа A <sup>II</sup> B <sup>IV</sup> C <sup>V</sup> с заметной областью гомогенности — CdGeP <sub>2</sub> в кристаллическом и стеклообразном состоянии.   |
|------|---------------------|-------------------------------------|---|
| 300  | Кристаллическое     | 3,2                                 | Образцы кристаллические: проводимость <i>n</i> -, <i>p</i> -типа; плотность 4540 кг·м <sup>-3</sup> . Образцы стеклообразные: проводимость <i>p</i> -типа; плотность 4960 кг·м <sup>-3</sup> .<br>Метод измерения — дилатометрический. Средняя квадратическая погрешность измерения $\pm 3\%$ . |
|      | Стеклообразное      | 5,2                                 |   |

91. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, соединений типа Ag<sub>3</sub>MX<sub>6</sub> [121]

| T, K | I    | II   | III  | T, K | I    | II   | III  | T, K | I    | II   | III  |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 80   | 1,89 | 1,51 | 1,26 | 150  | 1,30 | 1,22 | 1,10 | 220  | 1,30 | 1,22 | 1,14 |
| 90   | 1,81 | 1,47 | 1,22 | 160  | 1,30 | 1,22 | 1,10 | 230  | 1,30 | 1,22 | 1,14 |
| 100  | 1,68 | 1,43 | 1,18 | 170  | 1,30 | 1,22 | 1,10 | 240  | 1,30 | 1,26 | 1,14 |
| 110  | 1,60 | 1,30 | 1,18 | 180  | 1,30 | 1,22 | 1,10 | 250  | 1,34 | 1,26 | 1,14 |
| 120  | 1,47 | 1,30 | 1,14 | 190  | 1,30 | 1,22 | 1,10 | 260  | 1,34 | 1,26 | 1,14 |
| 130  | 1,43 | 1,26 | 1,14 | 200  | 1,30 | 1,22 | 1,10 | 270  | 1,39 | 1,30 | 1,18 |
| 140  | 1,39 | 1,26 | 1,14 | 210  | 1,30 | 1,22 | 1,14 | 280  | 1,39 | 1,30 | 1,18 |
|      |      |      |      |      |      |      |      | 290  | 1,39 | 1,30 | 1,22 |
|      |      |      |      |      |      |      |      | 300  | 1,43 | 1,34 | 1,22 |

Примечание. Материал — кристаллические соединения типа Ag<sub>3</sub>MX<sub>6</sub> с большим объемом элементарной ячейки.

I — Ag<sub>3</sub>SnSe<sub>6</sub>, отожженное при 850 K в течение 5 ч в атмосфере аргона при неизотермических условиях; II — Ag<sub>3</sub>SnS<sub>6</sub>, нелегированное; III — Ag<sub>3</sub>GeS<sub>6</sub>, нелегированное.

У всех материалов высокотемпературная  $\gamma$ -фаза; гранецентрированная кубическая решетка с постоянной  $a = 11 \cdot 10^{-10}$  м и элементарная ячейка, содержащая четыре формульных единицы.

92. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, полупроводниковых ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> и ZnGa<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> [175]

| T, K | ZnGa <sub>2</sub> S <sub>4</sub> | ZnGa <sub>2</sub> Te <sub>4</sub> | T, K | ZnGa <sub>2</sub> S <sub>4</sub> | ZnGa <sub>2</sub> Te <sub>4</sub> |
|------|----------------------------------|-----------------------------------|------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 10   | 1,39                             | 3,53                              | 160  | 118,72                           | 148,60                            |
| 20   | 9,16                             | 28,36                             | 170  | 122,96                           | 150,84                            |
| 30   | 20,44                            | 43,16                             | 180  | 126,52                           | 152,80                            |
| 40   | 35,12                            | 60,68                             | 190  | 129,64                           | 154,48                            |
| 50   | 45,28                            | 73,80                             | 200  | 132,68                           | 155,96                            |
| 60   | 49,20                            | 84,52                             | 210  | 135,80                           | 157,28                            |
| 70   | 58,76                            | 97,68                             | 220  | 138,96                           | 158,52                            |
| 80   | 66,88                            | 108,36                            | 230  | 142,16                           | 159,88                            |
| 90   | 74,52                            | 117,36                            | 240  | 145,00                           | 160,88                            |
| 100  | 81,92                            | 124,96                            | 250  | 147,36                           | 162,48                            |
| 110  | 89,12                            | 131,40                            | 260  | 149,48                           | 163,32                            |
| 120  | 96,04                            | 135,96                            | 270  | 151,48                           | 164,56                            |
| 130  | 101,92                           | 139,76                            | 280  | 153,44                           | 165,84                            |
| 140  | 108,08                           | 143,08                            | 290  | 155,40                           | 167,08                            |
| 150  | 113,76                           | 146,04                            | 300  | 157,40                           | 168,36                            |

Примечание. Соединения получали сплавлением элементарных компонентов (в откачаных до давления  $1,33 \cdot 10^{-2}$  Па и запаянных кварцевых ампулах) по методу двухтемпературного синтеза.

Массовая доля исходных элементов, %: Zn 99,99; Ga 99,999; S 99,999; Te 99,93. Образцы однофазные. Параметры решетки,  $10^{-10}$  м: ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> —  $a = 5,205$ ;  $c = 10,41$ ; ZnGa<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> —  $a = 5,956$ ;  $c = 11,98$ .

Метод измерения  $C_p$  — адиабатическим калориметром. Шаг измерения 2 — 3 K (погрешность измерения  $\pm 1\%$ ).

93. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, соединений SnBi<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> и SnBi<sub>4</sub>Te<sub>7</sub> [155]

| T, K | SnBi <sub>4</sub> Te <sub>7</sub> | SnBi <sub>2</sub> Te <sub>4</sub> | T, K | SnBi <sub>4</sub> Te <sub>7</sub> | SnBi <sub>2</sub> Te <sub>4</sub> |
|------|-----------------------------------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 80   | 2,80                              | 2,13                              | 200  | 2,85                              | 1,63                              |
| 100  | 2,51                              | 2,01                              | 220  | 2,85                              | 1,63                              |
| 120  | 2,59                              | 1,80                              | 240  | 2,85                              | 1,63                              |
| 140  | 2,72                              | 1,72                              | 260  | 2,85                              | 1,63                              |
| 160  | 2,80                              | 1,68                              | 280  | 2,80                              | 1,63                              |
| 180  | 2,85                              | 1,63                              | 300  | 2,76                              | 1,68                              |

Примечание. Образцы изготовлены методом направленной кристаллизации из расплава элементов, взятых в стехиометрическом соотношении. Образцы имели форму цилиндров (диаметр 8 мм, длина 18 мм). Тепловой поток направлялся параллельно плоскостям скола кристалла.

94. Молярная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения соединения CdTe<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> [74]

| T, K | $C_p$ , Дж × моль <sup>-1</sup> × К <sup>-1</sup> | T, K | $C_p$ , Дж × моль <sup>-1</sup> × К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6, \text{ K}^{-1}$ | Примечание. Исходное соединение поликристаллическое, получено непосредственным сплавлением компонентов, взятых в стехиометрическом соотношении, в кварцевых ампулах, вакуумированных до $10^{-3}$ Па. Монокристаллические образцы получены методом химической газотранспортной реакции; форма их игольчатая с размерами $10 \times 2 \times 1$ мм. Плотность $8100 \pm 40 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ . |
|------|---|------|---|-------------------------------------|---|
| 12   | 121,2   | 180  | —   | 1,46                                | Метод измерения $C_p$ — адиабатическим калориметром (погрешность измерения $\pm 2\%$ ).   |
| 37   | 123,2   | 212  | 153,7   | —                                   |   |
| 62   | 125,4   | 223  | —   | 1,85                                |   |
| 87   | 127,6   | 237  | 161,1   | —                                   |   |
| 112  | 129,7   | 273  | 170,5   | 2,10                                |   |
| 137  | 131,8   | 300  | 178,9   | —                                   |   |
| 162  | 134,9   | 323  | —   | 2,60                                |   |
| 187  | 139,1   | —    | —   | —                                   |   |

95. Теплопроводность твердых растворов системы  $As_2(Se_{1-x}Te_x)_3$  [19]

| Твердый раствор            | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | Твердый раствор            | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | Твердый раствор            | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|----------------------------|---|----------------------------|---|----------------------------|---|
| $As_2Se_3$                 | 1,43  | $As_2(Se_{0,2}Te_{0,8})_3$ | 0,77  | $As_2(Se_{0,6}Te_{0,4})_3$ | 0,71  |
| $As_2Te_3$                 | 1,07  | $As_2(Se_{0,7}Te_{0,3})_3$ | 0,75  | $As_2(Se_{0,5}Te_{0,5})_3$ | 0,69  |
| $As_2(Se_{0,8}Te_{0,2})_3$ | 0,78  | $As_2(Se_{0,3}Te_{0,7})_3$ | 0,72  |                            |   |

Примечания. Образцы поликристаллические. Метод измерения  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность измерения  $\pm 5\%$ ). Средняя температура образца 300 К.

96. Теплопроводность твердого раствора системы  $Cd_xHg_{1-x}Te$  при всестороннем сжатии [9, 59]

| $p \cdot 10^{-8}$ , Па | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $p \cdot 10^{-8}$ , Па | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $p \cdot 10^{-8}$ , Па | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------------------------|---|------------------------|---|------------------------|---|
| 0                      | 1,72  | 1,5                    | 2,06  | 3,0                    | 2,19  |
| 0,5                    | 1,88  | 2,0                    | 2,14  | 3,5                    | 2,20  |
| 1,0                    | 1,98  | 2,5                    | 2,17  | 4,0                    | 2,21  |

Примечание. Материал — твердый раствор  $Cd_{0,28}Hg_{0,72}Te$ . Поликристаллические образцы вырезали из середины слитков, полученных методом Бриджмена. Образцы — цилиндрические диски (диаметр 10 мм, высота 4 мм).

Метод измерения  $\lambda$  — стационарный, на плоских образцах, помещенных внутрь бомбы высокого давления. Гидростатируемая жидкость (касторовое масло) осуществляет всестороннее давление на образцы. Тепловой поток направлен вдоль кристаллографической оси с. Средняя температура образца 273,2 К (погрешность измерения  $\pm 6\%$ ).

$p$  — избыточное давление в бомбе.

97. Удельная и молярная теплоемкость соединений  $CdGa_2S_4$ ,  $CdIn_2S_4$  и  $CdGa_2Se_4$  [176, 112]

| Т, К | $CdGa_2S_4$ , $CdIn_2S_4$ , $CdGa_2Se_4$     |  |  | Т, К | $CdGa_2S_4$ , $CdIn_2S_4$ , $CdGa_2Se_4$     |  |  |
|------|--|--|--|------|--|--|--|
|      | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |      | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
| 10   | 16,8   | —  | 2,694  | 50   | 134,4  | 113,4  | 61,80  |
| 20   | 37,8   | 16,8   | 12,89  | 60   | 155,4  | 142,8  | 75,69  |
| 30   | 67,2   | 46,2   | 29,40  | 70   | 176,4  | 155,4  | 87,74  |
| 40   | 113,4  | 84,0   | 46,32  | 80   | 193,2  | 176,4  | 98,49  |

Продолжение табл. 97

| Т, К | $CdGa_2S_4$                                  | $CdIn_2S_4$ | $CdGa_2Se_4$ | Т, К | $CdGa_2S_4$                                  | $CdIn_2S_4$ | $CdGa_2Se_4$ |
|------|--|-------------|--------------|------|--|-------------|--------------|
|      | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |             |              |      | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |             |              |
| 90   | 210,0  | 184,8       | 107,8        | 190  | 365,4  | 310,8       | 153,6        |
| 100  | 235,2  | 197,4       | 115,9        | 200  | 378,0  | 315,0       | 155,5        |
| 110  | 247,8  | 210,0       | 122,8        | 210  | 390,6  | 323,4       | 157,2        |
| 120  | 264,6  | 226,8       | 128,9        | 220  | 394,8  | 327,6       | 158,7        |
| 130  | 281,4  | 235,2       | 130,1        | 230  | 399,0  | 336,0       | 159,8        |
| 140  | 298,2  | 256,2       | 138,7        | 240  | 403,2  | 340,2       | 160,9        |
| 150  | 315,0  | 268,8       | 142,5        | 250  | 407,4  | 344,4       | 162,1        |
| 160  | 331,8  | 277,2       | 146,0        | 260  | 411,6  | 348,6       | 163,0        |
| 170  | 344,4  | 289,8       | 148,8        | 270  | 415,8  | 352,8       | 164,2        |
| 180  | 357,0  | 302,4       | 151,5        | 280  | 415,8  | 357,0       | 165,2        |

Примечание. Материалы — гетеровалентные полупроводниковые тройные соединения типа  $A^{II}B_2^{III}C_4^{VI}$ :  $CdGa_2S_4$  — кристаллизованное в структуре с тетраэдрической координацией типа халькопирита с параметрами решетки  $a = 5,57 \cdot 10^{-10}$  м и  $c = 10,01 \cdot 10^{-10}$  м;  $CdIn_2S_4$  — кристаллизованное в структуре шпинели с параметром решетки  $a = 10,86 \cdot 10^{-10}$  м. Образцы синтезировали методом сплавления элементарных компонентов в предварительно вакуумированных (до давления  $1,33 \cdot 10^{-2}$  Па) и запаянных кварцевых ампулах; все образцы однофазные; размеры образцов 1—3 мм. Образцы  $CdGa_2Se_4$  синтезировали в таких же ампулах при 1370 К из предварительно прокаленного промышленного селенида кадмия ОСЧ. Продукт растирали в ступке и подвергали гомогенизирующему отжигу при 1220 К в течение 40 ч.

Метод измерения — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 0,5\%$ ); при 10—55 К значения теплоемкости экстраполированы (погрешность  $\pm 10\%$ ).

Для приведенных в таблице полупроводниковых соединений температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha$  при 300 К составляет  $5,7 \cdot 10^{-6}$  К<sup>-1</sup> для  $CdGa_2S_4$  и  $(7,6-9,0) \cdot 10^{-6}$  К<sup>-1</sup> для  $CdIn_2S_4$ .

98. Молярная теплоемкость полупроводниковых соединений сложного состава  $CdGa_2S_4$  и  $CdGa_2Te_4$  [201]

| Т, К | $CdGa_2S_4$                                    | $CdGa_2Te_4$ | Т, К | $CdGa_2S_4$                                    | $CdGa_2Te_4$ | Т, К | $CdGa_2S_4$                                    | $CdGa_2Te_4$ |
|------|--|--------------|------|--|--------------|------|--|--------------|
|      | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |              |      | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |              |      | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |              |
| 10   | 10,0   | 5,4          | 70   | 107,0  | 127,0        | 130  | 143,0  | 175,0        |
| 20   | 12,0   | 23,5         | 80   | 115,0  | 139,0        | 140  | 149,0  | 179,0        |
| 30   | 33,5   | 51,2         | 90   | 123,0  | 150,0        | 150  | 151,0  | 184,0        |
| 40   | 71,5   | 75,0         | 100  | 129,0  | 159,0        | 160  | 157,0  | 186,0        |
| 50   | 87,5   | 93,5         | 110  | 132,0  | 163,0        | 170  | 159,0  | 188,0        |
| 60   | 97,4   | 112,0        | 120  | 138,0  | 170,0        | 180  | 161,0  | 190,0        |

Продолжение табл. 98

| T, K | CdGa <sub>2</sub> Se <sub>4</sub>                       | CdGa <sub>2</sub> Te <sub>4</sub> | T, K | CdGa <sub>2</sub> Se <sub>4</sub>                       | CdGa <sub>2</sub> Te <sub>4</sub> | T, K | CdGa <sub>2</sub> Se <sub>4</sub>                       | CdGa <sub>2</sub> Te <sub>4</sub> |
|------|---|-----------------------------------|------|---|-----------------------------------|------|---|-----------------------------------|
|      | C <sub>p</sub> , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |                                   |      | C <sub>p</sub> , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |                                   |      | C <sub>p</sub> , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |                                   |
| 190  | 168,0   | 192,0                             | 230  | 172,1   | 194,1                             | 270  | 172,5   | 194,5                             |
| 200  | 170,0   | 193,0                             | 240  | 172,2   | 194,2                             | 280  | 172,6   | 194,6                             |
| 210  | 171,0   | 193,5                             | 250  | 172,3   | 194,3                             | 290  | 172,7   | 194,7                             |
| 220  | 172,0   | 194,0                             | 260  | 172,4   | 194,4                             | 300  | 172,8   | 194,8                             |

Примечание. Решетка соединений — тетрагональная с параметрами, 10<sup>-10</sup> м: a = 5,73, c = 10,71 (для CdGa<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>) и a = 6,08, c = 11,79 (для CdGa<sub>2</sub>Te<sub>4</sub>). Соединения синтезировали сплавлением компонентов в вакуумированных до давления 1,33·10<sup>-2</sup> Па и запаянных кварцевых ампулах. Метод измерения C<sub>p</sub> — вакуумным адиабатическим калориметром (давление 1,33·10<sup>-3</sup>—1,33·10<sup>-4</sup> Па; шаг измерения ~2 К). Средняя квадратическая погрешность измерения ±0,5%. При 300 К температурный коэффициент линейного расширения составляет для CdGa<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> 6,5·10<sup>-6</sup> К<sup>-1</sup>; для CdGa<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> 4,0·10<sup>-6</sup> К<sup>-1</sup>.

99. Теплопроводность λ, Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, соединений HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> и CuCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> [53]

| T, K | HgCr <sub>2</sub> Se <sub>4</sub> | CuCr <sub>2</sub> Se <sub>4</sub> | T, K | HgCr <sub>2</sub> Se <sub>4</sub> | CuCr <sub>2</sub> Se <sub>4</sub> |
|------|-----------------------------------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|      | 80                                | 2,510                             |      | 0,4393                            | 200                               |
| 100  | 2,092                             | 0,4393                            | 220  | 1,464                             | 0,4290                            |
| 120  | 1,925                             | 0,4393                            | 240  | 1,423                             | 0,4268                            |
| 140  | 1,800                             | 0,4351                            | 260  | 1,339                             | 0,4240                            |
| 160  | 1,674                             | 0,4351                            | 280  | 1,297                             | 0,4226                            |
| 180  | 1,548                             | 0,4351                            | 300  | 1,290                             | 0,4200                            |

Примечание. Соединения HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> и CuCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> синтезированы импульсным методом при 1473 К в течение 10 ч в специальной металлической бомбе. По данным рентгенографических исследований, параметры решетки для соединений HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> и CuCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> a = 10,753·10<sup>-10</sup> и 10,350·10<sup>-10</sup> м соответственно. Соединения однофазные. Образцы изготовлены брикетированием порошков под давлением 5,88·10<sup>8</sup> Па при 623 К в течение 10 мин с последующим отжигом при 1023 К в течение 50 ч.

100. Удельная теплоемкость шпинели CdCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> [178]

| T, K | c <sub>p</sub> ·10 <sup>-1</sup> , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | c <sub>p</sub> ·10 <sup>-1</sup> , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | c <sub>p</sub> ·10 <sup>-1</sup> , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|---|------|---|------|---|
| 50   | 10,0  | 140  | 24,0  | 230  | 30,9  |
| 60   | 11,5  | 150  | 25,0  | 240  | 31,5  |
| 70   | 14,9  | 160  | 26,0  | 250  | 32,0  |
| 80   | 17,7  | 170  | 26,9  | 260  | 32,5  |
| 90   | 20,2  | 180  | 27,6  | 270  | 32,9  |
| 100  | 22,5  | 190  | 28,4  | 280  | 33,0  |
| 110  | 24,7  | 200  | 29,1  | 290  | 33,1  |
| 120  | 26,7  | 210  | 29,7  | 300  | 33,1  |
| 130  | 25,0  | 220  | 30,1  |      |   |

Примечание. Материал — халькогенидный ферродиэлектрик CdCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> со структурой нормальной шпинели.

Образец — поликристаллический высокодисперсный порошок (период элементарной ячейки a = (10,755 ± 0,001) 10<sup>-10</sup> м); получен твердофазным методом по обменной реакции между халькогенидом кадмия и хлоридом хрома.

Температурная зависимость удельной теплоемкости шпинели для неотожженных образцов и для образцов, предварительно отожженных при 823 К, одинакова.

101. Решеточная теплопроводность λ, Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, медьгерманиевых халькогенидов [217]

| T, K | Cu <sub>2</sub> SnSe <sub>3</sub> | Cu <sub>2</sub> GeSe <sub>3</sub> | Cu <sub>2</sub> Sns <sub>3</sub> | Cu <sub>2</sub> GeS <sub>3</sub> | Cu <sub>2</sub> GeSe <sub>3</sub> |                | Cu <sub>2</sub> GeSe <sub>3</sub> |                          | GeTe | AgBiSe <sub>3</sub> |
|------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|------|---------------------|
|      |                                   |                                   |                                  |                                  | до отжига                         | после отжига * | кубическая структура              | тетрагональная структура |      |                     |
| 5    | 4                                 | 1,3                               | —                                | —                                | —                                 | —              | —                                 | —                        | —    | —                   |
| 7    | 5,3                               | 2,1                               | —                                | —                                | —                                 | —              | —                                 | —                        | —    | —                   |
| 8    | 7,3                               | 3,4                               | —                                | —                                | —                                 | —              | —                                 | —                        | —    | —                   |
| 9    | 10                                | 5,0                               | —                                | —                                | —                                 | —              | —                                 | —                        | —    | —                   |
| 12   | 12                                | 7,2                               | —                                | —                                | —                                 | —              | —                                 | —                        | —    | —                   |
| 10   | 15                                | 9,3                               | —                                | —                                | —                                 | —              | —                                 | —                        | —    | —                   |
| 20   | 41                                | 25                                | —                                | —                                | —                                 | —              | —                                 | —                        | —    | —                   |
| 30   | 35                                | 20                                | —                                | —                                | —                                 | —              | —                                 | —                        | —    | —                   |
| 40   | 28                                | 15                                | —                                | —                                | —                                 | —              | —                                 | —                        | —    | —                   |
| 50   | 22                                | 13                                | 25                               | 15                               | 13                                | 10             | 17,5                              | 16,5                     | 9    | 2,60                |
| 60   | 20                                | 12                                | 22                               | 13                               | 12                                | 9,2            | 14,5                              | 14,0                     | 8,4  | 2,55                |
| 70   | 15                                | 11                                | 18                               | 12                               | 10                                | 8,0            | 12,5                              | 12,5                     | 8,0  | 2,45                |
| 80   | 13                                | 10                                | 15                               | 11                               | 10                                | 7,5            | 11                                | 11,0                     | 7,6  | 2,40                |
| 90   | 12                                | 9,2                               | 13                               | 10                               | 9                                 | 7,0            | 10                                | 10,0                     | 7,2  | 2,35                |
| 100  | 10,1                              | 8,5                               | 12                               | 9,3                              | 8,3                               | 6,5            | 9                                 | 9,4                      | 6,9  | 2,30                |
| 120  | 8,4                               | 7,4                               | 10,5                             | 8,1                              | 7,2                               | 5,6            | 7,6                               | 8,4                      | 6,4  | 2,25                |
| 140  | 7,5                               | 6,7                               | 9,3                              | 7,2                              | 6,4                               | 5,1            | 6,5                               | 7,4                      | 6,0  | 2,20                |
| 160  | 6,8                               | 6,1                               | 8,2                              | 6,4                              | 5,8                               | 4,6            | 5,6                               | 6,4                      | 5,6  | 2,18                |
| 180  | 6,3                               | 5,6                               | 7,3                              | 5,8                              | 5,5                               | 4,3            | 4,9                               | 5,7                      | 5,3  | 2,13                |
| 200  | 5,8                               | 5,3                               | 6,5                              | 5,4                              | 5,2                               | 4,0            | 4,3                               | 5,1                      | 5,1  | 2,10                |
| 220  | 5,4                               | 5,0                               | 5,8                              | 5,1                              | 4,9                               | 3,8            | 3,9                               | 4,8                      | 4,9  | 2,09                |
| 240  | 4,9                               | 4,8                               | 5,1                              | 4,9                              | 4,7                               | 3,6            | 3,6                               | 4,5                      | 4,8  | 2,07                |
| 260  | 4,5                               | 4,6                               | 4,4                              | 4,7                              | 4,4                               | 3,4            | 3,4                               | 4,3                      | 4,8  | 2,02                |
| 273  | 4,2                               | 4,5                               | 4,1                              | 4,6                              | 4,3                               | 3,3            | 3,3                               | 4,2                      | 4,7  | 2,01                |
| 280  | 4,0                               | 4,4                               | 3,9                              | 4,5                              | 4,2                               | 3,2            | 3,0                               | 4,2                      | 4,7  | 2,0                 |
| 300  | 3,5                               | 4,2                               | 3,5                              | 4,3                              | 4,0                               | 3,1            | 3,0                               | 4,0                      | 4,6  | 2,0                 |

\* Отжиг при 973 К в течение 20 сут.

102. Теплопроводность и молярная теплоемкость некоторых соединений типа АВХ<sub>2</sub> [114]

| T, K | CuInTe <sub>2</sub>                    |   | AgSbSe <sub>2</sub> *1                 |   | AgBiTe <sub>2</sub>                 |       | CuGaSe <sub>2</sub>                                     | AgGaTe <sub>2</sub> | CuSbTe <sub>2</sub> |
|------|--|---|--|---|-------------------------------------|-------|---|---------------------|---------------------|
|      | λ, Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | C <sub>p</sub> , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | λ, Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | C <sub>p</sub> , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | λ *2                                | λ *3  | C <sub>p</sub> , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |                     |                     |
|      |  |   |  |   | Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |       |   |                     |                     |
| 100  | 17,57                                  | 20,08   | 0,397                                  | 21,34   | 2,30                                | 0,920 | 17,15   | 19,66               | 21,17               |
| 150  | 11,59                                  | 21,11   | 0,435                                  | 23,72   | 1,59                                | 0,774 | 20,42   | 22,43               | 23,51               |
| 200  | 8,37                                   | 24,39   | 0,460                                  | 25,52   | 1,34                                | 0,711 | 23,01   | 24,69               | 25,31               |
| 250  | 6,36                                   | 26,23   | 0,473                                  | 26,78   | 1,30                                | 0,732 | 24,77   | 26,15               | 26,69               |
| 300  | 4,85                                   | 27,20   | 0,481                                  | 27,61   | 1,42                                | 0,774 | 25,94   | 27,20               | 27,61               |

\*1 Образец AgSbSe<sub>2</sub> медленно охлажден от T<sub>пл</sub> до 298 К.

\*2 Образец AgBiTe<sub>2</sub> отожжен в течение 100 ч при 653 К.

\*3 Образец AgBiTe<sub>2</sub> закален (от 893 К медленно охлажден до 773 К, затем брошен в воду со льдом).

103. Удельная теплоемкость и температуропроводность некоторых соединений типа  $A^I B^{VIII} X_2^{VI}$  [158]

| T, K | AgFeTe <sub>2</sub>  |   | AgNiSe <sub>2</sub>  |   | AgNiTe <sub>2</sub>  |   | AgFeSe <sub>2</sub>  |   |
|------|--|---|--|---|--|---|--|---|
|      | $c_p \cdot 10^{-2}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^4$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-2}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^4$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-2}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^4$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-2}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^4$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> |
| 260  | 9,749  | 0,0281  | 5,230  | 0,025   | 8,494  | 0,017   | 3,807  | 0,0181  |
| 280  | 9,749  | 0,0281  | 5,272  | 0,025   | 8,535  | 0,017   | 3,849  | 0,0181  |
| 300  | 9,749  | 0,0280  | 5,314  | 0,025   | 8,577  | 0,017   | 3,891  | 0,0181  |

104. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^{-2}$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, некоторых соединений типа  $A^I B^{VIII} X_2^{VI}$  [158]

| T, K | AgFeTe <sub>2</sub> | AgNiSe <sub>2</sub> | AgNiTe <sub>2</sub> | AgFeSe <sub>2</sub> | T, K | AgFeTe <sub>2</sub> | AgNiSe <sub>2</sub> | AgNiTe <sub>2</sub> | AgFeSe <sub>2</sub> |
|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 80   | 0,038               | 0,055               | 0,077               | —                   | 200  | 0,042               | 0,080               | 0,094               | —                   |
| 100  | 0,039               | 0,059               | 0,081               | —                   | 220  | 0,042               | 0,084               | 0,096               | —                   |
| 120  | 0,040               | 0,063               | 0,083               | —                   | 240  | 0,043               | 0,087               | 0,100               | —                   |
| 140  | 0,040               | 0,067               | 0,085               | —                   | 260  | 0,0435              | 0,092               | 0,103               | 0,050               |
| 160  | 0,041               | 0,071               | 0,089               | —                   | 280  | 0,044               | 0,096               | 0,105               | 0,0505              |
| 180  | 0,0415              | 0,075               | 0,091               | —                   | 300  | 0,045               | 0,100               | 0,108               | 0,051               |

105. Теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения некоторых тройных соединений типа  $A^I B^{III} C_2^{VI}$  [8]

| Соединение          | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | Соединение               | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|---------------------|---|---------------------------------------|--------------------------|---|---------------------------------------|
| CuGaSe <sub>2</sub> | 4,18  | 5,4                                   | AgInSe <sub>2</sub>      | 1,85  | 1,9                                   |
| CuGaTe <sub>2</sub> | 2,70  | 6,9                                   | AgInTe <sub>2</sub> (I)  | 1,93  | —                                     |
| CuInTe <sub>2</sub> | 2,90  | 6,6                                   | AgInTe <sub>2</sub> (II) | 1,55  | 4,3                                   |
| AgGaSe <sub>2</sub> | 2,50  | 7,1                                   | ZnGeAs <sub>2</sub>      | 1,13  | —                                     |
| AgGaTe <sub>2</sub> | 2,65  | —                                     |                          |   |                                       |

Примечание. ZnGeAs<sub>2</sub> относится к соединениям типа  $A^{II} B^{IV} C_2^V$ , остальные — к соединениям типа  $A^I B^{III} C_2^{VI}$ .

CuGaSe<sub>2</sub> — температура плавления 1313 К; плотность 5270 кг·м<sup>-3</sup>; CuGaTe<sub>2</sub> — температура плавления 1143 К; плотность 5470 кг·м<sup>-3</sup>; CuInTe<sub>2</sub> — температура плавления 1263 К; плотность 6380 кг·м<sup>-3</sup>; AgGaSe<sub>2</sub> — температура плавления 1051 К; AgGaTe<sub>2</sub> — 1113 К; AgInSe<sub>2</sub> — температура плавления 978 К; AgInTe<sub>2</sub> (I) — 1048 К; AgInTe<sub>2</sub> (II) — 953 К.

Метод измерения  $\alpha$  — dilatометрический, при 300 К. Средняя квадратическая погрешность измерения  $\pm 3$  %.

106. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, некоторых двойных и тройных селенидов переходных элементов [114]

| T, K  | FeCr <sub>2</sub> Se <sub>4</sub> | Cr <sub>2</sub> Se <sub>8</sub> | VCr <sub>2</sub> Se <sub>4</sub> | NiCr <sub>2</sub> Se <sub>4</sub> | Cr <sub>7</sub> Se <sub>8</sub> | $\beta$ Cr <sub>2</sub> Se |
|---|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 100   | 0,0837                            | 0,0920                          | 0,251                            | 0,376                             | 0,397                           | 0,607                      |
| 120   | 0,0837                            | 0,0879                          | 0,276                            | 0,393                             | 0,414                           | 0,615                      |
| 140   | 0,0837                            | 0,0879                          | 0,276                            | 0,410                             | 0,431                           | 0,628                      |
| 160   | 0,0879                            | 0,0879                          | 0,289                            | 0,427                             | 0,448                           | 0,640                      |
| 180   | 0,0879                            | 0,0879                          | 0,305                            | 0,443                             | 0,469                           | 0,657                      |
| 200   | 0,0920                            | 0,0920                          | 0,326                            | 0,460                             | 0,485                           | 0,673                      |
| 220   | 0,0920                            | 0,0920                          | 0,347                            | 0,477                             | 0,502                           | 0,686                      |
| 240   | 0,0962                            | 0,0962                          | 0,372                            | 0,489                             | 0,519                           | 0,698                      |
| 260   | 0,100                             | 0,0962                          | 0,397                            | 0,502                             | 0,531                           | 0,710                      |
| 273   | 0,104                             | 0,0962                          | 0,410                            | 0,514                             | 0,544                           | 0,719                      |
| 280   | 0,109                             | 0,0962                          | 0,422                            | 0,527                             | 0,556                           | 0,727                      |
| 300   | 0,113                             | 0,0962                          | 0,460                            | 0,544                             | 0,569                           | 0,740                      |
| Расстояние между атомами переходного металла, 10 <sup>-10</sup> м | 2,97                              | 2,88                            | 2,93                             | 2,88                              | 2,98                            | 2,99                       |
| Содержание вакансий на ячейку, %                                  | 36                                | 40                              | 36                               | 36                                | 21                              | 4                          |
| $\sigma \cdot 10^{-2}$ , Ом <sup>-1</sup> ·м <sup>-1</sup>        | 8,0                               | 1,1                             | 22,2                             | 36,4                              | 4,3 · 10 <sup>2</sup>           | 5,6 · 10 <sup>2</sup>      |

Примечание. Образцы приготавливали брикетированием соединений под давлением  $2,94 \cdot 10^8$  Па при температуре 493 К с последующим отжигом в вакууме в течение 50 ч при 673 К.

107. Теплопроводность прустита [113]

| T, K | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|---|------|---|
| 273  | 0,120   | 293  | 0,145   |
| 283  | 0,135   | 300  | 0,150   |

Примечание. Прустит Ag<sub>3</sub>As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, молярное содержание примесей биллингелита Ag<sub>3</sub>As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> и смитита AgAs<sub>2</sub>S<sub>2</sub> менее 0,5 %. Образец трубчатый.

Метод измерения  $\lambda$  — трубкой из прустита, размещенной в вакуумной полости, образуемой трубками из плавного кварца (пространство между стенками заполнено расплавленным оловом). Средняя квадратическая погрешность измерения  $\pm 15$  %.

108. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, твердых растворов на основе теллуридов висмута и сурьмы [37]

| Размер фракции исходного порошка, мм | I    | II   | III  | IV   |
|--------------------------------------|------|------|------|------|
| 0,01                                 | 1,20 | 1,17 | 1,20 | 1,18 |
| 0,04                                 | 1,28 | 1,24 | 1,20 | 1,17 |
| 0,1                                  | 1,31 | 1,27 | 1,19 | 1,17 |



Продолжение табл. 108

| Размер фракции исходного порошка, мм | I    | II   | III  | IV   |
|--------------------------------------|------|------|------|------|
| 0,3                                  | 1,34 | 1,29 | 1,19 | 1,17 |
| 1,0                                  | 1,35 | 1,28 | 1,18 | 1,16 |

Примечание. Материал — поликристаллический сплав на основе теллурида висмута  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  и поликристаллический сплав на основе теллурида сурьмы  $\text{Sb}_{1,48}\text{Bi}_{0,52}\text{Te}_3$   $p$ -типа в виде порошков различной дисперсности, применяемые в термообразователях энергии. Образцы получены из порошков после разделения фракций: свыше 40 мкм — отделение просеиванием через сито, до 40 мкм — отделение методом седиментации в дистиллированной воде.

I —  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  после деформации экструзией; II —  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  после отжига (633 К; 6 ч); III —  $\text{Sb}_{1,48}\text{Bi}_{0,52}\text{Te}_3$  после деформации экструзией; IV —  $\text{Sb}_{1,48}\text{Bi}_{0,52}\text{Te}_3$  после отжига (633 К, 6 ч).

Электропроводность всех типов образцов  $(9,2-9,9) \cdot 10^4 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$  (достигается подбором легирующей добавки).

Метод измерения  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком (сравнение по образцу из плавленого кварца). Средняя температура образца 300 К.

109. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^4$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, пленок теллурида висмута и твердых растворов на его основе [27]

| T, K | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | T, K | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 30   | 7,00 | 3,90 | 3,1  | 2,40 | 2,35 | 1,30 | 170  | 2,50 | 2,05 | 1,95 | 1,65 | 1,42 | 0,86 |
| 40   | 6,50 | 3,70 | 3,0  | 2,35 | 2,27 | 1,27 | 180  | 2,40 | 2,00 | 1,90 | 1,60 | 1,38 | 0,84 |
| 50   | 6,00 | 3,50 | 2,9  | 2,30 | 2,20 | 1,25 | 190  | 2,35 | 1,95 | 1,85 | 1,55 | 1,34 | 0,82 |
| 60   | 5,50 | 3,30 | 2,7  | 2,23 | 2,13 | 1,21 | 200  | 2,30 | 1,80 | 1,80 | 1,50 | 1,30 | 0,80 |
| 70   | 5,00 | 3,20 | 2,6  | 2,18 | 2,06 | 1,17 | 210  | 2,25 | 1,75 | 1,75 | 1,47 | 1,26 | 0,78 |
| 80   | 4,50 | 3,00 | 2,5  | 2,13 | 1,99 | 1,13 | 220  | 2,20 | 1,70 | 1,75 | 1,44 | 1,22 | 0,76 |
| 90   | 3,90 | 2,90 | 2,4  | 2,05 | 1,92 | 1,11 | 230  | 2,15 | 1,65 | 1,70 | 1,41 | 1,18 | 0,74 |
| 100  | 3,60 | 2,70 | 2,35 | 2,00 | 1,85 | 1,10 | 240  | 2,10 | 1,60 | 1,65 | 1,38 | 1,14 | 0,72 |
| 110  | 3,40 | 2,60 | 2,30 | 1,95 | 1,78 | 1,08 | 250  | 2,05 | 1,50 | 1,60 | 1,35 | 1,10 | 0,70 |
| 120  | 3,30 | 2,50 | 2,25 | 1,90 | 1,71 | 1,06 | 260  | 2,00 | 1,45 | 1,55 | 1,33 | 1,07 | 0,68 |
| 130  | 3,10 | 2,40 | 2,20 | 1,85 | 1,64 | 1,04 | 270  | 1,95 | 1,40 | 1,53 | 1,31 | 1,04 | 0,66 |
| 140  | 2,90 | 2,30 | 2,10 | 1,80 | 1,57 | 1,01 | 280  | 1,90 | 1,35 | 1,52 | 1,29 | 1,01 | 0,64 |
| 150  | 2,80 | 2,20 | 2,05 | 1,75 | 1,50 | 0,90 | 290  | 1,85 | 1,35 | 1,51 | 1,27 | 0,98 | 0,62 |
| 160  | 2,70 | 2,10 | 2,00 | 1,70 | 1,46 | 0,88 | 300  | 1,75 | 1,30 | 1,50 | 1,25 | 0,95 | 0,60 |

Примечание. Материал — поликристаллические пленки теллурида висмута  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  и твердого раствора на его основе  $\text{Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$ .

Толщина пленок 1,5 мкм. Пленки получены испарением при давлении  $6,65 \cdot 10^{-4}$  Па из кварцевого тигля с последующим отжигом в атмосфере аргона при давлении  $1,08 \cdot 10^5$  Па и температуре 643—653 К.

Материал подложки — слюда мусковит (свежие сколы) и полиамидная лента. В процессе напыления пленки температура подложки 523—543 К.

При увеличении толщины пленки от 0,5 до 3,0 мкм заметного изменения теплопроводности не наблюдалось.

I — пленка  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  на полиамидной подложке, отожженная; II — пленка  $\text{Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$  на слюдяной подложке, отожженная; III — пленка  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  на полиамидной подложке, неотожженная; IV — пленка  $\text{Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$  на полиамидной подложке, отожженная; V — пленка  $\text{Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$  на слюдяной подложке, неотожженная; VI — пленка  $\text{Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$  на полиамидной подложке, неотожженная.

Метод измерения  $\lambda$  — по величине изменения сопротивления вспомогательного проводящего слоя, нанесенного на исследуемый образец, при пропускании по нему электрического тока. Средняя квадратическая погрешность измерения не превышает  $\pm 20\%$ .

110. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, тонких пленок  $\text{Bi}_2\text{Te}_3-x\text{Se}_x$  с переменным содержанием Te и Se [28]

| T, K | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | T, K | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 30   | 3,00 | 2,20 | 2,15 | 1,75 | 1,25 | 1,15 | 170  | 1,96 | 1,25 | 1,45 | 1,50 | 1,04 | 0,94 |
| 40   | 2,83 | 2,10 | 2,10 | 1,74 | 1,20 | 1,14 | 180  | 1,92 | 1,22 | 1,44 | 1,49 | 1,02 | 0,92 |
| 50   | 2,72 | 2,00 | 2,00 | 1,72 | 1,19 | 1,12 | 190  | 1,89 | 1,20 | 1,41 | 1,48 | 1,01 | 0,91 |
| 60   | 2,61 | 1,90 | 1,97 | 1,70 | 1,18 | 1,11 | 200  | 1,85 | 1,19 | 1,39 | 1,47 | 1,00 | 0,91 |
| 70   | 2,55 | 1,81 | 1,90 | 1,69 | 1,17 | 1,10 | 210  | 1,83 | 1,18 | 1,37 | 1,45 | 0,98 | 0,91 |
| 80   | 2,49 | 1,76 | 1,85 | 1,67 | 1,16 | 1,09 | 220  | 1,80 | 1,15 | 1,32 | 1,44 | 0,98 | 0,91 |
| 90   | 2,40 | 1,69 | 1,80 | 1,66 | 1,15 | 1,05 | 230  | 1,78 | 1,13 | 1,30 | 1,42 | 0,97 | 0,90 |
| 100  | 2,37 | 1,60 | 1,77 | 1,65 | 1,15 | 1,04 | 240  | 1,75 | 1,13 | 1,28 | 1,41 | 0,96 | 0,90 |
| 110  | 2,33 | 1,55 | 1,72 | 1,64 | 1,14 | 1,02 | 250  | 1,72 | 1,11 | 1,27 | 1,40 | 0,95 | 0,90 |
| 120  | 2,23 | 1,46 | 1,68 | 1,60 | 1,12 | 1,00 | 260  | 1,70 | 1,11 | 1,26 | 1,40 | 0,95 | 0,90 |
| 130  | 2,20 | 1,42 | 1,63 | 1,59 | 1,10 | 0,98 | 270  | 1,69 | 1,08 | 1,25 | 1,40 | 0,95 | 0,90 |
| 140  | 2,15 | 1,36 | 1,60 | 1,57 | 1,09 | 0,97 | 280  | 1,69 | 1,05 | 1,23 | 1,40 | 0,95 | 0,90 |
| 150  | 2,09 | 1,32 | 1,55 | 1,52 | 1,08 | 0,96 | 290  | 1,68 | 1,05 | 1,22 | 1,40 | 0,95 | 0,90 |
| 160  | 2,00 | 1,27 | 1,50 | 1,51 | 1,05 | 0,95 | 300  | 1,67 | 1,04 | 1,21 | 1,40 | 0,95 | 0,90 |

Примечание. Материал  $\text{Bi}_2\text{Te}_3-x\text{Se}_x$  (где  $x = 0,21; 0,45; 0,90$ ).

Образцы — поликристаллические пленки  $\text{Bi}_2\text{Te}_3-x\text{Se}_x$ , полученные испарением при давлении  $6,65 \cdot 10^{-4}$  Па на полиамидную ленту и отожженные в атмосфере аргона при давлении  $1,1 \cdot 10^6$  Па в течение 1 ч при 613 К; размеры кристаллитов до  $3000 \cdot 10^{-10}$  м. В пленках после отжига заметна слабо выраженная преимущественная ориентация, убывающая при увеличении содержания Se. Толщина пленки 1,3 мкм. Увеличение толщины пленки в пределах 0,5—3 мкм не вызывает заметного изменения  $\lambda$ .

I — пленка с  $x = 0,21$ ; образец после отжига; II — пленка с  $x = 0,90$ ; образец после отжига; III — с  $x = 0,45$ ; образец после отжига; IV — с  $x = 0,21$ ; образец неотожженный; V — с  $x = 0,45$ ; образец неотожженный; VI — пленка с  $x = 0,90$ ; образец неотожженный.

Метод измерения  $\lambda$  — по величине изменения сопротивления вспомогательного проводящего слоя, нанесенного на исследуемый образец, при пропускании по нему электрического тока. Средняя квадратическая погрешность измерения не превышает  $\pm 20\%$ .

111. Молярная теплоемкость галогенида цезия-свинца [157]

| T, K | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K   | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, K | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|--|--------|--|------|--|
| 90   | 92   | 170    | 140  | 240  | 114  |
| 100  | 97   | 174,42 | 188  | 250  | 115  |
| 110  | 102  | 180    | 160  | 260  | 115  |
| 120  | 107  | 190    | 115  | 270  | 116  |
| 130  | 111  | 200    | 113  | 280  | 116  |
| 140  | 116  | 210    | 113  | 290  | 117  |
| 150  | 121  | 220    | 114  | 300  | 118  |
| 160  | 127  | 230    | 114  |      |  |

Примечание. Материал  $\text{CsPbF}_3$  — представитель галогенидов цезия-свинца со структурой перовскита, монокристалл выращивали в платиновой лодочке в горизонтальной печи методом Бриджмена; вдоль лодочки создавали градиент температуры, перемещающийся со скоростью от 2 до 5 мм·ч<sup>-1</sup>. Кристаллизацию проводили в атмосфере сухого аргона с добавлением 5 % фтористого водорода. Форма монокристалла плоская.

Образец массой 7,515 г монтировали из нескольких монокристаллических пластинок на нагревателе. Отжиг образца проводили по режиму 600 К, 50 ч при давлении  $1,33$  Па.

Метод измерения  $C_p$  — адиабатическим калориметром (погрешность измерения  $\pm 3\%$ ).

112. Температурный коэффициент линейного расширения сульфоидида сурьмы [152]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ , измеренный в направлении |    | T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ , измеренный в направлении |     |
|------|--|----|------|--|-----|
|      |  | ⊥  |      |  | ⊥   |
| 270  | -35  | 85 | 290  | -225   | 98  |
| 275  | -38  | 80 | 295  | -570   | 200 |
| 280  | -70  | 80 | 300  | 15   | 42  |
| 285  | -125   | 85 |      |  |     |

Примечание. Материал — сульфоидид сурьмы  $SbSI$ . Монокристалл получен методом Бриджмена.

|| — измерение в направлении сегнетоэлектрической оси  $c$ ; ⊥ — измерение в направлении, перпендикулярном к сегнетоэлектрической оси  $c$ .

Метод измерения  $\alpha$  — емкостным dilatометром, погрешность измерения  $\pm 2\%$ .

Фазовый переход при 295 K.

Коэффициент  $\alpha$  при изменении давления на образец сульфоидида сурьмы в пределах  $10^5 - 4,114 \cdot 10^8$  Па сохраняет максимальное значение при температуре фазового перехода (исследование проводили на образцах в виде призматических брусков высотой 3—6 мм и площадью поперечного сечения  $2 \times 2$  мм<sup>2</sup>; в качестве среды, передающей давление, использовали газообразный гелий; емкостной dilatометр вместе с образцом помещали в камеру высокого давления).

113. Температурный коэффициент линейного расширения твердых растворов системы  $CuInSe_2 - CuInS_2$  [193]

| Молярное содержание $CuInS_2$ , % | $\alpha \cdot 10^5, K^{-1}$ | Молярное содержание $CuInS_2$ , % | $\alpha \cdot 10^5, K^{-1}$ | Молярное содержание $CuInS_2$ , % | $\alpha \cdot 10^5, K^{-1}$ |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 0                                 | 7,0                         | 40                                | 5,8                         | 70                                | 12,0                        |
| 10                                | 6,1                         | 50                                | 5,8                         | 80                                | 7,5                         |
| 20                                | 6,5                         | 60                                | 15,0                        | 90                                | 7,8                         |
| 30                                | 6,8                         | 65                                | 10,0                        | 100                               | 9,5                         |

Примечание. Исходные материалы — полупроводниковые соединения  $CuInSe_2$  и  $CuInS_2$  группы полновалентных тетраэдрических форм, кристаллизующихся в системе сфалерита; получены методом прямого синтеза из элементарных веществ с некоторым избытком халькогена.

Образцы твердого раствора  $CuInSe_2 - CuInS_2$  приготовлены сплавлением; после выдержки в расплавленном состоянии образцы охлаждали со скоростью  $2 - 5 K \cdot ч^{-1}$  до  $1023 - 1123 K$  и при этой температуре подвергали гомогенизирующему отжигу в течение 350 ч; полученные по этой технологии образцы однофазны, концентрация дырок  $5 \cdot 10^{21} - 1 \cdot 10^{25} м^{-3}$ .

Для измерений  $\alpha$  из полученного твердого раствора готовили поликристаллические цилиндрические образцы высотой  $8 \cdot 10^{-3} м$  с площадью основания  $1,5 \cdot 10^{-8} м^2$  и массой 0,6 г.

Измерение  $\alpha$  — емкостным методом при 300 K в атмосфере аргона при давлении  $1,21 \cdot 10^6$  Па; чувствительность измерительной аппаратуры  $1 \cdot 10^{-9}$  м; градуировка произведена по меди; скорость нагрева  $2 K \cdot мин^{-1}$ . Средняя квадратическая погрешность измерения  $\pm 0,7\%$ .

114. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ , ферритгранатов [200]

| T, K | $Y_3Fe_5O_{12}$ | $Y_3Fe_{4,3} \times \times Al_{0,7} O_{12}$ | $Y_{2,24} \times \times Gd_{0,76} \times \times Fe_5 O_{12}$ | $Y_3Fe_{4,7} \times \times Al_{0,3} O_{12}$ | $Y_3Fe_4 \times \times Al_{1,0} O_{12}$ | $Y_3Fe_{3,8} \times \times Al_{1,2} O_{12}$ | $Y_{1,5} \times \times Gd_{1,5} \times \times Fe_8 O_{12}$ |
|------|-----------------|---|--|---|---|---|--|
| 180  | 6,7             | 6,5   | 5,3  | 5,9   | 5,8                                     | 6,1   | 5,8  |
| 200  | 7,0             | 6,8   | 5,8  | 6,4   | 6,3                                     | 6,5   | 6,3  |
| 220  | 7,2             | 7,0   | 6,3  | 6,8   | 6,9                                     | 6,5   | 6,7  |
| 240  | 7,6             | 7,4   | 6,8  | 7,2   | 7,0                                     | 7,0   | 6,7  |
| 260  | 7,9             | 7,7   | 7,4  | 7,6   | 7,4                                     | 7,4   | 7,0  |
| 280  | 8,1             | 7,9   | 7,8  | 7,8   | 7,8                                     | 7,8   | 7,5  |
| 300  | 8,4             | 8,2   | 8,1  | 8,0   | 8,1                                     | 8,0   | 7,8  |

Примечание. Материал — поликристаллы ферритов иттрия со структурой граната.

Образцы в виде цилиндров (диаметр 6 мм, высота 40 мм). Пористость не выше 3%.

Метод измерения  $\alpha$  — относительный, на дифференциальном кварцевом dilatометре в режиме монотонного разогрева со скоростью  $1 K \cdot мин^{-1}$ . Максимальная погрешность измерения  $\pm 4\%$ .

## 12. МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДА

1. Состав, физические свойства и технология получения графитовых материалов отечественного производства [114, 91]

| Марка и обозначение материала | Тип                      | Сырье, основа, добавки                    | TГО, K    | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | Структура наполнителя | Размер кристаллитов, 10 <sup>-10</sup> м, рассчитанный по зависимости |   | Технология изготовления                                  |
|-------------------------------|--------------------------|---|-----------|-------------------------------|-----------------------|---|---|--|
|                               |                          |   |           |                               |                       | $\lambda = f(T)$  | $\rho = f(T)$                                       |  |
| Прир. граф.                   | Тайгинское месторождение | —   | —         | 2260                          | Блочный монокристалл  | —   | —   | —  |
| УПВ                           | Пироуглерод              | Исходный продукт — метан                  | —         | 2200                          | —                     | —   | —   | Осаждение в вакууме при 2373 K                           |
| УПЕ-1Г                        | Пирографит               |   | 3273      | 2260                          | —                     | —   | —   | Осаждение в вакууме при 2373 K + ТМО при 3273 K          |
| ВПП                           | Граф.                    | Наполнитель — прок. кокс, связующее — пек | 3073—3273 | 1900—1950                     | Среднезернистая       | $L_{  } = 1400$<br>$L_{\perp} = 2200$                                 | $L_{  } = 1000 + 1400$<br>$L_{\perp} = 2100 + 2400$ | Прессование в форму + многократное уплотнение к/у лееком |

Продолжение табл. 1

| Марка и обозначение материала | Тип   | Сырье, основа, добавки                    | T <sub>ГО</sub> , К | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | Структура наполнителя   | Размер кристаллитов, 10 <sup>-10</sup> м, рассчитанный по зависимости |  | Технология изготовления                                 |
|-------------------------------|-------|---|---------------------|-------------------------------|-------------------------|---|--|---|
|                               |       |   |                     |                               |                         | $\lambda = f(T)$  | $\rho = f(T)$                              |   |
| ВПП-1000                      | Граф. | Наполнитель — прок. кокс, связующее — пек | 3073                | 1850—1900                     | Крупнозернистая         | $L_{\parallel} = 1500$  | $L_{\perp} = 1800$                         | Прессование в форму + двукратное уплотнение к/у пек-ком |
| ГМЗ                           |       |   |                     |                               |                         | $L_{\parallel} = 1200$  | $L_{\perp} = 1400$                         |   |
| ПРОГ                          |       |   |                     |                               |                         | $L_{\parallel} = 1050$  | $L_{\perp} = 1000$                         |   |
| АРВ                           | Граф. | Наполнитель — прок. кокс                  | 2773                | 1640                          | Среднезернистая         | $L_{\parallel} = 700$   | $L_{\perp} = 800$                          | Прессование в форму + двукратное уплотнение к/у пек-ком |
| МПГ-6                         |       |   |                     |                               |                         | $L_{\parallel} = 650$   | $L_{\perp} = 550$                          |   |
| МПГ-8                         |       |   |                     |                               |                         | —   | $L_{\parallel} = 970$<br>$L_{\perp} = 970$ |   |
| ЭЭГ                           |       |   |                     |                               |                         | $L_{\perp} = 700$   | $L_{\parallel} = 670$<br>$L_{\perp} = 670$ |   |
| ПГ-50                         | Граф. | Наполнитель — прок. кокс                  | 2673                | 950—1080                      | Мелкозернистая пористая | $L_{\parallel} = 750$   | $L_{\perp} = 560$                          | Прессование в форме                                     |
|                               |       |   |                     |                               |                         |   |  |   |

Продолжение табл. 1

| Марка и обозначение материала | Тип                       | Сырье, основа, добавки              | T <sub>ГО</sub> , К | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | Структура наполнителя | Размер кристаллитов, 10 <sup>-10</sup> м, рассчитанный по зависимости |                           | Технология изготовления   |
|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------|---|---------------------------|---------------------------|
|                               |                           |                                     |                     |                               |                       | $\lambda = f(T)$  | $\rho = f(T)$             |                           |
| Полуфабрикат графита ВПП      | Коксо-пексовая композиция | 80 % нефтяного кокса + 20 % к/у пек | 1473                | 1800                          | —                     | —   | —                         | Прессование давлением     |
| ВК-20                         | Пенограф.                 | Основа — феноформальдегидная смола  | 1173                | 240—340                       | —                     | —   | —                         | —                         |
| ПГК                           | Пироуглерод               | Добавки кремния                     | —                   | 2200                          | —                     | —   | —                         | Осаждение при 2273—2373 К |
| СГМ                           | Сил. граф., мяг.          | Основа — ПРОГ, ГМЗ                  | —                   | 2250                          | —                     | —   | —                         | —                         |
| СГТ                           | Сил. граф., тверд.        | Основа — ПГ-50                      | —                   | 2500                          | —                     | —   | —                         | —                         |
| РГ                            | Сил. граф., тверд.        | Наполнитель — прок. кокс            | 2773                | 2050                          | Среднезернистая       | $L_{\parallel} = 1400$  | $L_{\perp} = 1000 + 1200$ | ТМО при 2773 К            |
| РГЦК                          | Граф.                     | Добавки в шихту диоксида и кремния  | 2773                | 2100—2200                     |                       | $L_{\perp} = 2200$  | $L_{\perp} = 2100 + 2400$ |                           |
|                               |                           |                                     |                     |                               |                       | $L_{\parallel} = 2400$  | $L_{\perp} = 5000$        |                           |
|                               |                           |                                     |                     |                               |                       | $L_{\perp} = 5300$  |                           |                           |

Продолжение табл. 1

| Марка и обозначение материала | Тип           | Сырье, основа, добавки              | $T_{TO}, K$ | Плотность, $кг \cdot м^{-3}$ | Структура наполнителя       | Размер кристаллитов, $10^{-10} м$ , рассчитанный по зависимости |   | Технология изготовления   |
|-------------------------------|---------------|-------------------------------------|-------------|------------------------------|-----------------------------|---|---|---|
|                               |               |                                     |             |                              |                             | $\lambda = f(T)$  | $\rho = f(T)$                               |   |
| РГБ                           | Граф.         | Добавки в шихту бора                | 2773        | 2100                         | Среднезернистая             | $L_{  } = 470$<br>$L_{\perp} = 600$                             | $L_{  } = 15\ 000$<br>$L_{\perp} = 15\ 000$ | ТМО при 2773К   |
| СУ-1300                       | Стеклоуглерод | Основа — фенолформальдегидная смола | 1573        | 1500                         | Весьма мелкокристаллическая | $L_{  } = 40$<br>$L_{\perp} = 20$                               | —   | Медленное нагревание в форме до температуры $T_{TO}$ , полимеризация при $T_{TO} 1 ч$ |
| СУ-2000                       |               |                                     | 2273        | 1500                         |                             | $L_{  } = 60$<br>$L_{\perp} = 30$                               |   |   |
| СУ-2500                       |               |                                     | 2773        | 1500                         |                             | $L_{  } = 90$<br>$L_{\perp} = 60$                               |   |   |
| Углеродное волокно            | —             | Исходные волокна полиакрилонитрила  | —           | 1700—2100                    | —                           | —   | —   | ТО при 1673, 2273, 2873 и 3073 К  |

Пр и м е ч а н и е. По данным спектрального анализа, все исследованные образцы графитов, за исключением легированных материалов, содержат примеси менее 0,01%.  $\lambda_{||}$  подразумевается для пироуглеродов теплопроводность в направлении поверхности осаждения, под  $\lambda_{\perp}$  — перпендикулярно этой поверхности. Для поликристаллических графитов на основе кокса и пека  $\lambda_{||}$  — теплопроводность параллельно и  $\lambda_{\perp}$  — перпендикулярно направлению прессования.

## 2. Характеристика графитовых материалов, выпускаемых зарубежными фирмами [114, 212, 224]

| Марка, обозначение материала | Материал   | Плотность, $кг \cdot м^{-3}$ | Размер кристаллитов, $10^{-10} м$ | Свойства при 300 К   |
|------------------------------|--|------------------------------|-----------------------------------|--|
| Монокристалл                 | —  | 2265                         | —                                 | $\sigma_{\perp} = 2,5 \text{ Ом}^{-1} \cdot м^{-1}$  |
| NMG                          | Мадаг. прир. граф., мало дефектов в структуре                      | 2250                         | $\geq 10^6$                       | —  |
| CNG                          | Канад. прир. граф., высокая упорядоченность структуры              | 2250                         | Большие кристаллиты $\sim 10^6$   | $\sigma_{\perp} = 0,77 \text{ Ом}^{-1} \cdot м^{-1}$   |
| CeylNG                       | Цейл. прир. граф.  | 2250                         | Очень малые кристаллиты           | —  |
| ATI-S                        | Иск. граф., $T_{TO}$ 2973 К, мелкозернистая структура              | 1820                         | —                                 | $\rho_{  } = 7,3 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot м$ ;<br>$\rho_{\perp} = 950 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot м$ ;<br>$\alpha_{  } = 4,2 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ;<br>$\alpha_{\perp} = 5,4 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ |
| AG                           | Ачес. пресс. кокс. граф.   | 1700                         | —                                 | —  |
| C-3                          | Крист. прир. граф., смол. св.                                      | 1800                         | —                                 | Спектр. чист.  |
| AGOT                         | Пресс. кокс. граф., смол. св.                                      | 1700                         | —                                 | —  |
| AGOT-KC                      | Пресс. кокс. граф.   | 1650                         | 3000                              | —  |
| AWG                          | Сплав. кокс. граф.   | 1750                         | 2000                              | —  |
| CS                           | Пресс. кокс. граф., смол. св.                                      | 1700                         | —                                 | —  |
| SA-25                        | Граф. на основе ламповой сажи, смол. св., много структур. дефектов | 1550                         | 500                               | —  |
| D                            | Граф. на основе ламповой сажи, смол. св.                           | 1650                         | —                                 | —  |
| HP                           | Поликрист. ВЧ  | 1750                         | 1000                              | —  |

Продолжение табл. 2

| Марка, обозначение материала | Материал  | Плотность, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ | Размер кристаллитов, $10^{-10} \text{ м}$      | Свойства при 300 К   |
|------------------------------|---|--|--|--|
| HCS                          | Реакт. граф. с высокой упорядоченностью структуры | —  | 240  | —  |
| PG-0                         | Пироуглерод                                       | 2194                                       | $d_{\parallel c} = 140$<br>$d_{\perp c} = 280$ | $\sigma_{\perp} = 0,185 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ |
| PG-18                        | Пироуглерод                                       | 2200                                       | —  | $\sigma_{\perp} = 0,33 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$  |
| PG-21                        | Пироуглерод                                       | 2150                                       | —  | $\sigma_{\perp} = 0,41 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$  |
| PG-24                        | Пироуглерод                                       | 2250                                       | —  | $\sigma_{\perp} = 1,4 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$   |

3. Удельная теплоемкость  $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, графитов различных марок отечественного производства [114, 92]

| T, К | Прир. граф (Тайгиское месторождение) | Обоженная композиция | ВЛП, ВПП-1000 | РГ, РГЦК | МЛГ, МЛГ-6, МЛГ-8, КЛГ, ГМЗ, ПРОГ | УПВ    | УПВ-1Т | РГБ    |
|------|--------------------------------------|----------------------|---------------|----------|-----------------------------------|--------|--------|--------|
| 50   | 0,0377                               | 0,0544               | 0,0461        | 0,0419   | 0,0502                            | 0,0586 | 0,0377 | —      |
| 60   | 0,0523                               | 0,0733               | 0,0628        | 0,0544   | 0,0670                            | 0,0754 | 0,0523 | —      |
| 70   | 0,0691                               | 0,0921               | 0,0808        | 0,0712   | 0,0837                            | 0,0921 | 0,0691 | —      |
| 80   | 0,0879                               | 0,1130               | 0,1005        | 0,0921   | 0,1047                            | 0,1130 | 0,0879 | 0,0963 |
| 90   | 0,1089                               | 0,1361               | 0,1214        | 0,1130   | 0,1256                            | 0,1340 | 0,1089 | 0,1068 |
| 100  | 0,1340                               | 0,1591               | 0,1444        | 0,1382   | 0,1507                            | 0,1591 | 0,1340 | 0,1444 |
| 120  | 0,1842                               | 0,2093               | 0,1926        | 0,1884   | 0,1968                            | 0,2093 | 0,1842 | 0,1968 |
| 140  | 0,2386                               | 0,2638               | 0,2449        | 0,2366   | 0,2533                            | 0,2617 | 0,2386 | 0,2533 |
| 160  | 0,2889                               | 0,3224               | 0,3014        | 0,2910   | 0,3098                            | 0,3140 | 0,2889 | 0,3119 |
| 180  | 0,3433                               | 0,1340               | 0,3601        | 0,3496   | 0,3684                            | 0,3684 | 0,3433 | 0,3726 |
| 200  | 0,3977                               | 0,4480               | 0,4250        | 0,4159   | 0,4354                            | 0,4271 | 0,3977 | 0,4354 |
| 220  | 0,4522                               | 0,5150               | 0,4899        | 0,4731   | 0,5003                            | 0,4857 | 0,4522 | 0,5024 |
| 240  | 0,5108                               | 0,5799               | 0,5527        | 0,5338   | 0,5650                            | 0,5464 | 0,5108 | 0,5652 |
| 260  | 0,5652                               | 0,6469               | 0,6196        | 0,5945   | 0,6322                            | 0,6071 | 0,5652 | 0,6301 |
| 273  | 0,6029                               | 0,6887               | 0,6615        | 0,6343   | 0,6741                            | 0,6469 | 0,6029 | 0,6720 |
| 280  | 0,6238                               | 0,7118               | 0,6845        | 0,6573   | 0,6950                            | 0,6699 | 0,6238 | 0,6950 |
| 300  | 0,6783                               | 0,7787               | 0,7536        | 0,7159   | 0,7662                            | 0,7327 | 0,6783 | 0,7578 |

Примечание. Характеристика материалов дана в табл. 1. Метод измерения  $c_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром; относительная погрешность измерения  $\pm (0,5-0,7)$  %. МЛГ — мелкозернистый графит; КЛГ — крупнозернистый прочный графит.

4. Удельная теплоемкость  $c_p$ , Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, графитов и коксов [184]

| T, К | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 50   | 58,6  | 37,6  | —     | 58,6  | 54,0  | 46,0  | 46,0  |
| 60   | 75,3  | 50,2  | 66,9  | 79,5  | 72,1  | 58,6  | 58,6  |
| 80   | 113,0 | 87,9  | 105,2 | 125,5 | 110,8 | 100,4 | 100,4 |
| 100  | 159,0 | 133,9 | 149,1 | 163,2 | 155,7 | 146,4 | 146,4 |
| 120  | 209,2 | 184,1 | 199,2 | 225,9 | 206,2 | 192,5 | 192,5 |
| 150  | 284,5 | 259,4 | 301,3 | 309,6 | 290,5 | 276,1 | 276,1 |
| 200  | 426,8 | 397,5 | 437,5 | 468,5 | 443,8 | 426,8 | 426,8 |
| 250  | 573,2 | 535,5 | 593,2 | 644,3 | 602,6 | 594,1 | 594,1 |
| 300  | 732,2 | 677,8 | 750,0 | 849,3 | 762,2 | 753,1 | 753,1 |

Примечание. Материалы: 1 — пиролитический графит, полученный осаждением из газовой фазы при 2373 К; 2 — квазиоднокристалл графита, полученный дополнительной термомеханической обработкой материала 1 при температуре 3273 К; 3 — пиролитический углерод, полученный осаждением из газовой фазы при 1273 К; 4 — кокс КНПС, термообработанный при 1473 К; 5 — композиция «непрокаленный кокс+пек», термообработанный при 1473 К (обоженный материал); 6 — поликристаллический графит ВПП, полученный способом электродной технологии; 7 — углеродное волокно, полученное термической обработкой полиакрилонитрила при 3273 К. Зольные примеси во всех образцах не более 0,1 %.

Метод измерения  $c_p$  — адиабатическим калориметром (относительная погрешность измерения  $\pm 0,7$  %).

5. Возрастание молярной теплоемкости  $\Delta C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, графита при облучении нейтронным потоком [114]

| T, К | Доза облучения, нейтронов·см <sup>-2</sup> |                      |                      |                      |                      | T, К | Доза облучения, нейтронов·см <sup>-2</sup> |                      |                      |                      |                      |
|------|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|      | 1,2·10 <sup>19</sup>                       | 2,1·10 <sup>19</sup> | 6,5·10 <sup>19</sup> | 1,5·10 <sup>21</sup> | 1,5·10 <sup>21</sup> |      | 1,2·10 <sup>19</sup>                       | 2,1·10 <sup>19</sup> | 6,5·10 <sup>19</sup> | 1,5·10 <sup>21</sup> | 1,5·10 <sup>21</sup> |
| 10   | —  | —                    | —                    | —                    | 0,020                | 140  | 0,0553                                     | 0,1021               | 0,1248               | 0,2420               | 0,245                |
| 20   | 0,0088                                     | 0,0100               | 0,0209               | 0,0461               | 0,042                | 160  | 0,0569                                     | 0,1034               | 0,1256               | 0,2600               | 0,275                |
| 30   | 0,0251                                     | 0,0435               | 0,0528               | 0,0775               | 0,063                | 180  | 0,0578                                     | 0,1042               | 0,1256               | 0,2763               | 0,303                |
| 40   | 0,0352                                     | 0,0628               | 0,0754               | 0,1038               | 0,084                | 200  | 0,0586                                     | 0,1047               | 0,1256               | 0,2931               | 0,330                |
| 50   | 0,0419                                     | 0,0754               | 0,0921               | 0,1256               | 0,117                | 220  | —  | —                    | —                    | —                    | 0,360                |
| 60   | 0,0444                                     | 0,0816               | 0,1005               | 0,1449               | 0,128                | 240  | —  | —                    | —                    | —                    | 0,385                |
| 70   | 0,0461                                     | 0,0871               | 0,1072               | 0,1612               | 0,143                | 260  | —  | —                    | —                    | —                    | 0,418                |
| 80   | 0,0477                                     | 0,0904               | 0,1130               | 0,1758               | 0,155                | 273  | —  | —                    | —                    | —                    | 0,438                |
| 90   | 0,0494                                     | 0,0938               | 0,1176               | 0,1892               | 0,170                | 280  | —  | —                    | —                    | —                    | 0,450                |
| 100  | 0,0502                                     | 0,0963               | 0,1206               | 0,2010               | 0,185                | 300  | —  | —                    | —                    | —                    | 0,480                |
| 120  | 0,0527                                     | 0,0996               | 0,1231               | 0,2223               | 0,216                |      |  |                      |                      |                      |                      |

6. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, графитов зарубежных марок [114, 224, 233]

| T, K | CNG    | CeyING | CS     | AG    | C-3   | ATI-S |
|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 10   | 0,0126 | —      | 0,020  | —     | —     | —     |
| 15   | 0,0359 | 0,0628 | 0,0427 | —     | —     | —     |
| 20   | 0,0699 | 0,0888 | 0,0795 | —     | —     | —     |
| 30   | 0,188  | 0,1407 | 0,1799 | —     | —     | —     |
| 40   | 0,318  | 0,2529 | 0,2301 | —     | —     | —     |
| 50   | 0,5063 | 0,5087 | 0,5079 | —     | —     | —     |
| 60   | 0,7113 | 0,7243 | 0,6778 | —     | —     | —     |
| 70   | 0,9330 | 0,9462 | 0,9372 | —     | —     | —     |
| 80   | 1,159  | 1,176  | 1,167  | 1,172 | 1,168 | —     |
| 90   | 1,406  | 1,419  | 1,414  | 1,428 | 1,415 | —     |
| 100  | 1,699  | 1,675  | 1,657  | 1,666 | 1,679 | 1,68  |
| 110  | 1,972  | 1,925  | 1,930  | 1,918 | 1,918 | 1,97  |
| 120  | 2,168  | 2,194  | 2,218  | 2,223 | 2,236 | 2,27  |
| 130  | 2,573  | 2,470  | 2,540  | 2,546 | 2,571 | 2,58  |
| 140  | 2,960  | 2,759  | 2,929  | 2,876 | 2,897 | 2,91  |
| 150  | 3,238  | 3,050  | 3,290  | 3,224 | 3,249 | 3,23  |
| 160  | 3,577  | 3,358  | 3,682  | 3,580 | 3,584 | 3,56  |
| 170  | 3,915  | 3,665  | 4,020  | 3,936 | 3,936 | 3,91  |
| 180  | 4,164  | 3,966  | 4,393  | 4,292 | 4,254 | 4,25  |
| 190  | 4,618  | 4,290  | 4,760  | 4,652 | 4,589 | 4,62  |
| 200  | 4,979  | 4,600  | 5,120  | 5,007 | 4,924 | 4,99  |
| 210  | 5,325  | 4,920  | 5,490  | 5,384 | 5,267 | 5,37  |
| 220  | 5,694  | 5,235  | 5,858  | 5,719 | 5,614 | 5,74  |
| 230  | 6,072  | 5,540  | 6,210  | 6,075 | 5,962 | 6,10  |
| 240  | 6,460  | 5,866  | 6,560  | 6,431 | 6,238 | 6,46  |
| 250  | 6,832  | 6,190  | 6,910  | 6,808 | 6,653 | 6,82  |
| 260  | 7,213  | 6,520  | 7,238  | 7,180 | 6,984 | 7,19  |
| 273  | 7,690  | 6,960  | 7,698  | 7,650 | 7,408 | 7,66  |
| 280  | 7,900  | 7,200  | 7,930  | 7,813 | 7,616 | 7,93  |
| 290  | 8,300  | 7,540  | 8,270  | 8,269 | 7,909 | 8,28  |
| 300  | 8,682  | 7,909  | 8,590  | 8,580 | 8,290 | 8,65  |

Примечание. Характеристика материалов дана в табл. 2. Метод измерения  $C_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром; погрешность  $\pm 10\%$  при  $T \approx 10$  К,  $\pm (2-5)\%$  при  $T < 20$  К и  $\pm (0,5-1)\%$  при  $T > 30$  К.

7. Молярная теплоемкость  $C_p \cdot 10^8$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, графитов зарубежных марок при криогенных температурах [114]

| T, K | HCS   | SA-25 | NMG  | CNG   | HP   |
|------|-------|-------|------|-------|------|
| 0,5  | 15,8  | 31,6  | 9,7  | 10,33 | —    |
| 1,0  | 60,1  | 129   | 42,1 | 41,97 | 60,1 |
| 1,5  | 167,5 | 335   | 110  | 125,5 | —    |
| 2,0  | 293   | 595   | 211  | 228   | 380  |
| 3,0  | 796   | 1423  | 621  | 648   | 900  |
| 4,0  | 1591  | 2555  | 1311 | 1385  | 2100 |
| 5,0  | —     | —     | —    | —     | 3200 |

Примечание. Характеристика материалов дана в табл. 2. В природном Мадагаскарском (NMG), Канадском (CNG) и искусственном реакторном (HCS) графитах очень мало дефектов в структуре, в SA-25 — много дефектов. Размер кристаллов: NMG и CNG — 100 мкм; HCS —  $240 \cdot 10^{-10}$  м; SA-25 ( $90 \pm 125$ )  $10^{-10}$  м. Метод измерения  $C_p$  вакуумным адиабатическим калориметром (погрешность измерения  $\pm 5\%$ ).

8. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, пироуглеродов [114, 212]

| T, K | Без ТО               | Температура ТО, К     |                       |                       |                       |
|------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|      |                      | 1873                  | 2273                  | 2673                  | 3373                  |
| 0,5  | 30·10 <sup>-6</sup>  | —                     | —                     | —                     | —                     |
| 1,0  | 141·10 <sup>-6</sup> | 85·10 <sup>-6</sup>   | 98·10 <sup>-6</sup>   | 56·10 <sup>-6</sup>   | 37·10 <sup>-6</sup>   |
| 1,5  | 358·10 <sup>-6</sup> | —                     | —                     | —                     | —                     |
| 2,0  | 667·10 <sup>-6</sup> | 6,6·10 <sup>-4</sup>  | 6,27·10 <sup>-4</sup> | 3,76·10 <sup>-4</sup> | 2,64·10 <sup>-4</sup> |
| 3,0  | —                    | 21,4·10 <sup>-4</sup> | 18,0·10 <sup>-4</sup> | 10,7·10 <sup>-4</sup> | 8,27·10 <sup>-4</sup> |
| 4,0  | —                    | 44,3·10 <sup>-4</sup> | 34,9·10 <sup>-4</sup> | 21,6·10 <sup>-4</sup> | 16,6·10 <sup>-4</sup> |

Примечание. У пироуглеродов без ТО размер кристаллов  $200-265 \cdot 10^{-10}$  м; очень много дефектов в структуре. После ТО количество дефектов уменьшилось. Метод измерения  $C_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром; (погрешность измерения  $\pm (5-2)\%$ ).

9. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, карбина К-7 и К-3 [114]

| T, K | К-7   | К-3   | T, K | К-7   | К-3   |
|------|-------|-------|------|-------|-------|
| 80   | 2,897 | 1,666 | 200  | 7,340 | 5,506 |
| 90   | 3,257 | 1,989 | 210  | 7,712 | —     |
| 100  | 3,626 | 2,303 | 220  | 8,089 | —     |
| 110  | 3,998 | 2,642 | 230  | 8,470 | —     |
| 120  | 4,363 | 2,956 | 240  | 8,842 | —     |
| 130  | 4,723 | 3,274 | 250  | 9,228 | —     |
| 140  | 5,083 | 3,580 | 260  | 9,651 | —     |
| 150  | 5,443 | 3,910 | 273  | 10,26 | —     |
| 160  | 5,816 | 4,237 | 280  | 10,57 | —     |
| 170  | 6,188 | 4,534 | 290  | 11,07 | —     |
| 180  | 6,586 | 4,861 | 300  | 11,57 | —     |
| 190  | 6,929 | 5,192 | —    | —     | —     |

Примечание. Карбин — цепной полимер углерода, синтезированный из ацетилена реакцией окислительной полидегидроконденсации в присутствии двухвалентной меди. Продукт попеременно обрабатывался горячей соляной кислотой, аммиаком и водой, затем длительно прокаливался в вакууме при 1273 К. Межатомное расстояние в углеродной цепочке  $2,62 \cdot 10^{-10}$  м, расстояние между цепочками  $3,91 \cdot 10^{-10}$  м; чистота 99,5%. Метод измерения — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность измерения  $\pm 0,5\%$ ). Значения  $C_p$  для других образцов карбина расположены между значениями для образцов К-3 и К-7.

10. Удельная теплоемкость  $c_p$ , Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, углеродных полимеров на основе фенолформальдегидной смолы в зависимости от температуры термической обработки [184]

| T, K | Бакелит           |       | ФФМС-2 |       |       |       |
|------|-------------------|-------|--------|-------|-------|-------|
|      | Температура ТО, К |       |        |       |       |       |
|      | 1073              | 1073  | 1573   | 1673  | 1873  | 3073  |
| 50   | 78,8              | 79,5  | 51,8   | 51,4  | 51,2  | 48,1  |
| 55   | 89,6              | 92,0  | 58,2   | 57,5  | 57,2  | 56,1  |
| 60   | 102,1             | 106,3 | 67,6   | 66,6  | 65,6  | 64,5  |
| 70   | 118,9             | 120,6 | 86,4   | 85,0  | 84,0  | 82,6  |
| 80   | 139,8             | 142,2 | 106,0  | 104,6 | 104,2 | 102,4 |
| 90   | 163,8             | 165,6 | 127,2  | 125,8 | 125,1 | 122,7 |
| 100  | 189,6             | 190,3 | 149,5  | 148,1 | 147,1 | 144,7 |
| 140  | —                 | 298,2 | 252,2  | 248,5 | 246,5 | 244,7 |
| 150  | 391,2             | 328,4 | 281,3  | 278,2 | 277,1 | 275,0 |
| 160  | —                 | 357,2 | 310,1  | 305,5 | 303,3 | 300,8 |
| 180  | 423,5             | 421,8 | 369,9  | 366,7 | 364,6 | 360,8 |
| 200  | 489,4             | 485,9 | 430,9  | 426,7 | 425,2 | 421,1 |

Продолжение табл. 10

| T, K | Бакелит           |       | ФФМС-2 |       |       |       |
|------|-------------------|-------|--------|-------|-------|-------|
|      | Температура ТО, K |       |        |       |       |       |
|      | 1073              | 1073  | 1573   | 1673  | 1873  | 3073  |
| 220  | 555,3             | 549,7 | 491,2  | 489,1 | 487,7 | 482,1 |
| 250  | 654,7             | 644,9 | 582,2  | 580,4 | 576,9 | 573,8 |
| 270  | 720,6             | 708,3 | 642,8  | 640,8 | 637,2 | 632,4 |
| 300  | 819,2             | 803,5 | 733,1  | 729,6 | 728,2 | 723,3 |

Примечание. Метод измерения  $c_p$  — адиабатическим калориметром (относительная погрешность измерения  $\pm (0,5-0,7) \%$ ).

## 11. Молярная теплоемкость стеклогуглерода [114]

| T, K | $c_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> | T, K | $c_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> | T, K | $c_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> | T, K | $c_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> |
|------|--|------|--|------|--|------|--|
| 5    | 0,0063   | 70   | 0,9889   | 150  | 3,282  | 230  | 6,159  |
| 10   | 0,0231   | 80   | 1,221  | 160  | 3,628  | 240  | 6,523  |
| 15   | 0,0536   | 90   | 1,469  | 170  | 3,981  | 250  | 6,887  |
| 20   | 0,0976   | 100  | 1,734  | 180  | 4,339  | 260  | 7,247  |
| 30   | 0,2232   | 110  | 2,014  | 190  | 4,702  | 273  | 7,725  |
| 40   | 0,3777   | 120  | 2,310  | 200  | 5,066  | 280  | 7,963  |
| 50   | 0,5732   | 130  | 2,622  | 210  | 5,430  | 290  | 8,319  |
| 60   | 0,7725   | 140  | 2,946  | 220  | 5,770  | 300  | 8,667  |

Примечание. Материал — образцы стеклогуглерода, термообработанного при 3223 K, плотность 1460 кг·м<sup>-3</sup>; массовая доля примесей, %: 0,001 Si и 0,001 Fe. Метод измерения — вакуумным адиабатическим калориметром. Погрешность измерения:  $\pm 5 \%$  при  $T = 5$  K;  $\pm 0,5 \%$  при  $T < 30$  K;  $\pm 0,1 \%$  при  $T > 30$  K.

## 12. Молярная теплоемкость ацетиленовой сажи [114]

| T, K | $c_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> | T, K | $c_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> | T, K | $c_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> | T, K | $c_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> |
|------|--|------|--|------|--|------|--|
| 80   | 1,256  | 140  | 3,082  | 200  | 5,028  | 260  | 7,122  |
| 90   | 1,520  | 150  | 3,442  | 210  | 5,363  | 273  | 7,560  |
| 100  | 1,800  | 160  | 3,768  | 220  | 5,715  | 280  | 7,796  |
| 110  | 2,085  | 170  | 4,082  | 230  | 6,075  | 290  | 8,152  |
| 120  | 2,395  | 180  | 4,400  | 240  | 6,335  | 300  | 8,590  |
| 130  | 2,746  | 190  | 4,740  | 250  | 6,829  |      |  |

Примечание. Сажа ацетиленовая, Саратовская (С), массовая доля углерода 99,6%. Метод измерения  $c_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром (погрешность измерения  $\pm 0,5 \%$ ).

13. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>, графитов отечественного производства [114, 92]

| T, K | Направления измерения |       |       |       |      |       |      |      |       |       |     |     |
|------|-----------------------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|-----|-----|
|      | ВПП                   |       | ГМЗ   |       | ПРОГ |       | ЭЭГ  |      | РГ    |       | РГК |     |
|      | ⊥                     |       | ⊥     |       | ⊥    |       | ⊥    |      | ⊥     |       | ⊥   |     |
| 50   | 24                    | 45    | 23    | 16    | 7    | 20    | 16   | 15   | 46    | 45    | 128 | 430 |
| 60   | 32                    | 61    | 32    | 21    | 12,5 | 22,3  | 17,5 | 19,5 | 64    | 56    | 185 | 430 |
| 70   | 40,5                  | 78    | 40,5  | 27    | 19   | 25,7  | 20   | 24   | 81    | 68    | 242 | 430 |
| 80   | 50                    | 95    | 49    | 34    | 26   | 30    | 24   | 28   | 99    | 79    | 300 | 430 |
| 90   | 61                    | 112   | 59    | 43    | 34   | 35    | 28,5 | 32   | 116   | 91    | 356 | 430 |
| 100  | 73                    | 130   | 68    | 52    | 43   | 42    | 34   | 36   | 134   | 101   | 415 | 430 |
| 120  | 92                    | 164   | 87    | 66    | 57   | 55    | 45   | 44   | 172   | 118   | 520 | 430 |
| 140  | 108                   | 192   | 103   | 79    | 68   | 67    | 57   | 50   | 203   | 132   | 607 | 430 |
| 160  | 118                   | 210   | 115   | 89    | 77   | 79    | 68   | 56   | 225   | 141   | 665 | 430 |
| 180  | 127                   | 218   | 124   | 98    | 83   | 88    | 79   | 61   | 240   | 147   | 678 | 430 |
| 200  | 132                   | 222   | 131   | 105   | 89   | 97    | 87   | 66   | 250   | 150   | 667 | 430 |
| 220  | 135                   | 220   | 135   | 109   | 93   | 104   | 94   | 70   | 254   | 150   | 635 | 430 |
| 240  | 135,5                 | 216   | 138   | 111   | 96,5 | 108,2 | 97,5 | 73   | 251,5 | 148,3 | 588 | 430 |
| 250  | 135                   | 213   | 138   | 112   | 98   | 110   | 99   | 74   | 250   | 147   | 560 | 430 |
| 260  | 134                   | 208,5 | 138   | 111,5 | 99,2 | 110,3 | 100  | 74,3 | 246,5 | 145   | 534 | 430 |
| 273  | 132,7                 | 203   | 137   | 111   | 100  | 111   | 101  | 75   | 243   | 142,5 | 498 | 430 |
| 280  | 132                   | 200   | 135,5 | 110   | 99,7 | 111   | 101  | 74,5 | 239   | 141   | 480 | 430 |
| 300  | 128                   | 194   | 132   | 107   | 97   | 111   | 101  | 74   | 232   | 136   | 430 | 430 |





16. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, графитов зарубежных марок [114, 224]

| T, K | Направления измерения |       |       |       |        |       |    |    |       |    |    |       |
|------|-----------------------|-------|-------|-------|--------|-------|----|----|-------|----|----|-------|
|      | NG-15                 | CS    | AGOT  | C     | D      | ATJ-S | S1 | S2 | S3    | S4 | S5 |       |
|      |                       | ⊥     | ⊥     | ⊥     | ⊥      |       | ⊥  |    | ⊥     |    | ⊥  |       |
| 2    | —                     | —     | —     | —     | —      | —     | —  | —  | 0,003 | —  | —  | 0,004 |
| 3    | —                     | —     | —     | —     | —      | —     | —  | —  | 0,003 | —  | —  | —     |
| 5    | —                     | —     | —     | —     | —      | —     | —  | —  | 0,033 | —  | —  | —     |
| 10   | 350                   | —     | —     | —     | —      | —     | —  | —  | 0,10  | —  | —  | —     |
| 20   | —                     | 3,347 | 2,092 | —     | —      | —     | —  | —  | 0,10  | —  | —  | —     |
| 30   | 3000                  | 10,46 | 7,950 | 1,146 | —      | —     | —  | —  | 0,25  | —  | —  | —     |
| 40   | —                     | 21,75 | 16,74 | 4,393 | 0,628  | —     | —  | —  | 0,30  | —  | —  | —     |
| 50   | —                     | 33,47 | 25,10 | 8,786 | 1,255  | —     | —  | —  | 0,8   | —  | —  | —     |
| 60   | —                     | 46,02 | 38,49 | 14,23 | 1,883  | —     | —  | —  | 2,6   | —  | —  | —     |
| 70   | —                     | 66,94 | 50,20 | 21,34 | 2,845  | —     | —  | —  | 4,8   | —  | —  | —     |
| 80   | —                     | 83,68 | 65,94 | 33,47 | 3,933  | —     | —  | —  | 7,0   | —  | —  | —     |
| 90   | —                     | 104,4 | 78,31 | 37,66 | 4,602  | —     | —  | —  | 9,4   | —  | —  | —     |
| 100  | —                     | 117,1 | 88,38 | 41,84 | 5,858  | —     | —  | —  | 11,8  | —  | —  | —     |
| 120  | —                     | 143,9 | 112,1 | 49,37 | 7,531  | —     | —  | —  | 14,4  | —  | —  | —     |
| 140  | —                     | 161,9 | 124,6 | 56,07 | 10,334 | —     | —  | —  | 17,2  | —  | —  | —     |
| 150  | —                     | 167,4 | 125,5 | 58,57 | 12,55  | —     | —  | —  | 20    | —  | —  | —     |
| 160  | —                     | 174,0 | 127,2 | 61,50 | 14,10  | —     | —  | —  | 20    | —  | —  | —     |
| 180  | —                     | 181,6 | 128,9 | 66,02 | 15,44  | —     | —  | —  | 20    | —  | —  | —     |
| 200  | —                     | 186,2 | 130,5 | 69,45 | 16,74  | —     | —  | —  | 20    | —  | —  | —     |
| 220  | —                     | 186,2 | 130,7 | 73,43 | 18,16  | —     | —  | —  | 20    | —  | —  | —     |
| 230  | —                     | 175,7 | 129,7 | 75,31 | 18,95  | —     | —  | —  | 20    | —  | —  | —     |
| 240  | —                     | 171,5 | 129,7 | 75,31 | 19,87  | —     | —  | —  | 20    | —  | —  | —     |
| 250  | —                     | 168,6 | 128,9 | 76,15 | 20,92  | —     | —  | —  | 20    | —  | —  | —     |
| 260  | —                     | 165,7 | 128,0 | 76,15 | 21,63  | —     | —  | —  | 20    | —  | —  | —     |
| 273  | —                     | 164,4 | 127,2 | 76,78 | 22,26  | —     | —  | —  | 20    | —  | —  | —     |
| 280  | —                     | 163,2 | 125,5 | 75,73 | 22,55  | —     | —  | —  | 20    | —  | —  | —     |
| 300  | —                     | —     | —     | —     | 23,01  | —     | —  | —  | 20    | —  | —  | —     |

Примечание. Характеристика материалов дана в табл. 2.  
Графиты типа S1—S3 изготовлены на основе кокса, тип S4 — на основе природного графита, S5 — углеродный термометр. Плотность, кг·м<sup>-3</sup>: 1800 (S1); 1600 (S2); 1770 (S3); 2250 (S4). Электросопротивление, Ом·м:  $6 \cdot 10^{-6}$  (S1 ||);  $1,1 \cdot 10^{-5}$  (S1 ⊥);  $1,8 \cdot 10^{-5}$  (S2 ||);  $1,35 \cdot 10^{-5}$  (S2 ⊥);  $2,33 \cdot 10^{-5}$  (S3 ||);  $2,77 \cdot 10^{-5}$  (S3 ⊥);  $98 \cdot 10^{-6}$  (S4 ⊥);  $4,1 \cdot 10^{-5}$  (S4 ||).  
|| и ⊥ — направления измерения теплопроводности и электросопротивления соответственно параллельно и перпендикулярно направлению прессования.

17. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, пироглифов зарубежных марок [114]

| T, K | PG-0  |       | PG-18 |     | PG-21 |   | PG-24 |   |
|------|-------|-------|-------|-----|-------|---|-------|---|
|      |       | ⊥     |       | ⊥   |       | ⊥ |       | ⊥ |
| 3    | 0,015 | —     | —     | —   | —     | — | —     | — |
| 5    | —     | —     | —     | —   | —     | — | —     | — |
| 10   | 0,4   | 0,095 | 1,5   | 1,5 | —     | — | —     | — |
| 20   | 2,4   | 0,5   | 5,5   | —   | —     | — | —     | — |
| 30   | 5,5   | 0,9   | 10    | 50  | 500   | — | —     | — |
| 40   | 13    | 1,3   | 17    | —   | —     | — | —     | — |
| 50   | 25    | 1,7   | 28    | —   | —     | — | —     | — |
| 60   | 41    | 2,1   | 40    | —   | —     | — | —     | — |
| 70   | 49    | 2,5   | 51    | —   | —     | — | —     | — |
| 80   | 54    | 2,8   | 60    | —   | —     | — | —     | — |
| 90   | 58    | 2,95  | 66    | —   | —     | — | —     | — |
| 100  | 60    | 3     | 70    | 650 | 4500  | — | —     | — |
| 120  | 61    | 3     | 74    | —   | —     | — | —     | — |

Примечание. Характеристика материалов дана в табл. 2.  
|| и ⊥ — направления измерения теплопроводности соответственно в направлении, параллельном и перпендикулярном поверхности осаждения.

18. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, углеродного волокна при различных режимах термообработки [38]

| T, K | Температура ТО, К |      |      |      | T, K | Температура ТО, К |      |      |      |
|------|-------------------|------|------|------|------|-------------------|------|------|------|
|      | 1673              | 2273 | 2873 | 3073 |      | 1673              | 2273 | 2873 | 3073 |
| 80   | 6                 | 12   | 32   | 75   | 220  | 30                | 47   | 146  | 268  |
| 90   | 6                 | 12,8 | 38   | 86   | 240  | 33,3              | 52   | 158  | 287  |
| 100  | 7                 | 14   | 46   | 98   | 250  | 35                | 54   | 165  | 296  |
| 120  | 10                | 20   | 64   | 128  | 260  | 36,3              | 55,7 | 170  | 303  |
| 140  | 14                | 25   | 82   | 160  | 273  | 38                | 58   | 176  | 310  |
| 160  | 18                | 31   | 100  | 195  | 280  | 38,5              | 59   | 180  | 317  |
| 180  | 23                | 36   | 117  | 222  | 300  | 40                | 62   | 188  | 330  |
| 200  | 27                | 42   | 132  | 246  | —    | —                 | —    | —    | —    |

Примечание. Углеродное волокно получено карбонизацией полиакрилонитрила при 1673, 2273, 2873 и 3073 К. Массовая доля азота в образцах, обработанных при 1673 К, не превышала 0,2 %, при 3073 К —  $10^{-4}$  %.  
Метод измерения в направлении оси волокна — стационарным осевым тепловым потоком (погрешность  $\pm 6$  %). Образец представлял собою жгут, содержащий более 1000 моноволокон.

19. Теплопроводность,  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, алмазов различных типов [114]

| T, К | Тип I | Тип IIa | Тип IIб | T, К | Тип I | Тип IIa | Тип IIб | T, К | Тип I | Тип IIa | Тип IIб |
|------|-------|---------|---------|------|-------|---------|---------|------|-------|---------|---------|
| 3    | 18,0  | 12,0    | 7,0     | 80   | 3150  | 10 900  | 6340    | 190  | 1370  | 4340    | 2100    |
| 4    | 36,3  | 28,0    | 17,5    | 90   | 3020  | 10 600  | 5860    | 200  | 1300  | 4000    | 2000    |
| 5    | 70,0  | 50,0    | 30,0    | 100  | 2800  | 10 000  | 5000    | 210  | 1240  | 3700    | 1910    |
| 10   | 350   | 300     | 200     | 110  | 2540  | 8 840   | 4110    | 220  | 1185  | 3400    | 1830    |
| 15   | 900   | 1 000   | 600     | 120  | 2310  | 7 960   | 3600    | 230  | 1140  | 3150    | 1750    |
| 20   | 1200  | 1 900   | 1200    | 130  | 2110  | 7 220   | 3230    | 240  | 1090  | 2910    | 1680    |
| 30   | 2000  | 4 200   | 3000    | 140  | 1940  | 6 600   | 2920    | 250  | 1045  | 2700    | 1620    |
| 40   | 2630  | 6 930   | 4630    | 150  | 1290  | 6 060   | 2680    | 260  | 1010  | 2520    | 1560    |
| 50   | 3000  | 9 000   | 5500    | 160  | 1160  | 5 570   | 2500    | 273  | 960   | 2330    | 1500    |
| 60   | 3150  | 10 680  | 6270    | 170  | 1550  | 5 120   | 2340    | 280  | 940   | 2230    | 1470    |
| 70   | 3200  | 11 000  | 6500    | 180  | 1450  | 4 720   | 2210    | 290  | 920   | 2110    | 1430    |
|      |       |         |         |      |       |         |         | 300  | 900   | 2000    | 1400    |

Примечание. Алмазы различаются границей ультрафиолетового поглощения.

20. Теплопроводность и температуропроводность синтетического алмаза различных марок разной зернистости [188]

| Материал образца     | Пористость, % | Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^4$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> |
|----------------------|---------------|---|---|--|
| АСМ 60/40            | 53            | 0,17                                    | 0,418   | 0,0045   |
| АСМ 40/28            | 58            | 0,25                                    | 0,377   | 0,0046   |
| АСМ 20/14            | 65            | 0,50                                    | 0,276   | 0,004  |
| АСМ 10/7             | 69            | 0,8                                     | 0,184   | 0,003  |
| АСМ 0,3/0            | 73            | 17                                      | 0,109   | 0,002  |
| Монокристалл синтет. | 0             | —                                       | 5,23  | 2,6  |
| Монокристалл прир.   | 0             | —                                       | 8,37  | 4,2  |

Примечание. Измерения проведены при 300 К с использованием метода «запаздывания» распространения тепловой волны.

21. Теплопроводность и температуропроводность порошков синтетического алмаза различных марок одинаковой зернистости [188]

| Марка алмаза | Пористость, % | Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> |
|--------------|---------------|---|---|--|
| АСК 125/100  | 55,5          | 0,032                                   | 0,933   | 1,1  |
| АСВ 125/100  | 54,5          | 0,044                                   | 0,653   | 0,75   |
| АСО 125/100  | 62,0          | 0,065                                   | 0,515   | 0,7  |

Примечание. Измерения проведены при 300 К с использованием метода «запаздывания» распространения тепловой волны.

22. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, графитов, облученных потоком нейтронов [114, 225]

| T, К | H4LM                                       |      |  |      | GG   |      | Граф. реакт.                                     |      |     |      |                      |  |                      |  |   |  |
|------|--|------|--|------|------|------|--|------|-----|------|----------------------|--|----------------------|--|---|--|
|      | Доза облучения, нейтронов·см <sup>-2</sup> |      |  |      |      |      |  |      |     |      |                      |  |                      |  |   |  |
|      | 0  |      | 1,73·10 <sup>18</sup> + 1,73·10 <sup>17</sup> Гр |      | 0    |      | 1,73·10 <sup>18</sup> + 1,73·10 <sup>17</sup> Гр |      | 0   |      | 7,4·10 <sup>18</sup> |  | 4,7·10 <sup>18</sup> |  | 0 |  |
|      | ⊥  |      | ⊥  |      |      |      | ⊥  | ⊥    | ⊥   |      | ⊥                    |  | ⊥                    |  | ⊥ |  |
| 6    | 0,10                                       | 0,18 | —  | —    | 0,06 | 0,1  | 22   | 14   | 10  | —    |                      |  |                      |  |   |  |
| 7    | 0,15                                       | 0,19 | —  | —    | 0,12 | 0,05 | 33   | 20   | 13  | —    |                      |  |                      |  |   |  |
| 8    | 0,19                                       | 0,22 | 0,09   | 0,08 | 0,17 | 0,1  | 46   | 25   | 16  | —    |                      |  |                      |  |   |  |
| 9    | 0,27                                       | 0,28 | 0,12   | 0,10 | 0,23 | 0,13 | 62   | 32   | 19  | —    |                      |  |                      |  |   |  |
| 10   | 0,33                                       | 0,39 | 0,155  | 0,15 | 0,30 | 0,16 | 80   | 40   | 21  | 1,4  |                      |  |                      |  |   |  |
| 20   | 2,0  | 2,0  | 0,58   | 0,58 | 2,0  | 0,58 | 400  | 180  | 70  | 3,6  |                      |  |                      |  |   |  |
| 30   | 7,5  | 7,5  | 1,25   | 1,2  | 7,5  | 1,27 | 1000   | 340  | 120 | 7,5  |                      |  |                      |  |   |  |
| 40   | 13   | 13   | 2,0  | 2,0  | 13,0 | 2,0  | 1800   | 580  | 190 | 12   |                      |  |                      |  |   |  |
| 50   | 19,7                                       | 19,7 | 3,2  | 3,1  | 19,7 | 3,5  | 2400   | 800  | 240 | 15   |                      |  |                      |  |   |  |
| 60   | 30   | 30   | 4,5  | 4,2  | 30,0 | 5,0  | 3200   | 1100 | 310 | 17   |                      |  |                      |  |   |  |
| 70   | 40,5                                       | 40,5 | 5,7  | 5,2  | 40,5 | 6,4  | 3900   | 1300 | 380 | 17,5 |                      |  |                      |  |   |  |
| 80   | 50   | 50   | 7,0  | 6,3  | 50,0 | 7,8  | 4200   | 1700 | 430 | 17,5 |                      |  |                      |  |   |  |
| 90   | 60   | 60   | 8,0  | 7,5  | 60   | 9,4  | 4600   | 1900 | 500 | 17,0 |                      |  |                      |  |   |  |
| 100  | 70   | 70   | 9,0  | 8,5  | 70,0 | 11,0 | 4800   | 2000 | 550 | 16,0 |                      |  |                      |  |   |  |
| 200  | —  | —    | —  | —    | —    | —    | 3200   | —    | —   | 9,5  |                      |  |                      |  |   |  |
| 300  | —  | —    | —  | —    | —    | —    | 1900   | —    | —   | 6,0  |                      |  |                      |  |   |  |

Примечание. ⊥ и || — направления измерения теплопроводности соответственно перпендикулярно и параллельно направлению преимущественной ориентации кристаллов.

23. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, пиролитического графита различных марок в магнитном поле [114]

| T, К | ПГ-1                   |      |       | ПГ-2 |      |       | ПГ-3  |      |       |
|------|------------------------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|
|      | Магнитная индукция, Тл |      |       |      |      |       |       |      |       |
|      | 0                      | 0,56 | 2,31  | 0    | 0,21 | 1,01  | 2,04  | 0    | 1,86  |
| 0,4  | 0,38                   | 0,13 | 0,038 | 0,40 | 0,14 | 0,030 | 0,018 | 0,17 | 0,013 |
| 0,5  | 0,53                   | 0,19 | 0,060 | 0,53 | 0,18 | 0,047 | 0,030 | 0,19 | 0,021 |
| 0,6  | 0,70                   | 0,23 | 0,085 | 0,70 | 0,21 | 0,066 | 0,050 | 0,24 | 0,030 |
| 0,7  | 0,83                   | 0,30 | 0,11  | 0,85 | 0,28 | 0,095 | 0,080 | 0,30 | 0,043 |
| 0,8  | 0,98                   | 0,38 | 0,18  | 1,0  | 0,34 | 0,14  | 0,12  | 0,34 | 0,057 |
| 0,9  | 1,10                   | 0,43 | 0,22  | 1,10 | 0,42 | 0,19  | 0,18  | 0,40 | 0,078 |
| 1,0  | 1,30                   | 0,50 | 0,30  | 1,3  | 0,50 | 0,24  | 0,24  | 0,49 | 0,095 |
| 2,0  | 5,0                    | 2,9  | 2,8   | 5,0  | 2,9  | 2,3   | 2,3   | 1,60 | 0,85  |
| 3,0  | 10,1                   | 8,0  | 7,0   | 10,1 | 8,2  | 7,0   | 7,0   | 3,20 | —     |
| 4,0  | 19,0                   | 18,0 | 17,5  | 19,0 | 17,0 | 13,0  | 13,0  | 6,90 | —     |

Примечание. Пиролитические графиты прошли термообработку при 3273 К. Для ПГ-1 и ПГ-2  $R_{300}/R_{4,0} = 21$ , а для ПГ-3  $R_{300}/R_{4,0} = 7,8$ .

24. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, пиролитического графита при различной напряженности магнитного поля [114]

| T, К | Напряженность магнитного поля, А·м <sup>-1</sup> |      |                      |                      |                       | T, К | Напряженность магнитного поля, А·м <sup>-1</sup>                      |                      |      |                      |                      |                       |
|------|--|------|----------------------|----------------------|-----------------------|------|---|----------------------|------|----------------------|----------------------|-----------------------|
|      | 7,96·10 <sup>4</sup>                             | 0    | 4,38·10 <sup>4</sup> | 8,09·10 <sup>4</sup> | 1,685·10 <sup>5</sup> |      | 3,02·10 <sup>5</sup> ;<br>6,72·10 <sup>5</sup> ;<br>1·10 <sup>6</sup> | 7,96·10 <sup>4</sup> | 0    | 4,38·10 <sup>4</sup> | 8,09·10 <sup>4</sup> | 1,685·10 <sup>5</sup> |
| 2    | —  | 0,63 | 0,50                 | 0,42                 | 0,37                  | 0,31 | 20  | 300                  | 140  | —                    | —                    | —                     |
| 3    | —  | 1,20 | 1,05                 | 0,96                 | 0,84                  | 0,80 | 30  | 600                  | 400  | —                    | —                    | —                     |
| 4    | 3,0  | 2,20 | 2,0                  | 1,80                 | 1,70                  | 1,60 | 40  | 900                  | 800  | —                    | —                    | —                     |
| 5    | 6,0  | 4,0  | 3,3                  | 3,10                 | 2,90                  | 2,80 | 50  | 1200                 | 1200 | —                    | —                    | —                     |
| 6    | 9,0  | —    | —                    | —                    | —                     | —    | 60  | 1800                 | 1600 | —                    | —                    | —                     |
| 7    | 13   | —    | —                    | —                    | —                     | —    | 70  | 2000                 | 2000 | —                    | —                    | —                     |
| 8    | 20   | —    | —                    | —                    | —                     | —    | 80  | 2200                 | 2400 | —                    | —                    | —                     |
| 9    | 30   | —    | —                    | —                    | —                     | —    | 90  | 2400                 | 2800 | —                    | —                    | —                     |
| 10   | 40   | —    | —                    | —                    | —                     | —    | 100   | 3000                 | 3100 | —                    | —                    | —                     |
|      | 50   | 22   | —                    | —                    | —                     | —    |   |                      |      |                      |                      |                       |

Примечание. Плотность пиролитического графита, испытанного в магнитном поле 7,96·10<sup>4</sup> А·м<sup>-1</sup>, 2260 кг·м<sup>-3</sup>, при 300 К  $\sigma = 8,3 \cdot 10^4$  Ом<sup>-1</sup>·см<sup>-1</sup>,  $T_{TO} = 3473$  К.

Теплопроводность измерена параллельно слоям пирографита, магнитное поле — перпендикулярно им.

При значении напряженности свыше 3,02·10<sup>5</sup> А·м<sup>-1</sup>  $\lambda$  не зависит от напряженности магнитного поля.

25. Теплопроводность некоторых минералогических типов графита и композиционных материалов на их основе [97]

| Материал  | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | Примечание. Образцы минералогического крист. графита двух разновидностей: плотнокрист. (кристаллы плотно прилегают друг к другу), чешуйчатые (в виде отдельных пластинок); размеры кристаллитов свыше 1 мкм. Образцы минералогического скрытокрст. графита содержат кристаллы от 0,1 до 1 мкм. ГЛ-2 — литейный графит; ГЭ-4 — элементный графит; ЭУЗ-Э — электроугольный графит; ГЛС-3 — литейный графит; ТКС — Тасказганский графит. Объемная доля компонентов в образцах композиционного материала, %: каучука СКД 45, графита 40, асбестового волокна 10, других наполнителей 5. Вулканизированный агент — сера. Ускоритель — комбинация кантакса и тиурамы. Формовочные массы изготовлены в резиномесителе и вулканизированы на гидравлических прессах в пресс-формах при 453 К. Для композиционного материала без графита $\lambda = 0,8$ Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> при 293 К. Метод измерения — метод трубы при 293 К. Средняя квадратическая погрешность измерения $\pm 10$ %. |
|---|---|---|
| Крист. граф.:<br>ГЛ-2<br>ГЭ-4<br>ЭУЗ-Э                                | 8,5<br>7,9<br>8,7                               |   |
| Скрытокрст. граф.:<br>ГЛС-3<br>ТКС                                    | 2,6<br>2,0                                      |   |
| Композиционный материал со смесью графитов крист. и скрытокрст. типов | 4,1   |   |

26. Средний температурный коэффициент линейного расширения графита разных марок [91]

| Марка графита | $\alpha$ , 10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup> |                      | Марка графита | $\alpha$ , 10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup> |                      |
|---------------|--|----------------------|---------------|--|----------------------|
|               | $\alpha_{\perp}$                             | $\alpha_{\parallel}$ |               | $\alpha_{\perp}$                             | $\alpha_{\parallel}$ |
| ПРОГ          | 2,25   | —                    | ЭЭГ           | 4,9  | —                    |
| Б-15          | 2,8  | —                    | МПГ-8         | 5,4  | —                    |
| Б-18          | 2,7  | —                    | РГ(II)        | 7,8  | —                    |
| ВПП           | 3,4  | —                    | РГ(I)         | —  | 0,25                 |

Примечание. Метод измерения — кварцевым dilatометром (погрешность  $\pm 4$  %). Средние значения  $\alpha$  получены в интервале температур 77—293 К.

27. Температурный коэффициент линейного расширения графитов для электродов [114]

| Марка графита | Интервал температур, К | $\alpha_{\perp} \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\alpha_{\parallel} \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|---------------|------------------------|---|---|
| МГС-7         | 233—83                 | 4,3—3,3                                       | 13,2—8,2  |
| МГС-8         |                        | 1,8—1,6                                       | 11,3—8,3  |
| МГС-5         |                        | 2,6—1,4                                       | 8,1—4,2   |
| ГМСО          |                        | 9,1—10,0                                      | 8,7—10,0  |
| МГ            |                        | 7,7—6,6                                       | 7,3—5,8   |
| МГ-4          |                        | 2,2—1,6                                       | 8,1—5,0   |
| ЭГ-74         | 233—173                | 4,1—2,2                                       | 4,1—2,4   |
| ЭГ-4          | 233—153                | 0,7—0,95                                      | 2,5—5,0   |

Примечание.  $\alpha_{\perp}$  и  $\alpha_{\parallel}$  — коэффициенты, измеренные соответственно перпендикулярно и параллельно оси прессования.

28. Температурный коэффициент линейного расширения пироуглерода [114, 208]

| T, К | $\alpha_{\parallel} \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\alpha_{\perp} \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | T, К | $\alpha_{\parallel} \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\alpha_{\perp} \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | T, К | $\alpha_{\parallel} \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $\alpha_{\perp} \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|------|---|---|------|---|---|------|---|---|
| 30   | 3,8   | -0,9  | 100  | 17,6  | -10,7   | 200  | 25,0  | -13,3   |
| 40   | 6,0   | -3,2  | 120  | 19,8  | -11,9   | 220  | 23,8  | -13,2   |
| 50   | 8,7   | -5,0  | 140  | 21,5  | -12,8   | 240  | 26,5  | -13,1   |
| 60   | 11,3  | -6,6  | 160  | 22,6  | -13,2   | 260  | 26,9  | -12,8   |
| 80   | 14,9  | -8,9  | 180  | 24,1  | -13,4   | 273  | 27,2  | -12,7   |

Примечание. Метод измерения — интерференционным dilatометром. Погрешность измерения:  $\alpha_{\parallel} \pm 6$  % при  $T < 50$  К и  $\pm 4$  % при  $T > 100$  К;  $\alpha_{\perp} \pm 12$  % при  $T < 50$  К и  $\pm 6$  % при  $T > 150$  К.  $\alpha_{\parallel}$  и  $\alpha_{\perp}$  — коэффициенты, измеренные соответственно параллельно и перпендикулярно оси с.

29. Молярная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения алмаза [114, 208]

| T, К | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |        | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |                    | T, К | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |       | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|------|--|--------|---------------------------------------|--------------------|------|--|-------|---------------------------------------|
|      | I  | II     | I                                     | II                 |      | I  | II    |                                       |
| 5,0  | —  | —      | —                                     | 0,0829             | 150  | 0,995  | 0,993 | 0,17                                  |
| 10   | —  | —      | —                                     | 0,0859             | 160  | 1,230  | 1,223 | 0,21                                  |
| 15   | —  | —      | —                                     | —                  | 170  | 1,475  | 1,475 | 0,26                                  |
| 20   | —  | —      | —                                     | —                  | 180  | 1,739  | 1,750 | 0,30                                  |
| 30   | 0,007531                                       | —      | —                                     | —                  | 190  | 2,032  | 2,04  | 0,35                                  |
| 40   | 0,01423  | 0,0049 | 3,94·10 <sup>-4</sup>                 | 4·10 <sup>-5</sup> | 200  | 2,336  | 2,353 | 0,40                                  |
| 50   | 0,02259  | 0,0233 | 6,54·10 <sup>-4</sup>                 | 8·10 <sup>-5</sup> | 210  | 2,653  | 2,700 | 0,46                                  |
| 60   | 0,03724  | 0,0416 | 14,06·10 <sup>-4</sup>                | 3·10 <sup>-4</sup> | 220  | 3,022  | 3,043 | 0,52                                  |
| 70   | 0,06443  | 0,0704 | —                                     | 0,100              | 230  | 3,371  | 3,405 | 0,59                                  |
| 80   | 0,1096   | 0,1115 | —                                     | 0,108              | 240  | 3,746  | 3,782 | 0,65                                  |

Продолжение табл. 29

| T, К | C <sub>p</sub> , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |       | α·10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup> |       | T, К | C <sub>p</sub> , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |       | α·10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup> |
|------|---|-------|-------------------------------------|-------|------|---|-------|-------------------------------------|
|      | I   | II    | I                                   | II    |      | I   | II    |                                     |
| 90   | 0,1749  | 0,170 | 0,030                               | 0,118 | 250  | 4,150   | 4,170 | 0,72                                |
| 100  | 0,2469  | 0,243 | 0,040                               | 0,124 | 260  | 4,543   | 4,582 | 0,780                               |
| 110  | 0,338   | 0,339 | 0,060                               | 0,130 | 273  | 5,072   | 5,122 | 0,870                               |
| 120  | 0,4686  | 0,468 | 0,080                               | 0,137 | 280  | 5,360   | 5,420 | 0,920                               |
| 130  | 0,618   | 0,612 | 0,110                               | —     | 290  | 5,770   | —     | 0,97                                |
| 140  | 0,7945  | 0,786 | 0,140                               | —     | 300  | 6,194   | —     | 1,10                                |

Примечание. Исследован монокристаллический природный (I) и синтетический (II) алмаз.

Метод измерения: α — интерференционным динамическим dilatометром (носительный метод), погрешность ±2%; C<sub>p</sub> — адиабатическим вакуумным калориметром.

Погрешность измерения C<sub>p</sub> ±20% при T < 13 К; ±6% при T < 20 К; ±0,2 при T > 150 К.

30. Средний температурный коэффициент линейного расширения различных коксо-пековых композиций [91]

| Состав композиций                | Температура прокалики кокса, К | α·10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup> |
|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Композиция холодного прессования |                                |                                     |
| 60% КНПС + 40% пека              | Непрок.                        | 29—30                               |
|                                  | 673                            | 27—28                               |
|                                  | 773                            | 27—28                               |
|                                  | 873                            | 26—28                               |
|                                  | 973                            | 23—25                               |
|                                  | 1073                           | 21—22                               |
| 75% КНПС + 25% пека              | Непрок.<br>973                 | 26—28<br>16                         |
| 80% КНПС + 20% пека              | 1573                           | 8,0—8,8                             |
| 60% КНПС + 40% пека *            | Непрок.                        | 21—24                               |
| Композиция горячего прессования  |                                |                                     |
| 70% КНПС + 30% пека              | Непрок.                        | 26—27                               |
|                                  | 773                            | 25—26                               |
|                                  | 873                            | 25—26                               |
|                                  | 973                            | 19—21                               |

\* Пек высокотемпературный.

Продолжение табл. 30

| Состав композиций   | Температура прокалики кокса, К | α·10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup> |
|---------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 65% КНПС + 35% пека | Непрок.                        | 28—29                               |
|                     | 773                            | 28                                  |
|                     | 973                            | 23                                  |
| 60% КНПС + 40% пека | Непрок.                        | 29—30                               |
|                     | 773                            | 29—30                               |
|                     | 873                            | 26—27                               |
|                     | 973                            | 20—21                               |

Примечание. Метод измерения — кварцевым dilatометром; погрешность измерения ±4%. Средние значения α получены в интервале температур 77—293 К. КНПС — кокс нефтяной пиролизный специальный.

31. Средний температурный коэффициент линейного расширения сырьевых углеродных материалов с различной степенью карбонизации [91]

| Материал                      | Температура размягчения, К | α·10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup> |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| К/у пек                       | 343                        | 45,5                                |
|                               | 353                        | 40                                  |
|                               | 373                        | 38                                  |
|                               | 393                        | 37                                  |
|                               | 413                        | 36                                  |
| Пек нефтяной                  | 352,5                      | 46                                  |
|                               | 369                        | 45                                  |
| Полукок нефтяной марки КНПЛ-3 | —                          | 19                                  |
| Кокс марки КНПС:              |                            |                                     |
| непрок.                       | —                          | 15—19                               |
| прок. при 1573К               | —                          | 2,5—3,0                             |
| Смола марки ФМ-2              | —                          | 30                                  |
| Бакелит                       | —                          | 28                                  |

Примечание. Метод измерения — кварцевым dilatометром, погрешность измерения ±4%. Средние значения α получены в интервале температур 77—293 К. КНПЛ-3 — кокс нефтяной пиролизный лабораторный замедленного коксования.

13. ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1. Теплопроводность, температуропроводность, теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения полиолефинов [143, 207, 213, 214, 233]

| Т, К | ПЭ (К)                                 |         | ПЭ (А)                                 |  | ПЭ НД                                |  | ПЭ ВД                               |       | ПП                                     |  | ПС (А)  |        | ПС (Б)                                 |  | ПС (П)                               |  | ПИБ                                    |  | ПОМ |                                      |
|------|--|---------|--|--|--------------------------------------|--|-------------------------------------|-------|--|--|---|--------|--|--|--------------------------------------|--|--|--|-----|--------------------------------------|
|      | Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |         | Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |  | Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |  | α·10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup> |       | λ, Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |  | α·10 <sup>6</sup> , м <sup>2</sup> ·г <sup>-1</sup> |        | Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |  | Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |  | Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |  |     | Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
| 1    | 0,00011                                | 0,00036 |  |  |                                      |  |                                     |       |  |  |   | 0,0084 | 0,08                                   |  |                                      |  |  |  |     |                                      |
| 2    | 0,00088                                | 0,00293 |  |  |                                      |  |                                     |       |  |  |   | 0,0669 | 0,64                                   |  |                                      |  |  |  |     |                                      |
| 3    | 0,00298                                | 0,01104 |  |  |                                      |  |                                     |       |  |  |   | 0,2259 | 2,16                                   |  |                                      |  |  |  |     |                                      |
| 4    | 0,00706                                | 0,10282 |  |  |                                      |  | 0,700                               |       |  |  |   | 0,5356 | 5,13                                   |  |                                      |  |  |  |     |                                      |
| 5    | 0,0138                                 | 0,10548 |  |  |                                      |  | 0,716                               |       |  |  |   | 1,046  | 10                                     |  |                                      |  |  |  |     |                                      |
| 7,5  | 0,0469                                 | 0,1724  |  |  |                                      |  | 0,730                               |       |  |  |   | 2,062  | 21                                     |  |                                      |  |  |  |     | 1,008                                |
| 10,0 | 0,1096                                 | 0,3523  |  |  |                                      |  | 0,730                               |       |  |  |   | 3,347  | 32                                     |  |                                      |  |  |  |     | 35                                   |
| 12,5 | 0,2075                                 | 0,5724  |  |  |                                      |  | 0,733                               |       |  |  |   | 4,90   | 50                                     |  |                                      |  |  |  |     | 52                                   |
| 15,0 | 0,3452                                 | 0,8163  |  |  |                                      |  | 0,740                               |       |  |  |   | 6,60   | 66                                     |  |                                      |  |  |  |     | 66                                   |
| 17,5 | 0,5188                                 | 1,079   |  |  |                                      |  | 0,748                               |       |  |  |   | 8,40   | 84                                     |  |                                      |  |  |  |     | 82                                   |
| 20   | 0,7280                                 | 1,388   |  |  |                                      |  | 0,778                               |       |  |  |   | 10,37  | 102                                    |  |                                      |  |  |  |     | 139                                  |
| 30   | 0,8786                                 | 2,678   |  |  |                                      |  | 0,802                               |       |  |  |   | 17,74  | 170                                    |  |                                      |  |  |  |     | 192                                  |
| 40   | 3,171                                  | 3,870   |  |  |                                      |  | 0,830                               |       |  |  |   | 23,60  | 226                                    |  |                                      |  |  |  |     | 244                                  |
| 50   | 4,615                                  | 4,853   |  |  |                                      |  | 0,860                               |       |  |  |   | 28,16  | 269                                    |  |                                      |  |  |  |     | 300                                  |
| 60   | 5,874                                  | 5,874   |  |  |                                      |  | 0,890                               | 0,094 |  |  |   | 31,69  | 310                                    |  |                                      |  |  |  |     | 358                                  |
| 70   | 6,928                                  | 6,928   |  |  |                                      |  | 0,911                               | 0,099 | 0,85                                   |  |   | 36,07  | 345                                    |  |                                      |  |  |  |     | 422                                  |
| 80   | 7,866                                  | 7,866   |  |  |                                      |  | 0,935                               | 0,104 | 0,85                                   |  |   | 39,71  | 380                                    |  |                                      |  |  |  |     | 485                                  |
| 90   | 8,740                                  | 8,740   |  |  |                                      |  | 0,935                               | 0,108 | 0,71                                   |  |   | 43,76  | 419                                    |  |                                      |  |  |  |     | 552                                  |
| 100  | 9,569                                  | 9,569   |  |  |                                      |  | 0,935                               | 0,112 | 0,66                                   |  |   | 47,53  | 455                                    |  |                                      |  |  |  |     | 615                                  |
| 110  | 10,33                                  | 10,33   |  |  |                                      |  | 0,999                               | 0,112 | 0,66                                   |  |   | 50,7   | 486                                    |  |                                      |  |  |  |     | 615                                  |

Продолжение табл. 1

| Т, К | ПЭ (К)                                 |       | ПЭ (А)                                 |  | ПЭ НД                                |  | ПЭ ВД                                |  | ПП                                     |  | ПС (А)  |       | ПС (Б)                                 |  | ПС (П)                               |  | ПИБ                                    |  | ПОМ |                                      |
|------|--|-------|--|--|--------------------------------------|--|--------------------------------------|--|--|--|---|-------|--|--|--------------------------------------|--|--|--|-----|--------------------------------------|
|      | Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |       | Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |  | Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |  | -α·10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup> |  | λ, Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |  | α·10 <sup>6</sup> , м <sup>2</sup> ·г <sup>-1</sup> |       | Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |  | Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |  | Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |  |     | Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
| 120  | 11,05                                  | 11,05 |  |  |                                      |  | 1,012                                |  |  |  |   | 54,52 | 520                                    |  |                                      |  |  |  |     | 610                                  |
| 130  | 11,76                                  | 12,76 |  |  |                                      |  | 1,035                                |  |  |  |   | —     | 551                                    |  |                                      |  |  |  |     | 642                                  |
| 140  | 12,47                                  | 12,47 |  |  |                                      |  | 1,060                                |  |  |  |   | —     | 585                                    |  |                                      |  |  |  |     | 675                                  |
| 150  | 13,14                                  | 13,14 |  |  |                                      |  | 1,080                                |  |  |  |   | 64,0  | 619                                    |  |                                      |  |  |  |     | 708                                  |
| 160  | 13,89                                  | 13,89 |  |  |                                      |  | 1,105                                |  |  |  |   | 68,37 | 655                                    |  |                                      |  |  |  |     | 740                                  |
| 170  | 14,56                                  | 14,56 |  |  |                                      |  | 1,125                                |  |  |  |   | 72,4  | 688                                    |  |                                      |  |  |  |     | 772                                  |
| 180  | 15,31                                  | 15,31 |  |  |                                      |  | 1,143                                |  |  |  |   | 76,40 | 770                                    |  |                                      |  |  |  |     | 809                                  |
| 190  | 15,98                                  | 15,98 |  |  |                                      |  | 1,168                                |  |  |  |   | 80,2  | 805                                    |  |                                      |  |  |  |     | 839                                  |
| 200  | 16,65                                  | 16,65 |  |  |                                      |  | 1,188                                |  |  |  |   | 84,2  | 844                                    |  |                                      |  |  |  |     | 875                                  |
| 210  | 17,32                                  | 17,32 |  |  |                                      |  | 1,202                                |  |  |  |   | 88,4  | 885                                    |  |                                      |  |  |  |     | 902                                  |
| 220  | 17,97                                  | 19,87 |  |  |                                      |  | 1,221                                |  |  |  |   | 92,8  | 928                                    |  |                                      |  |  |  |     | 932                                  |
| 230  | 18,63                                  | 21,63 |  |  |                                      |  | 1,240                                |  |  |  |   | 97,1  | 957                                    |  |                                      |  |  |  |     | 957                                  |
| 240  | 18,12                                  | 24,77 |  |  |                                      |  | 1,260                                |  |  |  |   | 101,5 | 970                                    |  |                                      |  |  |  |     | 977                                  |
| 250  | 19,04                                  | 29,08 |  |  |                                      |  | 1,275                                |  |  |  |   | 105,6 | 1021                                   |  |                                      |  |  |  |     | 997                                  |
| 260  | 19,66                                  | 30,50 |  |  |                                      |  | 1,292                                |  |  |  |   | 109,7 | 1050                                   |  |                                      |  |  |  |     | 1022                                 |
| 270  | 19,92                                  | 30,84 |  |  |                                      |  | 1,310                                |  |  |  |   | 114,2 | 1050                                   |  |                                      |  |  |  |     | 1042                                 |
| 273  | 19,92                                  | 30,92 |  |  |                                      |  | 1,312                                |  |  |  |   | 115,1 | 1112                                   |  |                                      |  |  |  |     | 1033                                 |
| 280  | 20,54                                  | 31,13 |  |  |                                      |  | 1,325                                |  |  |  |   | 118,7 | 1135                                   |  |                                      |  |  |  |     | 1049                                 |
| 290  | 21,13                                  | 31,46 |  |  |                                      |  | 1,340                                |  |  |  |   | 123,0 | 1176                                   |  |                                      |  |  |  |     | 1075                                 |
| 300  | 22,01                                  | 31,80 |  |  |                                      |  | 1,350                                |  |  |  |   | 127,2 | 1215                                   |  |                                      |  |  |  |     | 1098                                 |

Примечание. ПЭ (К) — полиэтилен крист. при 298 К;  $a = 7,414 \cdot 10^{-10}$  м,  $b = 4,942 \cdot 10^{-10}$  м,  $c = 2,5473 \cdot 10^{-10}$  м; плотность 998 кг·м<sup>-3</sup>; ПЭ (А) — полиэтилен аморфный, плотность 852 кг·м<sup>-3</sup>; ПЭ НД — полиэтилен низкого давления марки ПЭ-500; ПЭ ВД — полиэтилен высокого давления с наполнителем (сажа). По  $\alpha$  приведены усредненные данные для ПЭ ВД, ПЭ СД и ПЭ НД в интервале температур 293 К; ПП (И) — полипропилен изотактический при 298 К;  $a = 6,666 \cdot 10^{-10}$  м,  $b = 20,87 \cdot 10^{-10}$  м,  $c = 6,488 \cdot 10^{-10}$  м, плотность 937 кг·м<sup>-3</sup>, масса 1 кмольа 42,08 кг; ПП (А) — полипропилен атактический, плотность 850 кг·м<sup>-3</sup>; ПС — полистирол, масса 1 кмольа 104,15 кг; ПС (А) — полистирол атактический; ПС (Б) — полистирол блокный; ПС (П) — полистирол ударопрочный марки СНИП-28. Ориентировочные значения среднего температурного коэффициента линейного расширения полистирола в интервале температур 293 — 7 К  $\alpha = -(48 \pm 6) \cdot 10^{-6}$  К; ПИБ — полиизобутилен аморфный, масса 1 кмольа 56,11 кг; ПОМ — полиоксиметилен.

2. Удельная теплоемкость  $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, этилен-пропилен блока сополимеров [215, 221]

| T, K | Молярное содержание, % |       |           |       |       |       |       |       |       |
|------|------------------------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | этилена                |       | пропилена |       |       |       |       |       |       |
|      | 12.                    | 17    | 15        | 22    | 27    | 31    | 41    | 54    | 70    |
| 0    | 0                      | 0     | 0         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 10   | 0,053                  | 0,053 | —         | —     | —     | 0,010 | —     | —     | —     |
| 20   | 0,109                  | 0,109 | —         | —     | —     | 0,067 | —     | —     | —     |
| 30   | 0,19                   | 0,19  | —         | —     | —     | 0,147 | —     | —     | —     |
| 40   | 0,279                  | 0,279 | —         | —     | —     | 0,239 | —     | —     | —     |
| 50   | 0,356                  | 0,356 | —         | —     | —     | 0,333 | —     | —     | —     |
| 60   | 0,418                  | 0,418 | —         | —     | —     | 0,418 | —     | —     | —     |
| 70   | 0,48                   | 0,48  | —         | —     | —     | 0,492 | —     | —     | —     |
| 80   | 0,539                  | 0,539 | 0,576     | 0,559 | 0,559 | 0,559 | 0,559 | 0,559 | 0,559 |
| 90   | 0,595                  | 0,594 | 0,625     | 0,620 | 0,620 | 0,620 | 0,620 | 0,620 | 0,620 |
| 100  | 0,646                  | 0,647 | 0,680     | 0,682 | 0,682 | 0,682 | 0,682 | 0,682 | 0,682 |
| 120  | 0,744                  | 0,745 | 0,786     | 0,800 | 0,800 | 0,800 | 0,800 | 0,800 | 0,800 |
| 140  | 0,836                  | 0,838 | 0,884     | 0,917 | 0,917 | 0,917 | 0,917 | 0,917 | 0,917 |
| 160  | 0,927                  | 0,928 | 0,983     | 1,032 | 1,032 | 1,032 | 1,032 | 1,032 | 1,032 |
| 180  | 1,017                  | 1,017 | 1,084     | 1,139 | 1,146 | 1,151 | 1,146 | 1,138 | 1,139 |
| 200  | 1,110                  | 1,109 | 1,202     | 1,248 | 1,370 | 1,314 | 1,255 | 1,256 | 1,228 |
| 220  | 1,209                  | 1,206 | 1,380     | 1,593 | 1,623 | 1,835 | 1,940 | 1,663 | 1,381 |
| 240  | 1,315                  | 1,312 | 1,615     | 2,256 | 1,915 | 2,261 | 2,235 | 1,878 | 1,798 |
| 260  | 1,431                  | 1,429 | 1,850     | 2,530 | 2,163 | 2,309 | 2,280 | 1,965 | 1,947 |
| 270  | 1,494                  | 1,493 | 1,985     | 2,670 | 2,211 | 2,285 | 2,270 | 2,006 | 1,998 |
| 273  | 1,515                  | 1,515 | 2,020     | 2,700 | 2,230 | 2,275 | 2,250 | 2,015 | 2,010 |
| 280  | 1,560                  | 1,560 | 2,095     | 2,744 | 2,258 | 2,252 | 2,218 | 2,046 | 2,047 |
| 300  | 1,704                  | 1,708 | 2,280     | 2,406 | 2,346 | 2,151 | —     | 2,123 | 2,141 |

Примечания. Образцы с молярным содержанием этилена 12 и 17 % имели соответственно плотность 912 и 906 кг·м<sup>-3</sup> и объемное содержание кристаллической фазы 55 и 50 %.

Образцы очищались вакуумной откачкой при 450К, отжигались при 440К и охлаждались до 270К за 24 ч.

Метод измерения: при температуре 80–210К — адиабатическим вакуумным калориметром; при 210–300К — дифференциальным динамическим калориметром. Погрешность измерения ±3 %.

3. Температурный коэффициент линейного расширения стеклонаполненного полиэтилена [57]

| Образец        | T, K         | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |     |     |     |
|----------------|--------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|
|                |              | I                                     | II  | III | IV  |
| Литой          | 293          | 60                                    | 45  | 24  | 25  |
|                | Прессованный | 293                                   | 70  | 52  | 30  |
| Экструзионный: | 203–273      | 42                                    | 28  | 24  | 22  |
|                | A            | 203–273                               | 165 | 160 | 145 |
| B              |              |                                       |     |     |     |

Примечание. Материал — композиции полиэтилена низкой плотности марки 10802–020, содержащие алюмоборосиликатное стекловолокно диаметром 9–10 мкм, аппретированное составом на основе промышленного замазливателя № 80. Содержание стекловолокна, %: I — 10, II — 20, III — 30, IV — 40.

Литые образцы получены на шнековой литьевой машине BSM-100; прессованные — на прессе П-483; экструзионные — на лабораторном экструдере в виде ленты шириной 40 мм и толщиной 2 мм с последующим вырубанием из ленты образцов для измерения.

A — измерение вдоль направления экструзии; B — измерение перпендикулярно направлению экструзии.

Метод измерения — dilatометрический. Средняя квадратическая погрешность измерения ±10 %.

Для экструзионных образцов приведены значения  $\bar{\alpha}$  в указанном интервале температур.

4. Удельная теплоемкость  $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, соединений типа полиолефинов, выпускаемых зарубежными фирмами [227]

| T, K | S Buna (L) | S Buna (H) | Montecatine | B W Buna | P60 Buna | SP80 Buna | SP80 Buna-PVC | PVC-F Buna |
|------|------------|------------|-------------|----------|----------|-----------|---------------|------------|
| 120  | 0,82       | 0,53       | 0,39        | 0,515    | 0,405    | 0,696     | 0,574         | 0,448      |
| 130  | 0,88       | 0,61       | 0,48        | 0,550    | 0,440    | 0,725     | 0,613         | 0,486      |
| 140  | 0,94       | 0,69       | 0,55        | 0,585    | 0,475    | 0,757     | 0,652         | 0,523      |
| 150  | 1,00       | 0,78       | 0,63        | 0,625    | 0,520    | 0,791     | 0,688         | 0,565      |
| 160  | 1,05       | 0,86       | 0,70        | 0,660    | 0,560    | 0,828     | 0,724         | 0,605      |
| 170  | 1,12       | 0,92       | 0,75        | 0,700    | 0,610    | 0,866     | 0,762         | 0,645      |
| 180  | 1,18       | 1,03       | 0,79        | 0,740    | 0,660    | 0,908     | 0,795         | 0,685      |
| 190  | 1,24       | 1,12       | 0,91        | 0,780    | 0,715    | 0,950     | 0,828         | 0,723      |
| 200  | 1,31       | 1,21       | 0,98        | 0,825    | 0,765    | 0,996     | 0,862         | 0,758      |
| 220  | 1,45       | 1,40       | 1,11        | 0,915    | 0,870    | 1,092     | 0,925         | 0,833      |
| 240  | 1,60       | 1,61       | 1,24        | 1,010    | 0,960    | 1,201     | 0,985         | 0,900      |
| 260  | 1,75       | 1,84       | 1,38        | 1,105    | 1,050    | 1,318     | 1,042         | 0,967      |
| 273  | 1,86       | 2,01       | 1,46        | 1,170    | 1,100    | 1,402     | 1,075         | 1,004      |
| 280  | 1,92       | 2,13       | 1,51        | 1,205    | 1,130    | 1,448     | 1,096         | 1,030      |
| 300  | 2,10       | 2,51       | 1,66        | 1,300    | 1,215    | 1,592     | 1,152         | 1,088      |

Примечание. Ответственные аналоги материалов: S Buna (L) и S Buna (H) — полиэтилен HD и ВД с частично упорядоченной структурой; Montecatine — полипропилен изотактический; В W Buna и P60 Buna — полистирол аморфный; SP80 Buna — поливинилацетат; PVC-F Buna, SP80 Buna-PVC — сополимеры поливинилацетата и поливинилхлорида.

Метод измерения — адиабатическим калориметром, погрешность измерения ±5%.

5. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, поливинилхлорида [87]

| T, K              | ВХ    | ПВХ   | ПВИХ  | T, K | ВХ    | ПВХ   | ПВИХ  |
|-------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| Твердое состояние |       |       |       |      |       |       |       |
|                   |       |       |       | 130  | 85,04 | 31,80 | 43,63 |
| 20                | 7,70  | 1,256 | 2,301 | 140  | 85,05 | 33,26 | 45,61 |
| 25                | 13,25 | 3,659 | 4,647 | 150  | 85,06 | 34,86 | 47,52 |
| 30                | 19,20 | 5,858 | 7,531 | 160  | 85,08 | 34,94 | 49,37 |
| 40                | 27,6  | 10,29 | 12,55 | 170  | 85,10 | 37,24 | 51,30 |
| 50                | 33,37 | 14,15 | 17,39 | 180  | 85,12 | 39,25 | 57,53 |
| 60                | 37,4  | 17,74 | 22,18 | 190  | 85,14 | 40,72 | 57,57 |
| 70                | 40,8  | 20,75 | 26,57 | 200  | 85,16 | 42,20 | 57,61 |
| 80                | 44,0  | 23,22 | 30,33 | 210  | 85,18 | 43,70 | 59,76 |
| 90                | 46,8  | 25,31 | 33,68 | 220  | 85,20 | 45,19 | 61,92 |
| 100               | 49,4  | 26,97 | 36,84 | 230  | 85,25 | 46,73 | 64,12 |
| 110               | 51,6  | 28,63 | 39,24 | 240  | 85,30 | 48,28 | 66,32 |
| 119,23            | 53,76 | —     | —     | 250  | 85,33 | 49,86 | 68,58 |
|                   |       |       |       | 260  | 85,6  | 51,63 | 70,71 |
|                   |       |       |       | 273  | 86,4  | 53,97 | 73,64 |
|                   |       |       |       | 280  | 87,0  | 55,31 | 75,73 |
|                   |       |       |       | 290  | 88,5  | 57,9  | 79,67 |
| 119,23            | 85,03 | —     | —     | 300  | 89,9  | 60,5  | 83,61 |
| 120               | 85,03 | 30,29 | 41,63 |      |       |       |       |
| Жидкое состояние  |       |       |       |      |       |       |       |

Примечание. Образцы ПВХ и ПВИХ получены суспензионной полимеризацией чистых мономеров при 323К, затем промыты и высушены в вакууме при 343К. Относительная молекулярная масса ПВХ 130 000. ПВХ и ПВИХ имели соответственно содержание хлора 56,4 и 72,9 %, степень кристалличности 20 и 40 %, содержание примесей менее 0,3 %.

Метод измерения  $C_p$  — адиабатическим калориметром. Погрешность измерения ±0,5 % при 60–110К и ±1 % при >120К.

## 6. Теплопроводность, температуропроводность и теплоемкость поливинилхлорида с пластификатором [143]

| T, K | Массовое содержание бутилбензинфталата-160 в поливинилхлориде, % |  |                                       |   |  |                                       |   |  |                                       |
|------|--|--|---------------------------------------|---|--|---------------------------------------|---|--|---------------------------------------|
|      | 9,1  |  |                                       | 16,7  |  |                                       | 23,0  |  |                                       |
|      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>                  | $\sigma$ , 10 <sup>6</sup> , Дж·м <sup>-2</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\sigma$ , 10 <sup>6</sup> , Дж·м <sup>-2</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\sigma$ , 10 <sup>6</sup> , Дж·м <sup>-2</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> |
| 250  | 1,32   | 1,21   | 41,1                                  | 1,30  | 1,18   | 43,5                                  | 1,31  | 1,09   | 42,3                                  |
| 260  | 1,35   | 1,22   | 40,6                                  | 1,41  | 1,29   | 41,9                                  | 1,38  | 1,20   | 41,3                                  |
| 273  | 1,38   | 1,25   | 40,0                                  | 1,56  | 1,44   | 40,0                                  | 1,48  | 1,34   | 40,0                                  |
| 280  | 1,40   | 1,27   | 39,6                                  | 1,64  | 1,52   | 38,9                                  | 1,53  | 1,42   | 39,3                                  |
| 290  | 1,42   | 1,32   | 39,1                                  | 1,76  | 1,64   | 37,4                                  | 1,61  | 1,52   | 38,3                                  |
| 300  | 1,45   | 1,44   | 38,6                                  | 1,88  | 1,75   | 36,0                                  | 1,68  | 1,63   | 37,3                                  |

Примечание. Поливинилхлорид на основе смеси РС40 с добавкой пластификатора бутилбензинфталата-160 (США).

7. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, сополимеров винилхлорида (ВХ) и винилацетата (ВА) [196]

| T, K | Молярное содержание ВА, % |      |      |      |        |       |
|------|---------------------------|------|------|------|--------|-------|
|      | 0                         | 12,3 | 23,8 | 47,3 | 74,8   | 100   |
| 80   | 22,2                      | 25,1 | 27,2 | 31,8 | 38,1   | 44,4  |
| 90   | 23,8                      | 27,4 | 28,8 | 34,7 | 41,4   | 48,3  |
| 100  | 25,5                      | 29,7 | 31,8 | 37,7 | 45,6   | 52,3  |
| 120  | 28,2                      | 33,7 | 34,4 | 42,9 | 51,9   | 57,5  |
| 140  | 31,0                      | 37,7 | 39,8 | 48,1 | 57,8   | 63,6  |
| 160  | 33,9                      | 41,4 | 44,0 | 52,3 | 61,1   | 69,5  |
| 180  | 36,8                      | 44,1 | 48,1 | 56,9 | 66,1   | 75,9  |
| 200  | 40,2                      | 49,0 | 51,9 | 61,1 | 71,6   | 82,5  |
| 220  | 43,1                      | 52,3 | 55,6 | 65,7 | 76,8   | 88,1  |
| 240  | 46,5                      | 55,7 | 59,4 | 70,3 | 81,6   | 93,4  |
| 260  | 50,7                      | 59,0 | 62,8 | 74,1 | 87,5   | 99,4  |
| 273  | 53,3                      | 60,2 | 65,5 | 79,5 | 91,6   | 103,6 |
| 280  | 55,3                      | 63,2 | 67,0 | 79,5 | 94,6   | 105,9 |
| 300  | 59,7                      | 67,4 | 72,5 | 86,1 | 106,76 | 134,0 |

Примечание. Плотность исходного мономера ВА 932,5 кг·м<sup>-3</sup>, чистота ВХ 99,9 %.

Сополимер ВХ с ВА получен суспензионным методом при 343К, очищен от мономера вакуумной откаткой. За моль принята молярная масса условной повторяющейся группы сополимера.

Метод измерения  $C_p$  — адиабатическим калориметром. Погрешность  $\pm 0,4$  %. Скорость нагрева образцов 0,2 К·мин<sup>-1</sup>.

8. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, сополимеров винилхлорида (ВХ) и метилакрилата (МА) [196]

| T, K | Молярное содержание, МА, % |      |      |      |       |
|------|----------------------------|------|------|------|-------|
|      | 0                          | 11,5 | 34   | 69,5 | 100   |
| 80   | 22,2                       | 25,1 | 29,7 | 37,7 | 44,4  |
| 90   | 23,8                       | —    | 32,4 | 40,8 | 48,4  |
| 100  | 25,5                       | 28,9 | 35,2 | 44,0 | 52,8  |
| 120  | 28,2                       | 32,4 | 39,8 | 50,8 | 60,2  |
| 140  | 31,0                       | 36,8 | 44,4 | 57,8 | 67,4  |
| 160  | 33,9                       | 38,5 | 48,8 | 61,8 | 74,1  |
| 180  | 36,8                       | 42,9 | 52,9 | 66,6 | 79,3  |
| 200  | 40,2                       | 46,5 | 56,9 | 71,2 | 83,7  |
| 220  | 43,1                       | 50,6 | 60,2 | 75,8 | 88,5  |
| 240  | 46,5                       | 54,4 | 63,2 | 80,4 | 93,4  |
| 260  | 50,7                       | 57,8 | 67,0 | 84,2 | 99,2  |
| 273  | 53,3                       | 59,9 | 69,6 | 87,5 | 103,5 |
| 280  | 55,3                       | 61,1 | 71,2 | 89,6 | 105,9 |
| 300  | 59,7                       | 64,2 | 75,2 | 94,1 | 157,9 |

Примечание. Плотность исходных мономеров МА 954,3 кг·м<sup>-3</sup>, чистота ВХ 99,9 %.

Сополимер ВХ с МА получен эмульсионным методом при 320К. После отмывания сополимеров содержание примесей ионов  $SO_4^{2-}$  и эмульгатора  $< 0,05$ %. За моль принята молярная масса условно повторяющейся группы сополимера.

Метод измерения  $C_p$  — адиабатическим калориметром. Погрешность  $\pm 0,4$  %. Скорость нагрева образцов 0,2 К·мин<sup>-1</sup>.

9. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, сополимеров поливинилхлорида (ПВХ) и диоктилфталата (ДОФ) [99]

| T, K | Молярное содержание ДОФ, % |      |       |       |       |       |       |       |
|------|----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | 0                          | 2    | 4     | 7,5   | 14    | 27    | 80    | 100   |
| 80   | 22,8                       | 20,8 | 30,5  | 37,2  | 49,4  | 83,7  | 175,7 | 229,3 |
| 90   | 23,8                       | 28,0 | 32,0  | 39,3  | 53,1  | 85,8  | 192,5 | 246,0 |
| 100  | 25,1                       | 29,3 | 33,5  | 41,8  | 56,9  | 87,9  | 209,2 | 263,6 |
| 120  | 27,6                       | 32,2 | 36,8  | 46,9  | 64,4  | 94,6  | 239,3 | 296,2 |
| 140  | 30,5                       | 36,0 | 40,4  | 51,9  | 72,4  | 103,3 | 271,1 | 329,7 |
| 160  | 33,9                       | 40,2 | 44,8  | 56,9  | 81,2  | 116,3 | 302,9 | 364,0 |
| 180  | 37,6                       | 44,8 | 50,2  | 62,8  | 92,0  | 138,1 | 334,7 | 397,5 |
| 190  | 39,3                       | 47,3 | 52,7  | 65,7  | —     | 157,3 | 502,1 | 631,8 |
| 200  | 41,8                       | 50,2 | 56,5  | 69,0  | 104,6 | 188,3 | 508,8 | 636,0 |
| 220  | 44,9                       | 52,3 | 60,7  | 77,4  | 125,5 | 223,8 | 522,2 | 645,6 |
| 240  | 48,1                       | 55,2 | 66,9  | 92,0  | 146,4 | 225,9 | 536,8 | 656,0 |
| 260  | 52,5                       | 60,7 | 75,3  | 104,6 | 154,8 | 234,3 | 552,3 | 669,4 |
| 273  | 54,8                       | 63,4 | 82,4  | 112,6 | 160,7 | 239,3 | 562,3 | 680,3 |
| 280  | 56,5                       | 64,8 | 87,9  | 117,2 | 163,2 | 242,7 | 567,4 | 686,2 |
| 300  | 59,6                       | 68,0 | 100,4 | 125,5 | 169,4 | 251,0 | 584,9 | 703,8 |

Примечание. Суспензионный ПВХ получен из ВХ чистой 99,9 % (метилцеллюлозы  $< 0,05$  %). Образцы пластифицированного ПВХ содержали 1 % стабилизатора Марк-180. Промышленный ДОФ очищали разгонкой в вакууме. За моль принята масса условно повторяющейся группы сополимера.

Метод измерения  $C_p$  — адиабатическим калориметром. Погрешность  $\pm 0,5$  %. Скорость нагрева образцов 0,3 К·мин<sup>-1</sup>.

10. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, сополимеров поливинилхлорида (ПВХ) и дибутилфталата (ДБФ) [99]

| T, K   | Молярное содержание ДБФ, % |      |       |       |       |       |
|--------|----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
|        | 0                          | 2    | 7,5   | 27    | 80    | 100   |
| 80     | 22,8                       | 25,9 | 34,7  | 60,0  | 143,5 | 164,0 |
| 90     | 23,8                       | 27,6 | 37,2  | 63,2  | 147,3 | 171,5 |
| 100    | 25,1                       | 29,3 | 39,7  | 66,9  | 154,8 | 179,9 |
| 120    | 27,6                       | 32,8 | 44,8  | 74,0  | 172,4 | 200,0 |
| 140    | 30,5                       | 36,4 | 49,4  | 82,8  | 195,0 | 225,9 |
| 160    | 33,9                       | 40,2 | 54,2  | 94,1  | 230,1 | 272,0 |
| 180    | 37,6                       | 43,9 | 58,6  | 108,8 | 359,8 | 435,1 |
| 200    | 41,8                       | 48,5 | 62,8  | 150,6 | 368,2 | 435,1 |
| 220    | 44,9                       | 51,0 | 69,0  | 170,3 | 376,6 | 435,1 |
| 240    | 48,1                       | 54,4 | 75,3  | 177,8 | 384,9 | 443,5 |
| 260    | 52,5                       | 58,6 | 83,7  | 182,0 | 393,3 | 451,9 |
| 273,15 | 54,8                       | 61,5 | 100,4 | 185,8 | 405,8 | 462,8 |
| 280    | 56,5                       | 62,8 | 104,6 | 188,3 | 412,1 | 468,6 |
| 300    | 59,6                       | 64,8 | 110,9 | 194,6 | 426,8 | 485,3 |

Примечание. Суспензионный ПВХ получен из ВХ чистотой 99,9 %. Промышленный ДБФ очищался разгонкой в вакууме.

Моль — молярная масса условной повторяющейся группы сополимеров.

Метод измерения  $C_p$  — адиабатическим калориметром. Скорость нагрева образцов 0,3 К·мин<sup>-1</sup>. Погрешность ±0,5 %.

11. Удельная теплоемкость  $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, блок-полиэфируретанов [143]

| T, K | ПБА  | ТЭП-3 | ГМДИ и БГ |
|------|------|-------|-----------|
| 190  | 1,25 | 0,94  | 0,84      |
| 210  | 1,39 | 1,0   | 0,95      |
| 230  | 1,59 | 1,19  | 1,03      |
| 250  | 1,74 | 1,27  | 1,12      |
| 270  | 1,98 | 1,44  | 1,20      |
| 290  | 2,17 | 1,67  | 1,40      |
| 300  | 2,30 | 1,82  | 1,50      |

Примечание. Полиуретановые термоэластопласты синтезированы по одностадийному методу на основе полибутиленадицианата (ПБА) с относительной молекулярной массой 2000, гексаметилендиизоцианата (ГМДИ) и 1,4-бутиленгликоля (БГ) и диолуретана (ТЭП-3).

Метод измерения  $c_p$  — динамическим калориметром с относительной погрешностью 0,2 %.

12. Теплопроводность, теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения фторопластов [98, 78, 81]

| T, K | ПТФЭ   |  |                              |                     | ПХТФЭ                        | Ф-40П                        | Ф-40   | ФН-202  |
|------|--|--|------------------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|--|---|
|      | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $C_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $-\alpha_{293}^T \cdot 10^6$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $-\alpha_{293}^T \cdot 10^6$ | $-\alpha_{273}^T \cdot 10^6$ | $C_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
| 1    | 0,00226  | 0,0452                                       | —                            | —                   | —                            | —                            | —  | —   |
| 2    | 0,01816  | 0,363  | —                            | —                   | —                            | —                            | —  | —   |
| 3    | 0,0615   | 1,23   | 70,5                         | —                   | 38,8                         | —                            | —  | —   |
| 5    | 0,2841   | 5,66   | 70,7                         | —                   | 39,0                         | —                            | —  | —   |
| 10   | 1,255  | —  | 71,6                         | —                   | 39,6                         | —                            | 20   | —   |
| 15   | 2,360  | 47,2   | 72,4                         | —                   | 40,0                         | —                            | 52   | —   |
| 20   | 3,837  | 76,6   | 73,3                         | —                   | 40,6                         | —                            | 88   | —   |
| 30   | 6,356  | 127  | 75,0                         | —                   | 41,6                         | —                            | 148  | —   |
| 40   | 8,418  | 169  | 76,7                         | —                   | 42,6                         | —                            | 200  | —   |
| 50   | 10,29  | 206  | 78,2                         | —                   | 43,6                         | —                            | 250  | 0,229   |
| 60   | 12,30  | 246  | 79,8                         | —                   | 44,4                         | —                            | 296  | 0,232   |
| 70   | 14,18  | 284  | 81,3                         | 24,0                | 45,1                         | —                            | 340  | 0,235   |
| 80   | 16,02  | 320  | 82,7                         | 27,5                | 45,9                         | —                            | 380  | 0,238   |
| 90   | 17,82  | 356  | 84,2                         | 32,0                | 46,6                         | 60,8                         | 420  | 0,241   |
| 100  | 19,50  | 390  | 85,6                         | 36,0                | 47,4                         | 61,2                         | 456  | 0,246   |
| 110  | 21,17  | 423  | 87,0                         | 39,9                | 48,0                         | 61,7                         | 491  | 0,248   |
| 120  | 22,89  | 456  | 88,5                         | 44,0                | 48,7                         | 62,3                         | 528  | 0,251   |
| 130  | 24,45  | 489  | 89,7                         | 48,1                | 49,3                         | 63,0                         | 563  | 0,254   |
| 140  | 26,11  | 522  | 91,0                         | 52,5                | 49,9                         | 64,0                         | 597  | 0,257   |
| 150  | 27,62  | 553  | 92,2                         | 56,8                | 50,4                         | 65,0                         | 631  | 0,260   |
| 160  | 29,12  | 582  | 93,3                         | 61,5                | 51,0                         | 66,5                         | 662  | 0,263   |
| 170  | 30,62  | 609  | 94,3                         | 66,2                | 51,6                         | 68,1                         | 699  | 0,266   |
| 180  | 32,05  | 640  | 95,2                         | 71,0                | 52,1                         | 70,0                         | 730  | 0,269   |
| 190  | 33,34  | 668  | 96,1                         | 75,4                | 52,5                         | 72,4                         | 765  | 0,272   |
| 200  | 34,77  | 695  | 96,9                         | 80,0                | 52,9                         | 75,1                         | 798  | 0,275   |
| 210  | 36,11  | 724  | 97,7                         | 84,6                | 53,2                         | 79,1                         | 832  | 0,277   |
| 220  | 37,49  | 750  | 98,3                         | 89,5                | 53,6                         | 83,3                         | 868  | 0,280   |
| 230  | 38,84  | 775  | 99,0                         | 94,2                | 54,0                         | 88,4                         | 900  | 0,282   |
| 240  | 40,33  | 805  | 99,6                         | 99                  | 54,4                         | 94,2                         | 932  | 0,285   |
| 250  | 41,97  | 830  | 100,0                        | 104                 | 54,7                         | 102                          | 966  | 0,288   |
| 260  | 43,93  | 880  | 100,6                        | 109                 | 55,0                         | 113                          | 1000   | 0,291   |
| 273  | 47,90  | 960  | 101,2                        | 115                 | 55,3                         | —                            | 1042   | 0,296   |
| 280  | 51,76  | 1040   | 101,5                        | 118                 | 55,5                         | —                            | 1063   | 0,298   |
| 290  | —  | 1110   | 101,8                        | 123                 | 55,7                         | —                            | 1095   | 0,301   |
| 300  | —  | 1160   | 102,2                        | 128                 | 55,8                         | —                            | 1125   | 0,305   |

Примечание. ПТФЭ — политетрафторэтилен (фторопласт-4). Образцы кристаллические, масса 1 кмоля 50,01 кг, плотность 2346—2302 кг·м<sup>-3</sup>; ПХТФЭ — полихлортрифторэтилен (фторопласт-3); ФН-202 — полимер на основе фторопласта-4 (87 %), материал изотропный.

Теплопроводность и теплоемкость измерены при монотонном нагреве в адиабатических условиях. Использовали образцы в виде полых цилиндров. Погрешность измерения  $\lambda \pm (5-7) \%$ ;  $C_p, c_p \pm (1-3) \%$ ;  $\alpha$  измерен интерференционным абсолютным методом с погрешностью  $\pm 3 \%$ .



13. Температурный коэффициент  $\alpha \cdot 10^4, K^{-1}$ , линейного расширения сополимеров фторопластов [210]

| T, K | Молярное содержание ТФЭ в блок-сополимере ТФП-ТФЭ, % |      |      |      |          |
|------|--|------|------|------|----------|
|      | 100 (ПТФЭ)   | 19   | 42   | 64   | 0 (ПТФП) |
| 93   | 0,40   | 0,70 | 0,55 | 0,62 | 0,70     |
| 103  | 0,43   | 0,74 | 0,62 | 0,65 | 0,73     |
| 113  | 0,45   | 0,78 | 0,70 | 0,68 | 0,76     |
| 123  | 0,44   | 0,78 | 0,73 | 0,70 | 0,76     |
| 133  | 0,42   | 0,78 | 0,75 | 0,72 | 0,76     |
| 143  | 0,48   | 0,77 | 0,76 | 0,76 | 0,77     |
| 153  | 0,54   | 0,76 | 0,76 | 0,78 | 0,78     |
| 163  | 0,65   | 0,77 | 0,77 | 0,78 | 0,76     |
| 173  | 0,77   | 0,78 | 0,77 | 0,77 | 0,74     |
| 183  | 0,89   | 0,79 | 0,83 | 0,90 | 0,79     |
| 193  | 0,98   | 0,80 | 0,88 | 0,97 | 0,83     |
| 203  | 1,03   | 0,82 | 0,89 | 0,95 | 0,82     |
| 213  | 1,08   | 0,85 | 0,89 | 0,93 | 0,81     |
| 223  | 1,09   | 0,84 | 0,91 | 0,97 | 0,83     |
| 233  | 1,10   | 0,83 | 0,92 | 1,0  | 0,85     |
| 243  | 1,16   | 0,88 | 0,94 | 1,05 | 0,86     |
| 253  | 1,22   | 0,93 | 0,96 | 1,1  | 0,86     |
| 263  | 1,23   | 1,03 | 0,99 | 1,07 | 0,90     |
| 273  | 1,24   | 1,01 | 1,02 | 1,1  | 0,95     |
| 283  | 1,70   | 1,1  | 1,03 | 1,1  | 0,95     |
| 293  | 2,38   | 1,2  | 1,2  | 1,52 | 0,95     |
| 303  | 2,15   | 2,15 | 2,1  | 2,5  | 1,34     |
| 313  | 1,60   | 2,55 | —    | —    | 2,1      |

Примечание. При молярном содержании ТФЭ 100 % и 0 % материалы становятся соответственно ПТФЭ и ПТФП.

Метод измерения — кварцевым dilatометром; погрешность измерения  $\pm 5\%$ .

14. Теплопроводность, температуропроводность и удельная теплоемкость политетрафторэтилена [32]

| T, K | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | $c_p \cdot 10^{-3}, Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$ | $a \cdot 10^7, м^2 \cdot с^{-1}$ |
|------|---|--|----------------------------------|
| 83   | 0,230                                   | 0,328  | 3,305                            |
| 93   | 0,232                                   | 0,364  | 3,004                            |
| 103  | 0,2333                                  | 0,400  | 2,749                            |
| 113  | 0,2346                                  | 0,436  | 2,538                            |
| 123  | 0,2363                                  | 0,472  | 2,359                            |
| 133  | 0,2377                                  | 0,506  | 2,214                            |
| 143  | 0,2393                                  | 0,540  | 2,088                            |
| 153  | 0,2407                                  | 0,574  | 1,976                            |
| 163  | 0,2423                                  | 0,608  | 1,878                            |
| 173  | 0,2437                                  | 0,642  | 1,789                            |
| 183  | 0,2453                                  | 0,674  | 1,715                            |
| 193  | 0,2467                                  | 0,708  | 1,642                            |
| 203  | 0,247                                   | 0,742  | 1,570                            |
| 213  | 0,2497                                  | 0,766  | 1,536                            |
| 223  | 0,2511                                  | 0,800  | 1,479                            |
| 233  | 0,2525                                  | 0,830  | 1,433                            |
| 243  | 0,2538                                  | 0,860  | 1,391                            |
| 253  | 0,255                                   | 0,890  | 1,350                            |
| 263  | 0,256                                   | 0,912  | 1,324                            |
| 273  | 0,257                                   | 0,937  | 1,293                            |
| 283  | 0,258                                   | 0,960  | 1,265                            |

Примечание. Политетрафторэтилен является продуктом полимеризации тетрафторэтилена. Плотность образцов  $2121 кг \cdot м^{-3}$ , объемная степень кристаллизации 93 %. При температурах 293 и 303 К зарегистрированы фазовые переходы, сопровождающиеся резким увеличением удельной теплоемкости и теплопроводности, а также уменьшением температуропроводности.

Метод измерения  $\lambda, c_p, a$  — квазистационарным тепловым режимом.

15. Теплопроводность тефлона под воздействием высоких давлений [14]

| p, $10^{-8}$ , Па | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ | p, $10^{-8}$ , Па |   |   |   |      | $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ |
|-------------------|---|-------------------|---|---|---|------|---|
|                   |   | 4                 | 5 | 6 | 7 | 8    |   |
| 0                 | 0,24                                    |                   |   |   |   | 0,32 | 0,46                                    |
| 1                 | 0,26                                    |                   |   |   |   | 0,34 | 0,52                                    |
| 2                 | 0,28                                    |                   |   |   |   | 0,37 | 0,56                                    |
| 3                 | 0,30                                    |                   |   |   |   | 0,42 |   |

Примечание. Материал — политетрафторэтилен категории технического тефлона.

Образцы в виде пластин толщиной 3 мм.

Метод измерения  $\lambda$  — стационарным методом нагретой проволоки при средней температуре образца 300 К. Погрешность измерений  $\pm 2\%$ . Давление p — избыточное.

16. Теплопроводность  $\lambda, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$ , эпоксидных смол [135]

| T, K | I                      |                        | II                     |                        | T, K | I                      |                        | II                     |                        |
|------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|      | 1,5 · 10 <sup>-3</sup> | 3,0 · 10 <sup>-3</sup> | 3,0 · 10 <sup>-4</sup> | 9,0 · 10 <sup>-4</sup> |      | 4,0                    | 5,0                    | 6,0                    | 7,0                    |
| 0,1  | 1,5 · 10 <sup>-3</sup> | 3,0 · 10 <sup>-3</sup> | 3,0 · 10 <sup>-4</sup> | 9,0 · 10 <sup>-4</sup> | 4,0  | 4,5 · 10 <sup>-2</sup> | 5,0 · 10 <sup>-2</sup> | 5,1 · 10 <sup>-2</sup> | 7,5 · 10 <sup>-2</sup> |
| 0,2  | 3,0 · 10 <sup>-3</sup> | 5,0 · 10 <sup>-3</sup> | 1,8 · 10 <sup>-3</sup> | 2,5 · 10 <sup>-2</sup> | 5,0  | 5,0 · 10 <sup>-2</sup> | 5,1 · 10 <sup>-2</sup> | —                      | —                      |
| 0,3  | 5,0 · 10 <sup>-3</sup> | 6,2 · 10 <sup>-3</sup> | 3,8 · 10 <sup>-3</sup> | 3,5 · 10 <sup>-2</sup> | 6,0  | 5,1 · 10 <sup>-2</sup> | 5,1 · 10 <sup>-2</sup> | —                      | —                      |
| 0,4  | 7,8 · 10 <sup>-3</sup> | 9,0 · 10 <sup>-3</sup> | 7,0 · 10 <sup>-3</sup> | 4,0 · 10 <sup>-2</sup> | 7,0  | 5,1 · 10 <sup>-2</sup> | 5,2 · 10 <sup>-2</sup> | —                      | —                      |
| 0,5  | —                      | —                      | —                      | —                      | 8,0  | 5,2 · 10 <sup>-2</sup> | 5,2 · 10 <sup>-2</sup> | —                      | —                      |
| 0,6  | —                      | —                      | —                      | —                      | 9,0  | 5,2 · 10 <sup>-2</sup> | 5,2 · 10 <sup>-2</sup> | —                      | —                      |

Примечание. Эпоксидные смолы применяются для изготовления механических и тепловых соединений в низкотемпературных установках.  
I — однокомпонентный эпоксид с объемным содержанием наполнителя (серый порошок) около 25 %; образцы отверждаются при 437 К в течение 3 мин; материал выдерживает без разрушения многократные температурные циклы от 4 до 300 К (изготовитель материала — фирма Shore Cryotronics); II — эпоксид без наполнителя марки Scotchcast 5.

17. Молярная теплоемкость, температурный коэффициент линейного расширения полиакрилата и нитрила 186, 33, 42, 195]

| T, K  | ПММА   |   |                                       |  |   |                                       | АН    | ПАНО  | АДН    |
|-------|--|---|---------------------------------------|--|---|---------------------------------------|-------|-------|--------|
|       | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |       |       |        |
| 1     | 0,00360  | —   | —                                     | —  | —   | —                                     | —     | —     | —      |
| 2     | 0,02887  | —   | —                                     | —  | —   | —                                     | —     | —     | —      |
| 5     | 0,4519   | —   | —                                     | —  | —   | —                                     | —     | —     | —      |
| 10    | —  | —   | —                                     | —  | —   | —                                     | —     | —     | —      |
| 16    | 5,439  | —   | —                                     | —  | —   | —                                     | —     | —     | —      |
| 20    | 7,950  | 0,7   | —                                     | —  | —   | —                                     | —     | —     | —      |
| 30    | 14,64  | 1,2   | —                                     | —  | —   | —                                     | —     | —     | —      |
| 40    | 21,34  | 1,7   | —                                     | —  | —   | —                                     | —     | —     | —      |
| 50    | 27,61  | 2,0   | —                                     | —  | —   | —                                     | —     | —     | —      |
| 60    | 34,73  | 2,3   | —                                     | —  | —   | —                                     | —     | —     | —      |
| 70    | 40,3   | 2,7   | —                                     | —  | —   | —                                     | —     | —     | —      |
| 80    | 46,02  | 2,85  | —                                     | —  | —   | —                                     | —     | —     | —      |
| 90    | 52,4   | 3,0   | 0,142                                 | 0,135  | 0,149   | 0,160                                 | 0,150 | 0,150 | 0,160  |
| 100   | 58,58  | 3,2   | 0,150                                 | 0,139  | 0,150   | 0,162                                 | 0,152 | 0,152 | 0,162  |
| 110   | 62,5   | 3,4   | 0,157                                 | 0,144  | 0,158   | 0,1648                                | 0,156 | 0,156 | 0,1648 |
| 120   | 66,94  | 3,5   | 0,163                                 | 0,147  | 0,162   | 0,1670                                | 0,160 | 0,160 | 0,1670 |
| 130   | 71,0   | 3,6   | 0,168                                 | 0,150  | 0,167   | 0,1700                                | 0,163 | 0,163 | 0,1700 |
| 138,5 | 74,7   | 3,7   | 0,173                                 | 0,151  | 0,171   | 0,1720                                | 0,165 | 0,165 | 0,1720 |
| 140   | 75,41  | 3,7   | 0,173                                 | 0,151  | 0,171   | 0,1720                                | 0,165 | 0,165 | 0,1720 |
| 150   | 79,6   | 3,85  | 0,177                                 | 0,155  | 0,175   | 0,1746                                | 0,167 | 0,167 | 0,1746 |
| 160   | 83,75  | 4,0   | 0,181                                 | 0,158  | 0,179   | 0,1770                                | 0,172 | 0,172 | 0,1770 |
| 162,8 | —  | —   | —                                     | —  | —   | —                                     | —     | —     | —      |
| 162,8 | —  | —   | —                                     | —  | —   | —                                     | —     | —     | —      |
| 170   | 88,1   | 4,25  | 0,184                                 | 0,160  | 0,182   | 0,1790                                | 0,174 | 0,174 | 0,1790 |

 $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup> $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup> $\alpha \cdot 10^6$ , К<sup>-1</sup>

Продолжение табл. 17

| T, K | ПММА   |   |                                       |  |   |                                       | АН    | ПАНО  | АДН   |       |       |       |
|------|--|---|---------------------------------------|--|---|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |       |       |       |       |       |       |
| 180  | 92,05  | 4,5   | 0,186                                 | 0,164  | 0,186   | 0,1820                                | 0,176 | 85,36 | 75,73 | 84,57 | 45,22 | 118,4 |
| 190  | 96,4   | 4,75  | 0,188                                 | 0,166  | 0,188   | 0,184                                 | 0,177 | 89,12 | 80,33 | 88,50 | 46,89 | 121,5 |
| 190  | 96,4   | 4,75  | 0,188                                 | 0,166  | 0,188   | 0,184                                 | 0,177 | 89,12 | 80,33 | 88,50 | 46,89 | 121,5 |
| 200  | 100,4  | 5,0   | 0,190                                 | 0,169  | 0,190   | 0,186                                 | 0,179 | 92,47 | 84,94 | 101,3 | 48,99 | 124,7 |
| 210  | 104,6  | 5,35  | 0,191                                 | 0,172  | 0,192   | 0,183                                 | 0,181 | 96,23 | 89,54 | 102,0 | 51,08 | 128,3 |
| 220  | 108,8  | 5,7   | 0,192                                 | 0,174  | 0,193   | 0,189                                 | 0,183 | —     | —     | 102,6 | 53,17 | 131,8 |
| 230  | 110,8  | 6,0   | 0,193                                 | 0,175  | 0,1938  | 0,192                                 | 0,184 | —     | —     | 102,8 | 55,0  | 139,1 |
| 240  | 113,0  | 6,4   | 0,193                                 | 0,177  | 0,1942  | 0,194                                 | 0,185 | —     | —     | 103,0 | 56,94 | 146,4 |
| 250  | 117,0  | 6,8   | 0,193                                 | 0,178  | 0,195   | 0,195                                 | 0,186 | —     | —     | 103,2 | 58,21 | 151,6 |
| 260  | 121,3  | 7,2   | 0,194                                 | 0,180  | 0,194   | 0,1962                                | 0,186 | —     | —     | 103,4 | 60,71 | 156,9 |
| 273  | 126,8  | 7,7   | 0,194                                 | 0,180  | 0,196   | 0,198                                 | 0,187 | —     | —     | 103,8 | 62,38 | 163,1 |
| 280  | 129,7  | 8,0   | 0,194                                 | 0,181  | 0,1965  | 0,1985                                | 0,187 | —     | —     | 104,2 | 64,48 | 169,2 |
| 290  | 134,0  | 8,4   | 0,194                                 | 0,182  | 0,1970  | 0,199                                 | 0,188 | —     | —     | 104,4 | 66,60 | 170,7 |
| 300  | 138,1  | 8,8   | 0,195                                 | 0,183  | 0,1975  | 0,200                                 | 0,188 | —     | —     | 104,7 | 68,66 | 172,1 |

 $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup> $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>

Примечание. ПММА — полиметилметакрилат аморфный (органическое стекло, плексиглас), масса 1 молья 100,12 кг (в интервале температур от 80 до 300 К) различие в теплоемкости атактического, изотактического и синдиотактического полимеров менее 1%; образцы для измерения  $\alpha$  — органическое стекло марки ПА-200. Образцы для измерения  $\lambda$  — органическое стекло в блоках плотностью 1170—2000 кг·м<sup>-3</sup>. ПММА — полиметилметакрилат; ПМАКО — полиметакрилоксид; АН — акрилонитрил, образцы изготовляли из препарата марки «инстайл» (осуществлено пятьюдесятью фосфора, дважды перегаено в колонке), плотность 806,8 кг·м<sup>-3</sup> (при 162,8 К низкотемпературная кристаллическая фаза переходит в высокотемпературную, а при 190,1 К — в жидкость); ПАН — полиакрилонитрил, относительная молекулярная масса 140 000; АДН — адипонитрил.  
Методы измерения:  $C_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (погрешность от 0,5 до 5%);  $\lambda$  — методом пластины при стационарном тепловом потоке;  $\alpha$  — кварцевым дифференциальным dilatометром [погрешность  $\pm(3-15)\%$ ].

18. Теплопроводность, температуропроводность и удельная теплоемкость полиметилметакрилата [32] двух типов (1 и 2)

| T, K | ПММА (1)  |  |  | ПММА (2)  |  |  |
|------|---|--|--|---|--|--|
|      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> |
| 80   | 0,147   | —  | 2,12   | 0,135   | —  | 2,34   |
| 90   | 0,150   | 0,596  | 2,09   | 0,1386  | 0,528  | 2,22   |
| 100  | 0,154   | 0,639  | 2,04   | 0,1416  | 0,548  | 2,16   |
| 110  | 0,158   | 0,681  | 1,99   | 0,1446  | 0,593  | 2,04   |
| 120  | 0,163   | 0,723  | 1,94   | 0,1475  | 0,647  | 1,91   |
| 130  | 0,167   | 0,765  | 1,89   | 0,1505  | 0,700  | 1,80   |
| 140  | 0,171   | 0,807  | 1,839  | 0,1535  | 0,756  | 1,70   |
| 150  | 0,175   | 0,850  | 1,788  | 1,1565  | 0,828  | 1,64   |
| 160  | 0,180   | 0,891  | 1,738  | 0,1593  | 0,867  | 1,57   |
| 170  | 0,183   | 0,934  | 1,686  | 0,162   | 0,918  | 1,52   |
| 180  | 0,186   | 0,975  | 1,637  | 0,1642  | 0,960  | 1,46   |
| 190  | 0,189   | 0,018  | 1,59   | 0,1668  | 1,006  | 1,41   |
| 200  | 0,191   | 0,060  | 1,54   | 0,169   | 1,051  | 1,368  |
| 210  | 0,192   | 0,102  | 1,492  | 0,1712  | 1,088  | 1,32   |
| 220  | 0,193   | 0,145  | 1,442  | 0,173   | 1,144  | 1,27   |
| 230  | 0,194   | 1,186  | 1,393  | 0,1745  | 1,191  | 1,225  |
| 240  | 0,1945  | 1,230  | 1,348  | 0,176   | 1,237  | 1,185  |
| 250  | 0,195   | 1,272  | 1,302  | 0,1776  | 1,284  | 1,15   |
| 260  | 0,196   | 1,315  | 1,26   | 0,179   | 1,331  | 1,124  |
| 270  | 0,197   | 1,358  | 1,227  | 0,1805  | 1,378  | 1,10   |
| 280  | 0,1975  | 1,380  | 1,22   | 0,182   | 1,424  | 1,07   |
| 290  | 0,198   | 1,417  | 1,18   | 0,1834  | 1,464  | 1,05   |
| 300  | 0,198   | 1,450  | 1,14   | 0,1845  | 1,504  | 1,08   |

Примечание. Оба типа полиметилметакрилата имели аморфное строение, были совершенно прозрачны и имели плотность (кг·м<sup>-3</sup>): 1174 [ПММА (1)] и 1194 [ПММА (2)].  
Метод измерения  $\lambda$ ,  $c_p$  и  $a$  — квазистационарным тепловым режимом (в одном опыте).

19. Молярная теплоемкость  $c_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, изомасляной (ИМК), метакриловой (МАК) и полиметакриловой (ПМАК) кислот [131]

| T, K | ИМК   | МАК  | ПМАК  | T, K  | ИМК   | МАК   | ПМАК | T, K  | ИМК   | МАК   | ПМАК  |
|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
|      |       |      |       |       |       |       |      |       |       |       |       |
| 25   | 14,28 | 13,7 | 4,69  | 120   | 74,1  | 69,9  | 52,7 | 240   | 147,3 | 112,1 | 94,1  |
| 30   | 20,5  | 20,5 | 8,37  | 140   | 82,4  | 77,4  | 60,2 | 250   | 148,6 | 115,6 | 96,7  |
| 40   | 31,8  | 29,7 | 15,06 | 150   | 86,7  | 81,2  | 64,1 | 260   | 150,6 | 118,8 | 100,0 |
| 50   | 43,5  | 36,7 | 21,02 | 160   | 91,2  | 84,9  | 67,8 | 273   | 154,0 | 122,6 | 101,7 |
| 60   | 49,1  | 43,5 | 26,78 | 180   | 100,8 | 92,0  | 74,9 | 280   | 156,5 | 125,1 | 106,3 |
| 70   | 52,7  | 48,9 | 31,8  | 200   | 111,8 | 99,2  | 82,1 | 289,4 | —     | 134,0 | —     |
| 80   | 54,9  | 53,5 | 36,8  | 220   | —     | 105,8 | 87,9 | 289,4 | —     | 160,0 | —     |
| 90   | 61,5  | 57,7 | 41,0  | 227,2 | 293,9 | —     | —    | 300   | 165,4 | 161,2 | 113,0 |

Примечание. Образцы изготавливали из промышленных препаратов марки «чистый» высушиванием и разгонкой в вакууме.  
Образец ПМАК полностью аморфный, относительная молекулярная масса 560 000.  
Для ИМК и МАК плотность соответственно 948,5 и 1015,5 кг·м<sup>-3</sup>, молярная доля примесей 0,57 и 0,08 %.  
Метод измерения  $c_p$  — адиабатическим калориметром, погрешность измерения  $\pm 0,5$  %.

20. Молярная теплоемкость  $c_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, сополимеров метилметакрилата и метакриловой кислоты [132]

| T, K | Молярное содержание МАК, % |       |       |       |       |
|------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
|      | 11,4                       | 17,0  | 22,5  | 53,7  | 80,0  |
| 80   | 46,1                       | 45,6  | 45,2  | 39,9  | 39,8  |
| 90   | 52,1                       | 51,0  | 50,0  | 44,2  | 44,2  |
| 100  | 56,9                       | 56,1  | 55,3  | 48,1  | 48,1  |
| 120  | 64,5                       | 64,1  | 63,6  | 56,1  | 55,3  |
| 140  | 72,4                       | 72,0  | 71,6  | 63,6  | 62,4  |
| 160  | 80,4                       | 79,5  | 79,1  | 70,3  | 69,9  |
| 180  | 87,1                       | 86,2  | 85,8  | 77,5  | 77,0  |
| 200  | 93,8                       | 92,9  | 92,1  | 84,6  | 83,7  |
| 220  | 100,1                      | 99,2  | 98,4  | 91,3  | 90,0  |
| 240  | 105,9                      | 105,1 | 104,7 | 97,6  | 96,3  |
| 260  | 112,2                      | 112,2 | 111,4 | 104,2 | 102,2 |
| 273  | 116,9                      | 116,4 | 115,9 | 108,3 | 106,3 |
| 280  | 119,7                      | 118,9 | 118,5 | 110,5 | 108,4 |
| 300  | 128,1                      | 125,9 | 125,5 | 117,5 | 115,4 |

Примечания. Молярное содержание мономеров МАК и ММА 99,9 %, примеси гидроксиднона 0,05 %. Мономеры сушили хлористым кальцием и гидридом кальция, затем перегоняли в вакууме.  
Образцы сополимеров получили полимеризацией мономеров при температуре 323К. Остатки мономеров и влаги удаляли вакуумированием при 323К.  
Моль сополимера — молекулярная масса условной повторяющейся группы.  
Метод измерения  $c_p$  — адиабатическим калориметром, погрешность измерения  $\pm 0,5$  %.

21. Молярная теплоемкость  $c_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, полимеров и сополимеров полиметилметакрилата и полиметакриловой кислоты [185]

| T, K | Массовое содержание МАК, % |       |        |       |       |       |       |       |
|------|----------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | 0                          | 5     | 10     | 15    | 20    | 30    | 50    | 100   |
| 20   | 1,226                      | —     | —      | —     | —     | —     | —     | —     |
| 25   | 1,238                      | 1,260 | 1,255  | 1,238 | 1,226 | 1,213 | 1,063 | 1,067 |
| 30   | 1,250                      | 1,289 | 1,2803 | 1,268 | 1,256 | 1,243 | 1,088 | 1,088 |
| 40   | 1,339                      | 1,343 | 1,335  | 1,326 | 1,305 | 1,297 | 1,142 | 1,126 |
| 50   | 1,402                      | 1,340 | 1,385  | 1,381 | 1,356 | 1,351 | 1,197 | 1,163 |
| 60   | 1,456                      | 1,456 | 1,4396 | 1,439 | 1,406 | 1,406 | 1,256 | 1,201 |
| 70   | 1,515                      | 1,510 | 1,494  | 1,498 | 1,456 | 1,460 | 1,310 | 1,238 |
| 80   | 1,615                      | 1,538 | 1,548  | 1,556 | 1,510 | 1,515 | 1,364 | 1,276 |
| 90   | 1,632                      | 1,623 | 1,598  | 1,611 | 1,561 | 1,569 | 1,418 | 1,314 |
| 100  | —                          | 1,678 | 1,653  | 1,670 | 1,611 | 1,623 | 1,473 | 1,351 |
| 110  | —                          | —     | 2,063  | 2,008 | —     | —     | —     | —     |
| 120  | 2,105                      | —     | 2,092  | 2,063 | 1,711 | 1,732 | 1,582 | 1,427 |
| 125  | 2,096                      | —     | 2,109  | —     | —     | —     | —     | —     |
| 130  | 2,113                      | 2,138 | 2,125  | 2,117 | —     | 1,787 | 1,640 | 1,464 |
| 140  | 2,151                      | 2,176 | 2,159  | 2,176 | —     | —     | —     | —     |
| 145  | —                          | —     | —      | —     | 2,142 | —     | —     | —     |

Продолжение табл. 21

| T, К                         | Массовое содержание МАК, % |        |       |       |       |     |     |     |
|------------------------------|----------------------------|--------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|
|                              | 0                          | 5      | 10    | 15    | 20    | 30  | 50  | 100 |
| 160                          | 2,2301                     | 2,251  | 2,251 | 2,289 | 2,234 | —   | —   | —   |
| 180                          | —                          | 2,3263 | 2,351 | 2,402 | 2,351 | —   | —   | —   |
| Температура растеклования, К | 378                        | 383    | 390   | 393   | 399   | 411 | 432 | 433 |

Примечание. Способ получения образцов сополимеров — блочная полимеризация при 323К.

Массовая доля исходных мономеров ММА 99,9 %, МАК 99,5 %.

Моль сополимера (относительная молекулярная масса условно повторяющейся группы сополимера с  $x$  % МАК) подсчитывали по формуле

$$M_{\text{повт. гр.}} = \frac{100}{x/86,088 + (100 - x)/100,114}$$

где 86,088 и 100,114 — относительная молекулярная масса повторяющейся группы ПМАК и ПММА соответственно.

Метод измерения  $C_p$  — адиабатическим калориметром, погрешность измерения  $\pm 0,5$  %. В пределах скорости нагрева образцов  $(4 \div 9) 10^3 \text{ К} \cdot \text{с}^{-1}$  различия  $C_p$  не обнаружено.

22. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, сополимеров акрилонитрила и метилакрилата [196]

| T, К | Молярное содержание МА, % |       |      |      |       |       |
|------|---------------------------|-------|------|------|-------|-------|
|      | 0                         | 6,4   | 19   | 37,2 | 76,4  | 100   |
| 80   | 24,7                      | 26,06 | 28,9 | 33,1 | 40,2  | 44,4  |
| 90   | 27,0                      | 28,8  | 31,4 | 35,7 | 44,1  | 48,4  |
| 100  | 29,3                      | 31,4  | 33,9 | 38,5 | 47,3  | 52,8  |
| 120  | 33,8                      | 36,2  | 39,0 | 44,0 | 53,4  | 60,2  |
| 140  | 38,1                      | 40,6  | 44,0 | 49,4 | 59,9  | 67,4  |
| 160  | 41,9                      | 44,8  | 49,0 | 54,0 | 66,2  | 74,1  |
| 180  | 45,7                      | 48,0  | 52,8 | 58,4 | 71,0  | 79,3  |
| 200  | 49,4                      | 51,5  | 56,1 | 62,4 | 75,4  | 83,7  |
| 220  | 52,6                      | 53,0  | 60,2 | 65,5 | 80,2  | 88,5  |
| 240  | 56,5                      | 59,0  | 64,5 | 69,5 | 85,8  | 93,4  |
| 260  | 60,3                      | 63,2  | 68,7 | 75,4 | 90,8  | 99,2  |
| 273  | 62,6                      | 65,8  | 72,0 | 78,0 | 93,3  | 103,5 |
| 280  | 64,1                      | 67,4  | 74,0 | 79,5 | 96,3  | 105,9 |
| 300  | 68,7                      | 71,8  | 78,3 | 85,2 | 116,4 | 157,9 |

Примечание. Плотность мономеров, кг·м<sup>-3</sup>, 806,0 (АН) и 954,3 (МА). Сополимеры получены эмульсионным методом при 323К. После отмывания содержания примеси ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  и эмульгатора  $< 0,05$  %.

Метод измерения  $C_p$  — адиабатическим калориметром. Погрешность измерения  $\pm 0,4$  %. Скорость нагрева образцов  $0,2 \text{ К} \cdot \text{мин}^{-1}$ .

23. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, сополимеров

акрилонитрила метилакрилата и адипонитрила в зависимости от содержания метилакрилата [195]

| T, К   | Молярное содержание МА, % |        |          |        |          |        |          |        |          |  |
|--------|---------------------------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--|
|        | 6,5                       |        | 11       |        | 15       |        | 24       |        | 32       |  |
|        | Кристалл                  | Стекло | Кристалл | Стекло | Кристалл | Стекло | Кристалл | Стекло | Кристалл |  |
| 80     | 43,9                      | 46,9   | 46,9     | 48,1   | 48,1     | 48,1   | 48,1     | 50,2   | 50,2     |  |
| 90     | 48,2                      | 50,6   | 50,6     | 52,5   | 52,5     | 52,5   | 52,5     | 55,2   | 55,2     |  |
| 100    | 52,3                      | 54,4   | 54,4     | 56,5   | 56,5     | 56,5   | 56,5     | 59,8   | 59,8     |  |
| 120    | 58,6                      | 61,5   | 61,5     | 62,8   | 62,8     | 62,8   | 62,8     | 67,8   | 67,8     |  |
| 140    | 66,9                      | 71,1   | 69,454   | 73,2   | 73,2     | 73,2   | 73,2     | 75,7   | 75,7     |  |
| 160    | 75,3                      | 90     | 79,5     | 81,6   | 81,6     | 83,7   | 81,6     | 87,9   | 81,6     |  |
| 180    | 83,7                      | 112,1  | 87,9     | 108,8  | 91,8     | 113,8  | 91,8     | 120,1  | 91,2     |  |
| 200    | 92,05                     | 121,8  | 97,1     | 131,8  | 102,5    | 138,1  | 101,7    | 143,5  | 98,7     |  |
| 220    | 101,2                     | 130,5  | 113      | 146,4  | 117,2    | 152,7  | 119,2    | 161,1  | 113      |  |
| 240    | 117,2                     | 138,5  | 136      | 143,9  | 148,5    | 143,9  | 150,6    | 160,9  | 129,5    |  |
| 260    | 133,9                     | 145,6  | 145,2    | 153,1  | 151,5    | 152,7  | 152,7    | 160,8  | 148,1    |  |
| 273,15 | 144,4                     | 149,2  | 149      | 155,8  | 153,8    | 154    | 154      | 160,7  | 152,7    |  |
| 280    | 149,8                     | 150,6  | 150,6    | 156,1  | 156,1    | 154,8  | 154,8    | 160,7  | 160,7    |  |
| 300    | 152,7                     | 154,8  | 154,8    | 160,3  | 160,2    | 159    | 159      | 167,4  | 167,4    |  |

Примечание. Метод измерения, погрешность, способ получения и свойства см. в табл. 24.

24. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, сополимеров акрилонитрила, метилакрилата и адипонитрила в зависимости от содержания адипонитрила [195]

| T, К  | Молярное содержание АДН, % |      |      |       |       |       |       |        |       |        |       |
|-------|----------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
|       | 0                          | 2,7  | 5,6  | 8,6   | 12,2  | 30,5  | 45(I) | 45(II) | 56(I) | 56(II) | 68    |
| 80    | 26,2                       | 28,4 | 29,7 | 31,0  | 33,9  | 42,7  | 48,1  | 48,1   | 51,5  | 51,5   | 58,6  |
| 90    | 28,6                       | 30,1 | 31,6 | 33,4  | 36,4  | 47,4  | 54,1  | 54,1   | 56,6  | 56,6   | 62,2  |
| 100   | 31,4                       | 33,0 | 33,9 | 36,6  | 39,3  | 52,3  | 58,4  | 58,6   | 61,5  | 61,5   | 65,7  |
| 120   | 36,5                       | 38,3 | 39,2 | 42,2  | 45,5  | 60,2  | 65,7  | 65,7   | 69,4  | 67,8   | 79,5  |
| 140   | 41,8                       | 44,4 | 45,2 | 47,1  | 52,3  | 68,0  | 73,2  | 73,2   | 81,6  | 79,5   | 85,8  |
| 160   | 46,0                       | 49,0 | 49,8 | 52,3  | 57,5  | 78,4  | 84,9  | 82,0   | 104,6 | 86,6   | 93,3  |
| 180   | 49,4                       | 52,3 | 54,0 | 55,3  | 62,8  | 104,6 | 115,1 | 90,0   | 143   | 94,1   | 101,2 |
| 200   | 53,6                       | 56,1 | 57,5 | 61,5  | 70,7  | 122,6 | 131,8 | 99,6   | —     | 104,6  | 110,9 |
| 220   | 56,1                       | 59,8 | 61,5 | 65,3  | 77,0  | 131,4 | 148,5 | 115,1  | —     | 118,4  | 124,7 |
| 240   | 60,7                       | 64,8 | 66,5 | 70,7  | 83,7  | 138,9 | —     | 230,1  | —     | 142,2  | 142,2 |
| 260   | 66,1                       | 70,3 | 71,5 | 75,7  | 94,1  | 142,3 | —     | —      | —     | —      | 238,5 |
| 273,2 | 70,3                       | 72,2 | 74,0 | 78,6  | 112,8 | 144,8 | —     | —      | 166   | —      | 175,7 |
| 280   | 72,0                       | 73,6 | 75,7 | 80,8  | 118,4 | 146,4 | 159,0 | 158,9  | 167,4 | 167,4  | 177,8 |
| 300   | 74,9                       | 78,2 | 82,4 | 102,5 | 129,3 | 148,1 | 162,3 | 162,3  | 171,1 | 171,1  | 184,1 |

Примечание. Способ получения сополимеров — латексный метод полимеризации мономеров при 328К. После отмывания и очистки разгонкой в ректификационной колонке в вакууме содержание ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  и алкилсульфонатов  $< 0,05$  %.

Плотность исходных мономеров, кг·м<sup>-3</sup>: 806,0 (АН); 954,3 (МА); 962,3 (АДН).

До пластификации АДН молярное содержание АН и МА в сополимере соответственно 85 и 15 %. При молярном содержании АДН 45 и 56 % сополимер имеет два состояния — стеклообразное (I) и кристаллическое (II).

За моль принята молекулярная масса условного повторяющегося звена сополимера.

Метод измерения  $C_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром. Погрешность измерения  $\pm 0,5$  %. Скорость нагрева образца  $0,3 \text{ К} \cdot \text{мин}^{-1}$ .

25. Молярная теплоемкость, теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения полиамидов [140, 234, 235]

| T, K | Найлон  |  | Найлон 6                                     |  | Найлон 7                                     |  | Полиамид 6PN                                    | Полиамид 6PW                           | Полиамид П68 | Полиамид П68Т40 | Полиамид П68Т60 |
|------|---|--|--|--|--|--|---|--|--------------|-----------------|-----------------|
|      | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $-\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $-\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |              |                 |                 |
| 4    | 0,016   | 42,2                                   | —  | —  | —  | —  | —   | —                                      | —            | —               | —               |
| 5    | 0,017   | 42,3                                   | —  | —  | —  | —  | —   | —                                      | —            | —               | —               |
| 6    | 0,020   | 42,4                                   | —  | —  | —  | —  | —   | —                                      | —            | —               | —               |
| 7    | 0,023   | 42,6                                   | —  | —  | —  | —  | —   | —                                      | —            | —               | —               |
| 8    | 0,030   | 42,7                                   | —  | —  | —  | —  | —   | —                                      | —            | —               | —               |
| 9    | 0,035   | 42,8                                   | —  | —  | —  | —  | —   | —                                      | —            | —               | —               |
| 10   | 0,041   | 42,9                                   | —  | —  | —  | —  | —   | —                                      | —            | —               | —               |
| 20   | 0,105   | 44,0                                   | —  | —  | —  | —  | —   | —                                      | —            | —               | —               |
| 30   | —   | 45,1                                   | —  | —  | —  | —  | —   | —                                      | —            | —               | —               |
| 40   | —   | 46,2                                   | —  | —  | —  | —  | —   | —                                      | —            | —               | —               |
| 50   | —   | 47,3                                   | —  | —  | —  | —  | —   | —                                      | —            | —               | —               |
| 60   | —   | 48,3                                   | —  | —  | —  | —  | —   | —                                      | —            | —               | —               |
| 70   | —   | 49,3                                   | 439  | 49,79  | 462  | 58,99  | —   | —                                      | —            | —               | —               |
| 80   | —   | 50,2                                   | 498  | 56,48  | 522  | 66,53  | 0,280   | 0,310                                  | —            | —               | —               |
| 90   | —   | 51,2                                   | 553  | 62,76  | 575  | 73,22  | 0,285   | 0,320                                  | —            | —               | —               |
| 100  | —   | 52,0                                   | 600  | 68,20  | 626  | 79,92  | 0,290   | 0,330                                  | —            | —               | —               |
| 120  | —   | 53,7                                   | 685  | 77,82  | 725  | 92,47  | 0,300   | 0,340                                  | —            | —               | —               |
| 140  | —   | 55,3                                   | 770  | 87,45  | 826  | 105,4  | 0,303   | 0,344                                  | —            | —               | —               |
| 160  | —   | 56,0                                   | 860  | 97,49  | 928  | 118,4  | 0,306   | 0,347                                  | —            | —               | —               |
| 180  | —   | 55,6                                   | 945  | 107,1  | 1040   | 132,6  | 0,310   | 0,350                                  | —            | —               | —               |
| 200  | —   | 53,8                                   | 1032   | 117,2  | 1160   | 148,1  | 0,315   | 0,355                                  | —            | —               | —               |
| 220  | —   | 50,3                                   | 1120   | 127,2  | 1285   | 164,0  | 0,320   | 0,358                                  | —            | —               | —               |
| 240  | —   | 44,8                                   | 1215   | 137,6  | 1410   | 179,5  | 0,323   | 0,360                                  | 60,0         | 30              | 20,0            |
| 260  | —   | 40,0                                   | 1310   | 148,1  | 1540   | 187,1  | 0,325   | 0,360                                  | 60,0         | 31,7            | 20,5            |
| 273  | —   | —                                      | 1368   | 155,4  | 1635   | 196,6  | 0,326   | 0,360                                  | 60,0         | 33,4            | 21,7            |
| 280  | —   | —                                      | 1400   | 159,0  | 1685   | 215,1  | 0,326   | 0,360                                  | 60,0         | 33,0            | 22,0            |
| 300  | —   | —                                      | 1520   | 172,0  | 1850   | 236,0  | 0,326   | 0,360                                  | 60,0         | 32,5            | 22,5            |

Примечание. Образцы из найлона 6 и 7: полукристаллические, объемное содержание кристаллической фазы 40—75 %. Найлон 6: моноклинной структуры, масса 1 кмолья 113,16 кг; найлон 7: масса 1 кмолья 127,19 кг.

В образцах из полиамида 6PN: объемное содержание кристаллической фазы 0,36 %, содержание влаги 1,7 %, плотность 1147,0 кг·м<sup>-3</sup>.

В образцах из полиамида 6PW: объемное содержание кристаллической фазы 0,34 %, содержание влаги 9,9 %, плотность 1146,0 кг·м<sup>-3</sup>. Отечественный аналог полиамида 6P — капрон. Индексы N, W — означают условия кондиционирования; N — при относительной влажности 65% и температуре 293K; W — в воде при температуре 293K.

Для образцов из полиамидов П68, П68Т40, П68Т60 ориентировочные данные в интервале температур от 293 до 7K.

26. Теплопроводность полиамидной пленки [29]

| T, K | Толщина пленки, мкм | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | Средняя квадратическая погрешность измерения, % | Примечание. Пленки образованы из полиамидных смол. Метод измерения $\lambda$ — по изменению сопротивления вспомогательного проводящего слоя, нанесенного на исследуемый образец при пропускании по нему электрического тока. |
|------|---------------------|---|---|--|
| 90   | 10                  | 0,16  | ±14   |  |
| 90   | 17                  | 0,15  | ±10   |  |
| 300  | 17                  | 0,23  | ±16   |  |

27. Удельная теплоемкость  $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, полибензоксазолов ПОА, ПБО-2, ПБО-1 [172]

| T, K | ПОА   | ПБО-2 | ПБО-1 | Примечание. Поликонденсация поли-4,4'-диокси-3,3'-изофталамидодифенилметана (ПОА) проведена в вакууме при 453—523K в течение 6 ч. Поли-2,2'-(μ-фенилен)-5,5'-добензоксазолметан получен одностадийным (ПБО-1) и двухстадийным (ПБО-2) методом поликонденсации в полифосфорной кислоте при 440—450 K в среде аргона в течение 1 ч. Состав, %: ПОА: С — 69,9; Н — 4,6; N — 7,6; ПБО-1: С — 76,9; Н — 4,0; N — 8,3; ПБО-2: С — 77; Н — 3,9; N — 8,5. Метод измерения $c_p$ — адиабатическим вакуумным калориметром (относительная погрешность измерения 0,3—0,5 %). |
|------|-------|-------|-------|--|
| 100  | 0,502 | 0,377 | 0,502 |  |
| 200  | 0,920 | 0,795 | 0,837 |  |
| 300  | 1,464 | 1,130 | 1,255 |  |

28. Теплопроводность, температуропроводность и теплоемкость поликарбоната [143, 211 235]

| T, K | $c_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^6$ , Дж·м <sup>-3</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | T, K | $c_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^6$ , Дж·м <sup>-3</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> |
|------|--|--|--|---|--|------|--|--|--|---|--|
|      |  |  |  |   |  |      |  |  |  |   |  |
| 30   | 39,83  | 157  | —  | —   | —  | 160  | 167,8  | 662  | 0,904  | 0,127   | 1,63   |
| 40   | 52,47  | 207  | —  | —   | —  | 180  | 187,4  | 740  | 0,935  | 1,317   | 1,53   |
| 50   | 63,76  | 251  | —  | —   | —  | 200  | 208,4  | 820  | 0,974  | 1,375   | 1,45   |
| 60   | 73,72  | 291  | —  | —   | —  | 220  | 228,0  | 900  | 1,016  | 1,443   | 1,40   |
| 70   | 82,60  | 325  | —  | —   | —  | 240  | 247,7  | 975  | 1,070  | 1,533   | 1,36   |
| 80   | 91,21  | 360  | —  | —   | —  | 260  | 266,5  | 1050   | 1,160  | 1,632   | 1,31   |
| 90   | 100,3  | 395  | —  | —   | —  | 273  | 281,2  | 1100   | 1,250  | 1,697   | 1,30   |
| 100  | 109,8  | 432  | —  | —   | —  | 280  | 286,2  | 1130   | 1,290  | 1,730   | 1,29   |
| 120  | 128,0  | 505  | —  | —   | —  | 300  | 305,8  | 1210   | 1,420  | 1,833   | 1,27   |

29. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, различных каучуков [211, 232]

| T, К | Цис-1,4-полибутадиен *1 | Транс-1,4-полибутадиен *2 | Полиизопрен **3 | T, К | Цис-1,4-полибутадиен *1 | Транс-1,4-полибутадиен *2 | Полиизопрен **3 |
|------|-------------------------|---------------------------|-----------------|------|-------------------------|---------------------------|-----------------|
| 10   | 2,720                   | 2,510                     | 1,046           | 120  | 41,84                   | 41,84                     | 50,96           |
| 15   | 6,694                   | 5,86                      | 4,979           | 140  | 46,02                   | 46,02                     | 57,49           |
| 20   | 8,545                   | 7,63                      | 7,991           | 160  | 58,58                   | 54,39                     | 63,97           |
| 30   | 12,97                   | 11,72                     | 13,89           | 180  | 75,31                   | 58,58                     | 70,33           |
| 40   | 18,83                   | 18,0                      | 19,20           | 200  | 79,50                   | 71,13                     | Стекло-ван.     |
| 50   | 23,22                   | 22,18                     | 23,97           | 220  | 92,05                   | 79,50                     | 112,3           |
| 60   | 27,20                   | 26,36                     | 28,49           | 240  | 113,0                   | 87,86                     | 116,9           |
| 70   | 29,29                   | 28,87                     | 32,43           | 260  | 96,23                   | 100,4                     | 121,6           |
| 80   | 31,38                   | 31,38                     | 36,57           | 273  | 98,74                   | 111,9                     | 124,7           |
| 90   | 33,26                   | 33,68                     | 40,17           | 280  | 100,4                   | 113,0                     | 126,3           |
| 100  | 35,56                   | 35,56                     | 44,02           | 300  | 104,6                   | 138,1                     | 131,0           |

\*1 Масса 1 кмоль 54,09 кг. Образцы содержали 94 % цис-изомера, 3 % транс-изомера и 3 % 1,2-полибутадиена.

\*2 Образцы содержали 96,2 % транс-изомера и 3,8 % 1,2-полибутадиена.

\*3 Аморфный изомер цис-1,4-полиизопрен — натуральная резина; масса кмоль 68,12 кг.

30. Теплопроводность и удельная теплоемкость резин [235, 229]

| T, К | 1  |   | 2  |   | 3  | T, К | 1  |   | 2  |   | 3  |
|------|--|---|--|---|--|------|--|---|--|---|--|
|      | $C_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $C_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $C_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |      | $C_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $C_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $C_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
| 5    | —  | —   | —  | —   | 4,0  | 180  | 1031   | 0,131   | 1030   | 0,054   | 1013   |
| 10   | —  | —   | —  | —   | 28   | 190  | 1081   | 0,134   | 1128   | 0,061   | 1060   |
| 15   | 7,3  | —   | 73   | —   | 70   | 195  | 1102   | 0,135   | 1226   | 0,064   | 1084   |
| 20   | 117  | —   | 117  | —   | 113  | 200  | 1441   | 0,136   | 1332   | 0,068   | 1122   |
| 30   | 205  | —   | 204  | —   | 196  | 205  | 1600   | 0,137   | 1436   | 0,072   | 1160   |
| 40   | 283  | —   | 282  | —   | 272  | 210  | 1613   | 0,138   | 1536   | 0,076   | 1340   |
| 50   | 352  | 0,118   | 352  | —   | 339  | 212  | 1616   | 0,139   | 1580   | 0,078   | 1659   |
| 60   | 419  | 0,118   | 418  | —   | 398  | 220  | 1642   | 0,142   | 1650   | 0,084   | 1684   |
| 70   | 481  | 0,119   | 476  | —   | 456  | 240  | 1705   | 0,148   | 1720   | 0,100   | 1730   |
| 80   | 537  | 0,119   | 536  | —   | 511  | 260  | 1751   | 0,154   | 1780   | 0,117   | 1780   |
| 90   | 599  | 0,120   | 588  | 0,010   | 561  | 273  | 1792   | 0,160   | 1825   | 0,130   | 1820   |
| 100  | 649  | 0,121   | 645  | 0,014   | 611  | 280  | 1814   | 0,162   | 1850   | 0,136   | 1843   |
| 120  | 754  | 0,122   | 750  | 0,022   | 712  | 290  | 1844   | 0,166   | 1886   | 0,145   | 1870   |
| 140  | 842  | 0,124   | 845  | 0,032   | 812  | 300  | 1880   | 0,171   | 1920   | 0,155   | 1900   |
| 160  | 943  | 0,128   | 940  | 0,042   | 913  |      |  |   |  |   |  |

Примечание. 1 — резина синтетическая, 2 — натуральная, 3 — стирольная (бутадиен 1-3 %, стирен 25 %).

31. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, сополимера бутадиенстирола [233]

| T, К | Молярное содержание стирола, % |        |       |       |       |        |
|------|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|--------|
|      | 0                              | 2,4    | 7,0   | 8,2   | 16,4  | 100    |
| 20   | 0,837                          | 1,046  | 1,26  | 1,464 | 1,674 | 4,184  |
| 40   | 3,766                          | 3,9748 | 4,184 | 4,393 | 4,602 | 11,715 |
| 60   | 5,439                          | 5,858  | 6,276 | 6,694 | 7,531 | 16,736 |
| 80   | 7,113                          | 7,74   | 7,95  | 8,370 | 9,205 | 20,08  |
| 100  | 8,786                          | 9,205  | 9,623 | 10,46 | 11,72 | 23,85  |
| 120  | 10,46                          | 10,88  | 11,3  | 12,13 | 13,39 | 27,196 |
| 140  | 11,72                          | 12,55  | 13,39 | 14,23 | 15,48 | 30,54  |
| 160  | 12,97                          | 13,81  | 15,06 | 15,9  | 17,15 | 34,31  |
| 180  | 14,23                          | 15,48  | 16,32 | 17,15 | 18,41 | 37,66  |
| 200  | 21,34                          | 23,85  | 27,2  | 27,61 | 22,18 | 41,84  |
| 220  | 22,18                          | 24,69  | 27,2  | 27,61 | 22,18 | 46,02  |
| 240  | 22,59                          | 25,10  | 28,45 | 28,87 | 31,38 | —      |
| 260  | 23,43                          | 26,36  | 29,29 | 29,71 | 33,47 | —      |
| 273  | 23,98                          | 26,88  | 29,83 | 30,6  | 34,28 | —      |
| 280  | 24,27                          | 27,2   | 30,12 | 30,96 | 34,73 | —      |
| 300  | 25,10                          | 28,45  | 30,96 | 31,79 | 36,40 | —      |

32. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, материалов на основе каучуков [194, 230]

| T, К | ФК-20                |                       | ФК-40                |                       | ВОК                  | T, К | ФК-20                |                       | ФК-40                |                       | ВОК                  |
|------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
|      | $p$ , Па             |                       |                      |                       |                      |      | $p$ , Па             |                       |                      |                       |                      |
|      | 1,01·10 <sup>5</sup> | 1,33·10 <sup>-2</sup> | 1,01·10 <sup>5</sup> | 1,33·10 <sup>-2</sup> | 1,01·10 <sup>5</sup> |      | 1,01·10 <sup>5</sup> | 1,33·10 <sup>-2</sup> | 1,01·10 <sup>5</sup> | 1,33·10 <sup>-2</sup> | 1,01·10 <sup>5</sup> |
| 70   | 22,6                 | 7,8                   | 25,6                 | 5,8                   | —                    | 190  | 39,7                 | 12,7                  | 41,3                 | 13,0                  | 24,2                 |
| 80   | 24,0                 | 8,5                   | 27,0                 | 6,4                   | 14,5                 | 200  | 41,5                 | 13,0                  | 43,0                 | 13,6                  | 25,0                 |
| 90   | 25,2                 | 8,8                   | 28,0                 | 7,0                   | 15,4                 | 210  | 43,5                 | 13,2                  | 44,6                 | 14,2                  | 25,8                 |
| 100  | 26,5                 | 9,0                   | 29,0                 | 7,6                   | 16,3                 | 220  | 45,5                 | 13,5                  | 46,5                 | 14,8                  | 26,7                 |
| 110  | 28,0                 | 9,4                   | 30,7                 | 8,2                   | 17,2                 | 230  | 48,1                 | 14,1                  | 48,2                 | 15,5                  | 27,5                 |
| 120  | 29,5                 | 9,8                   | 31,5                 | 8,8                   | 18,0                 | 240  | 49,8                 | 14,5                  | 49,5                 | 16,2                  | 28,3                 |
| 130  | 31,0                 | 10,1                  | 32,6                 | 9,4                   | 19,0                 | 250  | 51,8                 | 14,8                  | 51,2                 | 17,0                  | 29,2                 |
| 140  | 32,5                 | 10,5                  | 34,0                 | 10                    | 20,0                 | 260  | 53,6                 | 15,3                  | 52,8                 | 17,9                  | 30,2                 |
| 150  | 33,8                 | 10,9                  | 35,2                 | 10,7                  | 20,7                 | 273  | 56,0                 | 16,0                  | 55                   | 19,0                  | 31,4                 |
| 160  | 35,0                 | 11,3                  | 36,5                 | 11,3                  | 21,6                 | 280  | 57,3                 | 16,5                  | 56,2                 | 19,4                  | 32,0                 |
| 170  | 36,6                 | 12,0                  | 37,4                 | 11,9                  | 22,5                 | 290  | 59,0                 | 17,4                  | 58                   | 20,1                  | 33,2                 |
| 180  | 38,0                 | 12,5                  | 39,5                 | 12,4                  | 23,3                 | 300  | 61,0                 | 18,0                  | 60                   | 20,7                  | 34,4                 |

Примечание. ФК-20, ФК-40 — фторированные каучуки с плотностью соответственно 180 и 170 кг·м<sup>-3</sup>. ВОК — вспененный отвержденный каучук плотностью 81,5 кг·м<sup>-3</sup>.

33. Температуропроводность резиновых композиций на основе синтетического органического полимера при 300К [130]

| Композиция | $\alpha \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | Композиция | $\alpha \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | Композиция | $\alpha \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> |
|------------|---|------------|---|------------|---|
| 65ЛБ-57    | 0,83  | 7В-14-1    | 1,74  | ТБ-30      | 1,30  |
| ИРП13-48   | 1,67  | НО-68-2    | 1,49  |            |   |

Примечание. Метод измерения  $\alpha$  — динамический, однонаправленным потоком. Погрешность измерения  $\pm 8$  %.

Образцы — диски, образованные из четырех плоских слоев исследуемого материала одинакового размера (толщина 5—6 мм, контактные плоскости 100×100 мм<sup>2</sup>).

34. Теплопроводность, температуропроводность и теплоемкость полиэфиров [140, 143, 211]

| T, K | ПЭТФ   |   |  | ПОМ   | T, K | ПЭТФ  |  |   | ПОМ  |  |   |
|------|--|---|--|-------|------|---|--|---|------|--|---|
|      | $\lambda, \text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ | $c_p \cdot 10^6, \text{Дж}\cdot\text{м}^{-3}\cdot\text{К}^{-1}$ | $a \cdot 10^7, \text{м}^2\cdot\text{с}^{-1}$ |       |      | $C_p, \text{Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ | $\lambda, \text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ | $c_p \cdot 10^6, \text{Дж}\cdot\text{м}^{-3}\cdot\text{К}^{-1}$ |      | $a \cdot 10^7, \text{м}^2\cdot\text{с}^{-1}$ | $C_p, \text{Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ |
|      |  |   |  |       |      |   |  |   |      |  |   |
| 15   | —  | —   | —  | 0,837 | 160  | 0,1405  | 0,940  | 1,54  | 22,5 |  |   |
| 20   | —  | —   | —  | 2,092 | 170  | 0,1416  | 0,980  | 1,49  | 23,5 |  |   |
| 30   | —  | —   | —  | 4,602 | 180  | 0,1428  | 1,040  | 1,42  | 24,5 |  |   |
| 40   | —  | —   | —  | 6,694 | 190  | 0,1436  | 1,077  | 1,37  | 25,5 |  |   |
| 50   | —  | —   | —  | 9,205 | 200  | 0,1444  | 1,125  | 1,32  | 26,6 |  |   |
| 60   | —  | —   | —  | 11,30 | 210  | 0,1451  | 1,175  | 1,26  | 27,6 |  |   |
| 70   | 0,105  | 0,455   | 2,25   | 12,97 | 220  | 0,1458  | 1,223  | 1,22  | 28,7 |  |   |
| 80   | 0,117  | 0,527   | 2,14   | 15,6  | 230  | 0,1463  | 1,270  | 1,18  | 29,9 |  |   |
| 90   | 0,123  | 0,580   | 2,06   | 16,4  | 240  | 0,1468  | 1,320  | 1,13  | 31,1 |  |   |
| 100  | 0,127  | 0,640   | 1,97   | 17,1  | 250  | 0,1472  | 1,365  | 1,10  | 32,5 |  |   |
| 110  | 0,131  | 0,680   | 1,89   | 17,9  | 260  | 0,1476  | 1,410  | 1,06  | 34,0 |  |   |
| 120  | 0,133  | 0,740   | 1,81   | 18,8  | 273  | 0,1479  | 1,466  | 1,01  | 36,0 |  |   |
| 130  | 0,1355   | 0,780   | 1,71   | 19,6  | 280  | 0,1486  | 1,500  | 0,984   | 37,7 |  |   |
| 140  | 0,1375   | 0,840   | 1,67   | 20,6  | 290  | 0,1496  | 1,545  | 0,945   | 39,8 |  |   |
| 150  | 0,139  | 0,880   | 1,60   | 21,5  | 300  | 0,1510  | 1,585  | 0,916   | 41,9 |  |   |

Примечания. ПЭТФ — полиэтилтерeftалат под названием Mylar (фирма Дирон), отечественный аналог — лавсан; ПОМ — полиоксиметилен кристаллический, масса кмоля 30,03 кг.

35. Молярная теплоемкость  $C_p, \text{Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ , сополимера этилтерeftалата и этиленэфира себаценовой кислоты в зависимости от содержания мономеров [233]

| T, K | Молярное отношение тереftалат/эфир, % |          |       | T, K | Молярное отношение тереftалат/эфир, % |          |       |
|------|---------------------------------------|----------|-------|------|---------------------------------------|----------|-------|
|      | 80/20 *1                              | 60/40 *2 | 0/100 |      | 80/20 *1                              | 60/40 *2 | 0/100 |
|      |                                       |          |       |      |                                       |          |       |
| 240  | 202,5                                 | 219,0    | 317,5 | 273  | 236,4                                 | 255,22   | 393,3 |
| 250  | 215,9                                 | 225,9    | 334,7 | 280  | 246,9                                 | 292,9    | 418,4 |
| 260  | 225,9                                 | 235,1    | 355,6 | 300  | 297,1                                 | 318,0    | 477,0 |

\*1 Сополимер содержал 22 % кристаллической фазы.

\*2 Сополимер содержал 15 % кристаллической фазы.

36. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^4, \text{К}^{-1}$ , полиэфиров различных типов [210]

| T, K | ПВМЭ | ПВИПЭ | ПВнДЭ | ПВнОЭ | ПВнГЭ | ПВЭЭ |
|------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| 93   | 0,52 | —     | 0,82  | 0,71  | 0,65  | 0,81 |
| 113  | 0,64 | 0,88  | 1,0   | 0,88  | 1,0   | 0,87 |
| 133  | 0,65 | 0,88  | 1,13  | 0,98  | 1,07  | 0,89 |
| 153  | 0,62 | 0,89  | 1,17  | 1,03  | 1,35  | 0,87 |
| 173  | 0,68 | 0,90  | 1,25  | 1,21  | 1,52  | 0,89 |
| 193  | 0,69 | 0,90  | 1,58  | 1,25  | 1,95  | 0,95 |
| 203  | 0,72 | 0,90  | —     | —     | 2,72  | 0,98 |
| 213  | 0,74 | 0,90  | 2,26  | —     | 2,95  | 1,00 |
| 223  | 0,76 | 0,90  | —     | —     | —     | 1,15 |
| 233  | 0,77 | 1,04  | —     | —     | —     | 1,30 |
| 243  | —    | 1,16  | —     | —     | —     | —    |
| 253  | 1,58 | 1,28  | —     | —     | —     | 2,05 |
| 263  | 2,20 | —     | —     | —     | —     | 2,46 |
| 273  | 2,13 | 2,28  | —     | —     | —     | 2,40 |
| 283  | 2,18 | 2,25  | —     | —     | —     | —    |
| 293  | 2,24 | 2,21  | —     | —     | —     | —    |

| T, K | ПВнБЭ | ПВИБЭ | ПВсБЭ | ПЭТФ (1-1) | ПЭТФ (1-2) | ПЭТФ (2-1) | ПЭТФ (2-2) |
|------|-------|-------|-------|------------|------------|------------|------------|
| 93   | 0,90  | 0,70  | 0,66  | —          | 0,42       | 0,45       | 0,45       |
| 113  | 1,05  | 0,90  | 0,78  | 0,46       | 0,47       | 0,47       | 0,46       |
| 133  | 1,12  | 1,05  | 0,88  | 0,46       | 0,52       | 0,49       | 0,46       |
| 153  | 1,08  | 1,10  | 0,92  | 0,49       | 0,50       | 0,49       | 0,49       |
| 173  | 1,26  | 1,12  | 1,0   | 0,50       | 0,51       | 0,55       | 0,50       |
| 193  | 1,30  | 1,14  | 1,07  | 0,56       | 0,57       | 0,59       | 0,58       |
| 203  | 1,42  | 1,17  | 1,13  | 0,56       | 0,57       | 0,59       | 0,57       |
| 213  | 1,80  | 1,20  | 1,20  | 0,55       | 0,57       | 0,58       | 0,55       |
| 223  | —     | 1,25  | 1,20  | 0,58       | 0,62       | 0,59       | 0,59       |
| 233  | 2,40  | 1,22  | 1,37  | 0,62       | 0,67       | 0,60       | 0,62       |
| 243  | 2,46  | 1,34  | 1,82  | 0,64       | 0,68       | 0,62       | 0,65       |
| 253  | 2,40  | 1,92  | 2,14  | 0,67       | 0,66       | 0,64       | 0,67       |
| 263  | 2,30  | 2,15  | 2,08  | 0,70       | 0,67       | 0,65       | 0,67       |
| 273  | 2,2   | 2,32  | 2,0   | 0,66       | 0,68       | 0,65       | 0,66       |
| 283  | —     | 2,20  | 2,07  | —          | 0,67       | 0,65       | 0,66       |
| 293  | —     | 2,10  | 2,14  | —          | 0,65       | 0,65       | 0,66       |

Примечание. ПЭТФ (1-1) и ПЭТФ (2-1) — полиэтилтерeftалат с массой 1 кмоля соответственно 13 500 и 19 500 кг.  
В исходных образцах ПЭТФ (1-1) и ПЭТФ (2-1) объемное содержание кристаллической фазы менее 10 %.

После кристаллизации (2 ч при 413К) в образцах ПЭТФ (1-2) и ПЭТФ (2-2) объемное содержание кристаллической фазы было 35 %.

Метод измерения  $\alpha$  — кварцевым дилатометром (погрешность измерения  $\pm 5$  %).

37. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, полиоксидов [140, 233]

| Т, К | ПОМ   | ПОЭ  | ПОП  | ПТГФ | Полиоксид сополимеров |         |        |          |
|------|-------|------|------|------|-----------------------|---------|--------|----------|
|      |       |      |      |      | ПОМ-ПЭ                | ПОЭ-ЭПЭ | ПОП-ПГ | ПТГФ-АПЭ |
| 60   | 11,73 | —    | —    | —    | 5,86                  | —       | —      | —        |
| 70   | 13,2  | —    | —    | —    | 6,12                  | —       | —      | —        |
| 80   | 14,32 | —    | 31,3 | 39,7 | 6,28                  | —       | —      | 8,38     |
| 90   | 15,39 | —    | 34,4 | 44,0 | 6,50                  | —       | 9,22   | 9,22     |
| 100  | 16,42 | 26,9 | 37,4 | 48,3 | 6,71                  | 7,96    | 9,63   | 10,05    |
| 110  | 17,5  | 28,7 | 40,0 | 52,0 | 7,12                  | 8,16    | 10,05  | 10,9     |
| 120  | 18,6  | 30,5 | 43,4 | 55,8 | 7,54                  | 8,38    | 10,9   | 11,7     |
| 130  | 19,5  | 32,1 | 46,0 | 59,5 | 7,75                  | 8,60    | 11,7   | 12,56    |
| 140  | 20,5  | 33,6 | 48,7 | 63,2 | 7,96                  | 8,80    | 12,56  | 13,40    |
| 150  | 21,5  | 35,1 | 51,4 | 66,4 | 8,16                  | 8,80    | 13,0   | 13,6     |
| 160  | 22,4  | 36,5 | 54,1 | 69,6 | 8,38                  | 8,80    | 13,40  | 13,82    |
| 170  | 23,5  | 37,8 | 57,0 | 73,1 | 8,80                  | 8,60    | 13,8   | 14,45    |
| 180  | 24,5  | 39,1 | 59,0 | 76,5 | 9,22                  | 8,38    | 14,2   | 15,08    |
| 190  | 25,5  | 40,4 | 61,6 | 80,0 | 9,64                  | 8,38    | 14,9   | 15,91    |
| 200  | 26,6  | 41,8 | 64,1 | 83,6 | 10,05                 | 8,38    | 15,5   | 16,75    |

Примечание. Масса 1 кмоль: ПОМ 30,03; ПОП — 58,09; ПТГФ — 72,11.

38. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, диалкилфталатов [99]

| Т, К  | ДМФ    |          | ДФФ   | ДФО   | ДНФ    |          | ДФЭ    |          |
|-------|--------|----------|-------|-------|--------|----------|--------|----------|
|       | Стекло | Кристалл |       |       | Стекло | Кристалл | Стекло | Кристалл |
| 20    | 20,0   | 21,0     | 35,0  | 32,6  | —      | —        | —      | —        |
| 25    | 28,24  | 29,5     | 43,3  | 53,6  | —      | —        | —      | —        |
| 30    | 36,0   | 39,0     | 56,0  | 74,5  | —      | —        | —      | —        |
| 40    | 53,8   | 56,0     | 80,0  | 112,6 | —      | —        | —      | —        |
| 50    | 68,4   | 68,4     | 100,4 | 146,4 | —      | —        | —      | —        |
| 60    | 79,0   | 80,0     | 118,0 | 175,7 | —      | —        | —      | —        |
| 70    | 89,4   | 89,4     | 134,6 | 201,7 | —      | —        | —      | —        |
| 80    | 98,8   | 98,4     | 149,6 | 224,3 | 117,2  | 119,7    | 110,9  | 114,2    |
| 90    | 107,6  | 107,2    | 164,4 | 242,7 | 125,5  | 127,2    | 121,3  | 123,0    |
| 100   | 116,3  | 116,3    | 178,0 | 260,9 | 133,9  | 133,9    | 132,2  | 132,2    |
| 120   | 134,0  | 133,2    | 204,2 | 298,7 | 149,8  | 147,7    | 154,1  | 150,1    |
| 140   | 149,6  | 148,6    | 230,5 | 333,0 | 164,8  | 159,8    | 175,7  | 169,0    |
| 150   | 156,9  | 155,6    | 244,4 | 349,8 | 172,4  | 165,3    | 186,2  | 178,5    |
| 160   | 163,5  | 162,5    | 256,9 | 364,0 | 179,1  | 170,7    | 196,6  | 187,9    |
| 173,5 | —      | —        | 334,3 | —     | —      | —        | —      | —        |
| 180   | 176    | 174,5    | 357,7 | 481,2 | 192,5  | 179,9    | —      | 206,3    |
| 182,5 | —      | —        | —     | 495,8 | —      | —        | —      | —        |
| 192   | 234,5  | —        | —     | —     | —      | —        | 332,2  | —        |
| 200   | 285,6  | 184,1    | 426,8 | 635,9 | 292,9  | 188,4    | 322,6  | 224,3    |
| 217   | 281,6  | —        | —     | —     | —      | —        | —      | —        |
| 220   | —      | 191,2    | 433,5 | 642,7 | 280,3  | 194,6    | 331,4  | 243,5    |
| 240   | —      | 196,4    | 441,4 | 652,7 | —      | 200,4    | 340,2  | 261,5    |
| 250   | —      | 198,5    | 445,6 | 658,9 | —      | 202,9    | 344,3  | 271,0    |
| 260   | —      | 200,2    | 451,0 | 666,1 | —      | 205,0    | 348,5  | 280,3    |
| 272   | —      | —        | —     | —     | —      | 368,2    | —      | 435,1    |
| 272   | —      | —        | —     | —     | —      | Жидкость | —      | Жидкость |
| 273   | —      | —        | —     | —     | —      | 297,1    | —      | 359,8    |
| 274,2 | —      | 213,0    | 458,6 | 677,8 | —      | —        | 355,2  | —        |
| 274,2 | —      | Жидкость | —     | —     | —      | —        | —      | —        |
| 280   | —      | 297,1    | —     | —     | —      | —        | —      | —        |
| 280   | —      | 298,6    | 462,8 | 684,1 | —      | 300,0    | 358,9  | 363,2    |
| 300   | —      | 303,8    | 477,0 | 707,1 | —      | 307,1    | 369,0  | 371,9    |

Примечание. Промышленные диалкилфталаты очищали разгонкой в вакууме. Метод измерения  $C_p$  — адиабатическим калориметром (погрешность  $\pm 0,5\%$ ), скорость нагрева образцов 0,3 К·мин<sup>-1</sup>.

39. Удельная теплоемкость и температурный коэффициент линейного расширения клеев на основе фенолоформальдегидной и эпоксидной смол [77, 81, 85]

| Т, К | БФ-2*1<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | БФ-4*1 | Бакелит А* | ВФТ-С** | К-9, К-9МР | ЭПК-1 | ЭПК-1**+ВН | К-63А**4 | Арадит**5 |
|------|--|--------|------------|---------|------------|-------|------------|----------|-----------|
|      |  |        |            |         |            |       |            |          |           |
| 0,3  | $7,82 \cdot 10^{-4}$                           | —      | —          | —       | —          | —     | —          | —        | —         |
| 1,0  | 0,029  | —      | —          | —       | —          | —     | —          | —        | 0,06      |
| 1,5  | —  | —      | —          | —       | —          | —     | —          | —        | 0,24      |
| 2,0  | 0,232  | —      | —          | —       | —          | —     | —          | —        | 0,89      |
| 3,0  | 0,782  | —      | —          | —       | —          | —     | —          | —        | 2,25      |
| 4,0  | 1,856  | —      | —          | —       | —          | —     | —          | —        | 4,6       |
| 5,0  | —  | —      | —          | —       | —          | —     | —          | —        | 27,2      |
| 10   | —  | —      | —          | —       | —          | —     | —          | —        | 54,2      |
| 15   | —  | —      | —          | —       | —          | —     | —          | —        | 81,1      |
| 20   | 84   | 117    | —          | —       | —          | —     | —          | —        | —         |
| 30   | 140  | 176    | —          | —       | —          | —     | —          | —        | —         |
| 40   | 192  | 230    | —          | —       | —          | —     | —          | —        | —         |
| 50   | 244  | 284    | —          | —       | —          | —     | —          | —        | —         |
| 60   | 292  | 352    | 43,0       | 39,8    | —          | —     | —          | —        | —         |
| 70   | 340  | 396    | 45,0       | 40,7    | 70,0       | 51,6  | 41,3       | —        | —         |
| 80   | 380  | 443    | 46,8       | 41,7    | 72,2       | 53,2  | 42,4       | —        | —         |
| 90   | 424  | 490    | 48,7       | 42,6    | 74,3       | 54,8  | 43,4       | —        | —         |
| 100  | 464  | 536    | 50,5       | 43,5    | 76,1       | 56,4  | 44,3       | —        | —         |
| 110  | 500  | 584    | 52,3       | 44,4    | 77,7       | 58,0  | 45,2       | —        | —         |
| 120  | 536  | 630    | 54,0       | 45,3    | 79,3       | 59,5  | 46,1       | —        | —         |
| 130  | 568  | 676    | 55,6       | 46,2    | 80,8       | 61,0  | 46,9       | —        | —         |
| 140  | 600  | 712    | 57,4       | 47,1    | 81,6       | 62,5  | 47,7       | —        | —         |
| 150  | 635  | 762    | 59,0       | 48,0    | 82,1       | 64,0  | 48,4       | —        | —         |
| 160  | 670  | 804    | 60,6       | 48,8    | 82,5       | 65,4  | 49,1       | —        | —         |
| 170  | 704  | 845    | 62,2       | 49,7    | 83,0       | 66,7  | 49,8       | —        | —         |
| 180  | 738  | 886    | 63,8       | 50,4    | 83,7       | 68,1  | 50,4       | —        | —         |
| 190  | 773  | 930    | 65,4       | 51,3    | 84,7       | 69,3  | 51,0       | —        | —         |
| 200  | 808  | 972    | 66,9       | 52,1    | 86,1       | 70,5  | 51,5       | —        | —         |
| 210  | 844  | 1015   | 68,4       | 52,9    | 87,1       | 71,6  | 52,0       | —        | —         |
| 220  | 880  | 1058   | 70,0       | 53,7    | 87,4       | 72,6  | 52,5       | —        | —         |
| 230  | 919  | 1100   | 71,4       | 54,5    | 87,5       | 73,5  | 52,9       | —        | —         |
| 240  | 957  | 1146   | 73,0       | 55,2    | 87,5       | 74,3  | 53,4       | —        | —         |
| 250  | 994  | 1192   | 74,4       | 56,0    | 87,5       | 75,0  | 53,7       | —        | —         |
| 260  | 1032   | 1238   | 76,0       | 56,8    | 87,5       | 75,7  | 54,0       | —        | —         |
| 273  | 1080   | 1300   | —          | 57,5    | —          | 76,5  | 54,4       | —        | —         |
| 280  | 1108   | 1336   | —          | 58,2    | —          | 76,9  | 54,6       | —        | —         |
| 290  | 1148   | 1386   | —          | 59,0    | —          | 77,4  | 54,8       | —        | —         |
| 300  | 1188   | 1440   | —          | 59,7    | —          | 77,9  | 55,0       | —        | —         |

Примечание. Методы измерения:  $c_p$  — адиабатическим калориметром (погрешность измерения  $\pm 5\%$  при  $T < 20 \text{ К}$ ,  $\pm 1\%$  при  $T > 50 \text{ К}$ );  $\alpha$  — интерференционным методом (погрешность  $\pm 5\%$ ).

\*1 Клей БФ-2 и БФ-4 наносили послойно на медную фольгу, каждый слой полимеризовали при 393 К в течение 1 ч. Теплоемкость медной фольги определяли отдельно. Для теплоемкости при 0,3–0,4 К получена формула  $c_p = 2,9 \cdot 10^{-2} T^3$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>.

\*2 Фенолоформальдегидное связующее. Для модифицированных фенолоформальдегидных связующих ФН, модифицированных эпоксидных связующих ЭФ-32-301, полиэфирной смолы 911 значения  $\alpha$  в интервале температур 70–300 К практически совпадают со значениями  $\alpha$  для ВФТ-С.

\*3 Полимеризованный эпоксидный клей ЭПК-1, в который в качестве наполнителя добавлен нитрид бора.

\*4 Связующее на основе смол ЭД-5 и Э-181.

\*5 Полимеризованная эпоксидная смола типа I (США).



40. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>, К<sup>-1</sup>, литейных эпоксидов [17]

| T, К  | I                      | II                     | <p>Примечание. Литейные эпоксиды используют для изготовления деталей, работающих при глубоком охлаждении.</p> <p>I — эпоксид Epibond 100A; II — эпоксид Stycast 1266.</p> <p>Образцы эпоксиды Stycast 1266 в виде цилиндра диаметром 19 мм и массой 0,1 кг получали смешением в соответствующей пропорции составных частей, выдерживанием в вакууме при 323 К в течение 10 мин для полного устранения пузырьков с последующей заливкой в цилиндрическую форму и отверждением по режиму 323 К, 8 ч.</p> <p>Метод измерения <math>\lambda</math> — осевым тепловым потоком (погрешность измерения <math>\pm 2\%</math>).</p> <p>Теплопроводность обоих эпоксидов в диапазоне температур 0,015 — 1 К пропорциональна <math>T^n</math>, где <math>n = 1,98 \pm 2</math>.</p> |
|-------|------------------------|------------------------|--|
| 0,025 | 4,2 · 10 <sup>-5</sup> | 4,1 · 10 <sup>-5</sup> |  |
| 0,050 | 1,8 · 10 <sup>-4</sup> | 1,8 · 10 <sup>-4</sup> |  |
| 0,10  | 5,5 · 10 <sup>-4</sup> | 5,4 · 10 <sup>-4</sup> |  |
| 0,25  | 3,2 · 10 <sup>-3</sup> | 3,3 · 10 <sup>-3</sup> |  |
| 0,50  | 1,4 · 10 <sup>-2</sup> | 1,4 · 10 <sup>-2</sup> |  |

## 41. Температурный коэффициент линейного расширения эпоксидного полимера с ситалловым наполнителем [109]

| Содержание наполнителя, масс. доли на 100 масс. долей смолы | $\alpha \cdot 10^6, \text{К}^{-1}$ | Содержание наполнителя, масс. доли на 100 масс. долей смолы | $\alpha \cdot 10^6, \text{К}^{-1}$ | Содержание наполнителя, масс. доли на 100 масс. долей смолы | $\alpha \cdot 10^6, \text{К}^{-1}$ |
|---|------------------------------------|---|------------------------------------|---|------------------------------------|
| 0   | 45                                 | 160   | 22                                 | 320   | 14                                 |
| 20  | 43                                 | 180   | 20                                 | 340   | 13                                 |
| 40  | 38                                 | 200   | 19                                 | 360   | 13                                 |
| 60  | 34                                 | 220   | 18                                 | 380   | 12                                 |
| 80  | 30                                 | 240   | 17                                 | 400   | 12                                 |
| 100   | 27                                 | 260   | 16                                 | 420   | 12                                 |
| 120   | 25                                 | 280   | 16                                 | 440   | 11                                 |
| 140   | 24                                 | 300   | 15                                 | —   | —                                  |

Примечание. Эпоксидный полимер — наполненный, с малым температурным коэффициентом линейного расширения; полимер образован на основе эпоксидитанкремнийорганической смолы и низкомолекулярного полиамидного отвердителя, взятых в отношении 100 : 55 масс. долей, в качестве наполнителя использовался высокодисперсный эвкрититовый ситалл.

Приведенные значения  $\alpha$  представляют средние величины температурного коэффициента линейного расширения в интервале температур 77—293 К (погрешность измерения  $\pm 10\%$ ).

## 42. Теплоемкость и теплопроводность бензойной кислоты, 1,2-дибромэтана, 1,2-дихлорэтана, поли-4-метил-1-пентана, пропана, бутана и гексана [116, 106, 213, 222]

| T, К  | Бензойная кислота *1                                      |   | 1,2-дибромэтан   | 1,2-дихлорэтан | Поли-4-метил-1-пентан *2 | Пропан  | Бутан | Гексан |
|-------|---|---|--|----------------|--------------------------|---|-------|--------|
|       | $C_p, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $C_p, \text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ |  |                |                          |   |       |        |
|       |   |   | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ |                |                          | $C_p, \text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ |       |        |
| 2     | 0,125   | 0,01527   | —  | —              | —                        | —   | —     | —      |
| 6     | 3,638   | 0,4443  | —  | —              | —                        | —   | —     | —      |
| 8     | 8,953   | 1,0933  | —  | —              | —                        | —   | —     | —      |
| 10    | 17,165  | 2,0962  | —  | —              | —                        | —   | —     | —      |
| 15    | —   | —   | —  | —              | —                        | —   | —     | —      |
| 20    | 89,70   | 10,95   | —  | —              | —                        | 8,159   | —     | 13,39  |
| 30    | 179,91  | 21,970  | —  | —              | —                        | 14,02   | —     | 22,97  |
| 40    | 259,30  | 31,665  | —  | —              | —                        | 20,08   | —     | 32,97  |
| 50    | 323,78  | 39,539  | 0,837  | 1,674          | —                        | 26,11   | —     | 42,64  |
| 60    | 375,37  | 45,840  | 0,711  | 1,197          | —                        | 31,63   | —     | 51,21  |
| 70    | 418,27  | 51,078  | 0,586  | 0,920          | —                        | 36,84   | —     | 59,26  |
| 80    | 455,99  | 55,685  | 0,544  | 0,761          | —                        | 42,05   | —     | 67,32  |
| 90    | 490,60  | 59,911  | 0,460  | 0,644          | 49,4                     | 42,05   | —     | 75,11  |
| 100   | 523,04  | 63,873  | 0,418  | 0,556          | 53,6                     | 51,67   | 59,04 | 82,88  |
| 110   | 554,22  | 67,680  | 0,376  | 0,492          | 57,7                     | 62,1  | 64,44 | 90,35  |
| 120   | 584,92  | 71,429  | 0,335  | 0,427          | 62,1                     | 66,5  | 60,12 | 97,82  |
| 130   | 615,55  | 75,170  | 0,314  | 0,387          | 66,5                     | 70,8  | 64,14 | 104,8  |
| 140   | 646,32  | 78,927  | 0,293  | 0,347          | 70,8                     | 75,1  | 68,16 | 111,8  |
| 150   | 677,39  | 82,722  | 0,284  | 0,318          | 75,1                     | 79,5  | 71,86 | 118,2  |
| 160   | 708,94  | 86,575  | 0,251  | 0,284          | 79,5                     | 83,7  | 75,56 | 124,6  |
| 170   | 741,12  | 90,504  | —  | —              | 83,7                     | 87,8  | 79,20 | 130,5  |
| 177   | —   | —   | 0,243  | 0,159          | 87,8                     | 90,6  | 81,64 | 134,4  |
| 180   | 774,04  | 94,525  | 0,238  | 0,163          | 90,6                     | 92,0  | 82,84 | 136,4  |
| 190   | 807,65  | 98,629  | 0,228  | —              | 92,0                     | 96,2  | 86,60 | 142,3  |
| 200   | 841,89  | 102,81  | 0,218  | 0,209          | 96,2                     | 100,4   | 90,37 | 148,1  |
| 210   | 876,69  | 107,06  | 0,207  | 0,198          | 100,4                    | 105,0   | 93,93 | 154,1  |
| 220   | 912,06  | 111,38  | 0,197  | 0,188          | 105,0                    | 109,6   | 97,49 | 160,2  |
| 230   | 947,93  | 115,76  | —  | —              | 109,6                    | 114,0   | 100,8 | 166,5  |
| 233   | —   | —   | 0,142  | 0,151          | —                        | —   | —     | —      |
| 240   | 984,21  | 120,19  | 0,130  | 0,159          | 114,0                    | 118,4   | 104,2 | 172,8  |
| 250   | 1021,0  | 124,63  | 0,126  | 0,167          | 118,4                    | 122,2   | 107,3 | 179,1  |
| 260   | 1058,1  | 129,2   | 0,151  | 0,198          | 122,2                    | 124,9   | 110,5 | 185,4  |
| 273,2 | 1107,2  | 135,2   | 0,163  | 0,187          | 124,9                    | 127,6   | 114,5 | 193,6  |
| 280   | 1133,0  | 138,36  | 0,159  | 0,181          | 127,6                    | 128,9   | 116,7 | 197,9  |
| 290   | 1170,8  | 142,97  | 0,154  | 0,160          | 128,9                    | 138,5   | 120,3 | 204,2  |
| 300   | 1208,6  | 147,59  | 0,149  | 0,139          | 138,5                    | 148,1   | 123,8 | 210,5  |

\*1 Бензойная кислота марки К-1 рекомендована в качестве стандартного образца для измерения теплоемкости в интервале температур 4—350 К. Теплоемкость измерена на адиабатическом калориметре (погрешность  $\pm 0,3\%$ ).

\*2 Масса 1 кмоль 84,16 кг.

43. Теплоемкость диэтилфталата, гексафторбензола, 1,3-дифторбензола, поли (1-бутана), политетрагидрафурана, полиоксипропилена и декаборана [235, 223]

| T, К   | Диэтилфталат *1 |           |           |              | Гексафтор-бензол *2, кристалл | 1,3-дифтор-бензол *2, кристалл II | Поли (1-бутан) *3 | Политетра-гидрафур-ан | Полиокси-пропилен | Декабо-ран *4 |
|--|-----------------|-----------|-----------|--------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|---------------|
|  | Кри-сталл       | Жид-кость | 3К стекло | Отож. стекло |                               |                                   |                   |                       |                   |               |
| $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |                 |           |           |              |                               |                                   |                   |                       |                   |               |
| $C_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>   |                 |           |           |              |                               |                                   |                   |                       |                   |               |
| $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |                 |           |           |              |                               |                                   |                   |                       |                   |               |
| 10   | 5,91            | —         | 6,44      | —            | 4,66                          | 2,87                              | —                 | —                     | —                 | 1,67          |
| 15   | 14,23           | —         | 15,39     | —            | 11,65                         | 8,18                              | —                 | —                     | —                 | 4,60          |
| 20   | 23,84           | —         | 24,80     | —            | 24,66                         | 18,42                             | 14,36             | —                     | —                 | 10,44         |
| 30   | 43,86           | —         | 43,99     | —            | 43,91                         | 29,8                              | 25,5              | 10,46                 | —                 | 17,53         |
| 40   | 62,12           | —         | 61,95     | —            | 61,72                         | 38,9                              | 33,5              | 15,06                 | —                 | 28,87         |
| 50   | 77,81           | —         | 77,47     | —            | 77,36                         | 47,1                              | 39,4              | 19,25                 | —                 | 34,04         |
| 60   | 91,64           | —         | 91,44     | —            | 91,23                         | 55,1                              | 44,2              | 23,43                 | —                 | 40,17         |
| 70   | 104,2           | —         | 104,3     | —            | 104,0                         | 63,1                              | 48,3              | 27,40                 | —                 | 44,77         |
| 80   | 115,8           | —         | 116,1     | —            | 115,8                         | 71,2                              | 52,3              | 30,96                 | 500               | 538           |
| 90   | 126,4           | —         | 127,1     | —            | 126,8                         | 79,2                              | 56,2              | 34,73                 | 598               | 625           |
| 100  | 136,3           | —         | 137,5     | —            | 137,1                         | 87,0                              | 59,8              | 37,78                 | 670               | 642           |
| 110  | 145,3           | —         | 147,2     | —            | 146,8                         | 94,7                              | 63,6              | 40,96                 | 722               | 710           |
| 120  | 154,4           | —         | 156,9     | —            | 156,4                         | 102,6                             | 67,6              | 44,14                 | 770               | 745           |
| 130  | 162,6           | —         | 166,2     | —            | 165,6                         | 110,2                             | 71,6              | 47,07                 | 822               | 792           |
| 140  | 170,9           | —         | 175,6     | —            | 174,8                         | 117,6                             | 75,7              | 50,21                 | 857               | 840           |
| 150  | 178,7           | —         | 185,3     | —            | 184,1                         | 125,2                             | 79,9              | 53,47                 | 917               | 886           |
| 160  | 186,6           | —         | 195,1     | —            | 193,5                         | 132,5                             | 84,1              | 56,07                 | 960               | 930           |
| 170  | 194,4           | —         | 205,8     | —            | 203,4                         | 139,1                             | 88,5              | 58,89                 | 1009              | 975           |
| 177  | 199,4           | —         | —         | —            | —                             | 143,2                             | 91,4              | 60,8                  | 1043              | 1002          |
| 180  | 202,1           | —         | —         | —            | —                             | 145,3                             | 92,8              | —                     | 1060              | 1015          |
| 186,8  | —               | —         | —         | —            | —                             | —                                 | 95,9              | —                     | —                 | —             |
| 186,8  | —               | —         | —         | —            | —                             | —                                 | —                 | —                     | —                 | —             |
| 190  | 209,9           | 331,3     | —         | —            | —                             | 105,7                             | —                 | —                     | —                 | —             |
| 200  | 217,8           | 332,6     | —         | —            | —                             | 107,6                             | 65,01             | 1108                  | 1060              | 115,3         |
| 204  | —               | —         | —         | —            | —                             | 157,2                             | 113,6             | 1160                  | 1100              | 124,8         |
| 204  | —               | —         | —         | —            | —                             | 116,2                             | —                 | —                     | —                 | —             |
| 204  | —               | —         | —         | —            | —                             | —                                 | —                 | —                     | —                 | —             |
| 210  | 225,8           | 334,6     | —         | —            | —                             | 137,5                             | —                 | —                     | —                 | —             |
| 220  | 233,8           | 336,6     | —         | —            | —                             | 162,5                             | 138,6             | 72,49                 | —                 | 133,1         |
| 230  | 242,1           | 339,5     | —         | —            | —                             | 167,5                             | 140,3             | 76,57                 | —                 | 141,8         |
| 240  | 250,5           | 342,3     | —         | —            | —                             | 172,1                             | 142,2             | 81,27                 | —                 | 150,3         |
| 250  | 260,2           | 345,9     | —         | —            | —                             | 177,1                             | 144,6             | 85,98                 | —                 | 159,0         |
| 260  | 269,9           | 349,4     | —         | —            | —                             | 181,7                             | 147,0             | 91,42                 | —                 | 172,0         |
| 273  | —               | 354,8     | —         | —            | —                             | 186,0                             | 149,5             | 98,12                 | —                 | 184,1         |
| 278,3  | —               | —         | —         | —            | —                             | 191,7                             | 152,3             | 104,6                 | —                 | 195,0         |
| 278,3  | —               | —         | —         | —            | —                             | 194,0                             | —                 | —                     | —                 | —             |

Продолжение табл. 43

| T, К   | Диэтилфталат *1 |           |           |              | Гексафтор-бензол *2, кристалл | 1,3-дифтор-бензол *2, кристалл II | Поли (1-бутан) *3 | Политетра-гидрофур-ан | Полиокси-пропилен | Декабо-ран *4 |
|--|-----------------|-----------|-----------|--------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|---------------|
|  | Кри-сталл       | Жид-кость | 3К стекло | Отож. стекло |                               |                                   |                   |                       |                   |               |
| $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |                 |           |           |              |                               |                                   |                   |                       |                   |               |
| $C_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>   |                 |           |           |              |                               |                                   |                   |                       |                   |               |
| $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |                 |           |           |              |                               |                                   |                   |                       |                   |               |
| 278,3  | —               | —         | —         | —            | 219,0                         | —                                 | —                 | —                     | —                 | —             |
| 280  | —               | 357,8     | —         | —            | 219,5                         | 154,3                             | 107,2             | —                     | —                 | 202,9         |
| 290  | —               | 362,4     | —         | —            | 221,0                         | 157,0                             | 110,1             | —                     | —                 | 211,5         |
| 300  | —               | 367,0     | —         | —            | 222,0                         | 159,5                             | 113,1             | —                     | —                 | 220,8         |

\*1 Метод измерения — адиабатическим калориметром, погрешность  $\pm 0,1\%$ . Химический состав в %: C65; H 6,4; H<sub>2</sub>O 0,005. Температура стеклования 180 К, T<sub>плав</sub> 269,9 К. При 190—270 К — переохлажденное состояние. T<sub>отж</sub> = 430—450 К, время отжига 2—300 ч.

\*2 Метод измерения — адиабатическим калориметром, погрешность  $\pm 3,5\%$  при T < 13 К;  $\pm 0,8\%$  при 13 < T < 24 К;  $\pm 0,2\%$  при T > 50 К. Молярное содержание, %: гексафторбензола 99,93; 1,3 — дифторбензола 99,999.

\*3 Образцы изотактические, масса 1 кмоль 56,1 кг.

\*4 Теплоемкость декаборана (B<sub>10</sub>H<sub>14</sub>) измерена на адиабатическом калориметре, погрешность  $\pm 2\%$  при T < 30 К и  $\pm 0,5\%$  при T  $\geq$  30 К.

44. Средний температурный коэффициент линейного расширения  $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ , К<sup>-1</sup>, полиорганосилоксанов [78]

| Параметры   | ПМС    | ПМФС-1    | ПМФС-2  | ПФС     |
|---|--------|-----------|---------|---------|
| Интервал температур, К:   |        |           |         |         |
| 93—213  | 40—60  | 40—60     | 42—63   | 20—61   |
| 213—263   | 60—80  | 60—80     | 63—83   | 61      |
| 223—263   | 80—140 | 80        | 83—104  | 61—71   |
| Содержание нераствори-мой фракции (экстракция ацетоном), %                      | 96—98  | 94,3—96,0 | 90,3—92 | 90—90,2 |
| Степень отверждения, %  | 92,7   | 92,6      | 81      | 88,2    |
| Примечание. Температура отверждения всех типов полиорганосилокса-нов 473—673 К. |        |           |         |         |

45. Средний температурный коэффициент линейного расширения смолы ПМФС-1 после различных режимов старения [78]

| Интервал температур, К      | $\bar{\alpha} \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ , при режимах старения |                    |                    |                    |                   |
|-----------------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
|                             | 0 ч   | 100 ч<br>при 473 К | 100 ч<br>при 573 К | 500 ч<br>при 573 К | 10 ч<br>при 673 К |
| От 93 до 223<br>» 223 » 323 | 40—97<br>97   | 28—99<br>99        | 58—87<br>87—102    | 88<br>88           | 43—86<br>86—100   |

Примечание. Для режима 0 ч приведены значения  $\bar{\alpha}$  для исходной смолы.

46. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ , отвержденных полиорганосилоксанов [78]

| T, К | ПФС  | ПМФС-2 | ПМФС-1 | ПМС | T, К | ПФС | ПМФС-2 | ПМФС-1 | ПМС |
|------|------|--------|--------|-----|------|-----|--------|--------|-----|
| 70   | 4,5  | 7,2    | 5,4    | 6,8 | 170  | 5,7 | 8,50   | 6,7    | 8,5 |
| 80   | 4,7  | 7,3    | 5,5    | 6,8 | 180  | 5,7 | 8,60   | 7,0    | 8,5 |
| 90   | 4,8  | 7,45   | 5,6    | 6,9 | 190  | 5,7 | 8,60   | 7,4    | 8,5 |
| 100  | 4,95 | 7,6    | 5,7    | 6,9 | 200  | 5,7 | 8,60   | 7,9    | 8,4 |
| 110  | 5,1  | 7,75   | 5,8    | 7,0 | 220  | 5,7 | 8,70   | 8,5    | 8,0 |
| 120  | 5,2  | 7,9    | 5,9    | 7,1 | 240  | 5,5 | 9,3    | 9,0    | 7,8 |
| 130  | 5,3  | 8,0    | 6,0    | 7,2 | 260  | 5,2 | 9,8    | 8,1    | 7,8 |
| 140  | 5,4  | 8,15   | 6,1    | 7,4 | 273  | 5,0 | 10,0   | 7,6    | 7,9 |
| 150  | 5,5  | 8,30   | 6,3    | 7,8 | 280  | 5,0 | 10,5   | 7,7    | 8,5 |
| 160  | 5,6  | 8,40   | 6,4    | 8,4 | 300  | 7,0 | 14     | 10     | 10  |

Примечание. Характеристика образцов дана в табл. 44. Измерения проведены при скорости нагрева 5 К·мин<sup>-1</sup>.

47. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, винилбензидиметилсилана и поливинилбензидиметилсилана [72]

| T, К | ВБДС (К) | ВБДС (С) | ПВБДС | T, К  | ВБДС (К) | ВБДС (С) | ПВБДС |
|------|----------|----------|-------|-------|----------|----------|-------|
| 5    | 0,7490   | 5,887    | 1,178 | 50    | 67,67    | 70,63    | 56,15 |
| 10   | 5,887    | 5,887    | 8,290 | 100   | 121,3    | 127,6    | 104,6 |
| 15   | 14,39    | —        | 15,72 | 145   | —        | 205,5    | —     |
| 20   | 22,85    | 22,85    | 21,80 | 150   | 160,8    | —        | 142,8 |
| 25   | 30,25    | —        | —     | 200   | 200,4    | —        | 179,9 |
| 30   | 38,46    | 41,04    | 30,05 | 250   | —        | —        | 222,4 |
| 40   | 54,77    | 57,84    | 45,31 | 280   | —        | —        | 275,0 |
|      |          |          |       | 298,2 | —        | —        | 310,5 |

Примечание. ВБДС (К) и ВБДС (С) — винилбензидиметилсилан в кристаллическом и стеклообразном состоянии. При температуре выше 280 К поливинилбензидиметилсилан (ПВБДС) переходит из стеклообразного в высокоэластичное состояние.

48. Молярная теплоемкость  $C_p$ , Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>,  $\beta$ -пропиолактона и поли- $\beta$ -пропиолактона [173]

| T, К | Мономер | Полимер | T, К | Мономер | Полимер |
|------|---------|---------|------|---------|---------|
| 5    | 0,169   | 0,170   | 100  | 51,65   | 40,13   |
| 10   | 1,35    | 1,39    | 150  | 63,43   | 52,84   |
| 15   | 4,58    | 3,36    | 200  | 77,69   | 65,29   |
| 20   | 9,0     | 5,65    | 250  | 116,5   | 77,75   |
| 30   | 18,60   | 11,20   | 298  | 122,2   | 89,74   |
| 40   | 27,19   | 16,56   | 250  | 116,5   | 129,7   |
| 50   | 33,50   | 21,22   | 298  | 122,2   | 134,8   |

Примечание.  $\beta$ -пропиолактон готовили из промышленного продукта путем переоконденсации в вакууме. Суммарное молярное содержание примесей составляло  $(0,96 \pm 0,05) \%$ . Для  $\beta$ -пропиолактона найдено, %: С 50,00; Н 5,59; О 44,41; для поли- $\beta$ -пропиолактона, %: С 50,11; Н 5,52; О 44,37. При температуре выше 250 К мономер переходит из кристаллического в жидкое состояние, а полимер может быть в двух состояниях — кристаллическом и высокоэластичном. Метод измерения  $C_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром. По данным измерения  $C_p$  эталонных веществ (бензойная кислота, синтетический лейкосапфир и хлористый калий), погрешность не превышала 0,3 % в области температур 13—330 К.

49. Молярная теплоемкость полипентенамера [88]

| T, К | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, К | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, К | $C_p$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|--|------|--|------|--|
| 10   | 3,860  | 120  | 53,14  | 220  | 115,1  |
| 20   | 10,46  | 140  | 60,25  | 240  | 126,4  |
| 40   | 20,08  | 160  | 67,36  | 260  | 154,0  |
| 60   | 29,71  | 173  | 85,35  | 270  | 188,3  |
| 80   | 38,49  | 180  | 98,74  | 293  | 179,9  |
| 100  | 46,44  | 200  | 105,4  | 300  | 143,1  |

Примечание. Образцы полипентенамера (ППМ) содержали 78 % транс- и 22 % цис-формы. Относительная молекулярная масса  $1,94 \cdot 10^5$ . Состав, %: С 88,37; Н 11,79. Варьируя скорость предварительного охлаждения образцов от  $3 \cdot 10^{-3}$  до  $1 \cdot 10^{-1}$  К·с<sup>-1</sup>, получили ППМ со степенью кристаллизации от 34 до 50 %. В этих пределах изменения степени кристаллизации отличие молярной теплоемкости не обнаружено. Метод измерения  $C_p$  — адиабатическим вакуумным калориметром (относительная погрешность 0,2 %).

50. Удельная теплоемкость  $c_p$ , Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, полидиметилсилоксанов (ПДМС) типа СКТ и СКТВ [204]

| T, К | Тип СКТ                          |         | Тип СКТВ |           | T, К | Тип СКТ                          |         | Тип СКТВ |           |
|------|----------------------------------|---------|----------|-----------|------|----------------------------------|---------|----------|-----------|
|      | Относительная молекулярная масса |         |          |           |      | Относительная молекулярная масса |         |          |           |
|      | 285 000                          | 647 000 | 285 000  | 1 131 000 |      | 285 000                          | 647 000 | 285 000  | 1 131 000 |
| 133  | 983                              | 963     | —        | —         | 145  | 1022                             | 994     | 1013     | 938       |
| 135  | 990                              | 965     | —        | —         | 147  | 1029                             | 1022    | 1051     | 969       |
| 137  | 996                              | 968     | —        | —         | 149  | 1135                             | 1116    | 1093     | 1033      |
| 139  | 1003                             | 972     | —        | 878       | 151  | 1275                             | 1257    | 1276     | 1140      |
| 141  | 1009                             | 975     | 953      | 899       | 153  | 1324                             | 1301    | 1390     | 1267      |
| 143  | 1016                             | 985     | 983      | 918       | 155  | 1367                             | 1331    | 1441     | 1374      |

Продолжение табл. 50

| T, K | Тип СКТ                          |         | Тип СКТВ |          | T, K | Тип СКТ                          |         | Тип СКТВ |          |
|------|----------------------------------|---------|----------|----------|------|----------------------------------|---------|----------|----------|
|      | Относительная молекулярная масса |         |          |          |      | Относительная молекулярная масса |         |          |          |
|      | 285 000                          | 647 000 | 285 000  | 1131 000 |      | 285 000                          | 647 000 | 285 000  | 1131 000 |
| 157  | 1396                             | 1361    | 1445     | 1398     | 208  | 1303                             | 1282    | —        | —        |
| 159  | 1420                             | 1391    | 1449     | 1402     | 253  | —                                | —       | 1536     | 1438     |
| 161  | 1439                             | 1406    | 1455     | —        | 267  | 1484                             | 1472    | 1553     | 1454     |
| 163  | 1458                             | 1421    | —        | —        | 269  | 1487                             | 1475    | 1555     | 1457     |
| 165  | 1468                             | 1436    | —        | —        | 271  | 1490                             | 1478    | 1558     | 1459     |
| 167  | 1478                             | 1451    | —        | —        | 273  | 1493                             | 1481    | 1560     | 1461     |
| 189  | —                                | —       | 1180     | 1151     | 275  | 1495                             | 1484    | 1562     | 1464     |
| 201  | 1262                             | 1230    | 1272     | 1223     | 277  | 1498                             | 1487    | 1565     | 1466     |
| 202  | —                                | 1238    | 1279     | —        | 279  | 1500                             | 1490    | 1566     | 1468     |
| 203  | 1274                             | —       | —        | —        | 281  | 1504                             | 1493    | 1568     | 1471     |
| 204  | —                                | 1253    | 1295     | —        | 283  | 1506                             | 1496    | —        | 1473     |
| 205  | 1285                             | —       | 1302     | —        | 285  | 1509                             | 1499    | —        | 1475     |
| 206  | —                                | 1267    | —        | —        | 287  | 1512                             | 1502    | —        | —        |
| 207  | 1297                             | —       | —        | —        | —    | —                                | —       | —        | —        |

Примечание. ПДМС типа СКТ получен щелочным катализатором — полисилоксанолиаютом калия, содержащим 0,0074 % КОН. Конверсия 85,5 %. Очистка способом переохлаждения.

ПДМС типа СКТВ содержали 0,5 % винильных групп. Все образцы предварительно закаляли в жидком азоте.

Метод измерения  $c_p$  — количественная термография, квазистационарным нагревом образцов со скоростью 2,4 К·мин<sup>-1</sup> (погрешность измерения ±0,4 %).

51. Удельная теплоемкость  $c_p$ , Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, полидиметилсилоксанов (ПДМС) с различным содержанием наполнителя аэросила и чистого аэросила [203]

| T, K | Содержание наполнителя, масс. доли на 100 масс. долей полимера |      |      |      | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> , наполнителя аэросила | T, K | Содержание наполнителя, масс. доли на 100 масс. долей полимера |      |      |      | $c_p$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> , наполнителя аэросила |
|------|--|------|------|------|---|------|--|------|------|------|---|
|      | 0  | 10   | 30   | 50   |   |      | 0  | 10   | 30   | 50   |   |
|      |  |      |      |      |   |      |  |      |      |      |   |
| 133  | 980  | 904  | 882  | 842  | 527   | 198  | 1283   | 1184 | 1148 | 1122 | 600   |
| 137  | 985  | 911  | 887  | 847  | 528   | 200  | 1294   | 1196 | 1156 | 1131 | 603   |
| 141  | 992  | 911  | 892  | 853  | 532   | 202  | 1305   | 1208 | 1167 | 1143 | 606   |
| 145  | 998  | 917  | 896  | 858  | 536   | 207  | 1334   | 1238 | 1204 | 1171 | 613   |
| 147  | 1026   | 939  | 906  | 870  | 538   | 272  | 1498   | 1470 | 1414 | 1381 | 680   |
| 149  | 1109   | 969  | 927  | 895  | 541   | 274  | 1503   | 1472 | 1418 | 1384 | 683   |
| 151  | 1229   | 1035 | 977  | 949  | 544   | 278  | 1514   | 1477 | 1426 | 1389 | 688   |
| 153  | 1330   | 1137 | 1066 | 1039 | 546   | 286  | 1537   | 1487 | 1441 | 1401 | 695   |
| 155  | 1370   | 1236 | 1165 | 1105 | 549   | 290  | 1548   | 1491 | 1448 | 1406 | 698   |
| 157  | 1390   | 1266 | 1205 | 1139 | 551   | 293  | 1556   | 1495 | 1454 | 1411 | 700   |
| 159  | 1404   | 1284 | 1221 | 1159 | 554   | —    | —  | —    | —    | —    | —   |

Примечание. ПДМС промышленного типа СКТВ — относительная молекулярная масса 530 000 (содержание винильных групп 0,5 %).

Наполнитель — промышленный аэросил, представляющий собой коллоидную кремнекислоту SiO<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O, вводили в ПДМС методом холодного вальцевания. Продолжительность вальцевания 10 мин. Перед опытом полимер с введенным наполнителем охлаждали в жидком азоте.

Метод измерения — количественная термография, квазистационарным нагревом со скоростью 2,4 К·мин<sup>-1</sup>, погрешность ±0,4 %.

52. Удельная теплоемкость целлюлозы [73]

| T, K | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |       |       |       |       |       |
|------|--|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | 1  | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 80   | 0,318  | 0,213 | 0,280 | 0,192 | 0,264 | 0,197 |
| 100  | 0,397  | 0,326 | 0,372 | 0,293 | 0,385 | 0,343 |
| 120  | 0,473  | 0,393 | 0,410 | 0,368 | 0,523 | 0,439 |
| 140  | 0,565  | 0,439 | 0,460 | 0,414 | 0,586 | 0,515 |
| 160  | 0,661  | 0,477 | 0,477 | 0,427 | 0,669 | 0,602 |
| 180  | 0,753  | 0,523 | 0,490 | 0,435 | 0,745 | 0,682 |
| 200  | 0,820  | 0,565 | 0,515 | 0,460 | 0,849 | 0,753 |
| 220  | 0,900  | 0,623 | 0,569 | 0,506 | 0,962 | 0,841 |
| 240  | 0,992  | 0,774 | 0,720 | 0,628 | 1,079 | 0,920 |
| 260  | 1,067  | 0,912 | 0,862 | 0,782 | 1,176 | 0,996 |
| 280  | 1,172  | 0,987 | 0,962 | 0,887 | 1,297 | 1,084 |
| 300  | 1,272  | 1,033 | 0,992 | 0,941 | 1,414 | 1,201 |

  

| T, K | $c_p \cdot 10^{-3}$ Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |       |       |       |       |       |       |
|------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | 7  | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |
| 80   | 0,347  | 0,314 | 0,105 | 0,276 | 0,272 | 0,284 | 0,243 |
| 100  | 0,460  | 0,418 | 0,293 | 0,397 | 0,469 | 0,368 | 0,385 |
| 120  | 0,582  | 0,544 | 0,402 | 0,460 | 0,569 | 0,460 | 0,477 |
| 140  | 0,711  | 0,640 | 0,502 | 0,565 | 0,669 | 0,536 | 0,552 |
| 160  | 0,837  | 0,753 | 0,586 | 0,636 | 0,745 | 0,611 | 0,640 |
| 180  | 0,950  | 0,837 | 0,644 | 0,699 | 0,828 | 0,699 | 0,720 |
| 200  | 1,075  | 0,946 | 0,720 | 0,795 | 0,920 | 0,774 | 0,799 |
| 220  | 1,172  | 1,025 | 0,808 | 0,887 | 1,017 | 0,862 | 0,879 |
| 240  | 1,297  | 1,130 | 0,912 | 0,975 | 1,105 | 0,937 | 0,958 |
| 260  | 1,422  | 1,234 | 1,004 | 1,038 | 1,213 | 1,017 | 1,033 |
| 280  | 1,561  | 1,297 | 1,130 | 1,130 | 1,339 | 1,105 | 1,121 |
| 300  | 1,674  | 1,381 | 1,30  | 1,222 | 1,443 | 1,226 | 1,243 |

Примечание. Во всех образцах было не менее 99,5 %  $\alpha$ -целлюлозы, зольность не выше 0,01 %; степень полимеризации не ниже 1400—1700, у «кристаллической» целлюлозы — 230. Образцы прошли следующую технологическую и термическую обработку. Образцы 1—4 отобраны на промышленной линии перед входом целлюлозы в сушильные аппараты (исходная влажность 55 %) и высушены при 353 (образец 1), 383 (образец 2) и 423 К (образец 4). Образец 3 вначале сушили до влажности 10 % при 350 К, а затем досушивали при 420 К. Образцы 5, 6 получены замачиванием в воде воздушно-сухой целлюлозы; образцы 7—8 — дополнительная сушка при 420 К. Образцы 9, 10 — влага удалена сменой растворителей; образец 11 — высокоориентированная целлюлоза рами; образец 12 — недозревший хлопок, промытый дитиловым эфиром; образец 13 — «кристаллическая» целлюлоза, получена гидролизом хлопковой целлюлозы (образец 5) в 1 %-ном растворе HCl при кипячении, после чего отмыта и высушена при 378 К.

Метод измерения  $c_p$  — вакуумным адиабатическим калориметром при скорости образцов 0,2—0,5 К·мин<sup>-1</sup>.

Погрешность измерения 0,5 %.

53. Температурный коэффициент линейного расширения и теплопроводность металлополимерной композиции [122]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ |
|------|-----------------------------|--|
| 273  | 25                          | 11,6   |
| 300  | 30                          | 17,4   |

Примечание. Материал — металлополимерная композиция, применяемая для изготовления формообразующих элементов литевых форм. В состав композиций входят полиглицидилизоциануратная смола, фурфурольно-ацетоновый мономер, малиновый ангидрид и порошок «Армок».

Измерение произведено на образцах, прошедших термообработку.

54. Удельная теплоемкость, теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения текстолитов и стеклопластиков [98, 42, 235]

| T, K | Текстолит *1                | Винил-ст *2   | СВАМ *3  |   | T, K | Текстолит *1                | Винил-ст *2   | СВАМ *3  |   |     |
|------|-----------------------------|---|--|---|------|-----------------------------|---|--|---|-----|
|      | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $c_p, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $c_p, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ |      | $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ | $c_p, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $c_p, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ |     |
| 20   | 0,10                        | —   | —  | —   | 170  | 1,61                        | 795   | 0,289  | 0,215   | 565 |
| 30   | 0,40                        | —   | —  | —   | 180  | 1,67                        | 812   | 0,298  | 0,224   | 590 |
| 40   | 0,55                        | —   | —  | —   | 190  | 1,73                        | 829   | 0,307  | 0,233   | 615 |
| 50   | 0,70                        | —   | 0,190  | —   | 200  | 1,80                        | 844   | 0,316  | 0,242   | 641 |
| 60   | 0,82                        | —   | 0,200  | —   | 210  | 1,86                        | 860   | 0,324  | 0,253   | 666 |
| 70   | 0,95                        | —   | 0,210  | —   | 220  | 1,92                        | 877   | 0,332  | 0,265   | 690 |
| 80   | 1,10                        | —   | 0,220  | —   | 230  | 2,02                        | 892   | 0,340  | 0,276   | 715 |
| 90   | 1,20                        | —   | 0,226  | —   | 240  | 2,12                        | 908   | 0,348  | 0,288   | 740 |
| 100  | 1,25                        | —   | 0,235  | 0,140   | 250  | 2,21                        | 923   | 0,355  | 0,298   | —   |
| 110  | 1,30                        | —   | 0,242  | 0,151   | 260  | 2,30                        | 938   | 0,363  | 0,308   | —   |
| 120  | 1,35                        | —   | 0,250  | 0,163   | 273  | 2,50                        | 958   | 0,373  | 0,320   | —   |
| 130  | 1,39                        | —   | 0,257  | 0,173   | 280  | 2,70                        | 968   | 0,380  | 0,328   | —   |
| 140  | 1,43                        | —   | 0,265  | 0,182   | 290  | 2,80                        | 980   | 0,387  | 0,339   | —   |
| 150  | 1,49                        | —   | 0,272  | 0,193   | 300  | 2,90                        | 994   | 0,395  | 0,350   | —   |
| 160  | 1,55                        | 780   | 0,280  | 0,205   | —    | —                           | —   | —  | —   | —   |

Примечание. Методы измерения:  $c_p$  — адиабатическим калориметром (погрешность  $\pm 5\%$ );  $\lambda$  — стационарным тепловым потоком (абсолютный вариант метода пластины, погрешность  $\pm 7\%$ );  $\alpha$  — интерференционным методом (погрешность  $\pm 15\%$  при  $T < 20\text{ K}$  и  $3\%$  при  $T > 80\text{ K}$ ).

\*1 Текстолит электротехнический листовой марки А-50.  
\*2 СТ — стеклотекстолит;  $\lambda_{\perp}$  — измерено в направлении, перпендикулярном к армирующим слоям. Теплоемкость СТ равна теплоемкости СВАМ.  
\*3 СВАМ — стеклопластик на основе эпоксидной смолы.

55. Теплопроводность и удельная теплоемкость пресс-материала АГ-4 при 293 К [30]

| Пресс-материал | $\lambda, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | $c_p, 10^{-3}, \text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ | Примечание. Пресс-материал — термоактивный, волокнистый, на основе модифицированной фенольно-формальдегидной смолы (АГ-4В в виде спутанного стекловолокна, пропитанного смолой; АГ-4С в виде лент различной длины и ширины). Плотность, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ : АГ-4В — 1700—1800; АГ-4С — 1700—1900. |
|----------------|--|--|---|
|                |  |  |   |
| АГ-4В          | 0,290  | —  |   |
| АГ-4С          | 0,314  | 1,168  |   |

## 14. ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

## ЗЕРНИСТЫЕ И ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1. Характеристика некоторых зернистых и порошковых материалов [70]

| Материал                                   | Размер частиц, мкм             | Удельная поверхность, $\text{м}^2 \cdot \text{г}^{-1}$ | Плотность, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ | $\lambda \cdot 10^3, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ |
|--|--------------------------------|--|--|---|
| Аэрогель В                                 | <250                           | 200  | 100  | 1,4   |
| То же, уплотнение под вакуумом             | <250                           | —  | 140  | 1,6   |
| Аэросил А-380                              | —                              | 380  | 70   | 1,8   |
| Белая сажа БС-50                           | 5                              | 50   | 230  | 1,4   |
| То же, БС-150                              | 10                             | 150  | 160  | 1,2   |
| » БС-280                                   | <15                            | 280  | 200  | 0,6   |
| Диатомит                                   | <250                           | 40   | 250  | 1,7   |
| Перлитовый песок                           | <1000                          | 15   | 100  | 1,2   |
| Перлитовая пудра                           | <250                           | 15   | 100  | 1,1   |
| Милора (крошка), размер пор 20—50 мкм      | —                              | 20   | 40   | 2,1   |
| 50 % аэрогеля В + 50 % бронзовой пудры БПИ | —                              | —  | 200  | 0,3   |
| 30 % аэросила А-380 + 70 % пудры БПИ       | —                              | —  | 180  | 0,35  |
| 70 % БС-280 + 30 % пудры БПИ               | —                              | —  | 350  | 0,30  |
| 60 % аэрогеля В + 40 % алюминиевой пудры   | —                              | —  | 180  | 0,35  |
| 60 % перлитовой пудры + 40 % пудры БПИ     | —                              | —  | 180  | 0,60  |
| Глинозем плавяный чешуйчатый               | 150—300                        | —  | 2000                                       | 1,8   |
| То же                                      | 0,1—10                         | —  | 70   | 2,3   |
| Слюда вспученная                           | 600—850 (30 %); 100—600 (70 %) | —  | 150  | 1,8   |
| Тальк                                      | —                              | —  | 1200                                       | 1,6   |
| Фенольные шарики                           | 25—100                         | —  | 200  | 1,3   |
| Кальций кремнекислый                       | 0,02                           | —  | 170  | 0,75  |
| Двуокись титана, размер пор 0,11 мкм       | —                              | —  | 350  | 1,6   |
| Окись железа, размер пор 0,02 мкм          | —                              | —  | 190  | 1,4   |

Примечание. Измерения проведены при давлении воздуха 0,13 Па и граничных температурах 293 и 90 К.

2. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ , некоторых зернистых и порошковых материалов в зависимости от плотности [70]

| Материал                           | Плотность, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ |     |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------------|--|-----|------|------|------|------|------|------|
|                                    | 25   | 50  | 100  | 150  | 200  | 250  | 300  | 350  |
| Аэрогель и аэросил                 | —  | 2,5 | 1,55 | 1,25 | 1,18 | 1,16 | 1,20 | 1,30 |
| Перлит                             | —  | 1,7 | 1,10 | 0,90 | 0,83 | 0,85 | 0,90 | 0,95 |
| Милора                             | 2,7  | 1,8 | 1,20 | 1,05 | —    | —    | —    | —    |
| Белая сажа БС-280                  | —  | —   | —    | 0,67 | 0,60 | 0,62 | —    | —    |
| Стекловолоконная диатомит 1,15 мкм | 1,6  | 1,0 | 0,67 | 0,55 | 0,52 | 0,60 | —    | —    |

Примечание. Характеристика материалов дана в табл. 1. Граничные температуры при испытаниях 293—300 К и 77—90 К, давление воздуха 0,13 Па.

## 3. Теплопроводность изоляционных порошков в зависимости от давления воздуха [70]

| Материал                         | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | Диаметр, мкм               |              |                   | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> , при давлении воздуха, Па |      |      |      |                      |                      |                      |
|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------|-------------------|---|------|------|------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                                  |                               | зерна                      | пор в зернах | пор между зернами | 0,133   | 1,33 | 13,3 | 133  | 1,33·10 <sup>3</sup> | 1,33·10 <sup>4</sup> | 1,01·10 <sup>5</sup> |
| Мелкодисперсная двуокись кремния | 169                           | —                          | 0,04         | 160               | 1,5   | 1,7  | 2,6  | 5,2  | 8,0                  | 12                   | 18                   |
| То же                            | 100                           | —                          | 0,43         | 26                | 1,5   | 1,6  | 2,8  | 7,6  | 13                   | 15                   | 17                   |
| Аэрогель окиси алюминия          | 50                            | —                          | 4,3          | 130               | 2,0   | 2,4  | 3,9  | 8,0  | 16                   | 23                   | 27                   |
| Милора                           | 20                            | —                          | 220          | —                 | 2,0   | 2,4  | 4,8  | 15,0 | 21                   | 23                   | 23                   |
| Перлит                           | 110                           | 0,25·10 <sup>-3</sup>      | 13           | 85                | 1,2   | 1,5  | 2,9  | 10,0 | 22                   | 33                   | 37                   |
| »                                | 60                            | (0,2—0,5) 10 <sup>-3</sup> | 14           | 310               | 1,6   | 2,5  | 6,0  | 17,0 | 24                   | 28                   | 29                   |
| Магнезия                         | 400                           | —                          | 4,0          | 43                | 1,3   | 1,4  | 2,2  | 9,4  | 29                   | 45                   | 53                   |

Примечание. Теплопроводность измерена при граничных температурах 293 и 90 К.

4. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, порошков в зависимости от толщины изоляционного слоя [69]

| Толщина слоя, мм | Магнезия ( $\epsilon = 0,15$ ) | Кремнегель ( $\epsilon = 0,15$ ) | Аэрогель              |                      | Перлит ( $\epsilon = 0,8$ ) |
|------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|
|                  |                                |                                  | ( $\epsilon = 0,15$ ) | ( $\epsilon = 0,8$ ) |                             |
| 9                | 1,36                           | —                                | 1,55                  | 1,45                 | 1,20                        |
| 20               | —                              | 1,60                             | 1,48                  | 1,47                 | 1,04                        |
| 48               | 1,37                           | 1,75                             | —                     | —                    | —                           |
| 75               | 1,42                           | —                                | 1,69                  | 1,66                 | 1,03                        |

Примечание. Теплопроводность измерялась на шаровом  $\lambda$ -приборе. Граничные температуры стенок 293 и 90 К, давление 0,2—0,5 Па.  $\epsilon$  — интегральный по длинам волн коэффициент излучения.

## 5. Теплопроводность некоторых порошковых и волокнистых материалов в среде различных газов [69]

| Материал                                 | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | Средняя температура, Т, К | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> , при заполняющем газе |                 |        |                |     |                |
|--|-------------------------------|---------------------------|---|-----------------|--------|----------------|-----|----------------|
|  |                               |                           | Кг  | СО <sub>2</sub> | воздух | N <sub>2</sub> | He  | H <sub>2</sub> |
| Перлит                                   | 130                           | 188                       | —   | —               | —      | 32,5           | 126 | 145            |
| Аэрогель                                 | 100                           | 188                       | —   | —               | —      | 19,6           | 62  | 80             |
| Кремнегель                               | 93                            | 190                       | —   | —               | 29,9   | —              | 116 | —              |
| Милора (крошка)                          | 56                            | 190                       | 10,2  | —               | 21,5   | —              | 122 | —              |
| Минеральная вата                         | 150                           | 190                       | 14,2  | —               | 31,3   | —              | 136 | —              |
| Стекловолоконная вата (волокно 2,58 мкм) | 74                            | 338                       | —   | 25,5            | 35,6   | —              | 181 | —              |
| Стекловолоконная вата (волокно 0,69 мкм) | 174                           | 338                       | —   | 25,9            | 35,5   | —              | 126 | 198            |

## 6. Теплопроводность кремнегеля и милора в зависимости от давления и вида заполняющего газа [70]

| Материал   | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | Заполняющий газ | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> , при давлении газа, Па |      |      |                      |                      |                      |                      |
|------------|-------------------------------|-----------------|--|------|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|            |                               |                 | 0,67   | 1,33 | 13,3 | 1,33·10 <sup>2</sup> | 1,33·10 <sup>3</sup> | 1,33·10 <sup>4</sup> | 1,01·10 <sup>5</sup> |
| Кремнегель | 93                            | Гелий           | 1,6  | 1,8  | 2,8  | 5,9                  | 23                   | 75                   | 105                  |
| »          | —                             | Криптон         | —  | —    | 2,2  | 4,6                  | 8,8                  | —                    | —                    |
| Милора     | 56                            | Гелий           | 2,1  | 2,3  | 4,3  | 16,0                 | 50                   | 88                   | 105                  |
| »          | —                             | Криптон         | 2,0  | 2,1  | 3,0  | 5,8                  | 9,8                  | —                    | —                    |

Примечание. Теплопроводность измерена при граничных температурах 293 и 90 К.

## 7. Теплопроводность, температуропроводность и удельная теплоемкость аэрогеля [114]

| T, К | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, К | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|--|--|--|------|--|--|--|
| 70   | 12,1   | 1,92   | 0,514  | 200  | 19,6   | 2,83   | 0,762  |
| 80   | 12,6   | 2,39   | 0,532  | 220  | 20,5   | 2,81   | 0,800  |
| 90   | 12,6   | 2,45   | 0,550  | 240  | 21,5   | 2,78   | 0,839  |
| 100  | 13,9   | 2,53   | 0,570  | 260  | 22,4   | 2,78   | 0,884  |
| 120  | 15,1   | 2,64   | 0,608  | 273  | 23,2   | 2,83   | 0,913  |
| 140  | 16,2   | 2,72   | 0,646  | 280  | 24,0   | 2,89   | 0,936  |
| 160  | 17,4   | 2,78   | 0,685  | 300  | 27,4   | 3,17   | 0,979  |
| 180  | 22,0   | 2,81   | 0,724  |      |  |  |  |

Примечание. Плотность аэрогеля 90 кг·м<sup>-3</sup>. Исследования выполнены на шаровом бикалориметре с погрешностью измерения теплопроводности  $\pm 8\%$ , температуропроводности  $\pm 10\%$  и теплоемкости  $\pm 12,5\%$ .

8. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, перлита [69] в зависимости от плотности

| T, К | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> |      |      |
|------|-------------------------------|------|------|
|      | 45                            | 210  | 231  |
| 80   | —                             | —    | 31,4 |
| 90   | 13,2                          | —    | 33,5 |
| 100  | 14,4                          | 23,0 | 35,5 |
| 120  | 17,2                          | 27,1 | 39,5 |
| 140  | 20,0                          | 30,4 | 43,6 |
| 160  | 22,4                          | 33,8 | 47,9 |
| 180  | 25,0                          | 37,1 | 52,3 |
| 200  | 27,3                          | 40,1 | 56,4 |
| 220  | 30,0                          | 43,9 | 60,0 |
| 240  | 32,3                          | 47,5 | 62,2 |
| 260  | 35,0                          | 50,5 | 64,0 |
| 273  | 36,6                          | 52,4 | 65,1 |
| 280  | 37,5                          | 53,6 | 66,2 |
| 300  | 40,0                          | —    | 69,8 |

9. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, вермикулита, диатомита и магнезии [69]

| T, К | Вермикулит | Диатомит | Магнезия |
|------|------------|----------|----------|
| 70   | 27,5       | —        | 20,6     |
| 80   | 29,1       | —        | 21,8     |
| 90   | 30,5       | —        | 22,3     |
| 100  | 31,7       | 30,1     | 23,0     |
| 120  | 34,3       | 32,8     | 24,8     |
| 140  | 37,4       | 35,5     | 26,3     |
| 160  | 40,9       | 38,0     | 28,1     |
| 180  | 45,0       | 40,9     | 30,0     |
| 200  | 48,8       | 43,0     | 31,6     |
| 220  | 53,7       | —        | 33,7     |
| 240  | 58,2       | —        | 35,6     |
| 260  | —          | —        | 37,4     |
| 273  | —          | —        | 38,5     |
| 280  | —          | —        | 39,2     |
| 300  | —          | —        | 41,7     |

Примечание. Плотность, кг·м<sup>-3</sup>, вермикулита 216, диатомита 272 и магнезии 131.

10. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, пробковых зерен [69, 114] в зависимости от плотности

| T, К | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> |    |      |      |     | T, К | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> |      |      |      |      |
|------|-------------------------------|----|------|------|-----|------|-------------------------------|------|------|------|------|
|      | 37                            | 50 | 101  | 129  | 161 |      | 37                            | 50   | 101  | 129  | 161  |
| 70   | 9,0                           | —  | —    | —    | —   | 200  | 22,9                          | 26,2 | 28,7 | 31,4 | 35,5 |
| 80   | 10,0                          | —  | —    | 18,6 | —   | 220  | 25,3                          | 28,8 | 31,4 | 33,7 | 38,2 |
| 90   | 11,0                          | —  | —    | 19,2 | —   | 240  | 27,8                          | 31,3 | 33,8 | 36,1 | 41,0 |
| 100  | 12,1                          | —  | 16,2 | 20,0 | —   | 260  | 30,5                          | 33,9 | 36,2 | 37,8 | 43,9 |
| 120  | 14,1                          | —  | 19,0 | 22,9 | —   | 273  | 32,3                          | 35,7 | 37,8 | 39,1 | 45,8 |
| 140  | 16,2                          | —  | 21,6 | 25,2 | —   | 280  | 33,2                          | 36,7 | 38,4 | 39,8 | 46,9 |
| 160  | 18,4                          | —  | 23,9 | 27,3 | —   | 300  | 36,1                          | 39,5 | —    | 42,5 | 50,0 |
| 180  | 20,6                          | —  | 26,3 | 29,4 | —   |      |                               |      |      |      |      |

Примечание. Пробковая мелочь плотностью 37; 50 и 161 кг·м<sup>-3</sup> имела размер зерен до 3 мм; для 101 и 129 кг·м<sup>-3</sup> — размер зерна не указан, пробка гранулированная.

Метод измерения  $\lambda$  — на шаровом бикалориметре (относительная погрешность  $\pm 8\%$ ).

11. Температуропроводность гранулированного полиэтилена и полистирола [137]

| Материал                                     | T, К | $a \cdot 10^{-5}$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | Примечание. Полиэтилен гранулированный низкой плотности — размер частиц 3—5 мм, насыпная плотность 500—550 кг·м <sup>-3</sup> ; полистирол ПС-С гранулированный — размер частиц 3—5 мм, насыпная плотность 500—600 кг·м <sup>-3</sup> ; полистирол ПС-С в виде бисера — размер частиц 0,1—0,5 мм, насыпная плотность 250—300 кг·м <sup>-3</sup> .<br>Средняя квадратическая погрешность измерения температуропроводности $\pm 5\%$ . |
|--|------|---|--|
| Полиэтилен: гранулированный низкой плотности | 233  | 0,100   |  |
| Полистирол марки ПС-С: гранулированный       | 288  | 0,105   |  |
| в виде бисера                                | 233  | 0,09  |  |
|  | 288  | 0,10  |  |
|  | 233  | 0,085   |  |
|  | 288  | 0,090   |  |

12. Теплопроводность, температуропроводность и удельная теплоемкость порошкообразного плексигласа АКР-15 [199]

| T, К | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-2}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, К | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-2}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|--|--|--|------|--|--|--|
| 20   | 0,553  | 1,106  | 0,747  | 80   | 0,750  | 0,104  | 10,10  |
| 25   | 0,944  | 1,00   | 1,35   | 85   | 0,851  | 0,153  | 8,00   |
| 30   | 1,050  | 0,810  | 1,85   | 90   | 0,908  | 0,209  | 6,20   |
| 35   | 1,00   | 0,553  | 2,56   | 95   | 0,910  | 0,174  | 7,50   |
| 37   | 1,00   | 0,500  | 2,86   | 100  | 0,941  | 0,150  | 8,97   |
| 40   | 1,280  | 0,424  | 4,30   | 107  | 1,00   | 0,100  | 14,6   |
| 45   | 1,550  | 0,400  | 5,54   | 113  | 1,051  | 0,100  | 15,0   |
| 48   | 1,803  | 0,600  | 4,30   | 125  | 1,120  | 0,141  | 11,3   |
| 50   | 3,600  | 0,751  | 6,84   | 140  | 1,154  | 0,140  | 11,7   |
| 52   | 2,00   | 0,600  | 4,76   | 150  | 1,160  | 0,140  | 11,81  |
| 55   | 1,351  | 0,500  | 3,86   | 165  | 1,150  | 0,138  | 11,90  |
| 58   | 1,300  | 0,510  | 3,66   | 180  | 1,203  | 0,137  | 12,60  |
| 60   | 1,107  | 0,400  | 3,98   | 190  | 1,300  | 0,134  | 13,90  |
| 65   | 0,500  | 0,205  | 3,50   | 200  | 1,362  | 0,130  | 15,00  |
| 70   | 0,661  | 0,100  | 9,47   | 215  | 1,500  | 0,127  | 16,90  |
| 75   | 0,665  | 0,100  | 9,50   |      |  |  |  |

Продолжение табл. 12

| T, К | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-2}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, К | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-2}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|--|--|--|------|--|--|--|
| 230  | 1,590  | 0,124  | 18,30  | 270  | 1,843  | 0,111  | 22,34  |
| 240  | 1,171  | 0,121  | 19,75  | 280  | 1,854  | 0,107  | 24,48  |
| 250  | 1,750  | 0,118  | 21,20  | 290  | 1,872  | 0,103  | 26,00  |
| 260  | 1,801  | 0,114  | 22,60  | 300  | 1,893  | 0,100  | 27,00  |

Примечание. Свойства порошкообразного плексигласа АКР-15 (этакрила) измерены в среде гелия при давлении 8 Па.

Метод исследования — квазистационарный нагрев цилиндра источником постоянной мощности в адиабатических условиях.

Погрешность измерения  $\pm 10\%$  при  $T = 20$  К и  $\pm 6\%$  при  $T > 20$  К.

13. Теплопроводность стеклянных шариков [31]

| T, К | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> , при разном заполнении шариков в опытах |       |       |      | Примечание. В опытах 1 и 2 стеклянные шарики соответственно диаметром 0,5 и 1,5 мм были заполнены воздухом. В опытах 3 и 4 поры между стеклянными шариками диаметром 1,5 мм заполнялись кремнийорганической жидкостью ВКЖ-94, частично — пленкой (3) и полностью (4).<br>Метод измерения $\lambda$ — квазистационарным нагревом в адиабатических условиях (погрешность $\pm 7\%$ ).<br>В интервале 100—140 К в связи с замерзанием кремнийорганической жидкости теплопроводность имеет скачок. |
|------|--|-------|-------|------|--|
|      | 1  | 2     | 3     | 4    |  |
| 80   | —  | —     | 0,173 | 0,38 |  |
| 90   | 0,080  | 0,075 | 0,173 | 0,41 |  |
| 100  | 0,085  | 0,080 | 0,200 | 0,48 |  |
| 120  | 0,100  | 0,090 | 0,175 | 0,61 |  |
| 140  | 0,110  | 0,100 | 0,190 | 0,45 |  |
| 160  | 0,125  | 0,115 | 0,205 | 0,45 |  |
| 180  | 0,140  | 0,130 | 0,220 | 0,47 |  |
| 200  | 0,150  | 0,135 | 0,230 | 0,49 |  |
| 220  | 0,165  | 0,150 | 0,240 | 0,50 |  |
| 240  | 0,175  | 0,160 | 0,260 | 0,51 |  |
| 260  | 0,180  | 0,167 | 0,270 | 0,52 |  |
| 273  | 0,185  | 0,170 | 0,273 | 0,52 |  |
| 280  | 0,190  | 0,170 | 0,275 | 0,52 |  |
| 300  | 0,195  | 0,173 | 0,280 | 0,53 |  |

## ВОЛОКНИСТЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

14. Характеристика волокнистых материалов [70]

| Материал         | Диаметр волокон, мкм | Удельная поверхность, м <sup>2</sup> ·г <sup>-1</sup> | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------------------|----------------------|---|-------------------------------|--|
| Стеклянная вата  | 18                   | —   | 160                           | 5,0  |
| То же            | 8                    | —   | 150                           | 1,7  |
| Базальтовая вата | 2                    | —   | 60                            | 2,7  |
| Минеральная вата | 10                   | 4   | 150                           | 3,1  |

Примечание. Теплопроводность измерена при давлении 0,133 Па и граничных температурах 293 и 90 К.

15. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, волокнистых материалов в зависимости от плотности [114]

| Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | Минеральная вата | Стекловолок | Хлопковая вата | Примечание.<br>Метод измерения $\lambda$ — шаровым бикалориметром (относительная погрешность $\pm 8\%$ ). Средняя температура образца 293 К.<br>Для хлопковой ваты и стекловолокла минимум теплопроводности соответствует плотности 50 кг·м <sup>-3</sup> ; для минеральной ваты 75—100 кг·м <sup>-3</sup> . |
|-------------------------------|------------------|-------------|----------------|--|
|                               |                  |             |                |  |
| 50                            | 0,0524           | 0,0488      | 0,0582         |  |
| 75                            | 0,0454           | 0,0500      | 0,0640         |  |
| 100                           | 0,0465           | 0,0512      | 0,0675         |  |
| 125                           | 0,0500           | 0,0535      | 0,0779         |  |
| 150                           | 0,0512           | 0,0582      | —              |  |
| 200                           | 0,0535           | —           | —              |  |
| 250                           | 0,0570           | —           | —              |  |
| 300                           | 0,0651           | —           | —              |  |

16. Теплопроводность волокнистых материалов в зависимости от давления воздуха [70]

| Материал         | Средняя температура, К | Средний диаметр волокна, мкм | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | $\lambda \cdot 10^{-3}$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> , при давлении воздуха, Па |      |      |     |                      |                      |                      |
|------------------|------------------------|------------------------------|-------------------------------|--|------|------|-----|----------------------|----------------------|----------------------|
|                  |                        |                              |                               | 0,133  | 1,33 | 13,3 | 133 | 1,33·10 <sup>3</sup> | 1,33·10 <sup>4</sup> | 1,01·10 <sup>5</sup> |
|                  |                        |                              |                               |  |      |      |     |                      |                      |                      |
|                  | 338                    | 0,69                         | 174                           | 1,7  | 1,8  | 2,5  | 5,0 | 16                   | 30                   | 38                   |
|                  | 338                    | 15,2                         | 155                           | —  | 1,8  | 17   | 29  | 39                   | 41                   | 44                   |
|                  | 338                    | 3,6                          | 250                           | 2,0  | 2,0  | 2,5  | 6,5 | 19                   | 30                   | 34                   |
|                  | 297                    | 1,15                         | 64                            | 1,6  | 1,7  | 2,5  | 8,1 | 22                   | 28                   | 29                   |
|                  | 192                    | 1,15                         | 240                           | —  | —    | 1,3  | 3,0 | 13                   | 21                   | 22                   |
|                  | 192                    | 8,5                          | 160                           | 1,8  | 3,0  | 7,7  | 18  | 26                   | 27                   | 28                   |
| Минеральная вата | 192                    | 10,0                         | 150                           | 3,1  | 5,3  | 11,0 | 19  | 27                   | 28                   | 29                   |

Примечание. Граничные температуры при измерениях 293 и 90 К.

17. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, минеральной ваты различной плотности [69]

| T, К | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> |      |      | T, К | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> |      |      |
|------|-------------------------------|------|------|------|-------------------------------|------|------|
|      | 95                            | 260  | 400  |      | 95                            | 260  | 400  |
| 100  | 12,0                          | 17,7 | 23,0 | 220  | 25,2                          | 34,0 | 44,0 |
| 120  | 14,4                          | 22,0 | 27,0 | 240  | 27,4                          | 26,7 | 47,7 |
| 140  | 16,8                          | 24,3 | 30,4 | 260  | 30,0                          | 39,5 | 51,1 |
| 160  | 18,8                          | 27,0 | 33,9 | 273  | 31,2                          | 40,6 | 52,8 |
| 180  | 21,0                          | 29,1 | 37,0 | 280  | 32,1                          | 41,8 | 54,3 |
| 200  | 23,0                          | 31,8 | 40,5 | 300  | 34,7                          | 44,0 | 58,0 |

18. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, минеральной ваты в зависимости от давления воздуха [70]

| T, К | Давление воздуха, Па |        |        |       |                      |                      |
|------|----------------------|--------|--------|-------|----------------------|----------------------|
|      | 0,133                | 1,33   | 13,3   | 133   | 1,33·10 <sup>3</sup> | 1,01·10 <sup>5</sup> |
|      |                      |        |        |       |                      |                      |
| 150  | 0,0015               | 0,0030 | 0,0075 | 0,015 | 0,022                | 0,025                |
| 200  | 0,0025               | 0,0040 | 0,0080 | 0,017 | 0,026                | 0,031                |
| 250  | 0,0040               | 0,0051 | 0,010  | 0,020 | 0,032                | 0,037                |
| 300  | 0,0065               | 0,0075 | 0,0125 | 0,023 | 0,036                | 0,043                |

Примечание. Плотность минеральной ваты 224 кг·м<sup>-3</sup>.

19. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, минеральной ваты в зависимости от давления и заполняющего газа [70]

| Заполняющий газ | Давление газа, Па |      |      |     |                      |                      |                      |
|-----------------|-------------------|------|------|-----|----------------------|----------------------|----------------------|
|                 | 0,133             | 1,33 | 13,3 | 133 | 1,33·10 <sup>3</sup> | 1,33·10 <sup>4</sup> | 1,05·10 <sup>5</sup> |
| Гелий           | 3,0               | 6,1  | 15   | 52  | 100                  | 105                  | 107                  |
| Воздух          | —                 | 5,6  | 10   | 19  | 27                   | 28                   | 29                   |
| Криптон         | —                 | 4,2  | 6,6  | 11  | 14                   | —                    | —                    |

Примечание. Плотность минеральной ваты 150 кг·м<sup>-3</sup>. Граничные температуры при измерениях 293 и 90 К.

20. Теплопроводность, температуропроводность и удельная теплоемкость хлопковой ваты различной плотности [69]

| T, К | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> |    |    |
|------|--|--|--|--|-------------------------------|----|----|
|      |  |  |  |  | 42                            | 50 | 81 |
|      |  |  |  |  |                               |    |    |
| 80   | —  | 27,3   | 6,11   | 0,893  | 33,4                          |    |    |
| 90   | —  | 28,9   | 6,14   | 0,940  | 34,4                          |    |    |
| 100  | 13,3   | 30,6   | 6,19   | 0,988  | 35,5                          |    |    |
| 120  | 15,8   | 33,8   | 6,25   | 1,07   | 37,8                          |    |    |
| 140  | 17,9   | 36,4   | 6,31   | 1,16   | 40,1                          |    |    |
| 160  | 20,8   | 38,9   | 6,33   | 1,24   | 42,5                          |    |    |
| 180  | 23,7   | 41,2   | 6,31   | 1,32   | 44,9                          |    |    |
| 200  | 26,4   | 43,3   | 6,28   | 1,40   | 47,3                          |    |    |
| 220  | 30,2   | 45,2   | 6,25   | 1,48   | 49,8                          |    |    |
| 240  | 33,4   | 47,6   | 6,19   | 1,56   | 52,2                          |    |    |
| 260  | 27,1   | 50,9   | 6,25   | 1,65   | 54,6                          |    |    |
| 273  | 39,4   | 53,4   | 6,37   | 1,68   | 56,4                          |    |    |
| 280  | 41,0   | 54,9   | 6,44   | 1,72   | 57,2                          |    |    |
| 300  | —  | 59,7   | 6,84   | 1,77   | 59,8                          |    |    |

Примечание. Свойства определены на шаровом бикалориметре при давлении воздуха 1,01·10<sup>5</sup> Па. Погрешность измерения теплопроводности  $\pm 8\%$ , температуропроводности  $\pm 10\%$  и теплоемкости  $\pm 12,5\%$ .

21. Теплопроводность, температуропроводность и удельная теплоемкость минеральной ваты различной плотности [114]

| T, К | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> |     |     |
|------|--|--|--|--|-------------------------------|-----|-----|
|      |  |  |  |  | 100                           | 200 | 250 |
|      |  |  |  |  |                               |     |     |
| 80   | 16,6   | 4,76   | 0,350  | —  | —                             |     |     |
| 90   | 18,0   | 4,84   | 0,371  | —  | —                             |     |     |
| 100  | 19,4   | 4,88   | 0,393  | 19,0   | 22,0                          |     |     |
| 120  | 22,2   | 5,00   | 0,436  | 21,6   | 26,2                          |     |     |
| 140  | 24,9   | 5,14   | 0,480  | 24,4   | 30,2                          |     |     |
| 160  | 27,7   | 5,26   | 0,523  | 27,2   | 34,1                          |     |     |
| 180  | 30,5   | 5,38   | 0,565  | 29,9   | 37,9                          |     |     |
| 200  | 33,2   | 5,51   | 0,605  | 32,7   | 41,6                          |     |     |
| 220  | 36,4   | 5,56   | 0,643  | 35,6   | 45,1                          |     |     |
| 240  | 39,4   | 5,78   | 0,678  | 38,5   | 48,4                          |     |     |
| 260  | 42,2   | 5,94   | 0,712  | 41,6   | 51,7                          |     |     |
| 273  | 44,1   | 6,06   | 0,728  | 43,5   | 53,9                          |     |     |
| 280  | 45,0   | 6,12   | 0,734  | 44,5   | 55,0                          |     |     |
| 300  | 47,3   | 6,28   | 0,743  | 47,5   | 58,1                          |     |     |

Примечание. Свойства определены на шаровом бикалориметре при давлении воздуха 1,01·10<sup>5</sup> Па.

Погрешность измерения теплопроводности  $\pm 8\%$ , температуропроводности  $\pm 10\%$  и теплоемкости  $\pm 12,5\%$ .

22. Теплопроводность, температуропроводность и удельная теплоемкость материалов из стеклянных, шелковых и асбестовых волокон [114]

| T, К | Стекловолок  |  |  | Стекловата | Шелковые очесы | Асбестово-волокнистый |  |      |      |     |  |
|------|--|--|--|------------|----------------|-----------------------|--|------|------|-----|--|
|      | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |            |                |                       | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |      |      |     |  |
|      |  |  |  |            |                |                       | Плотность, кг·м <sup>-3</sup>                              |      |      |     |  |
|      |  |  |  | 50         | 130            | 150                   | 58   | 100  | 470  | 702 |  |
| 70   | 13,7   | 6,88   | 0,418  | —          | —              | —                     | 12,6   | 25,2 | 81,0 | 150 |  |
| 80   | 15,0   | 7,01   | 0,442  | —          | —              | —                     | 13,3   | 26,4 | 90   | 169 |  |
| 90   | 16,2   | 7,09   | 0,468  | —          | —              | —                     | 14,0   | 27,6 | 98   | 183 |  |



Продолжение табл. 22

| T, K | Стекловолок   |  |   | Стекловата | Шелковые<br>очесы | Асбест<br>волокнистый                                      |      |     |     |
|------|---|--|---|------------|-------------------|--|------|-----|-----|
|      | $\lambda \cdot 10^3$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^7$ ,<br>м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |            |                   | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |      |     |     |
|      | Плотность, кг·м <sup>-3</sup>                                 |  |   |            |                   |  |      |     |     |
|      | 50  |  |   | 130        | 150               | 58   | 100  | 470 | 702 |
| 100  | 17,4  | 7,19   | 0,493   | —          | 20,0              | 14,9   | 28,7 | 105 | 194 |
| 120  | 19,9  | 7,42   | 0,542   | 18,0       | 25,5              | 16,6   | 31,0 | 117 | 208 |
| 140  | 22,4  | 7,67   | 0,590   | 24,1       | 30,2              | 18,4   | 33,4 | 127 | 216 |
| 160  | 24,7  | 7,94   | 0,636   | 27,7       | 34,4              | 20,3   | 35,8 | 133 | 220 |
| 180  | 28,0  | 8,22   | 0,680   | 32,0       | 37,9              | 22,4   | 38,2 | 138 | 222 |
| 200  | 30,9  | 8,52   | 0,723   | 34,7       | 41,0              | 24,7   | 40,8 | 142 | 224 |
| 220  | 33,9  | 8,86   | 0,764   | 36,8       | 43,7              | 27,0   | 43,2 | 146 | 227 |
| 240  | 37,1  | 9,20   | 0,804   | 38,5       | 46,1              | 29,5   | 45,7 | 149 | 229 |
| 260  | 39,9  | 9,33   | 0,841   | 40,0       | 48,3              | 32,0   | 48,2 | 152 | 232 |
| 273  | 41,5  | 9,45   | 0,862   | 40,8       | 49,6              | 33,7   | 49,8 | 154 | 234 |
| 280  | 42,5  | 9,62   | 0,873   | 41,2       | 50,3              | 34,6   | 50,8 | 155 | 235 |
| 300  | 44,9  | 10,0   | 0,901   | 42,4       | 52,1              | 37,4   | 53,2 | 157 | 238 |

Примечание. Свойства определены на шаровом бикалориметре при давлении воздуха  $1,01 \cdot 10^5$  Па. Погрешность измерения теплопроводности  $\pm 8\%$ , температуропроводности  $\pm 10\%$  и теплоемкости  $\pm 12,5\%$ .

## 23. Теплопроводность и удельная теплоемкость некоторых типов асбеста [202]

| Материал            | T, K | $\lambda \cdot 10^3$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | Примечание. Асбцемент марки Marinit 36 (Англия) — огнеупорный материал; состав: асбестовое волокно + инфузюрная земля + неорганическая связка; получен прессованием из сухого материала; плотность 600 кг·м <sup>-3</sup> . Образцы в виде пластин $3 \times 10 \times 1,2$ мм.  |
|---------------------|------|---|---|--|
|                     |      |   |   |  |
| Асбцемент           | 298  | 101   | 9,22  | Асбест серпентиновый (Si <sub>4</sub> O <sub>11</sub> )(OH) <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O)Mg <sub>3</sub> и хризолитовый 3MgO·2SiO <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O предварительно очищен от окислов железа протравливанием в 10 %-ной соляной кислоте; промыты в дистиллированной воде и просушены при 383 К. Поверхность образцов чистая, белого цвета. Плотность 2100—2800 кг·м <sup>-3</sup> . |
|                     | 293  | 33,5  | 11,15   |  |
| Асбест хризолитовый | 293  | 101   | 11,15   |  |

24. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, теплоизоляционных картонов [191]

| T, K | БТК-1  | БТК-2 | ПМТБ-2 | ПЖТЗ-1 | ПЖТЗ-2 | T, K | БТК-1  | БТК-2  | ПМТБ-2 | ПЖТЗ-1 | ПЖТЗ-2 |
|------|--------|-------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10   | 0,0232 | —     | 0,0150 | 0,0232 | —      | 130  | 0,0304 | —      | 0,0246 | 0,0304 | —      |
| 20   | 0,0238 | —     | 0,0158 | 0,0238 | —      | 140  | 0,0310 | —      | 0,0254 | 0,0310 | —      |
| 30   | 0,0244 | —     | 0,0166 | 0,0244 | —      | 150  | 0,0316 | —      | 0,0262 | 0,0316 | —      |
| 40   | 0,0250 | —     | 0,0174 | 0,0250 | —      | 160  | 0,0322 | —      | 0,0270 | 0,0322 | —      |
| 50   | 0,0256 | —     | 0,0182 | 0,0256 | —      | 170  | 0,0328 | —      | 0,0278 | 0,0328 | —      |
| 60   | 0,0262 | —     | 0,0190 | 0,0262 | —      | 180  | 0,0334 | —      | 0,0286 | 0,0334 | —      |
| 70   | 0,0268 | —     | 0,0198 | 0,0268 | —      | 190  | 0,0340 | —      | 0,0294 | 0,0340 | —      |
| 80   | 0,0274 | —     | 0,0206 | 0,0274 | —      | 200  | 0,0346 | —      | 0,0302 | 0,0346 | —      |
| 90   | 0,0280 | —     | 0,0214 | 0,0280 | —      | 210  | 0,0352 | 0,0372 | 0,0310 | 0,0352 | 0,0372 |
| 100  | 0,0286 | —     | 0,0222 | 0,0286 | —      | 220  | 0,0358 | 0,0378 | 0,0318 | 0,0358 | 0,0378 |
| 110  | 0,0292 | —     | 0,0230 | 0,0292 | —      | 230  | 0,0364 | 0,0384 | 0,0326 | 0,0364 | 0,0384 |
| 120  | 0,0298 | —     | 0,0238 | 0,0298 | —      | 240  | 0,0370 | 0,0390 | 0,0334 | 0,0370 | 0,0390 |

Продолжение табл. 24

| T, K | БТК-1  | БТК-2  | ПМТБ-2 | ПЖТЗ-1 | ПЖТЗ-2 | T, K | БТК-1  | БТК-2  | ПМТБ-2 | ПЖТЗ-1 | ПЖТЗ-2 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 250  | 0,0376 | 0,0396 | 0,0342 | 0,0376 | 0,0396 | 280  | 0,0394 | 0,0414 | 0,0366 | 0,0394 | 0,0414 |
| 260  | 0,0382 | 0,0402 | 0,0350 | 0,0382 | 0,0402 | 290  | 0,0400 | 0,0420 | 0,0374 | 0,0400 | 0,0420 |
| 270  | 0,0388 | 0,0408 | 0,0358 | 0,0388 | 0,0408 | 300  | 0,0406 | 0,0426 | 0,0382 | 0,0406 | 0,0426 |

Примечание. Картоны — высокоэффективные теплоизоляционные негорючие композиции, обладающие малой объемной массой. Изготовлены из базальтовых волокон (диаметр 0,8—1,2 мкм), минеральных волокон (диаметр 5—7 мкм) и бентонита Черкасского месторождения.

БТК-1 — теплоизоляционный картон, область применения 13—1023К; БТК-2 — теплоизоляционный картон, область применения 213—973К; ПМТБ-2 — мягкий теплоизоляционный плиточный материал, область применения 13—1023К; ПЖТЗ-1 — жесткий теплоизоляционный плиточный материал, область применения 13—1023К; ПЖТЗ-2 — жесткий теплоизоляционный плиточный материал, область применения 213—973К.

В области применения теплопроводность описывается уравнениями: для БТК-1  $\lambda = 0,039 + 6 \cdot 10^{-5} (T - 273)$ ; для БТК-2  $\lambda = 0,041 + 6 \cdot 10^{-5} (T - 273)$ ; для ПМТБ-2  $\lambda = 0,036 + 8 \cdot 10^{-5} (T - 273)$ ; для ПЖТЗ-1  $\lambda = 0,039 + 6 \cdot 10^{-5} (T - 273)$ ; для ПЖТЗ-2  $\lambda = 0,041 + 6 \cdot 10^{-5} (T - 273)$ . Погрешность измерения  $\pm 10\%$ .

## ЯЧЕИСТЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

## 25. Теплопроводность, температуропроводность и удельная теплоемкость полистиролов отечественного производства [83, 114]

| T, K | ПС-1 (1)  |  |   | ПС-1 (2)  | ПС-4 (1)   |   | ПС-4 (2)   |
|------|---|--|---|---|--|---|--|
|      | $\lambda \cdot 10^3$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^7$ ,<br>м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda \cdot 10^3$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^7$ ,<br>м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $\lambda \cdot 10^3$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^7$ ,<br>м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> |
| 70   | —   | —  | —   | 19,7  | —  | —   | 8,7  |
| 80   | —   | —  | —   | 20,8  | —  | —   | 9,8  |
| 90   | —   | —  | —   | 22,0  | —  | —   | 10,9   |
| 100  | 15,2  | 3,35   | 0,445   | 23,2  | 18,1   | 5,81  | 12,0   |
| 110  | 16,2  | 3,29   | 0,495   | 24,4  | 19,4   | 5,68  | 13,2   |
| 120  | 17,5  | 3,24   | 0,535   | 25,6  | 20,7   | 5,53  | 14,3   |
| 130  | 18,8  | 3,20   | 0,580   | 26,8  | 22,0   | 5,45  | 15,5   |
| 140  | 19,8  | 3,16   | 0,625   | 28,0  | 23,3   | 5,33  | 16,7   |
| 150  | 21,0  | 3,12   | 0,670   | 29,2  | 24,6   | 5,28  | 17,9   |
| 160  | 22,1  | 3,08   | 0,715   | 30,4  | 25,8   | 5,95  | 18,1   |
| 170  | 23,2  | 3,05   | 0,765   | 31,2  | 27,2   | 5,12  | 20,4   |
| 180  | 24,4  | 3,02   | 0,805   | 32,9  | 28,5   | 5,06  | 21,7   |
| 190  | 25,7  | 3,00   | 0,855   | 34,1  | 29,8   | 5,02  | 23,0   |
| 200  | 26,8  | 2,98   | 0,895   | 35,3  | 31,1   | 4,96  | 24,5   |
| 210  | 28,0  | 2,96   | 0,940   | 36,5  | 32,5   | 4,94  | 26,0   |
| 220  | 29,1  | 2,94   | 0,980   | 37,7  | 33,7   | 4,91  | 27,5   |
| 230  | 30,2  | 2,92   | 1,030   | 38,9  | 35,0   | 4,86  | 29,0   |
| 240  | 31,4  | 2,91   | 1,070   | 40,1  | 36,2   | 4,83  | 30,5   |
| 250  | 32,5  | 2,88   | 1,120   | 41,4  | 37,6   | 4,80  | 32,1   |
| 260  | 33,7  | 2,89   | 1,160   | 42,5  | 38,8   | 4,78  | 33,7   |
| 273  | 35,0  | 2,88   | 1,210   | 44,0  | 40,8   | 4,76  | 35,0   |
| 280  | 35,9  | 2,87   | 1,250   | 44,8  | 41,6   | 4,75  | 37,2   |
| 290  | 37,0  | 2,86   | 1,295   | 45,8  | 43,5   | 4,74  | 39,0   |
| 300  | 38,1  | 2,84   | 1,335   | 46,8  | 44,2   | 4,73  | 40,8   |

Примечание. Полистирол марки ПС-1 (1) имел плотность 100 кг·м<sup>-3</sup>, средний размер ячеек 0,2 мм (толщина образца 9 мм); ПС-1 (2) имел плотность 190 кг·м<sup>-3</sup>; ПС-4 (1) — плотность 70 кг·м<sup>-3</sup>, средний размер ячеек 1,5 мм (толщина образца 10 мм); ПС-4 (2) — плотность 40 кг·м<sup>-3</sup>. Ячейки всех образцов наполнены воздухом.

Методы измерения  $\alpha$ ,  $\lambda$  и  $c_p$  — нестационарные, с плоским нагревателем постоянной мощности. Относительная погрешность измерения  $\lambda$  —  $\pm 5\%$ ,  $\alpha$  —  $\pm 3,5\%$ ,  $c_p$  —  $\pm 8\%$ . Измерения проведены при внешнем давлении сжатия  $9,8 \cdot 10^4$  Па. Теплоемкость для других пенопластов на основе полистирола близка к теплоемкости для марки ПС-1.

26. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, пенополистирола в зависимости от давления [83, 114]

| T, К | Давление, Па         |                      |                      |      |      | T, К | Давление, Па         |                      |                      |      |      |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|------|------|------|----------------------|----------------------|----------------------|------|------|
|      | 1,01·10 <sup>5</sup> | 1,33·10 <sup>4</sup> | 1,33·10 <sup>3</sup> | 13,3 | 1,33 |      | 1,01·10 <sup>5</sup> | 1,33·10 <sup>4</sup> | 1,33·10 <sup>3</sup> | 13,3 | 1,33 |
| 100  | 15,0                 | 14,0                 | 10,3                 | 5,5  | 2,7  | 210  | 26,4                 | 23,0                 | 18,7                 | 12,0 | 5,9  |
| 110  | 16,0                 | 14,7                 | 10,8                 | 5,9  | 2,9  | 220  | 28,1                 | 24,0                 | 19,6                 | 12,8 | 6,3  |
| 120  | 16,8                 | 15,5                 | 11,4                 | 6,3  | 3,1  | 230  | 29,4                 | 25,0                 | 20,7                 | 13,7 | 6,8  |
| 130  | 17,7                 | 16,2                 | 12,0                 | 6,7  | 3,4  | 240  | 31,0                 | 26,0                 | 21,8                 | 14,5 | 7,4  |
| 140  | 18,6                 | 17,0                 | 12,7                 | 7,2  | 3,7  | 250  | 32,3                 | 27,5                 | 23,0                 | 15,3 | 8,2  |
| 150  | 19,7                 | 17,6                 | 13,4                 | 7,7  | 3,9  | 260  | 34,0                 | 29,5                 | 24,3                 | 16,1 | 9,1  |
| 160  | 20,8                 | 18,4                 | 14,1                 | 8,3  | 4,2  | 275  | 36,4                 | 32,5                 | 26,5                 | 17,4 | 10,6 |
| 170  | 22,0                 | 19,2                 | 15,0                 | 9,0  | 4,5  | 280  | 38,2                 | 34,0                 | 30,2                 | 18,3 | 11,5 |
| 180  | 23,0                 | 20,0                 | 15,9                 | 9,7  | 4,7  | 290  | 40,2                 | 37,0                 | 32,0                 | 20,0 | 13,0 |
| 190  | 24,1                 | 21,0                 | 16,8                 | 10,4 | 5,1  | 300  | 42,4                 | 42,0                 | 37,0                 | 23,0 | 15,0 |
| 200  | 25,2                 | 22,0                 | 17,8                 | 11,2 | 5,4  |      |                      |                      |                      |      |      |

Примечание. При пониженных давлениях воздуха исследования проведены на образцах пенополистирола марки ПС-В (новое обозначение материала ПСВ-С) плотностью 23 кг·м<sup>-3</sup>, а при нормальном давлении — плотностью 30—50 кг·м<sup>-3</sup>.  
Метод измерения  $\lambda$  — метод пластины (абсолютный вариант); относительная погрешность  $\pm 10\%$ .

27. Теплопроводность пенопласта ПС-4 при различном размере пор [83]

| Средний размер пор, мм | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | Средний размер пор, мм | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------------------------|---|------------------------|---|
| 0,5                    | 0,0388  | 2,0                    | 0,0454  |
| 1,0                    | 0,0410  | 2,5                    | 0,0476  |
| 1,5                    | 0,0433  | 3,0                    | 0,0498  |

Примечание. Плотность образцов 30—50 кг·м<sup>-3</sup>; средняя температура 293 К.

28. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, пенопластов ПС-1 и ПХВ-1 в зависимости от толщины образца [83]

| Толщина образца, мм | ПС-1                |      | ПХВ-1               |       |      |
|---------------------|---------------------|------|---------------------|-------|------|
|                     | Толщина образца, мм | ПС-1 | Толщина образца, мм | ПХВ-1 |      |
| 5                   | 37,5                | 39,2 | 12                  | 41,0  | 43,8 |
| 6                   | 38,4                | 40,7 | 13                  | 41,3  | 44,0 |
| 7                   | 39,0                | 41,6 | 14                  | 41,6  | 44,2 |
| 8                   | 39,6                | 42,3 | 15                  | 41,8  | 44,4 |
| 9                   | 40,0                | 42,8 | 16                  | 42,0  | 44,5 |
| 10                  | 40,4                | 43,2 | 17                  | 42,1  | 44,6 |
| 11                  | 40,7                | 43,5 |                     |       |      |

Примечание. Плотность образцов, кг·м<sup>-3</sup>, 100 (ПС-1) и 145 (ПХВ-1).  
Средний размер пор для ПС-1 и ПХВ-1 равен 0,5 мм. Средняя температура образца при измерении 293 К.

29. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, композиции полистирол—наполнитель (талек, окись магния, асбест, древесная мука) [20]

| T, К | Объемное содержание наполнителя, % |       |       |       |      |       |       |
|------|------------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
|      | Талек                              |       |       |       |      | MgO   |       |
|      | 0                                  | 9     | 12    | 22    | 100  | 0     | 2     |
| 100  | 0,130                              | 0,258 | 0,232 | 0,420 | 1,50 | 0,130 | 0,167 |
| 120  | 0,135                              | 0,266 | 0,248 | 0,440 | 1,7  | 0,135 | 0,175 |

Продолжение табл. 29

| T, К | Объемное содержание наполнителя, % |       |       |       |      |       |       |
|------|------------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
|      | Талек                              |       |       |       |      | MgO   |       |
|      | 0                                  | 9     | 12    | 22    | 100  | 0     | 2     |
| 140  | 0,141                              | 0,274 | 0,262 | 0,460 | 1,88 | 0,141 | 0,180 |
| 160  | 0,149                              | 0,281 | 0,275 | 0,479 | 2,04 | 0,149 | 0,185 |
| 180  | 0,155                              | 0,287 | 0,287 | 0,498 | 2,20 | 0,155 | 0,190 |
| 200  | 0,160                              | 0,292 | 0,297 | 0,511 | 2,35 | 0,160 | 0,194 |
| 220  | 0,165                              | 0,297 | 0,305 | 0,524 | 2,49 | 0,165 | 0,197 |
| 240  | 0,169                              | 0,300 | 0,313 | 0,539 | 2,62 | 0,169 | 0,200 |
| 260  | 0,172                              | 0,303 | 0,319 | 0,554 | 2,75 | 0,172 | 0,203 |
| 273  | 0,174                              | 0,320 | 0,323 | 0,564 | 2,82 | 0,174 | 0,204 |
| 280  | 0,175                              | 0,300 | 0,325 | 0,569 | 2,86 | 0,175 | 0,205 |
| 293  | 0,176                              | 0,308 | 0,328 | 0,578 | 2,84 | 0,176 | 0,206 |
| 300  | 0,177                              | 0,310 | 0,332 | 0,582 | 2,85 | 0,177 | 0,207 |

| T, К | Объемное содержание наполнителя, % |      |        |       |                |       |       |
|------|------------------------------------|------|--------|-------|----------------|-------|-------|
|      | MgO                                |      | Асбест |       | Древесная мука |       |       |
|      | 6                                  | 100  | 4      | 10    | 20             | 40    | 60    |
| 100  | 0,214                              | 99   | 0,182  | —     | —              | —     | —     |
| 120  | 0,236                              | 82,5 | 0,190  | —     | —              | 0,150 | —     |
| 140  | 0,250                              | 65,8 | 0,200  | —     | —              | 0,157 | —     |
| 160  | 0,263                              | 54,0 | 0,207  | 0,207 | 0,161          | 0,166 | 0,220 |
| 180  | 0,277                              | 45,3 | 0,215  | 0,207 | 0,164          | 0,175 | 0,227 |
| 200  | 0,290                              | 38,5 | 0,220  | 0,206 | 0,163          | 0,183 | 0,230 |
| 220  | 0,302                              | 33,8 | 0,232  | 0,204 | 0,168          | 0,192 | 0,232 |
| 240  | 0,315                              | 31,0 | 0,239  | 0,210 | 0,173          | 0,202 | 0,238 |
| 260  | 0,328                              | 29,6 | 0,242  | 0,230 | 0,180          | 0,214 | 0,250 |
| 273  | 0,336                              | 29,0 | 0,244  | 0,240 | 0,179          | 0,214 | 0,253 |
| 280  | 0,340                              | 28,8 | 0,244  | 0,230 | 0,176          | 0,218 | 0,254 |
| 293  | 0,347                              | 28,3 | 0,237  | 0,223 | 0,176          | 0,225 | 0,262 |
| 300  | 0,352                              | 28,1 | 0,237  | 0,220 | 0,178          | 0,222 | 0,267 |

Примечание. Условный диаметр частицы талька составляет 0,0015—0,0100 мм. Усредненный диаметр сферических частиц MgO 0,001 мм. Использовали минеральный асбест в виде волокон длиной 2—10 мм и диаметром 0,02—0,01 мм. Усредненная длина частицы древесной муки составляет 0,25—0,30 мм и усредненная ширина 0,10—0,12 мм. Полистирол аморфный.

30. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, пенополистиролов, выпускаемых зарубежными фирмами, в зависимости от плотности [220, 230]

| T, К | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|      | 27                            | ~30  | 33   | 32   | 60   | 35   | 13   | 62   | 24   | ~40  |
| 70   | 9,6                           | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    |
| 80   | 10,5                          | —    | 10,5 | —    | —    | —    | 12,0 | 10,8 | —    | 12,8 |
| 90   | 11,3                          | —    | 11,7 | —    | —    | —    | 12,8 | 11,8 | 14,7 | 14,0 |
| 100  | 12,2                          | 10,5 | 12,8 | 4,9  | —    | —    | 13,7 | 13,0 | 15,5 | 15,3 |
| 110  | 13,3                          | 11,4 | 13,6 | 6,4  | —    | —    | 14,6 | 14,0 | 16,4 | 16,6 |
| 120  | 14,5                          | 12,2 | 14,5 | 7,8  | —    | —    | 15,5 | 15,1 | 17,2 | 17,8 |
| 130  | 15,3                          | 13,1 | 15,8 | 9,2  | —    | —    | 16,5 | 16,2 | 18,2 | 17,2 |
| 140  | 16,8                          | 14,1 | 17,4 | 10,9 | 18,6 | —    | 17,4 | 17,4 | 19,0 | 18,6 |
| 150  | 18,0                          | 15,0 | 19,6 | 12,4 | 19,0 | —    | 18,5 | 18,6 | 20,0 | 21,4 |
| 160  | 19,2                          | 16,0 | 21,7 | 13,6 | 19,4 | —    | 19,5 | 19,8 | 20,9 | 22,6 |
| 170  | 20,0                          | 17,1 | 22,2 | 15,2 | 19,9 | —    | 20,6 | 21,2 | 21,8 | 24,0 |
| 180  | 21,0                          | 18,2 | 22,7 | 16,6 | 20,3 | —    | 21,7 | 22,4 | 22,8 | 25,2 |
| 190  | 22,4                          | 19,3 | 24,4 | 18,2 | 20,9 | —    | 24,8 | 23,8 | 23,9 | 26,4 |
| 200  | 23,9                          | 20,5 | 26,2 | 19,6 | 21,4 | —    | 23,7 | 25,2 | 24,8 | 27,6 |
| 210  | 25,3                          | 21,7 | 27,8 | 21,0 | 22,1 | —    | 25,2 | 26,6 | 26,0 | 28,9 |
| 220  | 26,8                          | 23,0 | 29,4 | 22,6 | 22,8 | —    | 26,3 | 28,1 | 27,0 | 30,1 |
| 230  | 28,1                          | 24,3 | 31,2 | 24,2 | 23,4 | 25,8 | 27,5 | 29,7 | 27,8 | 31,4 |
| 240  | 29,1                          | 25,7 | 33,1 | 25,8 | 24,3 | 26,3 | 28,7 | 31,4 | 28,8 | 32,6 |
| 250  | —                             | 27,1 | 34,9 | 27,4 | 25,2 | 27,0 | 29,8 | 33,0 | 29,7 | 33,9 |
| 260  | —                             | 28,4 | 36,6 | 29,2 | 26,2 | 27,4 | 31,0 | 34,6 | 30,8 | 35,2 |
| 273  | —                             | 30,4 | 38,7 | 31,4 | 27,6 | 28,0 | 32,5 | 37,0 | 32,0 | 37,0 |
| 280  | —                             | 31,5 | 40,1 | 32,8 | 28,6 | 28,4 | 33,3 | 38,1 | 32,6 | 38,0 |
| 290  | —                             | 33,3 | 42,1 | 34,8 | 30,0 | 29,0 | 34,5 | 39,8 | 33,6 | 39,2 |
| 300  | —                             | 35,0 | 44,2 | 36,8 | 31,6 | 29,4 | 35,6 | 41,6 | 34,7 | 40,6 |

Примечание. Метод измерения  $\lambda$  — пластиной (абсолютный вариант); погрешность измерения  $\pm 10\%$ .

Зависимость теплофизических свойств пенопластов от диаметра ячеек, толщины образца, температурного перепада и технологии изготовления авторы оригинальных исследований не учитывали. В связи с этим в обобщенных данных зависимости  $\lambda(T)$  и  $\lambda(\rho)$  — в отдельных случаях не согласуются. Материалы плотностью 32 кг·м<sup>-3</sup> изготовлены по двум технологиям.

Данные относятся к нормальным атмосферным условиям.

31. Температурный коэффициент линейного расширения ячеистых изоляционных материалов [69]

| Материал             | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | T, К | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> | Материал                  | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | T, К | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|----------------------|-------------------------------|------|---------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------|---------------------------------------|
|                      |                               |      |                                       |                           |                               |      |                                       |
| То же                | 110                           | 247  | 59                                    | »                         | 20                            | 80   |                                       |
| »                    | 110                           | 194  | 47                                    | То же                     | 24,3                          | 288— | 70                                    |
| Пеностекло           | 170                           | 315  | 10,8                                  | »                         | 193                           | 193  |                                       |
| То же                | 170                           | 247  | 7,6                                   | »                         | 24,3                          | 193— | 76                                    |
| »                    | 170                           | 193  | 6,5                                   | »                         | 37,5                          | 123  |                                       |
| Вспученная резина    | 78                            | 247  | 48,6                                  | »                         | 193                           | 193  | 57                                    |
| То же                | 78                            | 193  | 43,2                                  | »                         | 37,5                          | 193— | 57                                    |
| Вспученный эбонит    | 64                            | 323— | 59,8                                  |                           | 123                           | 123  |                                       |
| Пенополивинилхлорид: |                               | 148  |                                       | Пенополиуретан эластичный | 34—                           | 293— | 77                                    |
| жесткий              | 40—                           | 293— | 45                                    | »                         | 58                            | 80   |                                       |
| »                    | 88                            | 80   |                                       | Пенополиуретан            | 80                            | 300  | 123                                   |
| эластичный           | 75—                           | 293— | 81                                    | То же                     | 80                            | 77   | 50                                    |
|                      | 150                           | 80   |                                       | »                         | 80                            | 300— | 71                                    |
|                      |                               |      |                                       |                           |                               | 77   |                                       |

32. Температурный коэффициент линейного расширения волокнистых изоляционных материалов [69]

| Материал                | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | Температура, К | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup> |
|-------------------------|-------------------------------|----------------|---------------------------------------|
| Мат из минеральной ваты | 229                           | 319            | 15,5                                  |
| То же                   | 229                           | 247            | 8,8                                   |
| »                       | 229                           | 192            | 4,0                                   |
| Мат из стекловолокна    | 176                           | 245            | 6,5                                   |
| То же                   | 176                           | 191            | 7,7                                   |

33. Теплопроводность, температуропроводность и удельная теплоемкость пенополиуретанов отечественного производства [83, 114]

| T, К | ППУ-104Б   |  |  | ППУ-305А | Поролон при давлении, Па                                   |                      |
|------|--|--|--|----------|--|----------------------|
|      | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |          | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | 1,01·10 <sup>5</sup> |
| 80   | —  | —  | —  | —        | 12,8   | 2,2                  |
| 90   | —  | —  | —  | —        | 14,0   | 2,3                  |
| 100  | 38,2   | 1,73   | 0,563  | —        | 15,2   | 2,4                  |
| 110  | 39,7   | 1,69   | 0,605  | —        | 16,4   | 2,6                  |
| 120  | 41,2   | 1,65   | 0,645  | —        | 17,6   | 2,8                  |
| 130  | 42,6   | 1,61   | 0,685  | —        | 18,8   | 3,4                  |
| 140  | 44,2   | 1,58   | 0,728  | —        | 20,0   | 4,1                  |
| 150  | 45,8   | 1,54   | 0,770  | —        | 21,2   | 4,3                  |
| 160  | 47,0   | 1,51   | 0,808  | —        | 22,4   | 5,4                  |
| 170  | 48,6   | 1,48   | 0,850  | —        | 23,8   | 5,9                  |
| 180  | 50,1   | 1,45   | 0,890  | 25,4     | 24,6   | 6,2                  |
| 190  | 51,5   | 1,43   | 0,930  | 26,7     | 25,7   | 6,3                  |
| 200  | 53,0   | 1,41   | 0,970  | 28,2     | 26,6   | 6,5                  |
| 210  | 54,4   | 1,39   | 1,010  | 29,6     | 27,5   | 6,7                  |
| 220  | 56,0   | 1,37   | 1,050  | 31,2     | 28,6   | 7,0                  |
| 230  | 57,2   | 1,36   | 1,095  | 32,8     | 29,7   | 7,1                  |
| 240  | 58,8   | 1,34   | 1,132  | 34,3     | 31,0   | 7,4                  |
| 250  | 60,2   | 1,33   | 1,170  | 36,0     | 32,3   | 7,6                  |
| 260  | 61,8   | 1,32   | 1,210  | 37,6     | 33,8   | 7,8                  |
| 273  | 63,8   | 1,31   | 1,265  | 39,0     | 36,0   | 8,0                  |
| 280  | 64,8   | 1,30   | 1,322  | 40,7     | 37,4   | 8,6                  |
| 290  | 66,5   | 1,29   | 1,330  | 42,4     | 39,2   | 9,2                  |
| 300  | 68,0   | 1,28   | 1,375  | 44,0     | 41,7   | 10,2                 |

Примечания. Пенополиуретан марки ППУ-104Б имел плотность 390 кг·м<sup>-3</sup>, средний размер ячеек 0,2 мм (толщина образца 8 мм); ППУ-305А имел плотность 140 кг·м<sup>-3</sup>, средний размер ячеек 0,5 мм (толщина образца 10 мм). Плотность поролона 34 кг·м<sup>-3</sup>.

В связи с диффузией газа в процессе длительного хранения ячейки образцов фактически были заполнены смесью двуокиси углерода и воздуха. Измерения проведены нестационарным методом с плоским нагревателем постоянной мощности. Погрешность при измерении  $\lambda \pm 5\%$ ,  $a \pm 3,5\%$  и  $c_p \pm 8\%$ .

Теплоемкость для других пенопластов на основе полиуретанов близка к значениям теплоемкости для материала ППУ-104Б.

В тех случаях, когда давление газа в ячейках и внешнее давление на образец не указаны, данные относятся к нормальным атмосферным условиям.

34. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, пенополиуретанов зарубежных фирм в зависимости от их плотности [270, 280]

| Т, К | Ячейки заполнены двуокисью углерода                                   |     | Ячейки заполнены фтортрихлорметаном                                   |     | Ячейки заполнены фтортрихлорметаном                                   |     | Ячейки заполнены фтортрихлорметаном                                   |         |    |    |    |    |      |    |
|------|---|-----|---|-----|---|-----|---|---------|----|----|----|----|------|----|
|      | после хранения при 293 К и относительной влажности воздуха 65 %, годы |     | после хранения при 293 К и относительной влажности воздуха 65 %, годы |     | после хранения при 293 К и относительной влажности воздуха 65 %, годы |     | после хранения при 293 К и относительной влажности воздуха 65 %, годы |         |    |    |    |    |      |    |
|      | 0,5   | 1,0 | 0,5   | 1,0 | 0,5   | 1,0 | 0,5   | 1,0     |    |    |    |    |      |    |
|      | Плотность, кг·м <sup>-3</sup>   |     |   |     |   |     |   |         |    |    |    |    |      |    |
|      | 27  | 57  | 38  | 140 | 40  | 42  | 32 (I)  | 32 (II) | 37 | 38 | 33 | 43 | 35,7 | 43 |
| 80   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 90   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 100  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 110  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 120  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 130  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 140  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 150  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 160  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 170  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 180  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 190  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 200  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 210  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 220  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 230  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 240  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 250  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 260  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 270  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 280  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 290  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |
| 300  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —       | —  | —  | —  | —  | —    | —  |

Примечание. Образцы из материала плотностью 43 кг·м<sup>-3</sup> имели толщину 40 мм, из материала плотностью 32 кг·м<sup>-3</sup> — 25 (I) и 30 (II) мм.  
Зависимость теплопроводности от диаметра ячеек, фактического состава газа-наполнителя, толщины образца, температурного режима и технологии изготовления авторов оригинальных исследований не учитывали. В связи с этим в обобщенных данных зависимости  $\lambda(T)$  и  $\lambda(T)$  в ряде случаев не согласуются.

35. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, пенополихлорвинила и пеновинилхлорида [83, 114]

| Т, К | ПХВ-1 (1) | ПХВ-1 (2) | ПХВ (1) | ПХВ (2) | ПХВ (3) |
|------|-----------|-----------|---------|---------|---------|
| 90   | —         | —         | 14,7    | 15,9    | —       |
| 100  | 12,0      | 16,4      | 15,4    | 16,3    | —       |
| 110  | 13,2      | 17,6      | 16,0    | 16,8    | —       |
| 120  | 14,3      | 19,0      | 16,8    | 17,3    | —       |
| 130  | 15,4      | 20,3      | 17,4    | 17,8    | —       |
| 140  | 16,5      | 21,6      | 18,1    | 18,4    | —       |
| 150  | 17,6      | 23,0      | 18,8    | 19,0    | —       |
| 160  | 18,7      | 24,3      | 19,5    | 19,6    | 37,3    |
| 170  | 19,8      | 25,7      | 20,2    | 20,3    | 38,3    |
| 180  | 21,0      | 27,0      | 20,8    | 21,0    | 39,4    |
| 190  | 22,1      | 28,4      | 21,7    | 21,7    | 40,5    |
| 200  | 23,2      | 29,7      | 22,6    | 22,6    | 41,5    |
| 210  | 24,3      | 31,1      | 23,6    | 23,6    | 42,6    |
| 220  | 25,4      | 32,5      | 24,6    | 24,6    | 43,8    |
| 230  | 26,5      | 33,8      | 25,7    | 25,7    | 45,0    |
| 240  | 27,7      | 35,2      | 27,0    | 26,6    | 46,1    |
| 250  | 28,7      | 36,5      | 28,4    | 27,6    | 47,2    |
| 260  | 29,9      | 37,9      | 29,9    | 28,8    | 48,4    |
| 273  | 31,4      | 39,6      | 32,0    | 30,6    | 50,0    |
| 280  | 32,1      | 40,6      | 33,4    | 31,8    | 51,0    |
| 290  | 33,2      | 41,9      | 35,4    | 33,5    | 52,0    |
| 300  | 34,4      | 43,3      | 37,6    | 35,4    | 53,1    |

Примечание. Ячейки поливинилхлорида и полихлорвинила наполнены воздухом. Образцы ПХВ-1 (1) — плотность 80 кг·м<sup>-3</sup>, средний размер ячеек 0,5 мм (толщина образца 5 мм); ПХВ-1 (2) — плотность 145 кг·м<sup>-3</sup>, средний размер ячеек 0,6 мм (толщина образца 10 мм) Плотность, кг·м<sup>-3</sup>, 43 [ПХВ (1)]; 70 [ПХВ (2)] и 190—200 [ПХВ (3)].  
Метод измерения  $\lambda$  — квазистационарным нагревом источником постоянной мощности в адиабатических условиях; погрешность измерения  $\pm 5\%$ . Давление воздуха  $1,01 \cdot 10^5$  Па.

36. Теплопроводность и температуропроводность полистирола, полихлорвинила и полиуретана в зависимости от плотности [83]

| Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | ПС-4  |  | ПС-1  |  | ПХВ-1  | ППУ-305А  |  |
|-------------------------------|---|--|---|--|--------|---|--|
|                               | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> |        | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> |
| 20                            | 0,0470  | —  | 0,0410  | —  | —      | —   | —  |
| 30                            | 0,0452  | 11,5   | 0,0399  | 10,28  | —      | —   | —  |
| 40                            | 0,0439  | 8,32   | 0,0391  | 7,47   | —      | —   | —  |
| 50                            | 0,0430  | 6,52   | 0,0386  | 5,87   | —      | —   | —  |
| 60                            | 0,0426  | 5,37   | 0,0386  | 4,87   | —      | —   | —  |
| 70                            | 0,0427  | 4,61   | 0,0387  | 4,20   | —      | —   | —  |
| 80                            | 0,0431  | 4,09   | 0,0390  | 3,71   | 0,0370 | —   | —  |
| 100                           | 0,0447  | 3,37   | 0,0404  | 3,06   | 0,0385 | 0,0396  | 2,87   |
| 120                           | 0,0465  | —  | 0,0420  | 2,65   | 0,0402 | 0,0410  | —  |
| 140                           | —   | —  | 0,0436  | 2,35   | 0,0422 | 0,0430  | 2,23   |
| 160                           | —   | —  | 0,0455  | 2,15   | 0,0444 | 0,0450  | 2,05   |
| 180                           | —   | —  | 0,0474  | 2,00   | 0,0467 | 0,0467  | 1,88   |
| 200                           | —   | —  | 0,0495  | —  | 0,0510 | 0,0486  | 1,77   |
| 220                           | —   | —  | —   | —  | —      | 0,0505  | 1,66   |
| 260                           | —   | —  | —   | —  | —      | 0,0546  | 1,52   |
| 300                           | —   | —  | —   | —  | —      | 0,0587  | 1,42   |
| 340                           | —   | —  | —   | —  | —      | 0,0630  | 1,34   |
| 380                           | —   | —  | —   | —  | —      | 0,0675  | 1,29   |
| 420                           | —   | —  | —   | —  | —      | 0,0776  | 1,22   |
| 460                           | —   | —  | —   | —  | —      | 0,0827  | 1,20   |
| 500                           | —   | —  | —   | —  | —      | 0,0875  | 1,17   |
| 540                           | —   | —  | —   | —  | —      | 0,0926  | 1,16   |
| 580                           | —   | —  | —   | —  | —      | 0,0976  | 1,14   |

Примечание. Средний размер пор, мм, для пенопластов 1,5 (ПС-4), 0,5 (ПС-1); 0,5—0,8 (ПХВ-1), 0,5—0,7 (ППУ-305А). Высота образцов 10 мм, средняя температура 293 К.  
Метод измерения — нестационарный, с плоским нагревателем постоянной мощности. Погрешность измерения  $\lambda \pm 5\%$ ,  $a \pm 3,5\%$ .

37. Теплопроводность, температуропроводность и удельная теплоемкость материалов на основе мочевиноформальдегидной смолы [114]

| T, К | Мипора (1)   |   |  | Ми-<br>пора<br>(2)                                       | ВМС  | T, К | Мипора (1)  |  |      | Ми-<br>пора<br>(2) | ВМС  |
|------|--|---|--|--|------|------|---|--|------|--------------------|------|
|      | $\alpha \cdot 10^7$ ,<br>М <sup>2</sup> ·С <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\alpha \cdot 10^7$ ,<br>М <sup>2</sup> ·С <sup>-1</sup> |      |      | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |      |                    |      |
|      |  |   |  |  |      |      |   |  |      |                    |      |
| 70   | 11,81  | 0,544   | 13,1   | 14,7   | —    | 190  | 13,31   | 1,08   | 28,4 | 30,6               | 20,4 |
| 80   | 11,93  | 0,590   | 14,3   | 16,0   | 9,3  | 200  | 13,41   | 1,108  | 29,7 | 31,9               | 21,5 |
| 90   | 12,07  | 0,636   | 15,7   | 17,5   | 10,1 | 210  | 13,57   | 1,16   | 31,0 | 33,2               | 22,5 |
| 100  | 12,21  | 0,682   | 16,9   | 18,8   | 11,0 | 220  | 13,65   | 1,190  | 32,2 | 34,5               | 23,5 |
| 110  | 12,30  | 0,727   | 18,2   | 20,2   | 12,0 | 230  | 13,77   | 1,22   | 33,5 | 35,7               | 24,5 |
| 120  | 12,40  | 0,770   | 19,5   | 21,5   | 12,8 | 240  | 13,89   | 1,264  | 34,8 | 37,0               | 25,6 |
| 130  | 12,52  | 0,813   | 20,8   | 22,8   | 14,0 | 250  | 14,01   | 1,29   | 35,8 | 38,2               | 26,7 |
| 140  | 12,65  | 0,856   | 22,0   | 24,1   | 15,5 | 260  | 14,08   | 1,316  | 36,9 | 39,4               | 27,9 |
| 150  | 12,79  | 0,900   | 23,3   | 25,5   | 16,0 | 273  | 14,16   | 1,348  | 38,3 | 41,0               | 29,6 |
| 160  | 12,92  | 0,942   | 24,6   | 26,8   | 17,1 | 280  | 14,18   | 1,364  | 39,1 | 41,8               | 30,8 |
| 170  | 13,06  | 0,990   | 25,9   | 28,1   | 18,2 | 290  | 14,20   | 1,40   | 40,3 | 43,0               | 32,3 |
| 180  | 13,17  | 1,024   | 27,1   | 29,4   | 19,3 | 300  | 14,20   | 1,430  | 41,4 | 44,2               | 34,3 |

Примечание. ВМС — вспененная отвержденная мочевиная смола. Плотность материалов, кг·м<sup>-3</sup>: 20 [мипора (1)]; 40—60 [мипора (2)]; 25,5 (ВМС). Свойства мипоры измерены на шаровом бикалориметре при давлении 1,01 × 10<sup>6</sup> Па. Погрешность измерения  $\lambda$  — ±8 %,  $\alpha$  ± 10 %,  $c_p$  — ±12,5 %.

Метод измерения  $\lambda$  материала ВМС — квазистационарным нагревом источником постоянной мощности в адиабатических условиях (относительная погрешность ±3 %).

38. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, фенольного пенопласта [220, 230]

| T, К | ФП (1) | ФП (2) | T, К | ФП (1) | ФП (2) | T, К | ФП (1) | ФП (2) |
|------|--------|--------|------|--------|--------|------|--------|--------|
| 80   | 10,8   | 17,8   | 160  | 17,4   | 25,5   | 240  | 24,6   | 34,2   |
| 90   | 11,6   | 18,8   | 170  | 18,2   | 26,4   | 250  | 25,6   | 35,5   |
| 100  | 12,5   | 19,7   | 180  | 19,0   | 27,4   | 260  | 26,8   | 36,6   |
| 110  | 13,3   | 20,6   | 190  | 19,9   | 28,5   | 273  | 28,4   | 38,0   |
| 120  | 14,2   | 21,6   | 200  | 20,8   | 29,6   | 280  | 29,2   | 39,0   |
| 130  | 15,0   | 22,6   | 210  | 21,7   | 30,8   | 290  | 30,6   | 40,4   |
| 140  | 15,7   | 23,5   | 220  | 22,7   | 31,8   | 300  | 32,0   | 41,4   |
| 150  | 16,5   | 24,5   | 230  | 23,7   | 33,0   | —    | —      | —      |

Примечание. ФП (1), ФП (2) — пенопласты на основе вспененной фенольной смолы плотностью соответственно 27 и 104 кг·м<sup>-3</sup>. Измерения проведены при давлении 1,01·10<sup>6</sup> Па.

39. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, эпоксидного пенопласта ПЭ-2Т [114]

| T, К | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> |      |      |      |
|------|-------------------------------|------|------|------|
|      | 100                           | 150  | 200  | 250  |
| 250  | 29,0                          | 41,0 | 53,3 | 75,7 |
| 260  | 30,5                          | 42,2 | 54,4 | 77,0 |
| 273  | 32,3                          | 43,8 | 55,8 | 78,7 |
| 280  | 33,3                          | 44,5 | 56,5 | 79,5 |
| 290  | 34,5                          | 45,6 | 57,6 | 80,5 |
| 300  | 36,0                          | 46,8 | 58,7 | 81,5 |

Примечание. Измерения теплопроводности эпоксидного пенопласта ПЭ-2Т проведены при давлении 1,01·10<sup>6</sup> Па. Данные ориентировочные.

40. Теплопроводность некоторых трудносгораемых пенопластов на основе фенолформальдегидной смолы и фенолспиртов при T = 293 К [189, 159]

| Марка пенопласта | $\lambda$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | Примечание. ФРП-1 — заливочный фенолформальдегидный пенопласт (в виде утепляющих плит); Виларес-5 — модификация ФРП-1; КФП-20 — композиция из фенолформальдегидной смолы ФРВ-1А, меламиноформальдегидной смолы К-421-02, продукта ВАГ-3 и хлористого аммония (получали смешением ВАГ-3 со смесью кислот и хлористого аммония, предварительно нагретой до 303—308 К и перемешанной в смесителе в течение 0,5—1 мин); ФСП-50 и ФСП-75 — плитный утеплитель на основе фенолспиртов марки С (получали смешением вспенивающейся композиции со вспенивающе-отверждающим агентом и последующей заливкой в формы). Образцы в сухом состоянии. Погрешность измерения ±5 %. |
|------------------|--|---|
|                  |  |   |
| ФРП-1            | 0,037  |   |
| Виларес-5        | 0,050  |   |
| КФП-20           | 0,033  |   |
| ФСП-50           | 0,039  |   |
| ФСП-75           | 0,041  |   |

41. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, ипорки и стиропора [11]

| T, К | I     | II    | T, К | I     | II    |
|------|-------|-------|------|-------|-------|
| 270  | 31,43 | 25,14 | 290  | 37,71 | 28,50 |
| 280  | 34,57 | 26,82 | 300  | 40,85 | 30,18 |

Примечание. Материалы — органические искусственные вещества: I — ипорка (белая мягкая пена карбамидных смол); применяется для сэндвичевых уплотнений в качестве термоизоляции до температуры 393 К; плотность 15 кг·м<sup>-3</sup>, II — стиропор (тропорит) — пена, получаемая на основе поливинилбензола; применяется для изоляции холодных деталей, в частности трубопроводов. Погрешность измерения ±3 %.

42. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, пробки и вспученного эбонита [69]

| T, К | Пробка (1) | Пробка (2) | Вспученный эбонит |
|------|------------|------------|-------------------|
| 160  | 28,5       | 33,1       | 17,7              |
| 170  | 29,3       | 33,9       | 18,6              |
| 180  | 30,0       | 34,5       | 19,8              |
| 190  | 30,9       | 35,3       | 20,7              |
| 200  | 31,5       | 36,1       | 21,6              |
| 210  | 32,2       | 36,8       | 22,7              |
| 220  | 32,8       | 37,6       | 23,9              |
| 230  | 33,8       | 38,3       | 24,8              |
| 240  | 34,4       | 39,1       | 26,1              |
| 250  | 35,2       | 39,9       | 27,0              |
| 260  | 36,1       | 40,8       | 28,2              |
| 273  | 37,0       | 41,8       | 29,5              |
| 280  | 37,6       | 42,4       | 30,5              |
| 290  | 38,4       | 43,1       | 31,7              |
| 300  | 39,3       | 44,0       | 32,7              |

Примечание. Плотность материалов, кг·м<sup>-3</sup>: 140 [пробка (1)], 195 [пробка (2)] и 64 (вспученный эбонит).

43. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, пеностекла [114, 230] в зависимости от плотности

| T, К | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> |      |      |      |
|------|-------------------------------|------|------|------|
|      | 151                           | 170  | 200  | 250  |
| 80   | 43,6                          | —    | —    | —    |
| 90   | 47,2                          | 48,6 | 55,8 | 60,3 |
| 100  | 54,0                          | 49,8 | 56,4 | 62,6 |
| 110  | 59,8                          | 50,7 | 56,8 | 64,5 |
| 120  | 63,4                          | 51,4 | 57,3 | 65,5 |
| 130  | —                             | 51,8 | 57,6 | 66,0 |
| 140  | 65,1                          | 52,2 | 57,9 | 66,4 |
| 150  | —                             | 52,4 | 58,1 | 66,5 |
| 160  | 57,0                          | 52,5 | 58,2 | 66,6 |
| 170  | —                             | 52,6 | 58,4 | 66,7 |
| 180  | 48,3                          | 52,6 | 58,6 | 66,8 |
| 190  | 49,5                          | 52,7 | 58,8 | 67,0 |
| 200  | 51,2                          | 52,8 | 59,2 | 67,2 |
| 210  | 53,6                          | 53,0 | 59,6 | 67,6 |
| 220  | 56,0                          | 53,4 | 60,0 | 68,0 |
| 230  | 58,1                          | 53,8 | 60,6 | 68,7 |

Продолжение табл. 43

| Т, К | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> |      |      |      |
|------|-------------------------------|------|------|------|
|      | 151                           | 170  | 200  | 250  |
| 240  | 59,9                          | 54,6 | 61,7 | 69,9 |
| 250  | 61,2                          | 55,7 | 63,0 | 71,5 |
| 260  | 62,4                          | 57,0 | 64,4 | 73,3 |
| 273  | 64,0                          | 58,8 | 66,4 | 75,8 |
| 280  | 65,1                          | 59,8 | 67,6 | 77,2 |
| 290  | 66,7                          | 61,5 | 69,3 | 79,5 |
| 300  | 68,6                          | 63,2 | 71,0 | 81,6 |

Примечание. Метод измерения  $\lambda$  — квазистационарным нагревом источником постоянной мощности в адiabатических условиях при давлении  $1,01 \cdot 10^6$  Па. Погрешность измерения  $\lambda$   $\pm 5$  %.

44. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6$ , К<sup>-1</sup>, пеносиликата [114]

| Материал    | Температура, К |         |         |         |         |
|-------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
|             | 293—353        | 293—373 | 293—393 | 293—473 | 293—533 |
| Пеносиликат | 11,6           | 10,3    | 8,8     | 2,6     | 0,67    |

Примечания. Испытывали четыре образца автоклава пеносиликата плотностью  $1050$  кг·м<sup>-3</sup> и влажностью  $2,2$  %.

Метод измерения  $\alpha$  — дифференциальным оптическим dilatометром Шевенара. Образцы нагревали до  $533$  К со скоростью  $5-6$  К·мин<sup>-1</sup>.

## МНОГОСЛОЙНАЯ И СОТОВАЯ ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ

45. Характеристика образцов многослойной изоляции [43]

| Давление на изоляцию, Па | ЭВТИ-100-12                   |                               | СБР-50-12                     |                               | СБР-50-10                     |                               | ЭВТИ-100-30                   |                               |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                          | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | Число слоев, см <sup>-1</sup> | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | Число слоев, см <sup>-1</sup> | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | Число слоев, см <sup>-1</sup> | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | Число слоев, см <sup>-1</sup> |
| $9,8 \cdot 10^4$         | 100                           | 20                            | 160                           | 22                            | 190                           | 48                            | 215                           | 53                            |
| $1,96 \cdot 10^2$        | 110                           | 21                            | 175                           | 25                            | 215                           | 52                            | 235                           | 59                            |
| $4,9 \cdot 10^2$         | 130                           | 25                            | 195                           | 31                            | 249                           | 60                            | 265                           | 68                            |
| $9,8 \cdot 10^2$         | 148                           | 29                            | 214                           | 35                            | 275                           | 66                            | 295                           | 76                            |
| $1,96 \cdot 10^3$        | 165                           | 32                            | 235                           | 39                            | 310                           | 74                            | 328                           | 86                            |
| $4,9 \cdot 10^3$         | 190                           | 36                            | 272                           | 45                            | 365                           | 86                            | 380                           | 100                           |
| $9,8 \cdot 10^3$         | 210                           | 40                            | 306                           | 51                            | 408                           | 97                            | 424                           | 112                           |
| $1,96 \cdot 10^4$        | 237                           | 44                            | 345                           | 56                            | 457                           | 108                           | 475                           | 126                           |
| $4,9 \cdot 10^4$         | 275                           | 51                            | 400                           | 65                            | 540                           | 124                           | 550                           | 147                           |
| $9,8 \cdot 10^4$         | 312                           | 57                            | 436                           | 71                            | 600                           | 137                           | 620                           | 166                           |

Примечание. ЭВТИ-100-12 — стеклохолст ЭВТИ толщиной  $100$  мкм и алюминированная лавсановая пленка толщиной  $12$  мкм; СБР-50-12 — стеклобумага СБР толщиной  $50$  мкм и алюминированная лавсановая пленка толщиной  $12$  мкм; СБР-50-10 — стеклобумага СБР толщиной  $50$  мкм и алюминированная лавсановая пленка толщиной  $10$  мкм; ЭВТИ-100-30 — стеклохолст ЭВТИ толщиной  $100$  мкм и алюминированная лавсановая пленка толщиной  $30$  мкм.

46. Теплопроводность многослойной изоляции при давлении  $10^{-3}$  Па [70]

| Компоненты изоляции  | Толщина, мм, масса * $1 \text{ м}^2 \cdot 10^3$ , кг·м <sup>-2</sup> | Число экранов, см <sup>-1</sup> | Плотность изоляции, кг·м <sup>-3</sup> | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|--|--|---------------------------------|--|--|
| <b>Композиции с экранами из отожженной алюминиевой фольги толщиной 6,3—12,7 мкм</b>  |  |                                 |  |  |
| Стеклобумага СБР   | (22)   | 20                              | 98                                     | 0,050  |
| То же  | (16)   | 25                              | 108                                    | 0,040  |
| Стеклохолст ЭВТИ   | 0,2 (40)   | 20                              | 135                                    | 0,085  |
| То же  | 0,15   | 20                              | 95                                     | 0,050  |
| Стеклобумага МКВ   | (4,3)  | 22                              | 68                                     | 0,042  |
| Бумага ОДП из целлюлозного волокна   | (22)   | 20                              | 98                                     | 0,067  |
| Капроновая сетка   | (14)   | (23)                            | 94                                     | 0,039  |
| Стеклобумага из волокон 0,5 мкм  | 0,2  | 20                              | 140                                    | 0,06   |
| То же  | (16)   | 21                              | —                                      | 0,042  |
| То же (S1—62)  | —  | 20—40                           | 88                                     | 0,031  |
| » (S1—91)  | —  | 30—60                           | 120                                    | 0,017  |
| Стеклобумага из волокон 3 мкм  | 0,2  | 15                              | 110                                    | 0,074  |
| То же  | 0,12   | 20                              | 112                                    | 0,052  |
| <b>Композиции с экранами из гладкой алюминированной с двух сторон полиэтилентерефталатной пленки толщиной 5—12 мкм</b>   |  |                                 |  |  |
| Стеклоуаль ЭВТИ-7  | (7)  | 30                              | 80                                     | 0,045  |
| Стеклобумага МКВ   | (4,3)  | 22                              | 53                                     | 0,040  |
| Стеклохолст ЭВТИ   | 0,1 (16)   | 30                              | 105                                    | 0,050  |
| Стеклобумага дексиглас   | 0,07   | 24                              | 59                                     | 0,048  |
| Стеклобумага тисьюглас   | 0,015  | 40                              | 52                                     | 0,024  |
| Шелковая сетка (два слоя)  | 0,15   | 20                              | 45                                     | 0,043  |
| Нейлоновая сетка   | 0,23   | 32                              | 54                                     | 0,029  |
| Пенополиуретан   | —  | 9                               | 35                                     | 0,13   |
| Пенополиуретан (плотность $32$ кг·м <sup>-3</sup> )  | —  | 60                              | 22                                     | 0,014  |
| Суперфлок (пучки дакроновых волокон)   | —  | 12                              | 1,4                                    | 0,065  |
| <b>Композиции с экранами из рифленой алюминированной с одной стороны полиэтилентерефталатной пленки толщиной 5—12 мкм</b>  |  |                                 |  |  |
| Пленка с рифлением $3 \times 3$ мм без прокладок   | —  | 20                              | 16                                     | 0,10   |
| Пленка с рифлением $3 \times 3$ мм и стеклоуалью ЭВТИ-7  | (7)  | 15                              | 22                                     | 0,10   |
| То же, алюминированная с двух сторон   | (7)  | 10                              | 15                                     | 0,06   |
| NRC-2 (без прокладок)  | —  | 20                              | 22                                     | 0,05   |
| Димплар (прокладки из гладкой алюминированной пленки)  | 0,013  | 8                               | 16                                     | 0,20   |
| <p>Примечание. Характеристики изоляции определены при граничных температурах <math>293-300</math> и <math>77-90</math> К.</p> <p>Алюминированная фольга отожжена при температуре <math>670-720</math> К. Примеси не превышают <math>0,5</math> %.</p> <p>Слой алюминия, напыленного методом испарения в вакууме, составляет <math>0,02-0,04</math> мкм с одной (ПЭТФ-ОА) или с двух сторон (ПЭТФ-ДА).</p> <p>Димплар — изоляция из чередующихся слоев рифленой и гладкой пленки ПЭТФ-ДА.</p> <p>Стеклобумага СБР содержит волокно диаметром <math>5-7</math> мкм, а стеклоуаль ЭВТИ — диаметром <math>12-16</math> мкм.</p> <p>Приведенные значения эффективной теплопроводности получены на образцах в лабораторных условиях. На промышленных изделиях вследствие краевых эффектов, технологических и других факторов эксплуатационные значения теплопроводности могут быть значительно выше.</p> |  |                                 |  |  |
| * Значения массы приведены в скобках.  |  |                                 |  |  |

47. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, многослойной изоляции в зависимости от давления в изоляционном пространстве при различном внешнем давлении на изоляцию [43]

| Давление в изоляционном пространстве, Па  | СБР-50-12                |      | ЭВТИ-100-12              |      | СБР-50-10                |      | ЭВТИ-100-30              |      |      |      |      |      |      |     |      |
|---|--------------------------|------|--------------------------|------|--------------------------|------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
|   | Давление на изоляцию, Па | λ    | Давление на изоляцию, Па | λ    | Давление на изоляцию, Па | λ    | Давление на изоляцию, Па | λ    |      |      |      |      |      |     |      |
| 1,33·10 <sup>-3</sup><br>1,33·10 <sup>-2</sup><br>6,66·10 <sup>-2</sup><br>0,133<br>0,266<br>0,40<br>0,533<br>0,666<br>0,8<br>0,93<br>1,06<br>1,20<br>1,33<br>2,66<br>4,0<br>5,33<br>6,66<br>8,0<br>9,3<br>10,6<br>12,0<br>13,3 | 1,7                      | 2,4  | 3,3                      | 5,5  | 6,8                      | 1,50 | 2,5                      | 3,2  | 5,0  | 7,2  | 1,3  | 6,0  | 7,2  | 1,8 | 6,2  |
|   | 1,9                      | 2,45 | 3,3                      | 5,5  | 6,8                      | 1,63 | 2,55                     | 3,2  | 5,0  | 7,2  | 1,5  | 6,0  | 7,2  | 1,8 | 6,2  |
|   | 1,3                      | 2,45 | 3,3                      | 5,55 | 6,8                      | 1,95 | 2,8                      | 3,2  | 5,1  | 7,2  | 1,5  | 6,0  | 7,2  | 2,1 | 6,3  |
|   | 1,5                      | 2,5  | 3,35                     | 5,55 | 6,85                     | 2,2  | 3,0                      | 3,6  | 5,2  | 7,3  | 1,8  | 6,0  | 7,5  | 2,4 | 6,5  |
|   | 2,05                     | 2,65 | 3,45                     | 5,60 | 6,92                     | 2,7  | 3,4                      | 3,9  | 5,4  | 7,5  | 2,5  | 6,2  | 7,7  | 2,9 | 6,7  |
|   | 2,35                     | 2,92 | 3,55                     | 5,75 | 7,12                     | 3,2  | 3,7                      | 4,2  | 5,45 | 7,7  | 3,0  | 6,4  | 8,0  | 3,4 | 7,0  |
|   | 2,55                     | 3,01 | 3,72                     | 5,83 | 7,20                     | 3,52 | 4,0                      | 4,5  | 5,7  | 7,8  | 3,4  | 6,5  | 8,4  | 3,7 | 7,15 |
|   | 2,75                     | 3,20 | 3,86                     | 5,96 | 7,30                     | 3,9  | 4,3                      | 4,8  | 5,9  | 8,0  | 3,9  | 6,7  | 8,6  | 4,1 | 7,4  |
|   | 3,03                     | 3,38 | 4,0                      | 6,15 | 7,50                     | 4,3  | 4,5                      | 5,05 | 6,2  | 8,2  | 4,15 | 6,9  | 9,0  | 4,5 | 7,6  |
|   | 3,20                     | 3,42 | 4,1                      | 6,25 | 7,50                     | 4,6  | 4,8                      | 5,4  | 6,4  | 8,4  | 4,50 | 7,2  | 9,5  | 4,9 | 7,8  |
|   | 3,26                     | 3,51 | 4,22                     | 6,32 | 7,70                     | 4,9  | 5,0                      | 5,6  | 6,6  | 8,55 | 4,75 | 7,4  | 9,8  | 5,3 | 8,0  |
|   | 3,4                      | 3,6  | 4,38                     | 6,43 | 7,82                     | 5,3  | 5,4                      | 5,9  | 6,7  | 8,7  | 4,85 | 7,4  | 10,0 | 5,6 | 8,1  |
|   | 3,5                      | 3,7  | 4,50                     | 6,43 | 7,82                     | 5,6  | 5,6                      | 6,1  | 6,8  | 8,9  | 5,0  | 7,6  | 10,4 | 6,0 | 8,4  |
| 4,8   | 4,8                      | 5,5  | 8,0                      | 9,7  | 8,2                      | 8,2  | 8,2                      | 8,8  | 10,4 | 8,9  | 7,4  | 10,4 | 8,7  | 8,4 |      |
| 6,0   | 6,0                      | 6,5  | 8,8                      | 10,7 | 11,0                     | 11,0 | 11,0                     | 11,0 | 12,8 | 10,4 | 8,7  | 11,9 | 8,7  | 8,4 |      |
| 7,4   | 7,4                      | 7,4  | 9,4                      | 12,0 | 14,0                     | 14,0 | 14,0                     | 14,0 | 15,5 | 11,9 | 8,7  | 12,8 | 8,7  | 8,4 |      |
| 8,8   | 8,8                      | 8,8  | 10,7                     | 14,0 | 17,0                     | 17,0 | 17,0                     | 17,0 | 16,5 | 12,8 | 8,7  | 14,2 | 8,7  | 8,4 |      |
| 11,2  | 11,2                     | 11,2 | 14,0                     | 19,3 | 19,3                     | 19,3 | 19,3                     | 19,3 | 17,7 | 16,5 | 8,7  | 17,7 | 8,7  | 8,4 |      |
| 14,0  | 14,0                     | 14,0 | 17,0                     | 21,7 | 21,7                     | 21,7 | 21,7                     | 21,7 | 19,0 | 17,3 | 8,7  | 19,0 | 8,7  | 8,4 |      |
| 16,8  | 16,8                     | 16,8 | 21,7                     | 23   | 23                       | 23   | 23                       | 23   | 20,2 | 18   | 8,7  | 20,2 | 8,7  | 8,4 |      |
| 19  | 19                       | 19   | 23                       | 23   | 23                       | 23   | 23                       | 23   | 19   | 19   | 8,7  | 19   | 8,7  | 8,4 |      |
| 13,3  | 13,3                     | 13,3 | 13,7                     | 14,2 | 14,2                     | 14,2 | 14,2                     | 14,2 | 19   | 19   | 8,7  | 19   | 8,7  | 8,4 |      |

Примечание. Характеристика образцов исследованной изоляции дана в табл. 45. Граничные температуры измерения 293 и 77,6 К, остаточный газ — азот. Погрешность измерения: теплопроводности — от 15 до 40 %, давления в изоляционном пространстве — ±20 %, давления на изоляцию — ±10 %.

48. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, вакуумно-многослойной изоляции при различной плотности укладки экранов [104, 105]

| № образца изоляции | Материал прокладок     | Число экранов, см <sup>-1</sup> |       |       |       |       |       |
|--------------------|------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                    |                        | 10                              | 20    | 30    | 40    | 50    | 60    |
| 1                  | Стеклобумага СБР       | 0,072                           | 0,051 | 0,083 | 0,14  | —     | —     |
| 2                  | Стеклохолст ЭВТИ       | 0,10                            | 0,085 | 0,10  | 0,14  | —     | —     |
| 3                  | Стеклобумага МКВ       | —                               | 0,040 | 0,047 | 0,065 | —     | —     |
| 4                  | Целлюлозная бумага ОДП | 0,082                           | 0,076 | 0,073 | 0,077 | 0,086 | 0,105 |
| 5                  | Капроновая сетка       | —                               | 0,037 | 0,056 | 0,12  | —     | —     |
| 6                  | Стеклоуаль ЭВТИ-7      | —                               | 0,045 | 0,037 | 0,048 | 0,071 | 0,10  |
| 7                  | Стеклобумага дексиглас | 0,035                           | 0,028 | 0,029 | 0,042 | 0,068 | —     |
| 8                  | Целлюлозная бумага КОН | 0,18                            | 0,11  | 0,073 | 0,057 | 0,049 | 0,046 |

Примечание. Образцы изоляции 1—5 имеют экраны из алюминиевой фольги; 6—7 — из алюминизированной пленки; 8 — из металлизированной цинком целлюлозной конденсаторной бумаги марки КОН, которая выполняет одновременно роль экрана и прокладки. Масса 1 м<sup>2</sup> стеклобумаги СБР равна 22·10<sup>-3</sup>, а стеклохолста ЭВТИ — 40·10<sup>-3</sup> кг·м<sup>-2</sup>.  
Граничные температуры при испытаниях 293—300 К и 77—90 К

49. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, вакуумно-многослойной изоляции с прокладками из стекловолоконных бумаг в зависимости от давления и вида заполняющего газа [70]

| Число слоев, см <sup>-1</sup> | Заполняющий газ | Давление заполняющего газа, Па |                       |       |       |      |      |
|-------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------|-------|-------|------|------|
|                               |                 | 1,33·10 <sup>-3</sup>          | 1,33·10 <sup>-2</sup> | 0,133 | 1,33  | 13,3 | 133  |
| 6                             | Воздух          | 0,11                           | 0,13                  | 0,20  | 0,8   | 4,0  | 8,0  |
| 10                            |                 | —                              | —                     | 0,19  | 1,1   | 6,5  | 11,0 |
| 15                            |                 | 0,045                          | 0,055                 | 0,09  | 0,48  | 3,0  | 10,5 |
| 50                            | Азот            | 0,083                          | 0,085                 | 0,093 | 0,23  | 1,5  | 6,3  |
| 22                            |                 | 0,10                           | 0,12                  | 0,17  | 0,35  | 2,0  | —    |
| 27                            |                 | Гелий                          | —                     | 0,064 | 0,068 | 0,20 | 1,2  |

Примечание. Граничные температуры 293—300 К и 77—90 К.

50. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, вакуумно-многослойной изоляции в зависимости от сжимающего давления [70]

| Материалы слоев                          | Сжимающее давление, Па |       |                 |                   |                 |                   |                 |                   |                 |  |
|--|------------------------|-------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|--|
|  | 10                     | 50    | 10 <sup>2</sup> | 5·10 <sup>2</sup> | 10 <sup>3</sup> | 5·10 <sup>3</sup> | 10 <sup>4</sup> | 5·10 <sup>4</sup> | 10 <sup>5</sup> |  |
| Золоченый каптон + дакрон                | 0,09                   | 0,2   | 0,32            | 0,53              | 0,63            | —                 | —               | —                 | —               |  |
| То же + номекс                           | 0,047                  | 0,053 | 0,067           | 0,14              | 0,19            | —                 | —               | —                 | —               |  |
| Алюминиевая фольга + капроновая сетка    | —                      | —     | —               | 0,075             | 0,16            | 0,58              | 0,70            | —                 | —               |  |
| То же + стеклохолст ЭВТИ толщиной 0,2 мм | —                      | —     | —               | —                 | 0,15            | 0,27              | 0,35            | 0,62              | 0,85            |  |
| То же + изоляция S1-62                   | —                      | —     | —               | 0,09              | 0,11            | 0,21              | 0,30            | 0,60              | 0,82            |  |
| То же + прокладка из базальтовой ваты    | —                      | —     | —               | —                 | —               | 0,41              | 0,57            | 1,0               | —               |  |
| То же + стеклобумага СБР-0,1             | —                      | —     | —               | 0,09              | 0,11            | 0,21              | 0,30            | 0,57              | 0,72            |  |

Примечание. Граничные температуры при измерениях 293—300 К и 77—90 К.

51. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, вакуумно-многослойной изоляции в зависимости от плотности материала прокладок [70]

| Материал прокладок                        | Толщина прокладок, мм | Плотность материала прокладок, кг·м <sup>-3</sup> |       |      |       |       |      |
|---|-----------------------|---|-------|------|-------|-------|------|
|   |                       | 30  | 40    | 50   | 60    | 70    | 80   |
| Стеклобумага СБР                          | 0,05                  | 0,06  | 0,083 | 0,12 | 0,16  | 0,19  | 0,25 |
| СБР                                       | 0,1                   | —   | —     | 0,07 | 0,085 | 0,10  | 0,12 |
| СБР                                       | 0,3                   | —   | —     | 0,07 | 0,085 | 0,10  | 0,12 |
| Стеклохолст:                              |                       |   |       |      |       |       |      |
| ЭВТИ                                      | 0,1                   | —   | —     | 0,07 | 0,10  | 0,16  | 0,21 |
| ЭВТИ                                      | 0,2                   | —   | —     | 0,07 | 0,10  | 0,15  | 0,19 |
| ЭВТИ                                      | 0,3                   | —   | —     | —    | —     | —     | —    |
| Стеклобумага из волокон диаметром 0,5 мкм | 0,05                  | —   | —     | —    | 0,05  | 0,062 | 0,08 |

  

| Материал прокладок                        | Толщина прокладок, мм | Плотность материала прокладок, кг·м <sup>-3</sup> |      |      |      |      |      |
|---|-----------------------|---|------|------|------|------|------|
|   |                       | 90  | 100  | 120  | 140  | 160  | 180  |
| Стеклобумага СБР                          | 0,05                  | 0,30  | 0,37 | —    | —    | —    | —    |
| СБР                                       | 0,1                   | 0,16  | 0,18 | 0,23 | 0,33 | 0,45 | 0,65 |
| СБР                                       | 0,3                   | 0,16  | 0,18 | 0,23 | 0,33 | 0,45 | 0,65 |
| Стеклохолст:                              |                       |   |      |      |      |      |      |
| ЭВТИ                                      | 0,1                   | 0,27  | 0,33 | 0,48 | 0,60 | 0,90 | —    |
| ЭВТИ                                      | 0,2                   | 0,25  | 0,30 | 0,45 | 0,60 | 0,90 | —    |
| ЭВТИ                                      | 0,3                   | —   | 0,40 | 0,51 | 0,61 | 0,85 | —    |
| Стеклобумага из волокон диаметром 0,5 мкм | 0,05                  | 0,96  | 0,12 | 0,17 | —    | —    | —    |

Примечание. В вакуумно-многослойной изоляции использованы экраны из алюминиевой фольги. Граничные температуры при испытаниях 293—300 К и 77—90 К.

52. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, многослойной изоляции на основе пленки ПЭТФ-ДА в зависимости от сжимающего давления и давления в изоляции [43]

| Материал слоев                    | Давление воздуха в изоляции, Па | Внешнее давление, Па |                 |                 |                   |                 |
|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
|                                   |                                 | 10 <sup>2</sup>      | 10 <sup>3</sup> | 10 <sup>4</sup> | 2·10 <sup>4</sup> | 10 <sup>5</sup> |
| Пленка ПЭТФ-ДА и стеклобумага СБР | 13,3                            | 1,90                 | 1,55            | 1,31            | 1,30              | 1,5             |
| Пленка ПЭТФ-ДА и стеклохолст ЭВТИ | 5,4                             | 1,42                 | 1,24            | 1,10            | 1,15              | 1,38            |
| То же                             | 13,3                            | —                    | 2,35            | 2,05            | 2,0               | 2,05            |

Примечание. Характеристика образцов дана в табл. 45. Граничные температуры при испытаниях 293 К и 77 К.

53. Теплопроводность многослойной тепловой изоляции на основе майлара [114]

| Число слоев | Толщина, мм | Граничная температура, К | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | Давление, Па          |
|-------------|-------------|--------------------------|---|-----------------------|
| 60          | 12,7        | 77—302                   | 0,925·10 <sup>-5</sup>                          | 3,06·10 <sup>-3</sup> |
| 60          | 12,7        | 77—291                   | 1,21·10 <sup>-5</sup>                           | 2,13·10 <sup>-3</sup> |
| 34          | 6,35        | 77—292                   | 2,83·10 <sup>-5</sup>                           | 3,6·10 <sup>-3</sup>  |
| 34          | 5,08        | 77—280                   | 3,64·10 <sup>-5</sup>                           | 8,5·10 <sup>-3</sup>  |
| 34          | 3,81        | 77—295                   | 1,03·10 <sup>-4</sup>                           | 2,68·10 <sup>-3</sup> |
| 34          | 2,54        | 77—308                   | 1,96·10 <sup>-4</sup>                           | 9,3·10 <sup>-3</sup>  |
| 34*         | 6,35        | 77—287                   | 3,41·10 <sup>-4</sup>                           | 0,8·10 <sup>-3</sup>  |
| 34*         | 6,35        | 77—291                   | 3,35·10 <sup>-4</sup>                           | 0,8·10 <sup>-3</sup>  |

Примечание. Майлар — пленка из полиэфирного материала с двойной шелковой оплеткой и двусторонним алюминированием. Толщина слоя металлизации 4,35·10<sup>-8</sup> м, толщина пленки 0,15 мм, плотность 45,2 кг·м<sup>-3</sup>, интегральный коэффициент излучения 0,022.

\* Слои сшиты по диагонали.

54. Теплопроводность вакуумно-многослойной изоляции серийных сосудов емкостью 5—50 л [104]

| Тип сосуда | Потери азота от испарения, г·ч <sup>-1</sup> (% в сут.) | Время хранения жидкого азота, сут. | $\lambda \cdot 10^4$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------------|---|------------------------------------|--|
| СТГ-10     | 38 (17,5)   | 5,7                                | 1,8  |
| СТГ-25     | 50 (14,9)   | 6,7                                | 1,2  |
| СТГ-40     | 56 (14,5)   | 6,9                                | 1,1  |
| СДС-5      | 9,5 (4,6)   | 22                                 | 0,8  |
| СДС-20     | 9,0 (1,25)  | 80                                 | 1,0  |
| СДС-50     | 12,5 (0,72)   | 140                                | 1,1  |

Примечание. Сосуды для хранения жидкого гелия (СТГ-10 — емкость 10 л, СТГ-25 — емкость 25 л и СТГ-40 — емкость 40 л) снабжены азотным экраном с вакуумно-многослойной изоляцией из алюминированной пленки ПЭТФ-ДА со стекловалью ЭВТИ-7, нанесенными машинным способом.

Сосуды для хранения жидкого азота (СДС-5 — емкость 6,2 л, СДС-20 — емкость 21,5 л и СДС-50 — емкость 52 л) имеют вакуумно-многослойную изоляцию из алюминированной пленки ПЭТФ-ДА толщиной 12 мкм со стекловалью ЭВТИ-7, нанесенными машинным способом. Для сосуда СДС-5 толщина изоляции 20 мм, для сосудов СДС-20 и СДС-50 — по 30 мм. Граничные температуры при испытаниях 293—300 К и 77—90 К.

55. Теплопроводность вакуумно-многослойной изоляции резервуаров емкостью 320 и 8000 л [104]

| № опыта | Материал экранов   | Толщина экрана, мкм | Материал прокладок      | Число слоев, см <sup>-1</sup> | Толщина прокладок, мм | p, Па                 | $\lambda \cdot 10^4$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|---------|--------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| 1       | Алюминиевая фольга | 15                  | Стеклобумага СБР-М-0,08 | 7,4                           | 27                    | 8·10 <sup>-3</sup>    | 1,2  |
| 2       | Пленка ПЭТФ-ДА     | 5                   | Стекловаль ЭВТИ-7       | 10,7                          | 26                    | 1,06·10 <sup>-2</sup> | 0,7  |
| 3       | Алюминиевая фольга | 15                  | Стеклобумага СБР-М-0,05 | 9                             | 44                    | 1,33·10 <sup>-2</sup> | 1,05   |
| 4       | То же              | 15                  | То же                   | 9                             | 22                    | 1,33·10 <sup>-2</sup> | 1,0  |
| 5       | »                  | 15                  | Стеклохолст ЭВТИ-10     | 13,6                          | 30                    | 5,5·10 <sup>-3</sup>  | 1,56   |
| 6       | »                  | 15                  | Стеклохолст ЭВТИ-15     | 8                             | 46                    | 2,1·10 <sup>-2</sup>  | 2,86   |



Продолжение табл. 55

| № опыта | Материал экранов                  | Толщина экрана, мкм | Материал прокладок                     | число слоев, см <sup>-1</sup> | Толщина прокладок, мм | ρ, Па                   | λ · 10 <sup>4</sup> , Вт · м <sup>-1</sup> · К <sup>-1</sup> |
|---------|-----------------------------------|---------------------|--|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|--|
|         |                                   |                     |  |                               |                       |                         |  |
| 7       | Пленка ПЭТФ-ДА                    | 5                   | Стекловуаль ЭВТИ-7                     | 12,5                          | 24                    | 2,66 · 10 <sup>-2</sup> | 1,1  |
| 8       | То же                             | 5                   | То же                                  | 30                            | 10                    | 4 · 10 <sup>-2</sup>    | 0,88   |
| 9       | То же, шириной 200 мм             | 10                  | То же, шириной 240 мм                  | 30                            | 21                    | 2,9 · 10 <sup>-3</sup>  | 0,58   |
| 10      | Алюминиевая фольга шириной 200 мм | 10                  | То же                                  | 30                            | 11                    | 1,86 · 10 <sup>-3</sup> | 0,92   |
| 11      | То же, шириной 970 мм             | 14                  | То же, шириной 1200 мм                 | 16                            | 30                    | 6,7 · 10 <sup>-3</sup>  | 1,45   |
| 12      | То же, шириной 460 мм             | 10                  | Стеклобумага СБР-М-0,06 шириной 700 мм | 13                            | 30                    | 5,4 · 10 <sup>-3</sup>  | 3,58   |
| 13      | То же                             | 20                  | Стеклохолст ЭВТИ-15                    | 13                            | 75                    | 1,33 · 10 <sup>-3</sup> | 7,2  |

Примечание. Полиэтиленрефталатная пленка ПЭТФ-ДА алюминирована с двух сторон, гофрированная, дублированная. Цифра в марке стеклохолста означает толщину листа стеклохолста в сотых долях мм, т. е. 0,1 и 0,15 мм.  
Граничные температуры при испытаниях 293—300 К и 77—90 К.  
Все испытанные резервуары имели цилиндрическую форму. В опытах № 1, 7, 8, 12 отношение длины к диаметру резервуара емкостью 320 л составляло 1 : 1, в опытах № 3—6 для резервуара той же емкостью — 3 : 1. В опытах № 2, 9—11 резервуар емкостью 320 л имел отношение 1 : 1 при другой конструкции опор. В опыте № 3 резервуар был размещен горизонтально, а в опыте № 4 вертикально.  
Для изолирования резервуаров больших размеров наиболее пригодным оказался способ спиральной намотки, по которому смонтирована изоляция в опытах № 1—6 и 8.

56. Характеристика образцов сотовых конструкций [190]

| Материал сот        | Размер стороны ячейки, мм | Плотность, кг · м <sup>-3</sup> | Предел прочности при сжатии, Па | Толщина исходной ткани, мм |
|---------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Стеклоткань марки Э | 4,25                      | 55                              | 3,14 · 10 <sup>6</sup>          | 0,06                       |
|                     | 5                         | 55                              | 3,43 · 10 <sup>6</sup>          | 0,08                       |
|                     | 5                         | 34                              | 2,65 · 10 <sup>6</sup>          | 0,04                       |
|                     | 10                        | 27                              | (2,1—3,9) · 10 <sup>6</sup>     | 0,08                       |
|                     | 20                        | 24                              | (1,3—5,9) · 10 <sup>6</sup>     | 2 × 0,08                   |
| Сатин               | 5                         | 110                             | 8,8 · 10 <sup>6</sup>           | 0,35                       |
| Перкаль             | 5                         | 42                              | 1,9 · 10 <sup>6</sup>           | 0,13                       |

57. Теплопроводность λ · 10<sup>3</sup>, Вт · м<sup>-1</sup> · К<sup>-1</sup>, сот с различными наполнителями [190]

| Заполнитель сот                          | Стеклоткань        |     |     |     |     |    | Сатин | Перкаль |
|--|--------------------|-----|-----|-----|-----|----|-------|---------|
|  | Сторона ячейки, мм |     |     |     |     |    |       |         |
|  | 4,25               | 5   | 5   | 10  | 20  | 5  | 5     |         |
| Аэрогель                                 | 8,3                | 7,8 | 6,4 | 4,8 | 3,9 | 22 | 15    |         |
| Перлит                                   | 9,2                | 6,8 | 6,6 | —   | —   | —  | —     |         |
| Базальтовая вата (диаметр волокон 1 мкм) | 10                 | —   | —   | —   | —   | —  | —     |         |
| Аэрогель с бронзовой пудрой              | —                  | —   | —   | —   | 2,7 | —  | —     |         |

Примечание. Характеристика образцов дана в табл. 56.  
Метод измерения λ — метод пластины с погрешностью ±7%. Граничные температуры при измерениях 293 и 20 К, давление 0,133 Па.

58. Теплопроводность λ · 10<sup>3</sup>, Вт · м<sup>-1</sup> · К<sup>-1</sup>, сот с различными наполнителями в зависимости от давления [190]

| Давление, Па            | Аэрогель | Перлитовая пудра | Базальтовая вата | Давление, Па | Аэрогель | Перлитовая пудра | Базальтовая вата |
|-------------------------|----------|------------------|------------------|--------------|----------|------------------|------------------|
| 2,66 · 10 <sup>-2</sup> | 6,50     | 6,80             | 7,60             | 0,80         | 7,00     | 7,50             | 8,80             |
| 5,33 · 10 <sup>-2</sup> | 6,55     | 6,80             | 7,60             | 1,06         | 7,15     | 7,70             | 9,30             |
| 8,0 · 10 <sup>-2</sup>  | 6,60     | 6,80             | 7,65             | 1,33         | 7,20     | 7,80             | 9,60             |
| 10,6 · 10 <sup>-2</sup> | 6,65     | 6,90             | 7,70             | 2,66         | 7,70     | 8,30             | 11,0             |
| 0,133                   | 6,65     | 7,00             | 7,75             | 5,33         | 8,40     | 9,15             | 12,6             |
| 0,266                   | 6,70     | 7,10             | 8,00             | 8,0          | 8,90     | 9,70             | 13,8             |
| 0,533                   | 6,80     | 7,30             | 8,60             | 10,6         | 9,20     | 10,1             | —                |
|                         |          |                  |                  | 13,3         | 9,50     | 10,4             | —                |

Примечание. Соты выполнены из стеклоткани толщиной 0,04 мм, сторона ячейки 5 мм, высота сот 15 мм, плотность 34 кг · м<sup>-3</sup>.  
Плотность наполнителей, кг · м<sup>-3</sup>: аэрогель — 35; перлитовая пудра — 95 и базальтовая вата — 20.  
Для образцов сот высотой 30 мм, заполненных перлитовой пудрой до плотности 105 кг · м<sup>-3</sup>, получены такие же значения λ.  
Метод измерения λ — метод пластины (погрешность ±7%).  
Граничные температуры в опытах 293 и 20 К, давление 0,133 Па.

1. Температурный коэффициент линейного расширения сегнетовой соли [79]

| T, K | $\bar{\alpha} \cdot 10^6, K^{-1}$ | T, K | $\bar{\alpha} \cdot 10^6, K^{-1}$ | T, K | $\bar{\alpha} \cdot 10^6, K^{-1}$ |
|------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|
| 60   | 35,0                              | 140  | 40,3                              | 220  | 42,0                              |
| 70   | 39,0                              | 150  | 43,0                              | 230  | 45,0                              |
| 80   | 38,5                              | 160  | 43,3                              | 240  | 40,2                              |
| 90   | 39,3                              | 170  | 46,0                              | 250  | 35,0                              |
| 100  | 38,0                              | 180  | 40,0                              | 260  | 7,7                               |
| 110  | 39,0                              | 190  | 42,0                              | 270  | —                                 |
| 120  | 40,0                              | 200  | 40,0                              | 280  | 28,0                              |
| 130  | 40,2                              | 210  | 40,2                              | 290  | 40,2                              |

Примечание. Материал — сегнетова соль (двойная калиевонатриевая соль винной кислоты) кристаллическая ( $KNaC_4H_4O_6 \cdot 2H_2O$ ). Плотность  $1775 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ; температура плавления  $331 \text{ K}$ ; температура фазового перехода  $255$  и  $297 \text{ K}$ .  
Исследуемые образцы — кубики с ребром  $1 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ . В интервале температур  $60-290 \text{ K}$  зависимости относительного теплового линейного расширения сходны в направлениях  $[100]$ ,  $[010]$  и  $[001]$ .  
Погрешность измерения  $\pm 3 \%$ .

2. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^4, K^{-1}$ , некоторых типов сегнетоэлектрических кристаллов гидросульфата аммония [60]

| T, K | Ia   | Ib   | Ic   | IIa  | IIb  | IIc  |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 80   | —    | —    | —    | 0,45 | 0,22 | 0,30 |
| 90   | —    | —    | —    | 0,50 | 0,28 | 0,32 |
| 100  | —    | —    | —    | 0,52 | 0,30 | 0,35 |
| 110  | —    | —    | —    | 0,54 | 0,32 | 0,40 |
| 120  | —    | —    | —    | 0,56 | 0,34 | 0,42 |
| 130  | —    | —    | —    | 0,58 | 0,36 | 0,43 |
| 140  | —    | —    | —    | 0,59 | 0,39 | 0,44 |
| 150  | —    | —    | —    | 0,60 | 0,41 | 0,45 |
| 160  | —    | —    | —    | 0,60 | 0,42 | 0,46 |
| 170  | 0,80 | 0,30 | 0,37 | 0,60 | 0,44 | 0,47 |
| 180  | 0,85 | 0,35 | 0,38 | 0,60 | 0,47 | 0,48 |
| 190  | 0,86 | 0,38 | 0,40 | 0,60 | 0,49 | 0,49 |
| 200  | 0,87 | 0,40 | 0,41 | 0,60 | 0,50 | 0,49 |
| 210  | 0,88 | 0,42 | 0,41 | 0,60 | 0,55 | 0,49 |
| 220  | 0,89 | 0,48 | 0,43 | 0,60 | 0,60 | 0,49 |
| 230  | 0,90 | 0,52 | 0,45 | 0,59 | 0,65 | 0,49 |
| 240  | 0,91 | 0,58 | 0,46 | 0,58 | 0,75 | 0,49 |
| 250  | 0,92 | 0,62 | 0,47 | 0,57 | 0,83 | 0,49 |
| 260  | 1,00 | 0,70 | 0,50 | 0,55 | 1,10 | 0,49 |
| 270  | 1,05 | 0,90 | 0,58 | 0,52 | 1,22 | 0,60 |
| 280  | 0,81 | 0,35 | 0,60 | 0,61 | 0,35 | 0,60 |
| 290  | 0,80 | 0,35 | 0,61 | 0,60 | 0,34 | 0,63 |
| 300  | —    | —    | —    | 0,60 | 0,33 | 0,70 |

Примечание. Материал — изоморфные кристаллы I — гидросульфата аммония  $NH_4HSO_4$ ; II — гидросульфата рубидия  $RbHSO_4$ .  
Образцы монокристаллические в форме прямоугольного параллелепипеда с размерами: для I —  $7,4 \times 8,6 \times 5,9 \text{ мм}$ ; для II —  $7,7 \times 10,0 \times 7,1 \text{ мм}$ . Размеры выполнены вдоль кристаллографических осей  $a, b$  и  $c$  в псевдоромбической установке соответственно.  
Метод измерения  $\alpha$  — dilatометрический, с шагом  $0,5 \text{ K}$  вблизи фазового перехода и с шагом  $5 \text{ K}$  на остальных температурных участках.

3. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ , некоторых сегнетоэлектриков [58]

| T, K | $KH_2(SeO_3)_2$ |     |     |     | $KD_3(SeO_3)_2$ |    |     | $K(H_{0,2}D_{0,8})_2 \times (SeO_3)_2$ |    |
|------|-----------------|-----|-----|-----|-----------------|----|-----|--|----|
|      | I               | II  | III | IV  | I               | II | III | II                                     | IV |
| 80   | —               | 14  | —   | —   | —               | —  | —   | —                                      | —  |
| 90   | —               | 13  | —   | —   | —               | —  | —   | —                                      | —  |
| 100  | 40              | 11  | 35  | —   | 35              | —  | —   | —                                      | —  |
| 110  | 40              | 10  | 37  | 13  | 37              | —  | —   | —                                      | —  |
| 120  | 40              | 8   | 39  | 12  | 39              | 14 | 37  | 14                                     | —  |
| 130  | 40              | 6   | 41  | 10  | 41              | 13 | 39  | 13                                     | —  |
| 140  | 40              | 5   | 43  | 7   | 43              | 13 | 41  | 12                                     | —  |
| 150  | 40              | 4   | 46  | 5   | 46              | 13 | 43  | 11                                     | —  |
| 160  | 40              | 3   | 48  | 4   | 48              | 12 | 46  | 10                                     | —  |
| 170  | 40              | 1   | 51  | 3   | 51              | 11 | 47  | 9                                      | —  |
| 180  | 37              | —2  | 54  | 1   | 54              | 10 | 48  | 8                                      | —  |
| 190  | 37              | —6  | 56  | —2  | 56              | 9  | 49  | 7                                      | —  |
| 200  | 33              | —13 | 61  | —6  | 61              | 8  | 50  | 6                                      | —  |
| 210  | 53              | —15 | 65  | —11 | 65              | 6  | 52  | 5                                      | —  |
| 220  | 54              | 25  | 39  | 27  | 39              | 5  | 53  | 4                                      | —  |
| 230  | 55              | 26  | 40  | 28  | 40              | 4  | 54  | 3                                      | —  |
| 240  | 55              | 26  | 40  | 28  | 40              | 2  | 55  | 2                                      | —  |
| 250  | 57              | 27  | 40  | 29  | 40              | 1  | 57  | 0                                      | —  |
| 260  | 58              | 27  | 41  | 30  | 41              | —1 | —   | —1                                     | 27 |
| 270  | —               | 27  | 42  | 31  | 42              | —2 | —   | —3                                     | 27 |
| 280  | —               | 28  | 43  | 33  | 43              | —3 | —   | —4                                     | 28 |
| 290  | —               | 28  | 43  | 35  | 43              | —4 | —   | —5                                     | 28 |
| 300  | —               | 29  | 44  | —   | 44              | —  | —   | —                                      | 29 |

Примечание. Материал — кристаллы сегнетоэлектриков, выращенные из водных растворов методом снижения температуры.  
Образцы — бруски размером  $1 \times 2,5 \times 10 \text{ мм}$ , ориентированные с погрешностью  $\pm 30'$ .  
Метод измерения  $\alpha$  — кварцевым dilatометром (чувствительность  $10^{-5} \text{ мм}$ , погрешность калировки шкалы  $\pm 0,5 \%$ ) при нагревании образцов со скоростью  $0,5 \text{ K} \cdot \text{мин}^{-1}$ ; скорость нагревания вблизи точек перехода  $\sim 0,1 \text{ K} \cdot \text{мин}^{-1}$ .  
I — измерение вдоль оси X; II — измерение вдоль оси Y; III — измерение вдоль оси Z; IV — измерение вдоль оси Y на образцах, подвергшихся  $\gamma$ -облучению.

4. Температуропроводность некоторых сегнетоэлектриков и твердых растворов на их основе [138]

| Состав сегнетоэлектрика   | T, K | $a, \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ |
|---------------------------|------|--------------------------------------|
| $0,8NaNbO_3 + 0,2CdTiO_3$ | 293  | 63,8                                 |
| $LiNbO_3 + 0,1Fe_2O_3$    | 293  | 120                                  |
| $LiNbO_3 + 0,3MoO_3$      | 300  | 190                                  |
| $BaTiO_3$                 | 300  | 130                                  |

Примечание. Материал — керамические твердые растворы сегнетоэлектриков.  
 $NaNbO_3$  — ниобат натрия; структура перовскит; характеризуется как сегнетоэлектрик с высокой точкой Кюри;  $CdTiO_3$  — титанат кадмия, структура перовскит; температура фазового перехода  $63 \text{ K}$ .  $LiNbO_3$  — метаниобат лития; структура ильменит; температура фазового перехода свыше  $723 \text{ K}$ ; при  $300 \text{ K } C_p = 96,18 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ,  $\lambda = 4,62 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .  $BaTiO_3$  — титанат бария; структура перовскит (тетрагональная решетка); максимальная температура фазового перехода  $393 \text{ K}$ ; плотность  $5700 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ; при  $300 \text{ K } \alpha = 6,0 \cdot 10^8 \text{ K}^{-1}$ ;  $C_p = 0,462 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .  $Fe_2O_3$  и  $MoO_3$  использованы в качестве сегнетоэлектрической и сегнетомягкой добавки.  
Метод измерения  $a$  — метод фазового сдвига (определяли сдвиг фаз между тепловыми колебаниями, установившимися на противоположных сторонах пластинчатого образца, облучаемого тепловым потоком, модулированным с частотой  $30 \text{ Гц}$ ). Погрешность измерения  $\pm 8 \%$ .

## 5. Температурный коэффициент линейного расширения триглицинселената [80]

| T, К | $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ , при направлении измерения |       |       | T, К | $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ , при направлении измерения |       |       |
|------|--|-------|-------|------|--|-------|-------|
|      | [100]  | [010] | [001] |      | [100]  | [010] | [001] |
| 70   | 2,0  | 0,0   | 0,10  | 190  | 0,0  | 3,5   | 0,15  |
| 80   | 1,0  | 1,0   | 0,10  | 200  | 0,0  | 3,5   | 0,16  |
| 90   | 1,0  | 1,1   | 0,10  | 210  | 0,0  | 3,5   | 0,17  |
| 100  | 0,5  | 1,2   | 0,10  | 220  | 0,0  | 3,3   | 0,18  |
| 110  | 0,5  | 1,5   | 0,10  | 230  | 0,0  | 3,2   | 0,20  |
| 120  | 0,5  | 1,6   | 0,12  | 240  | 0,0  | 3,0   | 0,90  |
| 130  | 0,4  | 1,8   | 0,12  | 250  | 0,0  | 2,5   | 1,90  |
| 140  | 0,0  | 2,0   | 0,12  | 260  | 0,0  | 1,0   | 3,10  |
| 150  | 0,0  | 2,5   | 0,12  | 270  | 0,0  | 0,0   | 5,50  |
| 160  | 0,0  | 3,0   | 0,13  | 280  | -0,5   | -1,0  | 7,50  |
| 170  | 0,0  | 3,5   | 0,14  | 290  | -1,0   | -2,0  | 8,50  |
| 180  | 0,0  | 3,5   | 0,15  | 300  | -3,0   | -3,0  | 9,50  |

Примечание. Материал — триглицинселенат кристаллический, моноклинной структуры, применяемый при изготовлении пьезоэлектрических первичных измерительных преобразователей. Температура фазового перехода 296 К. Исследуемые образцы — кубики с ребром  $1 \cdot 10^{-2}$  м.

Приведенные в таблице данные соответствуют охлаждению образца (в процессе нагрева аномальности изменения  $\alpha$  проявляются более заметно). Погрешность измерения  $\pm 3\%$ .

## 6. Температурный коэффициент линейного расширения триглицинсульфата [79, 80]

| T, К | $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ , при направлении измерений |       |       | T, К | $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ , при направлении измерений |       |       |
|------|--|-------|-------|------|--|-------|-------|
|      | [100]  | [010] | [001] |      | [100]  | [010] | [001] |
| 70   | 3,5  | 4,0   | 0,10  | 190  | 0,3  | 4,2   | 0,15  |
| 80   | 3,0  | 4,0   | 0,10  | 200  | 0,3  | 4,1   | 0,16  |
| 90   | 0,5  | 4,0   | 0,10  | 210  | 0,2  | 4,0   | 0,17  |
| 100  | 0,5  | 4,0   | 0,10  | 220  | 0,2  | 4,0   | 0,18  |
| 110  | 0,5  | 4,2   | 0,10  | 230  | 0,2  | 4,0   | 0,20  |
| 120  | 0,5  | 4,2   | 0,12  | 240  | 0,1  | 3,9   | 0,90  |
| 130  | 0,5  | 4,5   | 0,12  | 250  | 0  | 3,5   | 1,90  |
| 140  | 0,5  | 4,5   | 0,12  | 260  | -0,1   | 3,0   | 3,10  |
| 150  | 0,5  | 4,4   | 0,12  | 270  | -1,0   | 2,5   | 4,90  |
| 160  | 0,4  | 4,4   | 0,13  | 280  | -1,5   | 0,50  | 6,50  |
| 170  | 0,3  | 4,3   | 0,14  | 290  | -2,5   | 0     | 7,50  |
| 180  | 0,3  | 4,2   | 0,15  | 300  | -3,0   | -1,05 | 8,50  |

Примечание. Материал — триглицинсульфат кристаллический  $(\text{CH}_2\text{NH}_2\text{COOH})_3\text{H}_2\text{SO}_4$  моноклинной структуры, применяемый при изготовлении пьезоэлектрических первичных измерительных преобразователей. Температура фазового перехода 321 К. Исследуемые образцы — кубики с ребром  $1 \cdot 10^{-2}$  м.

Температурный ход относительного теплового расширения в сегнетоэлектрической фазе нелинейный; в параэлектрической фазе — линейный для всех трех направлений измерений в кристалле. В точке Кюри для направлений измерения, параллельных осям [100], [010] и [001], обнаружено резкое изменение теплового расширения. В сегнетоэлектрической области существует температурный гистерезис относительного теплового расширения.

Приведенные в таблице данные получены при охлаждении образца (в процессе нагрева аномальности измерения  $\alpha$  проявляются более заметно). Погрешность измерения  $\pm 3\%$ .

7. Удельная теплоемкость  $c_p \cdot 10^{-3}$ , Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, триглицинсульфата, подвергнутого  $\gamma$ -облучению [36]

| T, К | Доза $\gamma$ -облучения, Кл·кг <sup>-1</sup> |                   |                   |                   |
|------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
|      | 0   | $7,74 \cdot 10^2$ | $3,87 \cdot 10^3$ | $7,74 \cdot 10^3$ |
| 200  | 0,84  | 0,84              | 0,84              | 0,84              |
| 210  | 0,86  | 0,87              | 0,86              | 0,86              |
| 220  | 0,90  | 0,91              | 0,90              | 0,90              |
| 230  | 0,95  | 0,96              | 0,95              | 0,95              |
| 240  | 0,98  | 1,00              | 0,98              | 0,98              |
| 250  | 1,02  | 1,05              | 1,02              | 1,02              |
| 260  | 1,07  | 1,10              | 1,07              | 1,06              |
| 270  | 1,13  | 1,15              | 1,14              | 1,10              |
| 280  | 1,19  | 1,21              | 1,18              | 1,15              |
| 290  | 1,25  | 1,27              | 1,24              | 1,20              |
| 300  | 1,32  | 1,35              | 1,27              | 1,23              |

Примечание. Материал — кристалл триглицинсульфата, выращенный методом снижения температуры в сегнетоэлектрической фазе из раствора перекристаллизованной соли.

Образцы в виде призматических брусков размерами  $2,83 \times 1,32 \times 0,46$  мм.

Метод измерения  $c_p$  — вакуумным адiabатическим калориметром, погрешность измерения  $\pm 2\%$ . Измерения проводили после облучения. Испытуемые образцы подвергали облучению  $\gamma$ -квантов. Источники — квантов  $\text{Co}^{60}$ ; мощность в зоне облучения  $0,103 \text{ Кл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ .

## 8. Температурный коэффициент линейного расширения триглицинофтороберилата [80]

| T, К | $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ , при направлении измерений |       |       | T, К | $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ , при направлении измерений |       |       |
|------|--|-------|-------|------|--|-------|-------|
|      | [100]  | [010] | [001] |      | [100]  | [010] | [001] |
| 70   | 3,0  | 4,8   | 0,10  | 190  | 0,0  | 6,4   | 0,15  |
| 80   | 2,8  | 4,8   | 0,10  | 200  | 0,0  | 6,4   | 0,16  |
| 90   | 2,6  | 4,8   | 0,10  | 210  | 0,0  | 6,6   | 0,17  |
| 100  | 1,5  | 4,8   | 0,10  | 220  | 0,0  | 6,6   | 0,18  |
| 110  | 1,1  | 4,8   | 0,10  | 230  | 0,0  | 6,6   | 0,20  |
| 120  | 0,0  | 5,2   | 0,12  | 240  | 0,0  | 6,7   | 0,20  |
| 130  | 0,0  | 6,0   | 0,12  | 250  | 0,0  | 6,7   | 0,20  |
| 140  | 0,0  | 6,0   | 0,12  | 260  | 0,5  | 6,8   | 0,20  |
| 150  | 0,0  | 6,0   | 0,12  | 270  | 1,2  | 6,8   | 0,20  |
| 160  | 0,0  | 6,0   | 0,13  | 280  | 1,2  | 6,7   | 0,50  |
| 170  | 0,0  | 6,0   | 0,14  | 290  | 1,5  | 6,6   | 0,70  |
| 180  | 0,0  | 6,2   | 0,15  | 300  | 2,0  | 5,0   | 1,0   |

Примечание. Материал — триглицинофтороберилат кристаллический, применяемый при изготовлении пьезоэлектрических первичных измерительных преобразователей. Температура фазового перехода 346 К. Исследуемые образцы — кубики с ребром  $1 \cdot 10^{-2}$  м.

Приведенные в таблице данные соответствуют охлаждению образца (в процессе нагрева аномальности изменения  $\alpha$  проявляются более заметно). Погрешность измерения  $\pm 3\%$ .

1. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, некоторых марок электровакуумных стекол [114]

| T, К | I     | II   | T, К | III   | IV    |
|------|-------|------|------|-------|-------|
| 293  | 0,922 | 1,26 | 293  | 0,839 | 0,830 |
| 300  | 0,923 | 1,27 | 300  | 0,840 | 0,831 |

Примечание. Образцы отожженные.  
 I — боросиликатное стекло С38-1 (ЗС-9); II — боросиликатное стекло С39-1 (№ 17) вольфрамовой группы; плотность 2500 кг·м<sup>-3</sup>; обладает повышенным сопротивлением электролизу; III — боросиликатное стекло С47-1 (№ 46) молибденовой группы; плотность 2330 кг·м<sup>-3</sup>; IV — боросиликатное стекло С49-2 (ЗС-5К) молибденовой группы.

Химический состав, %:

| Оксид                          | I    | II   | III  | IV   |
|--------------------------------|------|------|------|------|
| SiO <sub>2</sub>               | 68,8 | 73,0 | 68,5 | 68,2 |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 26,5 | 16,5 | 17,2 | 19,0 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,6  | —    | 2,5  | 3,5  |
| PbO                            | —    | 6,0  | —    | —    |
| ZnO                            | —    | —    | 5,0  | —    |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,5  | 3,0  | 6,8  | 4,8  |
| K <sub>2</sub> O               | 0,6  | 1,5  | —    | 4,5  |

Метод измерения  $\lambda$  — стационарным осевым тепловым потоком. Погрешность измерения  $\pm 5$  %.

2. Средние температурные коэффициенты линейного расширения  $\beta \cdot 10^6$ , К<sup>-1</sup>, кварцевого стекла различных марок [115]

| T, К | КЛР-1, отож. | КЛР-1, стаб. | КЛР-2, отож. | КЛР-2, стаб. | КЧГ  | КЧГ стаб. |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|-----------|
| 223  | -0,15        | -0,15        | -0,28        | -0,19        | 0,40 | 0,42      |
| 233  | -0,14        | -0,14        | -0,26        | -0,18        | 0,43 | 0,42      |
| 253  | -0,13        | -0,12        | -0,26        | -0,14        | 0,44 | 0,44      |
| 273  | -0,12        | -0,10        | -0,20        | -0,10        | 0,48 | 0,45      |

Примечание. КЧГ (кварцевое стекло, полученное методом парафазного синтеза из тетраоксида кремния после инерционного охлаждения. Режим отжига: 1273 К, 1 ч; режим стабилизации: выдержка при температуре ниже 1273 К в течение нескольких часов. Образцы в виде полых цилиндров (отклонение от параллельности торцов цилиндра 0,001—0,002 мм; на каждом торце — три симметрично расположенные опоры общей площадью менее 0,5 мм<sup>2</sup>).

Метод измерения  $\beta$  — с помощью интерференционного dilatометра. Погрешность абсолютного измерения удлинения не более  $6 \cdot 10^{-3}$  мкм. Среднее квадратическое отклонение  $\beta$  не более  $(0,5-2) \cdot 10^{-3}$  К<sup>-1</sup> в стоградусном интервале температур.

Значения  $\beta$  даны для интервала температур  $T = 293$  К.  
 Данные для 223 К получены в стационарном температурном режиме; данные для других температур — в нестационарном режиме при скорости изменения температуры  $8 \cdot 10^{-3}$  К·с<sup>-1</sup>.

3. Средний температурный коэффициент линейного расширения  $\beta \cdot 10^7$ , К<sup>-1</sup>, некоторых технических стекол, облученных интегральным потоком тепловых нейтронов [49]

| Интегральный поток, нейтрон·м <sup>-2</sup> |      |      |      | Интегральный поток, нейтрон·м <sup>-2</sup> |      |      |      |
|---|------|------|------|---|------|------|------|
|   | I    | II   | III  |   | I    | II   | III  |
| 0   | 25,0 | 52,5 | 53,0 | 4·10 <sup>22</sup>                          | 16,5 | 48,0 | 41,5 |
| 1·10 <sup>22</sup>                          | 16,5 | 52,0 | 46,0 | 5·10 <sup>22</sup>                          | 16,0 | —    | 41,5 |
| 2·10 <sup>22</sup>                          | 16,0 | 53,0 | 42,0 | 6·10 <sup>22</sup>                          | —    | —    | 41,5 |
| 3·10 <sup>22</sup>                          | 17,0 | 52,0 | 41,5 |   |      |      |      |

Примечание. Материалы — неорганические стекла: I — пирексовое, II — свинцовое и III — силикатное (Na—B)

Химический состав, %:

|     | SiO <sub>2</sub> | B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | PbO  | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |
|-----|------------------|-------------------------------|--------------------------------|------|------------------|-------------------|
| I   | 82,8             | 11,5                          | 1,3                            | —    | 1,0              | 3,4               |
| II  | 68,2             | 11,5                          | 0,5                            | 10,4 | 5,3              | 4,1               |
| III | 77,8             | 7,5                           | —                              | —    | —                | 14,7              |

Значения  $\beta$  приведены для интервала температур 78—293 К.

4. Теплопроводность  $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, некоторых марок технических стекол, выпускаемых зарубежными фирмами [16, 202]

| T, К | 1     | 2     | 3     | 4     | T, К | 1     | 2     | 3     | 4    |
|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|
| 20   | 0,419 | 0,419 | 0,419 | 0,419 | 170  | 10,89 | 9,22  | 7,54  | 5,45 |
| 30   | 1,52  | 1,33  | 1,17  | 1,01  | 180  | 11,39 | 9,84  | 7,87  | 5,63 |
| 40   | 2,63  | 2,25  | 1,92  | 1,59  | 190  | 11,89 | 10,46 | 8,20  | 5,80 |
| 50   | 3,74  | 3,17  | 2,67  | 2,17  | 200  | 12,30 | 11,08 | 8,53  | 5,97 |
| 60   | 4,80  | 4,09  | 3,42  | 2,75  | 210  | 12,90 | 11,72 | 8,86  | 6,14 |
| 70   | 5,87  | 5,03  | 4,19  | 3,35  | 220  | 13,41 | 12,31 | 9,22  | 6,29 |
| 80   | 6,45  | 5,45  | 4,61  | 3,60  | 230  | 13,66 | 12,38 | 9,39  | 6,37 |
| 90   | 7,03  | 5,87  | 5,03  | 3,85  | 240  | 13,91 | 12,43 | 9,56  | 6,45 |
| 100  | 7,61  | 6,29  | 5,45  | 4,05  | 250  | 14,14 | 12,48 | 9,73  | 6,53 |
| 110  | 8,19  | 6,71  | 5,87  | 4,30  | 260  | 14,40 | 12,53 | 9,91  | 6,61 |
| 120  | 8,80  | 7,12  | 6,29  | 4,61  | 270  | 14,67 | 12,57 | 10,06 | 6,70 |
| 130  | 9,22  | 7,54  | 6,54  | 4,77  | 280  | 14,95 | 12,85 | 10,20 | 6,84 |
| 140  | 9,64  | 7,96  | 6,79  | 4,94  | 290  | 15,23 | 13,13 | 10,34 | 6,98 |
| 150  | 10,06 | 8,38  | 7,04  | 5,11  | 300  | 15,50 | 13,41 | 10,48 | 7,12 |
| 160  | 10,48 | 8,80  | 7,29  | 5,28  |      |       |       |       |      |

Примечание. Материал — зарубежные технические стекла, применяемые в химической и вакуумной промышленности. Образцы отожженные: 1 — прозрачное кварцевое стекло, полученное плавлением природных кристаллов кварца (горного хрусталя); химический состав, %: SiO<sub>2</sub> 99,95; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,01; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ≤ 0,004; Na<sub>2</sub>O ≤ 0,004; K<sub>2</sub>O ≤ 0,028; MgO ≤ 0,012; 2 — боросиликатное стекло, торговая марка G-276-MX (пайрек); химический состав, %: SiO<sub>2</sub> 80; B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2; (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) 4; плотность 2230 кг·м<sup>-3</sup>; 3 — известковонатриевое стекло; 4 — тугоплавкое свинцовое стекло (40±50 % PbO).

Для непрозрачного кварцевого стекла (цвет поверхности молочно-белый, плотность 2200 кг·м<sup>-3</sup>, пористость 3—4 %, диаметр пор ≤ 0,6 мкм), полученного плавлением кварцевого стекла, при  $T = 293$  К  $\lambda = 10,89 \cdot 10^{-3}$  Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;  $c_p = 8,0 \times 10^2$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;  $\alpha = 5,0 \cdot 10^{-7}$  К<sup>-1</sup>.

Для листового силикатного стекла (плотность 2500 кг·м<sup>-3</sup>) при 293 К  $c_p = 4,5 \cdot 10^2$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;  $\alpha = 4,5 \cdot 10^{-7}$  К<sup>-1</sup>.

Для стекла Corning Wigor 7900 химический состав, %: SiO<sub>2</sub> 96,3; Na<sub>2</sub>O 0,02; K<sub>2</sub>O 0,02; B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2,9; R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,4. При 300 К:  $c_p = 745$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>.

5. Температурный коэффициент линейного расширения  
и теплопроводность некоторых типов стеклянных припоев [202]

| Материал                                   | Фирма-изготовитель | T, К | $\alpha \cdot 10^7, \text{K}^{-1}$ | $\lambda \cdot 10^3, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ |
|--|--------------------|------|------------------------------------|---|
| T209<br>VUS<br>(Пирокерам)<br>9606<br>9608 | Telephonken        | 273  | 90                                 | —   |
|  | Telephonken        | 293  | 91                                 | —   |
|  | Corning            | 298  | —                                  | 36,5  |
|  | Corning            | 298  | —                                  | 19,7  |

Примечание. Химический состав стеклянных припоев, %:

|      | PbO  | B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ZnO  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | Na <sub>2</sub> O |
|------|------|-------------------------------|------|--------------------------------|------------------|-------------------|
| T209 | 78,0 | 14,8                          | —    | 1,0                            | 5,0              | 1,2               |
| VUS  | 77,2 | 12,1                          | 7,8  | —                              | 2,9              | —                 |
| 9606 | 72,0 | 18,0                          | 5,0  | 2,5                            | 2,5              | —                 |
| 9608 | 67,5 | 14,0                          | 15,0 | 2,5                            | 2,5              | —                 |

Температура размягчения 638 К для припоя T209; 613 К для припоя VUS. Плотность: 2600 кг·м<sup>-3</sup> для припоя 9606; 2500 кг·м<sup>-3</sup> для припоя 9608.

Компоненты шихты измельчают, перемешивают и сплавляют в платиновом тигле. Расплав после гомогенизации выливают в холодную воду для затвердевания, а затем измельчают в крупнозернистый порошок. Для получения стеклянного припоя в виде пасты порошок размалывают в воде с присадками диспергаторов (аммиак и хлористый литий) до образования вязкой массы, которая просушивается и просеивается через сито с размером отверстий 100—200 меш.

Метод измерения  $\alpha$  — кварцевым dilatометром. Средняя квадратическая погрешность измерения  $\pm 3$  %.

6. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ ,  
плиточного материала при различной степени водонасыщения [136]

| T, К | I   |     |     | T, К | II  |     |     |
|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
|      | I   | II  | III |      | I   | II  | III |
| 150  | 3,8 | 5,0 | 6,7 | 220  | 5,0 | 6,2 | 9,4 |
| 160  | 4,0 | 5,1 | 6,8 | 225  | 5,1 | 6,3 | 9,3 |
| 170  | 4,1 | 5,2 | 7,0 | 230  | 5,2 | 6,3 | 9,0 |
| 180  | 4,2 | 5,5 | 7,3 | 240  | 5,4 | 6,2 | 8,5 |
| 190  | 4,5 | 5,6 | 8,0 | 250  | 5,6 | 6,1 | 7,2 |
| 200  | 4,7 | 5,8 | 8,9 | 260  | 5,7 | 6,0 | 6,5 |
| 210  | 4,8 | 6,0 | 9,3 | 270  | 5,8 | 5,9 | 6,2 |
| 215  | 4,9 | 6,1 | 9,5 | 280  | 5,9 | 5,9 | 5,9 |

Примечание. Материал — керамический, плиточный, используемый для облицовки фасадов. Содержание компонентов, %: глина ВС-2 52; черкасский бетонит 3; кварцевый песок 10; перматит 12; бой стекла 20; мел 3. Водопоглощение 9,54 % (масс), морозостойкость 80 циклов, усадка при обжиге 2,33 %.

I — пенонасыщенный образец; II — степень водонасыщения 0,77; III — степень водонасыщения 0,93.

Метод измерения  $\alpha$  — кварцевым dilatометром. Средняя квадратическая погрешность измерения  $\pm 5$  %.

## 17. КАМНИ И БЕТОНЫ

ПРИРОДНЫЕ КАМНИ И ИСКУССТВЕННЫЕ ЗАПОЛНИТЕЛИ  
ДЛЯ БЕТОНОВ

## 1. Характеристика образцов изверженных горных пород [44]

| Материал                                     | Месторождение              | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | Водопоглощение, % | $\sigma_{сж} \cdot 10^{-7}$ , насыщенные в воде, Па |
|--|----------------------------|-------------------------------|-------------------|---|
| Граниты                                      | Шарташское, Свердлов. обл. | 2680—2720                     | 0,01—0,05         | 9,8—15,7  |
|  | —                          | 3050                          | 0,1               | 24,5  |
|  | Онежское                   | —                             | —                 | 22,6  |
| Диабаз мелкозернистый О-1                    | —                          | —                             | —                 | —   |
| Диабаз среднезернистый О-2                   | Онежское                   | —                             | —                 | 22,6  |
| Туфолава с обломками альбитовых порфитов Д-1 | Джалаирское                | 2630                          | 0,1               | 15,9—16,0   |

## 2. Характеристики образцов осадочных горных пород [44]

| Материал                      | Плотность $\rho \cdot 10^{-3}, \text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ | Плотность насыпная $\rho \cdot 10^{-3}, \text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ | Пористость, % | Водопоглощение, % | $\sigma_{сж} \cdot 10^{-7}$ , Па |
|-------------------------------|---|--|---------------|-------------------|----------------------------------|
| Известняк:                    |   |  |               |                   |                                  |
| С-3                           | 2,72—2,73   | 2,15—2,28  | 15,2—23,1     | 3,7—8,6           | 2,94—5,87                        |
| пористый С-4                  | 2,66—2,75   | 1,80—2,25  | 19—30         | 5,46—9,4          | 0,98—3,43                        |
| песчаный мелкозернистый К-1   | 2,76  | 2,59   | 6,1           | 1,1               | 11,1                             |
| афанитовый Я-7                | 2,7—2,77  | 2,58—2,68  | 1,8—5,1       | 0,3—1,1           | 10,8—18,6                        |
| Доломит известковый:          |   |  |               |                   |                                  |
| сахаровидный С-1              | 2,75—2,84   | 2,49—2,70  | 3,2—10,6      | 0,83—2,4          | 7,8—15,7                         |
| микрозернистый С-2            | 2,69—2,77   | 2,2—2,4  | 13—21         | 3,5—8,5           | 3,43—7,8                         |
| перекристаллизованный Я-6     | 2,8—2,86  | 2,35—2,67  | 5,6—17,2      | 1,16—3,1          | 5,9—14,7                         |
| микрозернистый Б-10           | 2,71—2,84   | 2,55—2,73  | 3,5—10,2      | 0,34—1,9          | 10,2—18,6                        |
| мелкозернистый Б-12           | 2,81—2,86   | 2,29—2,4   | 17—20,4       | 3,5—5,8           | 4,9—8,22                         |
| Песчаник:                     |   |  |               |                   |                                  |
| среднезернистый массивный П-2 | 2,65  | —  | —             | —                 | 6,56                             |
| мелкозернистый массивный П-1  | 2,65  | 2,57   | 3,0           | 1,4               | 8,12                             |

Примечание. Известняки С-3, С-4 и доломиты С-1, С-2 взяты из Сокского месторождения. Я-7, Я-6 — из Яблоневского месторождения (Куйбышевская обл.); Б-10, Б-12 — из Березовского месторождения (Саратовская обл.).

Прочность при сжатии определена на образцах, полностью насыщенных водой.

## 3. Характеристика пористых заполнителей [44]

| Материал  | Плотность<br>$\rho \cdot 10^{-3}$ ,<br>кг·м <sup>-3</sup> | Плотность<br>насыпная<br>$\rho \cdot 10^{-3}$ ,<br>кг·м <sup>-3</sup> | Пористость<br>в куске, % | Водопогло-<br>щение через<br>48 ч, % |
|---|---|---|--------------------------|--------------------------------------|
|   |   |   |                          |                                      |
| Пемза:<br>природная<br>шлаковая Ш-1<br>шлаковая Ш-4 | 2,03<br>2,7<br>2,7  | 0,37<br>1,1<br>1,15   | 81,5<br>60<br>57,5       | 117<br>12<br>27,6                    |
| Аглопорит:<br>А-1<br>А-2                            | 2,6<br>2,61   | 0,91<br>1,34  | 65<br>49                 | —<br>33,5                            |
| Вспученный перлит                                   | 2,51  | 0,32  | 87                       | —                                    |

4. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6$ , К<sup>-1</sup>, природных каменных материалов из плотных изверженных пород [44]

| Материал  | Температура, К           |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                  |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|
|   | 293                      | 283                      | 273                      | 263                      | 253                      | 243                      | 233                      | 223                      | 213                      | 203              |
| Гранит (средние данные)   | 6,8                      | 6,0                      | 5,2                      | 4,4                      | 3,8                      | 3,4                      | 3,2                      | 3,0                      | 2,9                      | —                |
| Гранит:<br>серый среднезернистый<br>красный мелкозерни-<br>стый<br>красный крупнозерни-<br>стый | 8,3<br>7,1<br>7,1<br>5,2 | 7,3<br>6,2<br>6,2<br>4,6 | 6,2<br>5,3<br>5,3<br>4,2 | 5,3<br>4,4<br>4,4<br>3,7 | 4,7<br>3,6<br>3,6<br>3,2 | 4,1<br>3,2<br>3,2<br>2,8 | 3,8<br>3,1<br>3,1<br>2,5 | 3,5<br>3,0<br>3,0<br>2,2 | 3,4<br>3,0<br>3,0<br>2,1 | —<br>—<br>—<br>— |
| Диабаз:<br>мелкозернистый<br>крупнозернистый  | 7,05<br>6,6              | 6,8<br>6,4               | 6,6<br>6,2               | 6,4<br>6,0               | 6,2<br>5,8               | 6,0<br>5,6               | 5,8<br>5,5               | 5,6<br>5,3               | 5,4<br>5,1               | 5,2<br>—         |
| Туфолова  | 7,6                      | 7,4                      | 7,2                      | 7,0                      | 6,8                      | 6,6                      | 6,3                      | 6,1                      | 6,0                      | 5,8              |

5. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6$ , К<sup>-1</sup>, природных каменных материалов из пористых пород [44]

| Горные породы                                  | Температура, К                  |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                         |
|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
|  | 293                             | 283                             | 273                             | 263                             | 253                             | 243                             | 233                             | 223                             | 213                             | 203                     |
| Известняк:<br>С-3<br>С-4<br>К-1<br>Я-7         | 6,0<br>5,4<br>7,4<br>6,5        | 5,8<br>5,1<br>7,2<br>6,2        | 5,7<br>4,7<br>6,7<br>5,7        | 5,5<br>4,5<br>6,3<br>5,2        | 5,3<br>4,0<br>5,8<br>4,7        | 4,8<br>3,5<br>4,7<br>4,2        | 4,5<br>3,1<br>4,7<br>3,8        | 4,1<br>2,8<br>4,5<br>3,4        | 3,7<br>2,6<br>4,3<br>3,1        | 3,5<br>2,4<br>—<br>2,8  |
| Доломит:<br>С-1<br>С-2<br>С-21<br>Б-10<br>Б-12 | 9,3<br>4,8<br>3,4<br>9,3<br>9,1 | 8,9<br>4,7<br>3,4<br>9,1<br>8,9 | 8,5<br>4,5<br>3,3<br>8,7<br>8,6 | 7,9<br>4,3<br>3,2<br>8,2<br>8,3 | 7,4<br>4,1<br>3,0<br>7,5<br>8,0 | 6,6<br>3,8<br>2,6<br>7,5<br>7,7 | 5,4<br>3,4<br>2,3<br>7,0<br>7,3 | 4,0<br>3,0<br>2,0<br>6,7<br>7,1 | 3,4<br>2,7<br>1,7<br>6,3<br>6,7 | 2,8<br>—<br>—<br>—<br>— |
| Песчаник:<br>П-2<br>П-1                        | 10,2<br>10,4                    | 10,0<br>10,1                    | 9,8<br>9,7                      | 9,7<br>9,4                      | 9,4<br>9,0                      | 8,9<br>8,5                      | 8,6<br>8,2                      | 8,5<br>8,1                      | 8,4<br>8,1                      | 8,3<br>—                |

6. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6$ , К<sup>-1</sup>, пористых заполнителей [44]

| Материал   | Температура, К                  |                                 |                                 |                                  |                                 |                                 |                                 |                                  |                                 |                                 |
|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|  | 293                             | 283                             | 273                             | 263                              | 253                             | 243                             | 233                             | 223                              | 213                             | 203                             |
| Керамзит:<br>К-1<br>К-2  | 6,1<br>4,2                      | 5,9<br>4,1                      | 5,5<br>4,0                      | 5,2<br>3,9                       | 5,0<br>3,8                      | 4,9<br>3,7                      | 4,8<br>3,5                      | 4,7<br>3,3                       | 4,6<br>3,3                      | 4,5<br>3,3                      |
| Пемза:<br>природная<br>шлаковая Ш-1<br>» Ш-2<br>» Ш-3<br>» Ш-4 | 5,6<br>9,7<br>8,1<br>9,0<br>8,5 | 5,6<br>9,4<br>7,9<br>8,6<br>8,2 | 5,5<br>9,0<br>7,6<br>8,1<br>7,9 | 5,3<br>8,65<br>7,4<br>7,8<br>7,6 | 5,3<br>8,4<br>7,2<br>7,5<br>7,5 | 5,0<br>8,1<br>7,0<br>7,3<br>7,4 | 5,0<br>8,1<br>6,8<br>7,3<br>7,3 | 5,0<br>8,05<br>6,6<br>7,1<br>7,3 | 5,0<br>8,0<br>6,4<br>7,1<br>7,3 | 5,0<br>7,9<br>6,2<br>7,0<br>7,3 |
| Аглопорит:<br>А-1<br>А-2                                       | 5,8<br>3,2                      | 5,7<br>3,1                      | 5,6<br>3,0                      | 5,5<br>2,9                       | 5,3<br>2,7                      | 5,2<br>2,6                      | 5,1<br>2,5                      | 5,0<br>2,4                       | 4,9<br>2,3                      | 4,8<br>2,1                      |
| Вспученный перлит  | 5,6                             | 5,3                             | 5,0                             | 4,7                              | 4,4                             | 4,3                             | 4,2                             | 4,2                              | 4,1                             | 4,0                             |

## 7. Эмпирические формулы для вычисления температурного коэффициента линейного расширения пористых заполнителей [44]

| Материал   | $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup>   | Температур-<br>ный предел<br>применимо-<br>сти формулы,<br>К | Число<br>измере-<br>ний    | Среднее<br>квадратиче-<br>ское откло-<br>нение<br>$\pm \sigma \cdot 10^6$ |
|--|---|--|----------------------------|---|
| Керамзит:<br>К-1<br>К-2  | 5,5+0,015 (T-273)<br>4+0,01 (T-273)   | 293-203<br>293-223   | 33<br>32                   | $\pm 0,224$<br>$\pm 0,223$  |
| Пемза:<br>природная<br>шлаковая Ш-1<br>» Ш-2<br>» Ш-3<br>» Ш-4 | 5,2+0,02 (T-273)<br>9,0+0,015 (T-273)<br>7,5+0,02 (T-273)<br>8,1+0,03 (T-273)<br>7,9+0,03 (T-273) | 293-203<br>293-203<br>293-203<br>293-243<br>293-253          | 37<br>22<br>34<br>59<br>45 | $\pm 0,410$<br>$\pm 0,382$<br>$\pm 0,400$<br>$\pm 0,555$<br>$\pm 0,575$   |
| Аглопорит А-1<br>Вспученный перлит                             | 5,6+0,01 (T-273)<br>5+0,03 (T-273)  | 293-203<br>293-243   | 22<br>42                   | $\pm 0,293$<br>$\pm 0,272$  |

## 8. Теплопроводность и объемная теплоемкость суглинка [75]

| Т, К | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_v \cdot 10^{-5}$ , Дж·м <sup>-3</sup> ·К <sup>-1</sup> |      | Т, К | $\lambda$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_v \cdot 10^{-5}$ , Дж·м <sup>-3</sup> ·К <sup>-1</sup> |      |
|------|---|---|------|------|---|---|------|
|      |   | 1   | 2    |      |   | 1   | 2    |
| 263  | 2,37  | 2,58  | 2,64 | 273  | 1,59  | 3,11  | 3,15 |
| 268  | 2,29  | 2,61  | 2,66 | 278  | 1,63  | 3,11  | 3,15 |
| 272  | 2,21  | 2,74  | 2,80 | 283  | 1,66  | 3,11  | 3,15 |

Примечание. Образец 1 взят с глубины 1,1—1,2 м; плотность его 2070 кг·м<sup>-3</sup>, влажность 25,4%; образец 2 взят с глубины 1,32—1,5 м; плотность 2080 кг·м<sup>-3</sup>, влажность 24,7%. Оба образца в основном (45,5%) содержали частицы размерами 0,01—0,02 мм; частицы размерами 0,002—0,001 мм и 0,05—0,01 мм составляли 13—14%, менее 0,001 мм — 21,2%, более 0,25 мм — 2,6%.  
Метод измерения  $\lambda$  и  $c_v$  — зондовый, разброс опытных точек менее  $\pm 10\%$ .

## БЕТОНЫ И РАСТВОРЫ

9. Характеристика образцов цементно-песчаного раствора (мелкозернистого бетона) [44]

| Номер образца | Форма и размеры образца                            | Состав (цемент-песок) | Срок и условия твердения                              | Плотность в воздушно-сухом состоянии, кг·м <sup>-3</sup> | Пористость, % |
|---------------|--|-----------------------|---|--|---------------|
| 1             | Призматический (15,8 × 17,6 × 27,4 мм)             | 1 : 3                 | 90 сут. в воздухе при относительной влажности 55—60 % | 1900   | 27,7          |
| 2             | Цилиндрический (диаметр 11,6 мм, высота 28,9 мм)   | 1 : 3                 | 180 сут. в тех же условиях                            | 2010   | 25,6          |
| 3             | Цилиндрический (диаметр 14,94 мм, высота 30,18 мм) | 1 : 3                 | 35 сут. в тех же условиях                             | 2030   | 22,8          |

10. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ , цементно-песчаного раствора (мелкозернистого бетона) [44]

| Образцы                                   | Температура, К |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---|----------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|   | 293            | 283  | 273  | 263 | 253 | 243 | 233 | 223 | 213 | 203 | 193 | 183 |
| № 1, 2, 3, высушенные до постоянной массы | 10,4           | 10,2 | 9,9  | 9,7 | 9,4 | 9,2 | 9,0 | 8,7 | 8,5 | 8,4 | 8,3 | —   |
| № 1, 2, 3 в воздушно-сухом состоянии      | 10,9           | 10,5 | 10,2 | 9,9 | 9,6 | —   | —   | 8,7 | 8,6 | 8,5 | 8,4 | 8,3 |
| № 2, насыщенные водой                     | 10,2           | 10,1 | 10,0 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |

Примечание. Характеристика образцов дана в табл. 9. Равновесная влажность воздушно-сухих образцов, %: № 1—0,79; № 2—1,15; № 3—0,85.

11. Характеристика образцов цементного камня из сульфатостойкого портландцемента [44]

| Обозначение образца | Добавки, %   | Срок и условия твердения   |
|---------------------|--|--|
| Д-1                 | Без добавки  | Выдержка 4 ч на воздухе при относительной влажности 85—90 % и $T = 293 \text{ K}$ , затем пропаривание в паро-воздушной среде в форме по режиму 4+2+4 ч (выдержка 2 ч при 358 К) |
| Д-3                 | 0,2 ГКЖ-10 (к цементу)                                 |  |
| Д-5                 | 0,8 раствор клееканифоляного пенообразователя (к воде) |  |
| Д-7                 | 0,1 мылонафта (к цементу)                              |  |

Примечание. Для всех образцов  $V/C = 0,3$ .

12. Температурный коэффициент линейного расширения образцов цементного камня из сульфатостойкого портландцемента [44]

| T, K | $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ |
|------|------------------------------------|------|------------------------------------|------|------------------------------------|
| 303  | 11,5                               | 263  | 10,5                               | 223  | 9,8                                |
| 293  | 11,2                               | 253  | 10,4                               | 213  | 9,6                                |
| 283  | 11,0                               | 243  | 10,2                               | 203  | 9,3                                |
| 273  | 10,8                               | 233  | 10,0                               | 193  | 8,7                                |

Примечание. Характеристика образцов дана в табл. 11. Для сухих образцов Д-1, Д-3, Д-5 и Д-7  $\alpha$  одинаков в пределах погрешности измерения.

13. Температурный коэффициент линейного расширения бетонов [114]

| Бетон  | Плотность в сухом состоянии, кг·м <sup>-3</sup> | Расход цемента на 1 м <sup>3</sup> бетона, кг·м <sup>-3</sup> | Прочность $\sigma_{сж}$ , 10 <sup>-6</sup> к моменту испытания, Па | $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ , в диапазоне температур, К |         |         |
|--|---|---|--|--|---------|---------|
|  |   |   |  | 273—333  | 273—363 | 273—393 |
| Керамзитобетон на кварцевом песке                    | 1540  | 400   | 23,7   | 11,4   | 10,45   | 10,3    |
| Керамзитобетон на кварцевом песке: состав I          | 1120  | 100   | 16,0   | 6,9  | 7,3     | 6,8     |
| состав II  | 1020  | 250   | 12,7   | 5,5  | 6,6     | 6,2     |
| Термозитобетон на кварцевом песке                    | 1820  | 476   | 16,5   | 9,5  | 9,28    | 9,6     |
| Термозитобетон на термозитовом песке                 | 1610  | 291   | 9,8  | 9,22   | 9,2     | 9,15    |
| Перлитобетон на перлитовом песке                     | 1100  | 330   | 12,2   | 6,8  | 6,6     | 6,7     |
| Аглопоритовый бетон на аглопоритовом песке: состав I | —   | 400   | 18,1   | 5,5  | 5,3     | 4,8     |
| состав II  | 1500  | 270   | 10,8   | —  | 4,3     | 4,1     |
| Золобетон  | 1750  | 377   | 11,3   | 9,1  | 8,75    | 8,85    |
| Бетон на гранитовом щебне (для сравнения)            | 2320  | 472   | 55,8   | 10,4   | 10,5    | 10,75   |

14. Температурный коэффициент линейного расширения легких бетонов [114]

| Заполнитель                | Расход цемента на 1 м <sup>3</sup> бетона, кг·м <sup>-3</sup> | Прочность $\sigma_{сж} \cdot 10^{-6}$ , Па | $\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ |
|----------------------------|---|--|------------------------------------|
| Керамзит из глины и сланца | 190—480   | 13,7—24,5                                  | 8,8—9,5                            |
| Шлаковая пемза (термозит)  | 190—480   | 13,7—24,5                                  | 9,5                                |
| Вулканический шлак         | 165—500   | 5,18—14,7                                  | 7,8                                |
| Перлит                     | 177—500   | до 6,65                                    | 9,5                                |
| Вермикулит                 | 170—500   | до 1,76                                    | 14,1                               |
| Диатомит                   | 110—500   | до 2,74                                    | 11,3                               |

Примечание. Измерения приведены на образцах размером 10 × 10 × 100 см, которые нагревали в печи в течение 10 сут. при температуре 323 К.

15. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6$ ,  $K^{-1}$  воздушно-сухих растворов на керамзитовом песке и на вспученном перлите [44]

| Раствор               | Температура, К |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                       | 293            | 283 | 273 | 263 | 253 | 243 | 233 | 223 | 213 | 203 |
| На керамзитовом песке | 8,8            | 7,6 | 7,0 | 6,7 | 6,6 | 6,5 | 6,4 | 6,3 | 6,2 | 6,1 |
| На вспученном перлите | 8,0            | 7,9 | 7,8 | 7,7 | 7,6 | 7,5 | 7,4 | 7,2 | 7,0 | 6,7 |

Примечание. Растворы имели следующее объемное соотношение: на керамзитовом песке 1 : 2,5 с В/Ц = 0,82; на перлитовом песке 1 : 3,3 с В/Ц = 1,35. Для раствора на вспученном перлите значения  $\alpha$  в направлении, параллельном и перпендикулярном высоте образца, совпадают.

16. Характеристика образцов пропаренного цементно-песчаного раствора [44]

| Номер образца | Состав                                      | Условия твердения   |
|---------------|---|---|
| 3А            | Цемент — кварцевый песок 1 : 2 с В/Ц = 0,33 | Пропар. по режиму 3+4+2 ч при 353 К без предварительной выдержки и без опалубки |
| 4А            |   | 1 сут. выдержки в воздухе, затем пропар. в форме по тому же режиму              |
| 1АВ           |   | В воде при 293 К  |

17. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6$ ,  $K^{-1}$ , пропаренного цементно-песчаного раствора [44]

| Номер образца | Температура, К |      |      |     |     |     |     |     | Формула для вычисления $\alpha$ |
|---------------|----------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------------------|
|               | 283            | 273  | 263  | 253 | 243 | 233 | 223 | 213 |                                 |
| 3А, 4А        | 9,5            | 9,1  | 8,7  | 8,3 | 7,9 | 7,5 | 7,1 | 6,7 | $\alpha = 9,1 + 0,04(T - 273)$  |
| 1АВ           | 12,2           | 11,3 | 10,4 | 9,5 | 8,6 | 7,7 | —   | —   | $\alpha = 11,3 + 0,09(T - 273)$ |

Примечание. Характеристика образцов дана в табл. 16.

18. Температурный коэффициент линейного расширения цементно-песчаных растворов, приготовленных на песках различного минералогического состава [44]

| Песок                           | Температура, К |      |      |      |     |     |     |     | Формула для вычисления $\alpha$ при $T = 293 - 243$ К |
|---------------------------------|----------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|---|
|                                 | 293            | 283  | 273  | 263  | 253 | 243 | 223 | 213 |   |
| Кварцевый                       | 14,5           | 13,3 | 12,1 | 10,9 | 9,7 | 8,6 | 9,1 | 9,1 | $\alpha = 12,1 + 0,12(T - 273)$                       |
| Карбонатный (из доломита С-1)   | 11,4           | 10,2 | 9,0  | 7,8  | 6,6 | 5,4 | 6,1 | 4,9 | $\alpha = 9 + 0,12(T - 273)$                          |
| Карбонатный (из известняка С-4) | 9,5            | 8,5  | 7,5  | 6,5  | 5,5 | 4,5 | 4,9 | 4,9 | $\alpha = 7,5 + 0,1(T - 273)$                         |

Примечание. Строительный раствор приготовлен на портландцементе марки 500, состав раствора 1 : 1,88 и В/Ц = 0,55.

19. Температурный коэффициент линейного расширения некоторых цементных и бетонных материалов при 293 К [44]

| Материал   | $\alpha \cdot 10^6$ , $K^{-1}$ |
|--|--------------------------------|
| Цементно-песчаный раствор (из портландцемента) при соотношении компонентов, массовые доли: |                                |
| 1 : 1  | 11—13,3                        |
| 1 : 2  | 10,1                           |
| 1 : 3  | 11,2                           |
| 1 : 6  | 9,2—10,4                       |
| Портландцементный камень   | 11,2—18,4                      |
| Затвердевший глиноземистый цемент  | 6,7                            |
| Бетон тяжелый  | 10—14                          |
| Бетон тяжелый:   |                                |
| на граните   | 9,5                            |
| на базальте  | 8,6                            |
| на известняке  | 6,8                            |
| Керамзитобетон при соотношении компонентов, объемные доли 1 : 1,5 : 1,5                    | 6,6                            |
| Перлитобетон при соотношении компонентов, объемные доли 1 : 1,5 : 1,5                      | 8,7                            |
| Керамзитовый раствор при соотношении компонентов, объемные доли 1 : 2,5                    | 8,1                            |
| Перлитовый раствор при соотношении компонентов, объемные доли 1 : 2,5                      | 9,0                            |
| Кирпичная кладка   | 4,0                            |

20. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6$ ,  $K^{-1}$  перлитобетона и газозолобетона в зависимости от влажности [55]

| Т, К | Перлитобетон |      |      | Газозолобетон |     |      |
|------|--------------|------|------|---------------|-----|------|
|      | Влажность, % |      |      |               |     |      |
|      | 0            | 5    | 30   | 0             | 6,5 | 16   |
| 243  | 6,5          | 7    | 10   | 5,2           | 6,2 | 8,2  |
| 253  | 7            | 8,2  | 14,3 | 5,6           | 6,9 | 10,1 |
| 263  | 7,5          | 9,4  | 18,7 | 6,6           | 7,5 | 12,1 |
| 273  | 8            | 10,6 | 23   | 6,5           | 8,2 | 14   |
| 283  | 8,8          | 7,2  | 6,8  | 6,7           | 7,0 | 5,6  |
| 293  | 9,6          | 7,5  | 7,5  | 6,9           | 7,4 | 6,2  |
| 303  | 10,4         | 7,8  | 8,2  | 7,2           | 7,7 | 6,8  |
| 313  | 11,2         | 8    | 8,8  | 7,4           | 8,0 | 7,4  |

Примечание. Эмпирические формулы для вычисления температурного коэффициента линейного расширения бетонов в интервале температур 243—273 К ( $\alpha_-$ ) и 273—313 К ( $\alpha_+$ ) в зависимости от влажности по объему  $\omega$  (%) и температуры К следующие: для газозолобетона  $\alpha_- = 8,04 + 0,366\omega + 0,004\omega^2 + (0,064 - 0,005\omega + 0,0002\omega^2)(T - 273)$ ;  $\alpha_+ = 8,04 - 0,189\omega + 0,005\omega^2 + (0,064 - 0,005\omega + 0,00007\omega^2)(T - 273)$ ; для пенозолобетона  $\alpha_- = 7,65 - 0,02\omega + 0,0055\omega^2 + (0,069 + 0,005\omega - 0,00008\omega^2)(T - 273)$ ;  $\alpha_+ = 7,65 - 0,058\omega + 0,0004\omega^2 + (0,069 - 0,0008\omega + 0,00015\omega^2)(T - 273)$ ; для перлитобетона  $\alpha_- = 8,27 - 0,154\omega + 0,0036\omega^2 + (0,017 - 0,0009\omega + 0,00088\omega^2)(T - 273)$ ;  $\alpha_+ = 8,27 - 0,074\omega + 0,0095\omega^2 + (0,017 + 0,0016\omega - 0,00025\omega^2) \times (T - 273)$ ; для доломитобетона  $\alpha_- = 6,36 - 0,002\omega + 0,028\omega^2 + (0,014 + 0,009\omega + 0,00002\omega^2)(T - 273)$ ;  $\alpha_+ = 6,36 + 0,72\omega - 0,034\omega^2 + (0,014 - 0,04\omega + 0,002\omega^2)(T - 273)$ . Плотность и пористость: газозолобетона — 980  $кг \cdot м^{-3}$  и 59,3 %; пенозолобетона — 990  $кг \cdot м^{-3}$  и 58,9 %; перлитобетона — 2030  $кг \cdot м^{-3}$  и 26,1 %; доломитобетона — 2050  $кг \cdot м^{-3}$  и 20,8 %.



21. Средний температурный коэффициент линейного расширения  $\bar{\alpha} \cdot 10^6$ ,  $K^{-1}$ , битумино-минеральных композиций и их компонентов [125]

| T, K | I     | II   | III  | T, K | I     | II   | III  |
|------|-------|------|------|------|-------|------|------|
| 208  | 0,475 | 16,5 | 22,9 | 253  | 0,475 | 22,7 | 28,7 |
| 213  | 0,475 | 17,1 | 22,1 | 263  | 0,475 | 22,7 | 28,7 |
| 223  | 0,475 | 18,6 | 25,1 | 273  | 0,475 | 22,5 | 29,0 |
| 233  | 0,475 | 20,0 | 26,6 | 283  | 0,475 | 22,0 | 29,0 |
| 240  | 0,475 | 20,9 | 27,2 | 293  | 0,50  | 20,7 | —    |
| 243  | 0,475 | 21,6 | 27,6 | 300  | 0,475 | 22,0 | 25,0 |

Примечание. I — известняк, минеральный наполнитель с гранулометрией типа «Г» по ГОСТ 9128—76; II — битумное связующее марки БНД 90/130 (температура стеклования 240 К); III — битумино-минеральная композиция — высококонцентрированная дисперсная система, приготовленная на минеральном наполнителе (I) с оптимальным объемным содержанием битумного связующего (II) 014.

Метод измерения  $\bar{\alpha}$  — dilatометрический, с помощью объемного dilatометра. Величина  $\bar{\alpha}$  относится к интервалу температур  $T = 293$  К. Средняя квадратическая погрешность измерения  $\pm 3$  %.

При  $T = 293$  К в табл. 21 приведены значения  $\alpha \cdot 10^6$ ,  $K^{-1}$ .

22. Теплопроводность  $\lambda$ , Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, лигнобитумных материалов [126]

| Материал                     | I     | II    | III  | IV   | V    |
|------------------------------|-------|-------|------|------|------|
| Глинобитумная паста          | 0,09  | —     | —    | —    | —    |
| Полимербитумная паста        | 0,09  | —     | —    | —    | —    |
| Битумоперлит (ГОСТ 16136-80) | 0,122 | —     | —    | —    | —    |
| Лигнобитумная теплоизоляция  | 0,09  | 0,085 | 0,09 | 0,09 | 0,09 |

Примечание. Глинобитумная паста — связующий материал; состав: высокопластичная глина 26 %, нефтяной битум БН-III 74 %; получен перемешиванием составляющих при 413—433 К в течение 5—7 мин. Полимербитумная паста — латексная эмульсионная СКС-65ГП (5 % битума), добавленная в расплавленный битум. Лигнобитумная теплоизоляция (для совмещенных покрытий промышленных и сельскохозяйственных зданий) — теплоизоляционный материал на основе гидролизного лигнина и глинобитумной пасты в качестве связующего. Битумоперлит — теплоизоляционный материал.

I — материал в исходном состоянии; II, III, IV, V — после выдерживания на воздухе (без специальной защиты) в средних широтах в течение 6 мес., 1, 2 и 3 лет соответственно.

Измерения проведены при 293 К. Средняя квадратическая погрешность  $\pm 10$  % с доверительной вероятностью не ниже 0,9.

23. Температурный коэффициент линейного расширения битума марки БНД 90/130 [124]

| T, K | $\alpha \cdot 10^4$ , $K^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^4$ , $K^{-1}$ | T, K | $\alpha \cdot 10^4$ , $K^{-1}$ |
|------|--------------------------------|------|--------------------------------|------|--------------------------------|
| 200  | 3,0                            | 220  | 3,1                            | 240  | 3,1                            |
| 210  | 3,0                            | 230  | 3,1                            |      |                                |

Примечание. Битум марки БНД 90/130 подвергнут старению в естественных условиях в течение 8 мес. Образцы в виде пленок толщиной около 0,1 мм.

Метод измерения — объемным dilatометром. Шаг измерения 5 К с выдерживанием при каждой фиксированной температуре в течение 15 мин. Погрешность измерения  $\pm 7$  %.

## 18. ЛУННЫЕ ГРУНТЫ

1. Удельная объемная теплоемкость, температуропроводность и теплопроводность грунта различных мест лунной поверхности при 293 К [67, 170]

| Материал | Плотность, кг·м <sup>-3</sup> | $c_p \gamma \cdot 10^{-6}$ , Дж·м <sup>-3</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^8$ , м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $\lambda \cdot 10^3$ , Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|----------|-------------------------------|--|--|--|
| I        | 1380                          | 1,07   | 0,27   | 2,78   |
| II       | 2250                          | 1,66   | 0,12   | 2,0  |
| III      | 1265                          | 1,06   | 0,22—0,27  | 2,0—2,5  |

Примечание. Все материалы в разрыхленном состоянии.

I — грунт из поверхностного слоя Луны, доставленный автоматической станцией «Луна-16» из района Моря Изобилия, включающий частицы первичных магматических пород (базальты) и частицы пород, заметно преобразованных под воздействием космических факторов в районе Луны; II — грунт из поверхностного слоя Луны, доставленный автоматической станцией «Луна-20» из района кратера Аполлоний с материковой области Луны, включающий породы анортитового (стратиморфного) типа, сложенные плагиоклазами основного состава; III — грунт из поверхностного слоя Луны, доставленный экипажем космического корабля «Аполлон-11» из района Моря Спокойствия, включающий базальты низкорудидиевого типа, реголит и анортит.

Химический состав грунтов, %:

| Материал | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO  | CaO   | Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O |
|----------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------------|------|-------|--------------------------------------|
| I        | 41,7             | 3,39             | 15,33                          | 16,64                                | 8,78 | 12,49 | 0,44                                 |
| II       | 44,4             | 0,56             | 22,9                           | 7,03                                 | 9,70 | ~14,5 | 0,65                                 |
| III      | 43,0             | 7,0              | 13,0                           | 16,0                                 | 8,0  | 12,0  | 0,66                                 |

Методы измерения для материалов I и II:  $c_p \gamma$  — изотермическим калориметром (погрешность измерения  $\pm 5$  %);  $a$  — мгновенным источником тепла (погрешность измерения  $\pm 4$  %);  $\lambda$  — расчетом по формуле  $\lambda = c_p \gamma a$ , где  $\gamma$  — плотность; погрешность измерения  $\pm 10$  %. Давление  $1,33 \cdot 10^{-4}$  Па.

Методы измерения для материала III — оптическими и радиометодами с погрешностью  $\pm 10$  %.

2. Теплопроводность лунного грунта из Моря Изобилия в атмосфере гелия при 293—300 К и переменном давлении [170]

| Давление, Па | $\lambda \cdot 10^8$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | Давление, Па         | $\lambda \cdot 10^8$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|--------------|---|----------------------|---|
| 53,2         | 4,19  | $1,33 \cdot 10^{-1}$ | 2,09  |
| 13,3         | 3,35  | $1,33 \cdot 10^{-2}$ | 2,07  |
| 1,33         | 2,51  | $1,33 \cdot 10^{-3}$ | 2,09  |

Примечание. Материал — грунт из поверхностного слоя Луны, доставленный автоматической станцией «Луна-16» из района Моря Изобилия. Структура — реголит рыхлый дисперсный, включающий первичные магматические породы (базальты) и породы, заметно преобразованные под воздействием космических факторов в районе Луны.

Химический состав, %: SiO<sub>2</sub> 41,7; TiO<sub>2</sub> 3,39; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 15,33; FeO + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 16,64; MgO 8,78; CaO 12,49; Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O 0,44.

Средний размер частиц  $1,6 \cdot 10^{-8}$  м. Плотность 2250 кг·м<sup>-3</sup>. Измерение в атмосфере гелия, находящегося под различным давлением (давление на грунт в пределах 150—8000 Па), методом стационарного теплового потока. Погрешность измерения  $\pm 25$  %.

3. Удельная теплоемкость, теплопроводность и теплопроводность лунного грунта из Моря Изобилия и его аналогов при низком давлении [67, 134]

| Материал                   | T, К | Плотность,<br>кг·м <sup>-3</sup> | $c_p$ , Дж ×<br>× кг <sup>-1</sup> ×<br>× К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^8$ ,<br>м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $\lambda \cdot 10^8$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ×<br>× К <sup>-1</sup> |
|----------------------------|------|----------------------------------|---|---|---|
| Лунный грунт               | 300  | 1380                             | 740   | 0,27  | 2,76  |
| Мелкораздробленный анортит | 300  | 1100                             | —   | 0,41  | 3,36  |
| Андезит-базальтовый песок  | 300  | 1140                             | 735   | 0,51  | 4,27  |
| Мелкораздробленный базальт | 300  | 1220                             | 790   | 0,725   | 6,98  |

Примечание. Все материалы в разрыхленном состоянии. Лунный грунт из поверхностного слоя Луны, доставленный автоматической станцией «Луна-16» из района Моря Изобилия, включающий частицы первичных магматических пород (базальты) и частицы пород, заметно преобразованных под воздействием космических факторов в районе Луны. Мелкораздробленный анортит — Новомиргородского района (УССР); андезит-базальтовый песок рыхлых отложений сопки Ключевской (Камчатка); мелкораздробленный базальт — Берестовецкого месторождения (УССР).

Химический состав материалов, %:

| Материал                  | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO +<br>+ Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO  | CaO   | Na <sub>2</sub> O +<br>+ K <sub>2</sub> O |
|---------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|---|------|-------|---|
| Лунный грунт              | 41,7             | 3,39             | 15,33                          | 16,64                                     | 8,78 | 12,49 | 0,44                                      |
| Анортит                   | 41,7             | —                | 33,6                           | 2,2                                       | 3,6  | 18,1  | <1  |
| Андезит-базальтовый песок | 55,6             | —                | 17,7                           | 9,9                                       | 4,1  | 7,3   | 4,3                                       |
| Базальт                   | 45,7             | —                | 23,9                           | 13,6                                      | 4,3  | 7,1   | 5,3                                       |

Методы измерения:  $c_p$  — периодическим вводом тепла при давлении  $1,33 \times 10^{-4}$  Па;  $a$  — мгновенным источником тепла при давлении  $1,33 \cdot 10^{-4}$  Па;  $\lambda$  — расчетом по формуле  $\lambda = \rho c_p a$ , где  $\rho$  — плотность. Погрешность измерения:  $\pm 5$  % для  $c_p$ ;  $\pm 4$  % для  $a$ ;  $\pm 10$  % для  $\lambda$ .

4. Теплопроводность и температуропроводность грунта различных регионов Луны [61]

| Грунт | Плотность,<br>кг·м <sup>-3</sup> | T, К       | $\lambda \cdot 10^{-3}$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $a \cdot 10^8$ ,<br>м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | Экспедиция,<br>доставившая<br>грунт |
|-------|----------------------------------|------------|--|---|-------------------------------------|
| I     | 1300                             | 216<br>293 | 1,242<br>1,723   | —   | «Аполлон-12»                        |
| II    | 1500                             | 216<br>293 | 0,970<br>1,354   | 0,104<br>0,119                                      | «Аполлон-14»                        |
| III   | 1800                             | 216<br>293 | 1,627<br>1,925   | 0,145<br>0,141                                      |                                     |
| IV    | 1100                             | 216<br>293 | 0,583<br>0,795   | 0,082<br>0,095                                      | «Аполлон-15»                        |
| V     | 1300                             | 216<br>293 | 0,744<br>0,924   | 0,088<br>0,094                                      |                                     |
| VI    | 1500                             | 216<br>293 | 0,709<br>0,966   | 0,073<br>0,085                                      |                                     |
| VII   | 1500                             | 216<br>293 | 0,595<br>0,762   | 0,065<br>0,066                                      | «Аполлон-16»                        |

Примечание. Материал — материковый грунт и грунт морей различных регионов Луны, доставленный экспедицией «Аполлон». I — проба, отобранная в районе Океана Бурь; средний размер частиц 118 мкм; II, III — пробы, отобранные в районе хребта Фра Мауро; в грунте преобладают щелочные высокоглиноземистые базальты; средний размер частиц 138 мкм; IV, V, VI — пробы, отобранные в районе Рилля — Хэдди (море-материк); средний размер частиц 61 мкм; VII — проба, отобранная в районе Гор Декарт (центральный материковый район Луны); средний размер частиц 153 мкм.

Химический состав грунтов (средние данные), %:

| Состав                         | I     | II, III | IV, V, VI | VII   |
|--------------------------------|-------|---------|-----------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 46,30 | 48,10   | 46,50     | 45,20 |
| TiO <sub>2</sub>               | 2,70  | 1,72    | 1,64      | 0,52  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 13,19 | 17,50   | 13,60     | 27,51 |
| MgO                            | 9,71  | 9,36    | 11,06     | 5,56  |
| CaO                            | 10,51 | 10,82   | 10,39     | 15,81 |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,55  | 0,69    | 0,42      | 0,44  |
| FeO                            | 15,90 | 10,37   | 15,21     | 4,89  |
| MnO                            | 0,22  | 0,14    | 0,20      | 0,06  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,37  | 0,51    | 0,19      | 0,11  |
| C <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 0,36  | 0,22    | 0,42      | 0,07  |

Погрешность измерения  $\lambda \pm 5$  %.  
Значения  $a$  вычисляли по определенным экспериментально величинам  $\lambda$ ,  $c_p$  и плотности с погрешностью  $\pm 10$  %.

5. Температуропроводность, теплопроводность и удельная теплоемкость аналога лунного грунта — порошкового базальта [187]

| T, К | $\alpha \cdot 10^9$ ,<br>м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $\lambda \cdot 10^9$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | T, К | $\alpha \cdot 10^9$ ,<br>м <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | $\lambda \cdot 10^9$ ,<br>Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> | $c_p \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> |
|------|--|---|---|------|--|---|---|
| 120  | 6,20   | 3,75  | 0,31  | 210  | 3,80   | 3,80  | 0,51  |
| 130  | 5,80   | 3,72  | 0,33  | 220  | 3,70   | 3,90  | 0,53  |
| 140  | 5,45   | 3,71  | 0,37  | 230  | 3,65   | 3,95  | 0,55  |
| 150  | 5,20   | 3,71  | 0,39  | 240  | 3,60   | 4,05  | 0,57  |
| 160  | 4,75   | 3,71  | 0,41  | 250  | 3,55   | 4,15  | 0,59  |
| 170  | 4,50   | 3,71  | 0,43  | 260  | 3,50   | 4,20  | 0,61  |
| 180  | 4,25   | 3,73  | 0,45  | 270  | 3,49   | 4,30  | 0,63  |
| 190  | 4,10   | 3,74  | 0,47  | 280  | 3,48   | 4,45  | 0,65  |
| 200  | 3,90   | 3,76  | 0,49  | 290  | 3,49   | 4,55  | 0,67  |
|      |  |   |   | 300  | 3,50   | 4,75  | 0,69  |

Примечание. Материал — земной базальт, использованный в качестве аналога лунного грунта; плотность 1950 кг·м<sup>-3</sup>; основная доля частиц имеет размеры 53—256 мкм.

Метод измерения:  $\lambda$  — дифференциальным линейным источником теплоты; величины  $\alpha$  и  $c_p$  рассчитывались с помощью измеренных значений  $\lambda$ . Погрешность измерения температуропроводности  $\pm 20\%$ .

В интервале температур 120—300 К изменение  $\alpha$ ,  $\lambda$  и  $c_p$  описывается зависимостями:  $\alpha = 1,61 \cdot 10^{-4} - 1,24 \cdot 10^{-6} T + 3,99 \cdot 10^{-9} T^2 - 4,19 \cdot 10^{-12} T^3$ ,  $\lambda = 4,39 \cdot 10^{-6} - 6,58 \cdot 10^{-8} T + 8,63 \cdot 10^{-13} T^3$ ,  $c_p = -5,90 \cdot 10^{-3} T^{1/2} + 3,88 \cdot 10^{-3} T - 7,17 \cdot 10^{-5} T^{3/2}$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агранович Я. С., Малышев В. М. Установка для измерения ТКЛР твердых тел интерференционным способом. — Измерительная техника, 1974, № 7, с. 34—35.
2. Алапина А. В., Душечкин Ю. А., Сухаревский Б. Я. Прецизионная калориметрическая установка с рабочим интервалом 1,5—350 К. — В кн.: Теплофизические свойства веществ и материалов, М.: Издательство стандартов, 1976, вып. 9, с. 113—125.
3. Алиев М. И., Велиев М. И., Керимов И. Г. О теплопроводности висмута и селена. — Изв. АН Азерб. ССР, сер. физ.-техн. и матем. н., 1961, № 1, с. 79—84.
4. Алиев М. И., Дадашев И. Ш., Сафаралиев Г. И. Исследование теплопроводных сплавов Ga<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>Sb. — Изв. АН Аз. ССР, сер. физ.-техн. и матем. н., 1975, № 1, с. 10—15.
5. Алиев Н. Г., Керимов И. Г., Курбанов М. М. Температурная зависимость разности теплоемкостей  $c_p - c_v$  и параметра Грюнайзена халькогенидов индия. — В кн.: Термодинамические свойства металлических сплавов. Баку: Элм, 1975, с. 315—320.
6. Алиев С. А., Никулин Е. И. Теплопроводность и термо-э.д.с. Ag<sub>2</sub>Te при низких температурах. — Изв. АН СССР. Неорганические материалы, 1977, т. 13, № 4, с. 744—745.
7. Александров В. В., Борзяк А. Н., Новиков И. И. Удельная теплоемкость меди в интервале температур от 2,3 до 300 К. — В кн.: Физико-механические и теплофизические свойства металлов. М.: Наука, 1976, с. 22—31.
8. Амирханов Х. И., Магомедов Я. Б., Исмаилов Ш. М. Теплопроводность твердых растворов системы As<sub>2</sub>(Se<sub>1-x</sub>Te<sub>x</sub>)<sub>3</sub> и их расплавов. — Физика твердого тела, 1977, т. 19, вып. 10, с. 3144—3148.
9. Амирханов Х. И., Магомедов Я. Б., Эмиров С. Н. Влияние всестороннего давления на теплопроводность теллура. — Физика твердого тела, 1973, т. 15, вып. 5, с. 1512—1515.
10. Амитин Е. Б., Лебедева Э. П., Пауков И. Е. Теплоемкость в интервале 5—300 К, энергия образования и концентрация равновесных вакансий ртуты. — Журнал физической химии, 1979, т. LIII, вып. 10, с. 2666—2670.
11. Ангерер Э. Техника физического эксперимента. М.: Физматгиз, 1962. 452 с.
12. Андерс Э. Е., Волчок И. В., Сухаревский Б. Я. Исследование особенностей температурной зависимости теплопроводности слоистых кристаллов PbI<sub>2</sub> и In<sub>4</sub>Se<sub>3</sub> при низких температурах. — Физика низких температур, 1978, т. 4, № 9, с. 1202—1209.
13. Андерс Э. Е., Сухаревский Б. Я., Шестаченко Л. С. Исследование механизма теплопереноса сверхпроводящих сплавов при низких температурах. — В кн.: Теплофизические свойства твердых веществ. М.: Наука, 1976, с. 35—39.
14. Андерсон П., Бэкстрем Г. Измерение теплопроводности твердых веществ при высоких давлениях нестационарным методом нагретой проволоки. — Приборы для научных исследований, 1976, № 2, с. 32—37.
15. Аномалия теплоемкости Sm<sub>2</sub>S<sub>4</sub>/В. В. Тихонов, И. А. Смирнов, Л. К. Панина, М. А. Демина. — Физика твердого тела, 1977, т. 19, вып. 1, с. 303—304.
16. Ардамацкий А. Л. Алмазная обработка оптических деталей. Л.: Машиностроение, 1978. 232 с.

17. Армстронг Г., Гринберг А. С., Сайтс Ж. Р. Теплопроводность и оптические свойства эпоксида Stycast 1266 при очень низких температурах. — Приборы для научных исследований, 1978, № 3, с. 64—66.
18. Балага Ж. Д., Гарленд К. В. Калориметрия на переменном токе при высоких давлениях. — Приборы для научных исследований, 1977, № 2, с. 3—9.
19. Баранский П. И., Ключков В. П., Потыкевич. Полупроводниковая электроника/Справочник. Киев: Наукова думка, 1975. 704 с.
20. Батюго И. И. Теплопроводность конденсированных дисперсных систем на полимерной основе. — В кн.: Тепло- и массообмен при низких температурах. Минск: Наука и техника, 1970, с. 43—56.
21. Бахчиева С. Р., Кекуа М. Г., Петров А. В. Теплопроводность и подвижность носителей тока кремния, легированного оловом. — Физика твердого тела, 1979, т. 21, вып. 5, с. 1554—1556.
22. Белов А. К. Коэффициент линейного расширения конструкционных материалов при низких температурах. — Металловедение и термическая обработка металлов, 1968, № 4, с. 20—22.
23. Белякова П. Е. Истинная теплоемкость титановых сплавов ТС5, ВТЗ-1. — Металлы, 1977, № 3, с. 66—70.
24. Березовский Г. А., Горш Л. Э., Пауков И. Е. Теплоемкость и термодинамические функции дисульфида кремния. — Журнал физической химии, 1979, т. LIII, вып. 11, с. 2966—2967.
25. Бодакин Н. Е., Баум Б. А., Костина Т. К. Влияние температурного режима выплавки на коэффициент термического расширения сплава З6Н. — Металловедение и термическая обработка металлов, 1979, № 4, с. 62—63.
26. Бойков Ю. А., Гольцман Б. М., Кутасов В. А. Теплопроводность пленок РbTe. — Физика твердого тела, 1978, т. 20, вып. 5, с. 1548—1551.
27. Бойков Ю. А., Гольцман Б. М., Кутасов В. А. Теплопроводность пленок  $\text{Bi}_2(\text{Te}, \text{Se})_3$ . — Физика твердого тела, 1978, т. 20, вып. 10, с. 3002—3005.
28. Бойков Ю. А., Гольцман Б. М., Кутасов В. А. Влияние структуры на теплопроводность пленок  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  и  $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ . — Физика твердого тела, 1978, т. 20, вып. 5, с. 1316—1319.
29. Бойков Ю. А., Гольцман Б. М., Синенко С. Ф. Методика определения теплопроводности тонких пленок. — Приборы и техника эксперимента, 1975, № 2, с. 230—232.
30. Вакуумные системы и их элементы: Справочник — атлас/Е. С. Фролов, Ф. А. Русак, Е. Е. Соколова и др. — М.: Машиностроение, 1968, 192 с.
31. Васильев Л. Л., Танаева С. А. Исследование эффективной теплопроводности многокомпонентных пористых материалов. — В кн.: Теплофизические свойства веществ при низких температурах. /Материалы I Всесоюзного совещания. М.: Изд. ВНИИФТРИ, 1972, с. 89—92.
32. Васильев Л. Л., Танаева С. А. Теплофизические свойства пористых материалов. Минск: Наука и техника, 1971. 266 с.
33. Васильев Л. Л., Фрайман Ю. Е. Теплофизические свойства плохих проводников тепла. Минск: Наука и техника, 1967. 364 с.
34. Велиев М. И. Электрические и тепловые свойства монокристаллов халькогенида меди. — В кн.: Термодинамические свойства металлических сплавов. Баку: ЭЛМ, 1975, с. 399—403.
35. Вигдорович В. Н., Гаранин В. П., Ухлинов Г. А. К методике измерения теплопроводности тонких пленок. — Заводская лаборатория, 1979, № 5, с. 435—437.
36. Влияние больших доз  $\gamma$ -квантов на тепловые свойства кристаллов ТГС/С. А. Тараскин, Б. А. Струков, В. А. Федорихин и др. — Физика твердого тела, 1977, т. 19, вып. 10, с. 2936—2940.
37. Влияние дисперсности порошка на теплопроводность поликристаллических сплавов  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.85}\text{Se}_{0.12}$  и  $\text{Sb}_{1.45}\text{Bi}_{0.2}\text{Te}_3$ , деформированных экструзией/В. Л. Абламский, М. А. Платонов, С. С. Горелик, Р. Х. Лексина. — Физика и химия обработки материалов, 1979, № 5, с. 142—145.

38. Волга В. И., Фролов В. И., Усов В. К. Теплопроводность углеродного волокна. — Изв. АН СССР. Неорганические материалы, 1973, т. 9, № 4, с. 712—713.
39. Гешко Е. И., Михальченко В. П., Шарлай Б. М. Анизотропия термического расширения CdSb. — Физика твердого тела, 1971, т. 13, с. 2504—2505.
40. Гешко Е. И., Михальченко В. П., Шарлай Б. М. О температурной зависимости компонент тензора термического расширения галлия. — Физика твердого тела, 1972, т. 14, с. 1803—1804.
41. Глазов В. М., Кольцов В. Б. Оценка некоторых физико-химических свойств франция. — Металлы, 1979, № 5, с. 68—75.
42. Голик В. Р., Петренко В. С., Попов В. П. Коэффициенты теплового расширения сплавов Nb—Zr—Ti и Nb—Ti, органического стекла и текстолита в интервале температур 5—300 К. — В кн.: Теплофизические свойства веществ при низких температурах. /Материалы I Всесоюзного совещания. М.: ВНИИФТРИ, 1972, с. 171—174.
43. Голованов Л. Б. Теплофизические свойства некоторых многослойных изоляций при криогенных температурах. Препринт ОИЯИ, Дубна, 1967, 20 с.
44. Горчаков Г. И., Лифанов И. И., Терехин Л. Н. Коэффициенты температурного расширения и температурные деформации строительных материалов. М.: Изд-во Комитета стандартов, 1968. 167 с.
45. Гостищев В. И., Дрозд А. А. Теплопроводность алюминия в сильных поперечных магнитных полях. — Физика металлов и металловедение, 1975, т. 39, вып. 6, с. 1305—1307.
46. Гудков С. И. Механические свойства промышленных цветных металлов при низких температурах. М.: Металлургия, 1971. 304 с.
47. Гусаков В. П., Земсков В. С. Теплопроводность монокристаллов висмута и твердых растворов висмут — сурьма, легированных оловом. — В кн.: Физико-механические и теплофизические свойства металлов. М.: Наука, 1976, с. 46—50.
48. Девяткова Е. Д., Тихонов В. В. Рассеяние фононов и электронов в твердых растворах. — Физика твердого тела, 1965, т. 7, с. 1770—1776.
49. Действие излучений на неорганические стекла/Г. В. Бюргановская, В. В. Варгин, Н. А. Леко, Н. Ф. Орлов. М.: Атомиздат, 1968, 244 с.
50. Демиденко А. Ф., Кощенко В. И., Сабанова Л. Д. Температурная зависимость термодинамических свойств нитрида галлия в интервале 5—300 К. — Изв. АН СССР. Неорганические материалы, 1979, том 15, № 9, с. 1686—1687.
51. Дерябин А. В., Пислярь И. Г., Чирков Ю. А. Микротвердость и теплоемкость сплавов железо — никель — хром. — Физика металлов и металловедение, 1979, т. 48, вып. 2, с. 441—443.
52. Джавадов Л. Н., Кротов Ю. И. Влияние давления на теплоемкость и теплопроводность NaCl, KCl и RbCl. — Физика твердого тела, 1978, т. 20, вып. 3, с. 654—657.
53. Джалилов Н. З., Гусейнов А. Ф., Абдинов Д. Ш. Исследование электропроводности, теплопроводности, термо-э. д. с. соединений  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$  и  $\text{CuCr}_2\text{Se}_4$ . — Изв. АН Аз. ССР, сер. физ.-тех. и матем. н., 1976, № 4, с. 98—101.
54. Дилатометр на механотроне 6МХИС/С. М. Бардин, Р. П. Кренцис, А. В. Михельсон, П. В. Гельд. — Приборы и техника эксперимента, 1979, № 5, с. 222—224.
55. Долговечность ограждающих и строительных конструкций/Под ред. О. Е. Власова. М.: Госстройиздат, 1963, с. 234.
56. Жданова В. В., Оскоцкий В. С., Сергеев В. П. Термическое расширение моносульфата самария. — Физика твердого тела, 1978, т. 20, вып. 1, с. 282—284.
57. Злобина В. А., Кербер М. Л., Гелимьянов Ф. Г. Влияние технологических факторов на свойства полиэтилена, наполненного стекловолокном. — Пластические массы, 1979, № 6, с. 33—35.

58. Иванов Н. Р. Тепловое расширение и спонтанная деформация сегнетоэлектриков  $\text{KH}_3(\text{SeO}_3)_2$ ,  $\text{KD}_3(\text{SeO}_3)_2$ ,  $\text{K}(\text{H}_{0,2}\text{D}_{0,8})_3(\text{SeO}_3)_2$ . — Изв. АН СССР, сер. физическая, 1979, т. 43, № 8, с. 1706—1712.
59. Измерение теплопроводности  $\text{Cd}_{0,24}\text{Hg}_{0,72}\text{Te}$  при гидростатическом давлении/Х. И. Амирханов, Я. Б. Магомедов, С. Н. Эмиров, Р. М. Гаджиева. — Физика твердого тела, 1975, т. 17, вып. 10, с. 2938—2940.
60. Искорнев И. М., Флеров И. Н. Тепловое расширение сегнетоэлектрических кристаллов гидросульфата аммония. — Физика твердого тела, 1978, т. 20, вып. 9, с. 2649—2653.
61. Исследование тепловых свойств лунного грунта «Луны-20»/Е. А. Духовской, В. В. Маркачев, А. А. Силин и др. — В кн.: Грунт из материкового района Луны. М., Наука, 1979, с. 633—639.
62. Исследование тепло- и электрофизических свойств штамповых сталей повышенной теплоустойчивости/И. И. Новиков, В. Г. Гончаров, В. В. Ращупкин и др. — Металлы, 1978, № 1, с. 182—185.
63. Исследование теплоемкости и теплопроводности алюмонатриевого граната, активированного неодимом/А. Ф. Бегункова, А. П. Дьячков, В. А. Письменный и др. — Оптико-механическая промышленность, 1979, № 1, с. 55—56.
64. Исследование теплофизических свойств стали ШХ15 в процессе нагрева/В. С. Хомутин, Н. Н. Серебренников, Б. П. Юрьев и др. — Металлы, 1978, № 4, с. 191—193.
65. Исследование термодинамических свойств монофосфидов кремния и германия/Я. А. Угай, А. Ф. Демиденко, В. И. Кошенко и др. — Изв. АН СССР. Неорганические материалы, 1979, т. 15, № 5, с. 739—743.
66. Исследование термодинамических свойств  $\text{CdSb}$  и  $\text{ZnSb}$ /Г. Н. Даниленко, В. Я. Шевченко, С. Ф. Маренкин, М. Х. Каралетьянд. — Изв. АН СССР. Неорганические материалы, 1978, т. 14, № 4, с. 627—630.
67. Исследование физических свойств грунта «Луны-20» и его земных аналогов/В. В. Ржевский, В. В. Шварев, А. А. Силин и др. — Космические исследования, 1976, т. XIV, вып. 2, с. 287—292.
68. Ицкевич Е. С., Крайденев В. Ф., Сызранов В. С. Измерение низкотемпературной теплоемкости металлов под давлением. — Приборы и техника эксперимента, 1977, № 3, с. 221—225.
69. Каганер М. Г. Тепловая изоляция в технике низких температур. М.: Машиностроение, 1966. 276 с.
70. Каганер М. Г. Теплообмен в низкотемпературных конструкциях. М.: Энергия, 1979. 256 с.
71. Калишевич Г. И., Гальперина Т. Н., Гельд П. В. Теплоемкость и тепловое расширение  $\text{CoSb}$ . — Изв. АН СССР. Неорганические материалы, 1976, т. 12, № 6, с. 1119—1120.
72. Калориметрическое изучение винилбензилдиметилсилана/Н. К. Лебедев, В. С. Хотимский, С. Г. Дургарьян. — Высокомолек. соед., 1979, т. 21, № 5, с. 1031—1036.
73. Карачевцев В. Г., Козлов Н. А. Изучение термодинамических свойств целлюлозы при низких температурах. — Высокомолек. соед., 1974, т. 16, № 8, с. 1892—1897.
74. Каримов С. К. Линейное расширение, теплоемкость и термодинамические свойства  $\text{CdTi}_2\text{Te}_4$ . — Теплофизика высоких температур, 1979, т. 17, № 4, с. 735—739.
75. К вопросу об определении теплофизических характеристик грунтов/Б. Б. Бакенов, Н. М. Гецова, В. Н. Иванов, В. С. Ласточкин. — Изв. вузов. Строительство и архитектура, 1972, № 3, с. 143—147.
76. Кириллов С. А., Беленькая Е. Н. Статистический расчет теплоемкости кристаллического нитрата натрия. — Украинский химический журнал, 1979, т. 45, № 8, с. 751—754.

77. Киселёв Б. А., Паншин Б. И., Аблекова З. П. Коэффициенты термического расширения полимерных связующих. — Пластические массы, 1967, № 12, с. 21—23.
78. Киселев Б. А., Степина И. А., Аблекова З. П. Усадка и термическое расширение кремнийорганических полимеров. — Пластические массы, 1970, № 3, с. 18—22.
79. Костецкий А. М. Исследование температурных изменений линейного расширения кристаллов сегнетовой соли и триглицинсульфата. — В кн.: Тезисы докладов научной конференции молодых ученых по проблеме «Физика твердого тела». Львов. Львовский Государственный университет им. Ив. Франко, 1975, с. 93—94.
80. Костецкий О. М., Романюк М. О. Коэффициенты термического расширения сегнетоэлектрики в группе триглицинсульфату. — В кн.: Материалы для электронной техники, серия физична. Львів: Львовский Государственный университет им. Ив. Франко, 1977, вып. 12, с. 5—9.
81. Крыловский В. С., Овчаренко В. И., Хоткевич В. И. Теплоемкость фторопласта-40 и клея БФ-2 при температурах 10—300 К. — ИФЖ, 1972, т. 22, № 4, с. 656.
82. Кудрявцев А. А. Коэффициенты линейного расширения легких бетонов. — В кн.: Технология и заводское изготовление бетонов, М.: Госстройиздат, 1963, вып. 32, с. 171—177.
83. Кудрячева Г. М., Кожевников И. Г. Исследование теплофизических свойств пенопластов. — Пластические массы, 1974, № 5, с. 39—41.
84. Кучнев В. И., Толкачев А. М., Манжелый В. Г. Тепловое расширение монокристаллов  $\text{SbTe}_4$ . — Физика твердого тела, 1975, т. 17, вып. 2, с. 615—617.
85. Ладыгина И. Р., Горбаткина Ю. А., Епифанова С. С. Исследование теплового расширения некоторых терморезистивных полимеров. — Высокомолек. соед., 1970, т. 12А, № 6, с. 1349—1354.
86. Лебедев Б. В., Рабинович И. Б., Мартыненко Л. Я. Теплоемкость и термодинамические функции акрилонитрила и полиакрилонитрила. — Высокомолек. соед., 1967, т. 9А, № 8, с. 1640—1645.
87. Лебедев Б. В., Рабинович И. Б., Бударина В. А. Теплоемкость винилхлорида, поливинилхлорида и поливинилиденхлорида в области 60—300 К. — Высокомолек. соед., 1967, т. 9А, № 3, с. 488—493.
88. Лебедев Б. В., Рабинович И. Б. Различие энтропии и энтальпии стеклообразного и кристаллического полипентенамера при температуре ОК. — Высокомолек. соед., 1976, т. 18, № 6, с. 416—418.
89. Легг К., Робинсон М. К., Шапиро М. М. Емкостной метод измерения теплового расширения диэлектриков. — Приборы для научных исследований, 1979, № 7, с. 33—36.
90. Лугуев С. М., Смирнов И. А. Высокотемпературная теплопроводность  $\text{La}_3\text{Te}_4$ . — Физика твердого тела, 1977, т. 19, вып. 4, с. 1209—1210.
91. Лукина Э. Ю., Рогозин В. В. Исследование теплового расширения углеродных материалов в интервале температур 77—293 К. — В кн.: Конструкционные материалы на основе графита. М.: Металлургия, 1972, с. 58—62.
92. Лугков А. И., Волга В. И., Дымов Б. К. Теплопроводность, удельное электрическое сопротивление и теплоемкость плотных графитов. — Химия твердого топлива, 1970, № 1, с. 132—143.
93. Магнитные, упругие и тепловые свойства  $\text{Fe}_3\text{Se}_4$ /Л. Г. Керимов, Н. Г. Алиев, Д. А. Гусейнов и др. — Физика твердого тела, 1976, т. 18, вып. 11, с. 3328—3330.
94. Макконнел Р. Д., Критчлау П. Р. Установка для определения потерь в сверхпроводниках на переменном токе в области выше 4,2 К по методу измерения теплопроводности. — Приборы для научных исследований, 1975, № 5, с. 3—9.

95. Мамедова К. М., Алиев А. Н., Джангиров А. Ю. Теплопроводность, электропроводность и термо-э. д. с. твердых растворов  $(ZnSb)_{1-x}-(CdSb)_x$ . — Изв. АН Аз. ССР, сер. физ.-техн. и матем. н., 1974, № 4, с. 121—123.
96. Мамедов К. К. Термодинамические и термохимические константы. М.: Наука, 1970, 217 с.
97. Манцев В. С., Пешкова А. Ф., Зайцева Н. Н. Применение графита в качестве наполнителя композиционных материалов для железнодорожных тормозных колодок. — Каучук и резина, 1979, № 9, с. 35—37.
98. Маркелова Н. В., Каганер М. Г., Жукова В. И. Исследование теплофизических свойств полимерных конструкционных материалов. — В кн.: Теплофизические свойства веществ при низких температурах. Материалы I Всесоюзного совещания. М.: ВНИИФТРИ, 1972, с. 121—125.
99. Мартыненко Л. Я., Рабинович И. Б., Овчинников Ю. В. Теплоемкость систем поливинилхлорид — диоктилфталат и поливинилхлорид — дибутилфталат. — Высокомолек. соед., 1970, т. 12А, № 4, с. 841—848.
100. Межов-Деглин Л. П. Теплопроводность кристаллов из чистого свинца при низких температурах. — Журнал экспериментальной и теоретической физики, 1979, т. 77, вып. 2 (8), с. 733—751.
101. Метрологическое обеспечение дилатометрических измерений в диапазоне температур 90—1800 К/А. Н. Амадуни, Т. И. Малютина, В. Н. Романов, Е. Б. Шевченко. — Измерительная техника, 1979, № 12, с. 45—47.
102. Механическая обработка деталей из керамики и спаллов/В. А. Хрульков, В. А. Тародей, А. Я. Головань, Ю. М. Буки. Саратов: Саратовский университет, 1975, 352 с.
103. Миркович В. В. Новый метод измерения теплопроводности железа армо. — Приборы для научных исследований, 1977, № 5, с. 67—72.
104. Миролубская Ю. А., Каганер М. Г., Великанова М. Г. Вакуумно-многослойная изоляция в криогенной технике; сер. ХМ-6. М.: ЦИТИ-ХИМНЕФТЕМАШ, 1978, 42 с.
105. Михальченко Р. С., Гержин А. Г., Першин Н. П. Слоисто-вакуумная изоляция на основе стеклбумаги из микроволокна. — В кн.: Вопросы гидродинамики и теплообмена в криогенных системах. Харьков: ФТИИТ, 1970, вып. 1, с. 210—217.
106. Могилевский Б. М., Сурин В. Г., Чудновский А. Ф. Теплопроводности 1,2-дихлорэтана и 1,2-дибромэтана. — Инженерно-физический журнал, 1970, т. 19, № 6, с. 1122—1124.
107. Могилевский Б. М., Чудновский А. Ф. Теплопроводность полупроводников. М.: Наука, 1972, с. 368—514.
108. Мозес Д., Бен-Ароя О., Лупу Н. Простая калориметрическая система для интервала температур 3...300 К с ЭВМ для обработки данных по ходу поступления. — Приборы для научных исследований, 1977, № 8, с. 161—167.
109. Наполненный эпоксидный полимер с малым коэффициентом теплового расширения/В. В. Шаповаленко, И. Д. Тыкачинский, Г. В. Катаева, В. В. Пятницкая. — Приборы и техника эксперимента, 1976, № 6, с. 219—220.
110. Наумов В. Н., Ногтева В. В., Пауков И. Е. Теплоемкость, энтропия и энтальпия белого олова ( $\beta$ -Sn) в интервале 1,8—311 К. — Журнал физической химии, 1979, т. LIII, вып. 2, с. 497—498.
111. Низкотемпературная импульсная калориметрия для саморазогревающихся радиоактивных образцов/Р. Ж. Трейнер, Г. С. Нэл, М. Б. Бродский и др. — Приборы для научных исследований, 1975, № 10, с. 62—69.
112. Низкотемпературная теплоемкость  $CdGa_2Se_4$ /В. М. Жданов, В. А. Турдакин, Г. А. Дворецков и др. — Изв. АН СССР. Неорганические материалы, 1979, т. 15, № 10, с. 1873—1874.
113. Николаев И. В., Дистанов В. Э., Годовиков А. А. Температурная зависимость теплопроводности прустита в твердом и жидком состоянии. — Инженерно-физический журнал, 1979, т. XXXVI, № 4, с. 745—746.

114. Новицкий Л. А., Кожевников И. Г. Теплофизические свойства материалов при низких температурах./Справочник. М.: Машиностроение, 1975, 216 с.
115. Образцовые меры 1-го разряда для поверки дилатометров, предназначенных для исследования материалов с очень малым ТКЛР./А. Н. Амадуни, Т. А. Компан, Е. Б. Шевченко, Г. А. Павлова. — Измерительная техника, 1979, № 12, с. 49—51.
116. Олейник Б. Н. Точная калориметрия. М.: Изд-во Комитета стандартов, 1964, 272 с.
117. Определение термодинамических функций  $CdP_4$  при низких температурах/Г. Н. Даниленко, В. Е. Даниленко, В. Я. Шевченко и др. — Изв. АН СССР. Неорганические материалы, 1978, т. 14, № 11, с. 1973—1975.
118. Оптические материалы для инфракрасной техники/Е. М. Воронкова, Б. И. Гречушников, Г. И. Дистлер, И. П. Петров. М.: Наука, 1965, 336 с.
119. Особенности пластической деформации и разрушения металлов при низких температурах/В. В. Александров, А. Н. Борзяк, С. В. Боярский и др. — В кн.: Физико-механические и теплофизические свойства металлов. М.: Наука, 1976, с. 179—183.
120. Особенности теплоемкости хлористого аммония вблизи точки разупорядочения/Е. Б. Амитин, Ю. А. Ковалевская, Э. Г. Лебедева, И. Е. Пауков. — Физика твердого тела, 1975, т. 17, вып. 9, с. 2549—2555.
121. Особенности теплопроводности соединений  $Ag_nMx_6$ , обладающих сложной кристаллической структурой/А. В. Петров, В. М. Орлов, В. К. Зайцев, В. А. Фейгельман. — Физика твердого тела, 1975, т. 17, вып. 12, с. 3703—3705.
122. Островский В. С., Захаров В. С. Металлополимерные композиции для изготовления формообразующих элементов литьевых форм. — Пластические массы, 1979, № 3, с. 16.
123. Петренко Н. С., Попов В. П. Дилатометрическое изучение теплового расширения монокристаллического рения от 2 до 300 К. — Физика низких температур, 1979, т. 5, № 3, с. 301—304.
124. Печеный Б. Г., Ахметова Л. А. Универсальный объемный дилатометр. — Заводская лаборатория, 1977, № 5, с. 572—573.
125. Печеный Б. Г., Спивак А. И. О тепловом расширении битумо-минеральных композиций. — Инженерно-физический журнал, 1979, т. XXXVII, № 5, 886—893.
126. Плотников Э. П., Хрулев В. М. Теплоизоляционный материал из гидролизного лигнина. — Строительные материалы, 1979, № 4, с. 16—17.
127. Плотность и коэффициент линейного расширения инструментальных сталей повышенной теплостойкости/И. И. Новиков, В. Г. Гончаров, К. И. Обьдало и др. — Металлы, 1978, № 5, с. 73—75.
128. Половов В. М., Майстренко Л. Г. Термоупругие аномалии теплоемкости при фазовом переходе ГЦК — ГПУ в иттербии. — Физика твердого тела, 1975, т. 17, вып. 5, с. 1529—1531.
129. Половов В. М., Тулина Н. А., Гаврилов Н. М. Влияние пластической деформации на низкотемпературную теплоемкость и сверхпроводимость рения. — Физика низких температур, 1977, т. 3, № 10, с. 1256—1265.
130. Применение интегральных характеристик для определения коэффициента температуропроводности и объемной теплоемкости материалов с учетом внутренних источников тепла/В. В. Власов, С. В. Мищенко, Н. П. Пучков, Ю. С. Шаталов. — Заводская лаборатория, 1977, № 6, с. 709—712.
131. Рабинович И. Б., Лебедев Б. В., Мелентьева Т. И. Теплоемкость и термодинамические функции метакриловой, полиметакриловой и изомасляной кислот. — Высокомолек. соед., 1967, т. 9А, № 8, с. 1699—1705.
132. Рабинович И. Б., Павлинов Л. И. Термодинамические параметры сополимеров метилметакрилата с метакриловой кислотой. — Высокомолек. соед., 1968, т. 10А, № 2, с. 416—421.

133. Рейдбаф Р. Теплопроводность индиевых спаев при низких температурах. — Приборы для научных исследований, 1977, № 1, с. 106—107.
134. Результаты исследования тепловых и электрических свойств грунта Луны и его аналогов/А. Р. Головкин, А. Н. Дмитриев, Е. А. Духовской и др. — В кн.: Лунный грунт из Моря Изобилия. М.: Наука, 1974, с. 559—562.
135. Рейнольдс К. Л., Андерсон А. К. Теплопроводность электропроводящей оксидной смолы ниже 3 К. — Приборы для научных исследований, 1977, № 12, с. 205—206.
136. Рыщенко М. И., Самойленко Е. П., Левитский В. К. К вопросу о морозостойкости фасадных плиток. — Стекло и керамика, 1979, № 4, с. 16—17.
137. Свищев Б. Г., Гордеев В. К., Кочетков Н. А. Температуропроводность слоя некоторых гранулированных полимерных материалов. — Пластические массы, 1979, № 5, с. 58—59.
138. Сегнетоэлектрики  $\text{LiNbO}_3$  и  $\text{LiTaO}_3$ : структура, синтез, свойства и применение/Ю. Н. Веневцев, С. А. Федулов, З. И. Шапиро, В. П. Клюев. — В кн.: Титанат бария. М.: Наука, 1973, с. 118—133.
139. Сирота Н. Н., Дрозд А. А., Гостищев В. И. Измерение электро- и теплопроводности металлов в сильных магнитных полях. — В кн.: Теплофизические свойства веществ при низких температурах. Материалы I Всесоюзного совещания. М.: ВНИИФТРИ, 1972, с. 149—158.
140. Справочник по пластическим массам/Под ред. М. И. Гарбара, М. С. Акутина, Н. М. Егорова, М.: Химия, 1967. т. 1, 462 с.
141. Справочник по электротехническим материалам. Магнитные, проводниковые, полупроводниковые и другие материалы/Под ред. Н. П. Богородицкого и В. В. Пасынкова. М. — Л.: Госэнергоиздат, 1960. т. 1. 512 с.
142. Стахеев Ю. И., Лаврухина А. К. Гранулометрические характеристики лунного грунта и мощность слоя реголита на местах посадки АС «Луна-16» и «Луна-20». — В кн.: Грунт из материкового района Луны. М.: Наука, 1979, с. 74—76.
143. Стирн Дж. Определение температурных переходов путем измерения термических свойств полимеров. — В кн.: Химия и технология полимеров. М.: Мир, 1967, № 12.
144. Судакова Н. П., Калишевич Г. И., Кренцис Р. П. Термические свойства  $\eta$ -фазы системы Fe — Si. — Изв. АН СССР. Неорганические материалы, 1976, т. 12, № 2, с. 354—355.
145. Сычев Н. И., Гельд П. В., Калишевич Г. И. Термодинамические характеристики  $\text{Sc}_2\text{Si}_3$ ,  $\text{Ti}_5\text{Si}_3$  и  $\text{V}_5\text{Si}_3$ . — Журнал физической химии, 1980, т. LIV, вып. 1, с. 224—225.
146. Таблицы физических величин: Справочник/Под ред. И. К. Киикоина. М.: Атомиздат, 1976. 1008 с.
147. Тавадзе Ф. Н., Тавадзе Л. Ф. Аустенитная кислотостойкая сталь 00X18H20C3M3Д36. — Металловедение и термическая обработка металлов, 1979, № 1, с. 25—29.
148. Тамарин П. В., Батдалов А. Б., Волга В. И. Влияние легирования на некоторые физические свойства графита. — Физика твердого тела, 1971, т. 13, вып. 9, с. 2819—2821.
149. Температурная зависимость удельной теплоемкости  $\text{V}_3\text{Si}$ /В. М. Пан, В. Г. Прохоров, А. Д. Шевченко, В. П. Довгопет. — Физика низких температур, 1978, т. 4, № 2, с. 236—239.
150. Тепловое расширение и термодинамический потенциал несобственного сегнетоэлектрика  $\text{Hg}_2\text{V}_2$ /Ч. Барта, Б. С. Задахин, А. А. Каплянский и др. — Кристаллография, 1979, т. 24, вып. 5, с. 1063—1065.
151. Тепловое расширение и ферроэластический фазовый переход  $D_{4h}^{17} - D_{2h}^{17}$  в кристаллах  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ /Ч. Барта, Б. С. Задохин, А. А. Каплянский и др. — Физика твердого тела, 1978, т. 20, вып. 12, с. 3664—3670.

152. Тепловое расширение кристаллов  $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$  и  $\text{SbSI}$  в области сегнетоэлектрических фазовых переходов/А. В. Гомоннай, Б. М. Коперлес, И. И. Грошик, М. И. Гурзан. — Физика твердого тела, 1980, т. 22, вып. 3, с. 930—931.
153. Тепловое расширение сплавов тербий — гадолиний/В. П. Посядо, М. Л. Грачев, Д. Г. Андрианов, Г. Е. Чуприков. — Физика металлов и металлостроение, 1979, т. 48, вып. 1, с. 215—217.
154. Тепловое расширение халькогенидов никеля/Н. Г. Алиев, Л. М. Валиев, И. Г. Керимов и др. — В кн.: Термодинамические свойства металлических сплавов. Баку: Элм, 1975, с. 205—209.
155. Тепловые и электрические свойства соединений  $\text{SnBi}_2\text{Te}_4$  и  $\text{SnBi}_4\text{Te}_6$ /Т. Б. Жукова, В. А. Кутасов, Л. С. Парфеньева, И. А. Смирнов. — Изв. АН СССР. Неорганические материалы, 1974, т. 10, № 12, с. 2221—2222.
156. Тепловые и электрические свойства эванома и других высокоомных сплавов при температуре ниже 4 К/Г. С. Целощин, П. Ж. Коут, Г. Л. Сэлинджер, Ж. К. Уильямс. — Приборы для научных исследований, 1975, № 9, с. 39—43.
157. Тепловые свойства кристалла  $\text{CsPbF}_3$ /И. Н. Флеров, И. М. Искорнев, К. С. Александров, В. Н. Воронов. — Физика твердого тела, 1980, т. 22, вып. 3, с. 912—914.
158. Тепловые свойства соединений  $\text{AgMeX}_2$ /М. И. Алиев, Ф. З. Гусейнов, З. С. Гасанов, З. А. Джафаров. — ДАН Аз. ССР, 1978, т. 34, № 11, с. 15—19.
159. Теплоизоляционные материалы для массового строительства. — Строительные материалы, 1979, № 10, с. 23.
160. Теплоемкость сульфида галлия/К. К. Мамедов, М. А. Алджанов, И. Г. Керимов, М. И. Мехтиев. — Физика твердого тела, 1977, т. 19, вып. 5, с. 1471—1473.
161. Теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения флюорита/В. Г. Кузьмин, Г. В. Иванова, О. В. Морозова, Б. А. Савченко. — Измерительная техника, 1979, № 8, с. 48—49.
162. Теплопроводность конструкционных алюминиевых сплавов при низких температурах/Г. М. Злобинцев, В. В. Козинец, Б. А. Мерисов и др. — Металловедение и термическая обработка металлов, 1975, № 5, с. 69—70.
163. Теплопроводность конструкционных сплавов при низких температурах/Г. М. Злобинцев, В. В. Козинец, Б. А. Мерисов, Э. М. Огнев. — В кн.: Теплофизические свойства твердых веществ. М.: Наука, 1976, с. 20—22.
164. Теплопроводность металлов и сплавов при низких температурах/А. Н. Борзяк, Ю. Д. Лепешкин, И. И. Новиков, Н. В. Цепяева. — В кн.: Физико-механические и теплофизические свойства металлов. М.: Наука, 1976, с. 59—80.
165. Теплопроводность металлокерамических образцов сплава Si — Ge в области низких температур/О. М. Нарва, Л. Д. Дудкин, В. А. Андрияко, В. А. Рябошапко. — Изв. АН СССР. Неорганические материалы, 1974, т. 10, № 12, с. 2112—2120.
166. Теплопроводность моноантимонидов редкоземельных элементов/М. Н. Абдусаламова, Л. М. Бохам, Ю. М. Горячев, О. И. Рахматов. — Теплофизика высоких температур, 1980, т. 18, № 1, с. 208—210.
167. Теплопроводность редкоземельных металлов цериевой подгруппы при низких температурах/А. Фегер, Ш. Янош, П. Петрович и др. — Физика низких температур, 1978, т. 4, № 10, с. 1305—1315.
168. Теплопроводность чистого титана при низких температурах/Н. В. Березникова, А. Н. Борзяк, Ю. Д. Лепешкин и др. — В кн.: Физико-механические и теплофизические свойства металлов. М.: Наука, 1976, с. 13—22.
169. Теплофизические свойства карбидных сплавов  $\text{TiC} - \text{ZrC}$  и  $\text{TiC} - \text{VC}$ /М. И. Лесная, В. Ф. Немченко, А. А. Сотник, С. Г. Сотник. — Теплофизика высоких температур, 1978, т. 16, № 3, с. 537—541.



170. **Теплофизические** свойства лунного вещества, доставленного на Землю автоматической станцией «Луна-16»/В. С. Авдеевский, Н. А. Анфимов, М. Я. Маров и др. — В кн.: Лунный грунт из Моря Изобилия. М.: Наука, 1974, с. 553—558.
171. **Теплофизические** свойства моновисмутов РЗМ иттриевой подгруппы/Б. А. Козенская, М. Н. Абдусаламова, М. Н. Абдусаламова, В. Абулхаев. — Теплофизика высоких температур, 1977, т. 15, № 5, с. 1000—1004.
172. **Термодинамика** синтеза поли-2,2'-(*m*-фенилен)-5,5'-добензоксазолметана/Н. В. Карякин, И. Б. Рабинович, Г. П. Камелова и др. — Высокомолек. соед., 1975, т. 17, № 5, с. 983—988.
173. **Термодинамические** параметры  $\beta$ -пропиолактона/А. А. Евстропов, Б. В. Лебедев, Т. Г. Кулагина и др. — Высокомолек. соед., 1979, т. XXI (А), № 9, с. 2038—2043.
174. **Теплоемкость** и моменты колебательного спектра монохалькогенидов галлия/К. К. Мамедов, М. А. Алджанов, И. Г. Керимов, М. И. Мехтiev. — Физика твердого тела, 1978, т. 20, вып. 1, с. 42—47.
175. **Теплоемкость** и термодинамические свойства полупроводников  $ZnGa_2S_4$  и  $ZnGa_2Te_4$  при низких температурах/К. К. Мамедов, Р. К. Велиев, И. Г. Керимов и др. — В кн.: Термодинамические свойства металлических сплавов. Баку: Элм, 1975, с. 99—104.
176. **Теплоемкость** и термодинамические свойства сложных полупроводников типа  $A^{II}B_2^{III}C_4^{VI}$  при низких температурах/К. К. Мамедов, М. М. Алиев, И. Г. Керимов, Р. К. Велиев. — В кн.: Термодинамические свойства металлических сплавов. Баку: Элм, 1975, с. 31—34.
177. **Теплоемкость** и термодинамические свойства соединений  $A_3^{II}B_2^{IV}C_4^{VI}$ /А. Ф. Демиденко, Г. Н. Даниленко, В. Е. Даниленко и др. — Изв. АН СССР. Неорганические материалы, 1977, т. 13, № 2, с. 214—216.
178. **Теплоемкость** и фазовый переход в шпинели  $CdCr_2Se_4$ /М. С. Маруна, А. С. Борухович, В. Г. Бамбуров и др. — Физика твердого тела, 1975, т. 17, вып. 4, с. 1202—1203.
179. **Теплоемкость** кристаллов  $Hg_2Br_2$  в области фазового перехода/Ч. Барта, Б. С. Задохин, Ю. Ф. Марков, В. В. Тихонов. — Физика твердого тела, 1977, т. 19, вып. 7, с. 2206—2207.
180. **Теплоемкость** монокристаллов  $Cr_3Si$  в интервале 6—300 К/В. М. Пан, А. Д. Шевченко, И. Г. Михайлов и др. — Физика низких температур, 1980, т. 6, № 2, с. 236—239.
181. **Теплоемкость** несобственного ферропластика  $Hg_2Cl_2$  в области температур 100—273 К/Ч. Барта, В. П. Жигалов, Б. С. Задохин и др. — Физика твердого тела, 1976, т. 18, вып. 10, с. 3116—3117.
182. **Теплоемкость**  $Rg_3Te_4$  и  $La_3Te_4$ /Р. Г. Митарев, В. В. Тихонов, Л. Н. Васильев и др. — Физика твердого тела, 1975, т. 17, вып. 2, с. 496—500.
183. **Теплоемкость** селенида и теллурида таллия при низких температурах/К. К. Мамедов, М. А. Алджанов, И. Г. Керимов, М. И. Мехтiev. — Изв. АН Аз. ССР, сер. физ.-техн. и матем. н., 1978, № 1, с. 71—73.
184. **Теплоемкость** синтетических углеродных материалов/В. М. Жданов, В. А. Турдакин, Л. М. Бучнев и др. — Изв. АН СССР. Неорганические материалы, 1976, т. 12, № 11, с. 2078—2080.
185. **Теплоемкость** сополимеров метилметакрилата с метакриловой кислотой в области 25—190 К/Л. И. Павлинов, И. Б. Рабинович, Н. А. Окладнов, С. А. Аржаков. — Высокомолек. соед., 1967, т. 9А, № 3, с. 483—487.
186. **Установка** для измерения теплоемкости малых образцов в диапазоне 10—20 К./К. С. Жданов, Э. В. Матизен, А. А. Никифоров, М. А. Ставков. — Инженерно-физический журнал, 1979, т. XXXVII, № 6, с. 1068—1073.
187. **Уэст Е. А., Фаунтен Ж. А.** Измерение температуропроводности порошков методом дифференциального линейного источника. — Приборы для научных исследований, 1975, № 5, с. 39—42.

188. **Федосеев Д. В., Варшавская И. Г., Лаврентьев А. В.** Температуропроводность порошков синтетического алмаза. — Изв. АН СССР. Неорганические материалы, 1979, т. 15, № 7, с. 1301—1302.
189. **Фенолформальдегидный** пенопласт марки КФП-20 строительного назначения/Ю. Н. Медведев, В. И. Рождественский, Л. С. Голубева и др. — Строительные материалы, 1979, № 12, с. 19.
190. **Фетисов Ю. Н., Каганер М. Г., Семенова Р. С.** Теплопроводность при низких температурах сотовой изоляции с различными наполнителями. — В кн.: Теплофизические свойства веществ при низких температурах. Материалы I Всесоюзного совещания. М.: ВНИИФТРИ, 1972, с. 112—116.
191. **Харитон Я. Г., Фридрихсон В. Е., Яценко О. М.** Перспективы использования глинистолокнистых теплоизоляционных материалов в керамической промышленности. — Стекло и керамика, 1979, № 8, с. 18—19.
192. **Хатта И.** Измерение теплоемкости методом тепловой релаксации при умеренных температурах. — Приборы для научных исследований, 1979, № 3, с. 18—20.
193. **Холина Е. Н., Уфимцев В. Б., Тимошин А. С.** Тепловое расширение сплавов системы  $CuInSe_2 - CuInS_2$ . — Журнал физической химии, 1979, т. LIII, № 9, с. 2285—2288.
194. **Чиркин В. С.** Теплофизические свойства материалов ядерной техники. М.: Атомиздат, 1968. 484 с.
195. **Шейман М. С., Рабинович И. Б., Овчинников Ю. В.** Калориметрические исследования совместимости адипонитрила с сополимерами акрилонитрила с метилакрилатом. — Высокомолек. соед., 1971, т. 10А, № 5, с. 1140—1145.
196. **Шейман М. С., Рабинович И. Б., Овчинников Ю. В.** Термодинамические свойства сополимеров акрилонитрила с метилакрилатом, винилхлорида с винилацетатом и винилхлорида с метилакрилатом. — Высокомолек. соед., 1972, т. 14А, № 2, с. 377—382.
197. **Шмидт К.** Простой метод измерения теплопроводности технических сверхпроводников, например  $NiTi$  — Приборы для научных исследований, 1979, № 3, с. 62—66.
198. **Шмидт Н. Е., Максимов Д. Н.** Адиабатический калориметр, работающий в интервале 300—800 К. Теплоемкость корунда, кварцевого стекла и нитрата калия. — Журнал физической химии, 1979, т. LIII, вып. 6, с. 1895—1898.
199. **Шнырев А. Д., Барсуков В. Ф.** Экспериментальное определение теплофизических свойств материалов в интервале температур 4,2—300 К. — В кн.: Тепло- и массообмен при низких температурах. Минск: Наука и техника, 1970, с. 67—73.
200. **Щелкотунов В. А., Данилов В. Н., Калачева В. С.** Линейное расширение замещенных ферригранатов. — Изв. АН СССР. Неорганические материалы, 1976, т. 12, № 6, с. 1076—1080.
201. **Экспериментальное** исследование теплоемкости  $CdGa_2Se_4$  и  $CdGa_2Te_4$  в интервале 12—300 К/М. М. Алиев, И. Г. Керимов, Р. Г. Напи и др. — В кн.: Термодинамические свойства металлических сплавов. Баку: Элм, 1975, с. 336—340.
202. **Эспе В.** Технология электровакуумных материалов. Силикатные материалы. М.: Энергия, 1968, т. II. 1448 с.
203. **Ягфаров М. Ш., Ионкин В. С., Гизатуллина З. Г.** Исследование тепловых свойств наполненных полидиметилсилоксанов при низких температурах. — Высокомолек. соед., 1969, т. 11А, № 10, с. 2306—2311.
204. **Ягфаров М. Ш., Ионкин В. С.** Термографическое исследование свойств полидиметилсилоксанов при низких температурах. — Высокомолек. соед., 1968, т. 10А, № 7, с. 1613—1617.
205. **Albany H. J., Vandevuyver M.** Effects of Electron Irradiation on the Thermal Conductivity of *n*- and *p*-Type Germanium. — Phys. Rev., 1967, vol. 160, N. 3, p. 633—635.



206. Carruthers J. A., Cochran J. F., Mendelsohn K. Thermal Conductivity of  $p$ -type Germanium between 0,2 and 4K—Cryogenics, 1962, vol. 2, N. 3, p. 160—166.
207. Chang S. S., Bestul A. B. Heat capacities for atactic polystyrene of narrow molecular weight distributions to 300 K. — J. Polimer. Sci., 1968, Part 2A, N. 6, p. 849—856.
208. Corruccini R. J. Thermal expansion of technic Solids at low temperatures: Washington: Gov. print, 1961, 22 p.
209. Corsan J. M., Mitchem N. I. The specific heat of fifteen stainless steels in the temperature range 4—30 K. — Cryogenics, 1979, vol. 19, N. 1, p. 11—16.
210. Cryogenic Properties of Polimers. Ed. by Serafini T. T. and Koehig J. L., N. Y. 1968, p. 137—154.
211. Dainton F. S., Evans D. M., Hoare F. E. Thermodynamic functions of linear high polymers. — Polymer, 1962, vol. 3, N. 3, p. 263—322.
212. Delhacs P., Hishiyama Y. Specific heat of soft Carbons between 0,6 and 4,2 K. — Carbon, 1970, vol. 8, N. 1, p. 31—38.
213. Dillard D. S., Timmerhaus K. D. Thermal transport Properties of selected Solids at low Temperatures. — Adv. in cryogenic heat transfer, 1968, vol. 64, N. 87, p. 1—20.
214. Edvards D. O., Sarwinski R. E., Seligmann P. The thermal conductivity of AGOT graphite between 0,3 and 3 K. — Cryogenics, 1968, vol. 8, N. 6, p. 392—393.
215. Glegg G. A., Gee D. R., Melia T. P. Thermal Properties of Ethilene—Propylene Copolymers. — Macromolek. Chem., 1968, vol. 116, p. 130—139.
216. Ho J. C., King G. B., Fickett. Low temperature specific heat of the stainless steels. — Cryogenics, 1978, vol. 18, N. 5, p. 296—298.
217. Irie T., Endo S., Sudo I. Ninth Conf. on Thermal Conductivity, N. Y. U. S. A. Atomic Energy Commission, 1970, p. 34—42.
218. Jacobs P. L., Irey R. R. Ninth Conf. on Thermal Conductivity, N. Y. U. S. A. Atomic Energy Commission, 1970, p. 25—32.
219. Jung W. D., Schmidt F. A., Danielson G. C. Thermal conductivity of high-purity vanadium. — Phys. Rev., B, 1977, vol. 15, p. 659—665.
220. Küster W. Die Wärmeleitfähigkeit geschäumter Kunststoffe. — Kunststoffe, 1970, Bd. 60, N. 4, S. 249—255.
221. Melia T. P., Glegg G. A., Tyson A. Thermodynamics of Addition Polymerisation. — Makromolek. Chem., 1968, vol. 112, p. 84—96.
222. Melia T., Tyson A. Thermodynamics of addition polymerisation. Part 2. — Makromolek. Chem., 1967, vol. 109, p. 87—93.
223. Messerly I. F., Finke H. L. Hexafluorobenzene and 1,3-difluorobenzene calorimetric studies. — J. Chem. Thermodynamics, 1970, vol. 2, p. 867—880.
224. Morrison B. N. Ninth Conf. on Thermal Conductivity, N. Y. U. S. A. Atomic Energy Commission, 1970, p. 366—392.
225. Powell R. L., Wagner P. Irradiation Effects on Low Temperature Thermal Conductivities of two Graphites. — Carbon, 1970, vol. 8, N. 5, p. 690—692.
226. Specific heat. Metallic elements and alloys. Ed. Touloukian Y. S. Buyco. E. H., N.—Y.—W., IFI/Plenum, 1970, v. 4, 830 p.
227. Tautz H. Die spezifische Wärme von Hochpolymeren. — Plaste Kautschuk, 1963, Bd. 10, N. 11, S. 648—653.
228. Temperature dependence of the linear expansion coefficients of some Fe—Cr—Ni alloys in the temperature range 4,2 to 300 K./V. Ya. Ilichev, V. P. Popov, L. V. Skribina, M. M. Chernik. — Cryogenics, 1978, vol. 18, N. 2, p. 90—92.
229. Tucker I. E., Reese W.—J. Chem. Phys., 1967, vol. 46, p. 1388—1394.
230. Watanabe T. Tenth Thermal Conductivity Conf., Cambridge, 1970, p. III 13—III 14.

231. White G. K., Smith T. F., Carr R. H. Thermal expansion of Cr, Mo and W at low temperatures. — Cryogenics, 1978, vol. 18, N. 5, p. 301—303.
232. Wood L. A., Bekkedahl N. Specific heat of natural rubber and other elastomers. — Polymer Letters, 1967, vol. 5, p. 169—175.
233. Wunderlich B., Baur H. Heat Capacities of Linear High Polymers. — Adv. Polymer Sci., 1970, vol. 7, N. 2, p. 151—368.
234. Wunderlich B. Heat Capacities of Solid High Polymers. — Polymer Preprints, 1968, N. 9, p. 1206.
235. Wunderlich B., Rensselaer N. Heat Capacities of Linear High Polymers. Politechnic Institute troy., N. Y., 1968, p. 2181.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

## А

- Адипонитрил** — Молярная теплоемкость сополимеров в зависимости от содержания метилакрилата и адипонитрила 239
- Акрилонитрил** — Молярная теплоемкость сополимеров 238 — Молярная теплоемкость в зависимости от содержания метилакрилата и адипонитрила 239
- Алмазы** — Молярная теплоемкость 221, 222 — Температурный коэффициент линейного расширения 221, 222 — Теплопроводность 218 — синтетические разной зернистости 218 — Температуропроводность 218 — Теплопроводность 218
- Алюминий** — Температурный коэффициент линейного расширения 98 — Теплопроводность 98 — Теплопроводность в поперечном магнитном поле 100 — Удельная теплоемкость 98
- Алюминий монокристаллический** — Направление выреза образцов 99 — Температурный коэффициент линейного расширения при повышенном давлении 99
- Арсенид галлия** — Температурный коэффициент линейного расширения 164 — Теплопроводность 164 — Удельная теплоемкость 164 — легированный с примесями — Теплопроводность 166
- индия — Температурный коэффициент линейного расширения 164 — Теплопроводность 164 — Удельная теплоемкость 172
- цинка — Молярная теплоемкость 172
- Асбест** — Теплопроводность 264 — Удельная теплоемкость 264

## Б

- Базальт порошковый** — Температуропроводность 300 — Теплопроводность 300 — Удельная теплоемкость 300

- Бериллий** — Температурный коэффициент линейного расширения 118, 119 — Теплопроводность 118, 119 — Удельная теплоемкость 118, 119
- Бетоны** — Температурный коэффициент линейного расширения 293 — Характеристики 293 — легкие — Заполнители 293 — Температурный коэффициент линейного расширения 293
- Битум БНД 90/130** — Температурный коэффициент линейного расширения 296
- Блок-полиэфируретаны** — Удельная теплоемкость 230
- Бромид ртути** — Температурный коэффициент линейного расширения, измеренный в различных направлениях 187 — углерода — Температурный коэффициент объемного расширения 188
- Бромистый калий** — Температурный коэффициент линейного расширения 146 — Теплопроводность 146 — Удельная теплоемкость 146
- цезий — Температурный коэффициент линейного расширения 143 — Теплопроводность 143
- Бронзы** — Температурный коэффициент линейного расширения 34 — Теплопроводность 34 — алюминиевые зарубежного производства — Температурный коэффициент линейного расширения 42 — Теплопроводность 42 — безоловянные — Температурный коэффициент линейного расширения 32 — кремнистые 41 — Теплопроводность 41 — оловянные, обрабатываемые давлением — Температурный коэффициент линейного расширения 33 — проводниковые — Температурный коэффициент линейного расширения 35, 36 — Теплопроводность 35, 36 — Удельная теплоемкость 35, 36

- Бутадиенстирол** — Молярная теплоемкость 243
- Бутан** — Теплоемкость 249 — Теплопроводность 249

## В

- Ванадий высокой частоты** — Температурный коэффициент линейного расширения 66 — Теплопроводность 66 — Удельная теплоемкость 66 — с различным удельным электросопротивлением — Теплопроводность 66
- Ванадий нормальный** — Температурный коэффициент линейного расширения в поперечном магнитном поле 79
- Вата минеральная** — Теплопроводность в зависимости от давления воздуха 262 — Теплопроводность в зависимости от давления и заполняющего газа 263 — Теплопроводность в зависимости от плотности ваты 262 — хлопковая — Температуропроводность, теплопроводность, удельная теплоемкость 263
- Вермикулит** — Теплопроводность 263
- Винилацетат** — Молярная теплоемкость сополимеров 228
- Винилбензидиметилсилан** — Молярная теплоемкость 252
- Винилхлорид** — Молярная теплоемкость сополимеров 228, 229
- Висмут** в виде тонких пленок — Теплопроводность при 300 К 94 — Толщина пленок 94 — монокристаллический — Температурный коэффициент линейного расширения 94 — Теплопроводность 93 — Удельная теплоемкость 94
- Волокно углеродистое** — Теплопроводность при различных режимах термической обработки 217
- Вольфрам** — Температурный коэффициент линейного расширения 61 — Теплопроводность 61 — Удельная теплоемкость 61
- Вольфрамат кальция** — Температурный коэффициент линейного расширения 148 — Теплопроводность 148 — Удельная теплоемкость 148

## Г

- Газозолобетон** — Температурный коэффициент линейного расширения в зависимости от влажности 295

- Газолинит** — Теплопроводность 130 — Удельная теплопроводность 130
- Галлий монокристаллический** — Температурный коэффициент линейного расширения 86 — Теплопроводность 85 — Удельная теплоемкость 86
- Галогенид ртути** — Молярная теплоемкость 186 — цезия-свинца 201 — Молярная теплоемкость 201 — Форма монокристалла 201
- Гафний** — Теплопроводность гафния различной чистоты 95 — Удельная теплоемкость 65
- Гексан** — Теплоемкость 249 — Теплопроводность 249
- Гексафторбензол** — Теплоемкость 250
- Германий** — Температурный коэффициент линейного расширения 154 — Теплопроводность в зависимости от дозы облучения 155 — Теплопроводность в зависимости от концентрации носителей тока 150, 151 — Теплопроводность в зависимости от концентрации примесей 153 — Удельная теплоемкость 154 — Характеристическая температура 154
- ГОСТ 5950—73\*** 13  
16136—80 296
- Гольмий** — Теплопроводность 130 — Удельная теплоемкость 130
- Гранат алюмоитриевый, активированный неодимом** — Температуропроводность 140 — Теплопроводность 140 — Удельная теплоемкость 140
- Графиты** — Минералогические типы 220 — Молярная теплоемкость при облучении нейтронным потоком 209 — Средний температурный коэффициент линейного расширения 221 — Теплопроводность 220 — Удельная теплоемкость 209 — для электродетек — Температурный коэффициент линейного расширения 221 — зарубежных фирм — Молярная теплоемкость 210 — Молярная теплоемкость при криогенных температурах 210 — Теплопроводность 216 — легированные — Теплопроводность 215 — облученные потоком нейтронов — Теплопроводность 219 — отечественного производства — Теплопроводность 213, 214 — Удельная теплоемкость 208

- пиролитические — Теплопроводность 215 — Теплопроводность в магнитном поле 219 — Теплопроводность при различном напряжении магнитного поля 220
- Грунт лунный** из Моря Изобилия — Аналоги 298 — Температуропроводность при низком давлении 298 — Теплопроводность при низком давлении 298 — Теплопроводность при переменном давлении в атмосфере гелия при 293—300 К — Удельная теплоемкость при низком давлении 298
- из различных районов Луны — Температуропроводность 299 — Температуропроводность при 293 К 297 — Теплопроводность 299 — Удельная объемная теплоемкость при 293 К 297 — Удельная теплопроводность при 293 К 297

## Д

- Декаборан** — Теплоемкость 250
- Диалкилфталат** — Молярная теплоемкость 246
- Диатомит** — Теплопроводность 259
- 1,2-дибромэтан** — Теплоемкость 249 — Теплопроводность 249
- Дибутилфталат** — Молярная теплоемкость сополимеров 230
- Дигидрофосфат калия** — Температурный коэффициент линейного расширения 140
- Диоктилфталат** — Молярная теплоемкость сополимеров 229
- Диспрозий** — Теплопроводность 130 — Удельная теплоемкость 130
- Дисульфид кремния** — Молярная теплоемкость 184
- 1,3-дифторбензол** — Теплоемкость 250
- 1,2-дихлорэтан** — Теплоемкость 249 — Теплопроводность 249
- Диэтилфталат** — Теплоемкость 250, 251

## Е

- Европий** — Теплопроводность 130 — Теплопроводность при глубоком охлаждении 129 — Удельная теплоемкость 130

## Ж

- Железо Армко** — Температурный коэффициент линейного расширения 7,8 — Температуропроводность 7,8 — Теплопроводность 7,8

- чистое — Температурный коэффициент линейного расширения 7,8 — Теплопроводность 7,8 — Удельная теплоемкость 7,8
- $\alpha$  — Fe,  $\gamma$  — Fe 7,8 — Температуропроводность 7,8 — Удельная теплоемкость 7,8

## З

- Заполнители пористые** — Температурный коэффициент линейного расширения 291 — Характеристики 290 — Эмпирические формулы для вычисления температурного коэффициента линейного расширения 291
- Зерна пробковые** — Теплопроводность в зависимости от плотности 260
- Золото** — Состояние образцов 132 — Температурный коэффициент линейного расширения 132 — Теплопроводность 132 — Удельная теплоемкость 132

## И

- Изоляция вакуумно-многослойная** — Материал прокладок 277 — Материал слоев 277 — Теплопроводность в зависимости от давления и вида заполняющего газа 277 — Теплопроводность в зависимости от плотности материала прокладок 278 — Теплопроводность в зависимости от сжимающего давления 277 — Теплопроводность при различной плотности укладки экранов 277
- резервуаров емкостью 320 и 8000 л — Материал прокладок 279, 280 — Теплопроводность 279, 280
- серийных сосудов емкостью 5—50 л — Теплопроводность 279 — Тип сосудов 279
- Изоляция многослойная** — Теплопроводность в зависимости от давления в изоляционном пространстве при различном внешнем давлении на изоляцию 276 — Теплопроводность при давлении  $10^5$  Па — Характеристики 274
- на основе майлара — Теплопроводность 279
- на основе пленки ПЭТФДА — Теплопроводность в зависимости от сжимающего давления и давления в изоляции 278
- Индий поликристаллический** — Температурный коэффициент линейного расширения 87, 88 — Теплопровод-

ность 87, 88 — Удельная теплоемкость 87, 88

- Иодистый калий** — Температурный коэффициент линейного расширения 146 — Теплопроводность 146 — Удельная теплоемкость 146
- Ипорка** — Теплопроводность 273
- Иттербий поликристаллический** — Массовая доля иттербия в образцах 127 — Температурный коэффициент линейного расширения 127 — ИТМ-1 127 — Удельная теплоемкость 127
- Иттрий** — Теплопроводность 130 — Удельная теплоемкость 130

## К

- Кадмий** — Структура 92 — Температурный коэффициент линейного расширения 92 — Удельная теплоемкость 92
- монокристаллический 92 — Массовая доля кадмия 92
- поликристаллический 92 — Массовая доля кадмия 92
- Калий бромистый** — см. *Бромистый калий*
- Кальций** — Массовая доля кальция 122 — Температурный коэффициент линейного расширения 122 — Удельная теплоемкость 122
- Кальцит** — Температурный коэффициент линейного расширения 140
- Камень цементный из сульфатостойкого порландцемента** — Температурный коэффициент линейного расширения 293
- Карбид К-3 24** — Межатомное расстояние 211 — Молярная теплоемкость 211
- К-7 — Межатомное расстояние 211 — Молярная теплоемкость 211
- Картоны теплоизоляционные** 264, 265 — Марки 264, 265 — Теплопроводность 264, 265
- Каучуки** — Молярная теплоемкость 242 — Разновидности 242
- Кварц монокристаллический синтетический** — Температурный коэффициент линейного расширения 139
- Кислота бензойная** — Теплоемкость 249 — Теплопроводность 249
- изомасляная — Молярная теплоемкость 236
- метакриловая — Молярная теплоемкость 236 — Молярная теплоемкость сополимеров 237

- полиметакриловая — Молярная теплоемкость 236 — Молярная теплоемкость полимеров и сополимеров 237, 238
- этиленэфирсебационовая — Молярная теплоемкость сополимеров в зависимости от содержания мономеров 244
- Клеи на основе фенолоформальдегидной смолы** — Температурный коэффициент линейного расширения 247 — Удельная теплоемкость 247 — на основе эпоксидной смолы 247 — Температурный коэффициент линейного расширения 247
- Коксы** — Удельная теплоемкость 209
- Кобальт** — Температурный коэффициент линейного расширения 57 — Удельная теплоемкость 57
- Композиции битумно-минеральные** — Компоненты 296 — Средний температурный коэффициент линейного расширения 296
- коксо-пексовые — Состав 222, 223 — Средний температурный коэффициент линейного расширения 222, 223
- металлополимерные — Температурный коэффициент линейного расширения 256 — Теплопроводность 256
- полистирол-наполнитель — Теплопроводность 266, 267
- резиновые на основе синтетического органического полимера — Температуропроводность при 300 К 243
- Константан** — Температурный коэффициент линейного расширения 41, 42 — Теплопроводность 40—42 — Удельная теплоемкость 40—42
- Конструкции сотовые** — см. *Сотовые конструкции*
- Кремнегель** — Теплопроводность в зависимости от давления и вида заполняющего газа 259
- Кремний** — Температурный коэффициент линейного расширения 156, 157 — Теплопроводность 156, 157 — Удельная теплоемкость 156, 157
- легированный оловом — Атомное содержание олова 157 — Теплопроводность 157
- Кристаллы сегнетозлектрические гидросульфата аммония** — Материалы кристаллов 282 — Температурный коэффициент линейного расширения 282

- слонстые  $\text{In}_4\text{S}_3$  — Теплопроводность 181
- слонстые  $\text{PbI}_2$  — Структура 181 — Теплопроводность 181
- KRS-5 — Температурный коэффициент линейного расширения 148 — Теплопроводность 148 — Удельная теплоемкость 148
- KRS-6 — Температурный коэффициент линейного расширения 148 — Теплопроводность 148 — Удельная теплоемкость кристаллов 148

## Л

- Лантан** — Температурный коэффициент линейного расширения 128 — Удельная теплоемкость 128
- Латуни** марки 60/35 — Теплопроводность 41
- марки 65/35 — Температурный коэффициент линейного расширения 43 — Теплопроводность 43
- марки 70/30 — Температурный коэффициент линейного расширения 43 — Теплопроводность 43
- обрабатываемые давлением 37, 38 — Температурный коэффициент линейного расширения 37, 38 — Теплопроводность 37, 38 — Удельная теплоемкость 37, 38
- обрабатываемые давлением при 293 К — Температурный коэффициент линейного расширения 39 — Теплопроводность 39
- Лютеций** — Теплопроводность 130 — Удельная теплоемкость 130

## М

- Магnezит** — Теплопроводность 259
- Магний** — Температурный коэффициент линейного расширения 123 — Теплопроводность 123 — Удельная теплоемкость 123
- Манганин** — Теплопроводность 40 — Теплопроводность при глубоком охлаждении 40 — Удельная теплоемкость 40 — Удельная теплоемкость при глубоком охлаждении 40
- Марганец** — Модификации 59, 60 — Температурный коэффициент линейного расширения 59, 60 — Теплопроводность 59, 60 — Удельная теплоемкость 59, 60
- Материалы** бетонные — Температурный коэффициент линейного расширения при 293 К 295
- волокнистые — Разновидности 258,

- 262 — Теплопроводность в зависимости от давления воздуха и от плотности 262 — Теплопроводность в среде различных газов 258 — Характеристики 261
- лигнобитумные — Разновидности 296 — Теплопроводность 296
- графитовые зарубежных фирм — Обозначение 207, 208 — Характеристики 207, 208
- графитовые отечественного производства — Обозначение 203—206 — Состав 203—206 — Технология получения 203—206 — Физические свойства 203—206
- зернистые — Разновидности 257 — Теплопроводность 257 — Характеристики 257
- из асбестовых волокон — Температуропроводность 263, 264 — Теплопроводность 263, 264 — Удельная теплопроводность 263, 264
- Материалы изоляционные** волокнистые — Температурный коэффициент линейного расширения 269
- ячеистые — Температурный коэффициент линейного расширения 268
- Материалы** из стеклянных волокон — Разновидности 263, 264 — Температуропроводность 263, 264 — Теплопроводность 263, 264 — Удельная теплоемкость 263, 264
- из шелковых волокон — Температуропроводность 263, 264 — Теплопроводность 263, 264 — Удельная теплоемкость 263, 264
- Материалы каменные природные** из плотных изверженных пород — Температурный коэффициент линейного расширения 290
- из пористых пород — Температурный коэффициент линейного расширения 290
- Материалы** керамические плиточные — Температурный коэффициент линейного расширения при различной степени насыщения 288
- композиционные на основе минералогических типов графита 220 — Теплопроводность 220
- на основе каучуков — Теплопроводность 243
- на основе мочевиноформальдегидной смолы — Разновидности 272 — Температуропроводность 272 — Теплопроводность 272 — Удельная теплоемкость 272

- порошковые — Разновидности 257, 258 — Теплопроводность 257 — Теплопроводность в среде различных газов 258 — Характеристики 257
- углеродные сырьевые с различной степенью карбонизации — Средний температурный коэффициент линейного расширения 223
- цементные — Температурный коэффициент линейного расширения при 293 К 295
- Медь** — Молярная теплоемкость 31
- высокой чистоты — Температурный коэффициент линейного расширения 28 — Теплопроводность 28 — Удельная теплоемкость 28
- Медьгерманиевые халькогениды** — Решеточная теплопроводность 197
- Медь** марки М2 — Температурный коэффициент линейного расширения 29 — Теплопроводность 29 — Удельная теплоемкость 29
- марки М3 — Температурный коэффициент линейного расширения 29 — Теплопроводность 29 — Удельная теплоемкость 29
- марки SMR736 — Температурный коэффициент линейного расширения 42 — Теплопроводность 42
- особой чистоты — Назначение 31 — Температурный коэффициент линейного расширения 31
- Медь отожженная** обескислороженная — Удельная теплоемкость 30
- электролитическая — Температурный коэффициент линейного расширения 32
- Медь техническая** — Относительная теплопроводность и температуропроводность при 298 К и высоком давлении 30
- зарубежных фирм — Температурный коэффициент линейного расширения 41, 42 — Теплопроводность 41, 42 — Удельная теплоемкость 41, 42
- Мельхиор зарубежных фирм** — Температурный коэффициент линейного расширения 42 — Теплопроводность 42
- Металлы** щелочноземельные — Удельная теплоемкость 122
- платиновой группы 135 — Наименования металлов 135 — Температурный коэффициент линейного расширения 135 — Теплопроводность

135 — Удельная теплоемкость 135

- Метилакрилат** — Молярная теплоемкость сополимеров 229, 238 — Молярная теплоемкость сополимеров в зависимости от содержания метилакрилата и азипонитрила 238, 239
- Метилметакрилат** — Молярная теплоемкость сополимеров 237
- Мипора** — Теплопроводность в зависимости от давления и вида заполняющего газа 259
- Молибден различной чистоты** — Температурный коэффициент линейного расширения 64 — Удельная теплоемкость 64
- Моновисмутид гадолиния** — Теплопроводность при 300 К 189 — Тербия — Теплопроводность при 300 К 189
- эрбия — Теплопроводность при 300 К 189
- Монокристалл**  $\text{V}_3\text{Si}$  — Молярная теплоемкость 185
- Моносulfид самария** 183 — Температурный коэффициент линейного расширения 183
- Монохалькогениды** галлия — Молярная теплоемкость слоистых кристаллов 176
- редкоземельных металлов — Теплопроводность 177
- ртутни — Изменение теплопроводности в зависимости от напряженности магнитного поля 176
- свинца — Изменение теплопроводности в зависимости от напряженности магнитного поля 176
- Мусковит** — Температурный коэффициент линейного расширения 141 — Удельная теплоемкость 141

## Н

- Нейзильбер зарубежных фирм** — Температурный коэффициент линейного расширения 41, 42 — Теплопроводность 41, 42 — Удельная теплоемкость 41, 42
- Неодим** — Теплопроводность 129 — Теплопроводность при глубоком охлаждении 129 — Удельная теплоемкость 129
- Никель** — Марки 44, 45 — Температурный коэффициент линейного расширения 44, 45 — Теплопроводность 44, 45 — Теплопроводность при 300 К в зависимости от давления

45 — Удельная теплоемкость 44, 45

**Ниобий** нормальный — Температурный коэффициент линейного расширения в поперечном магнитном поле 80 — Теплопроводность в поперечном магнитном поле 80 — Удельная теплоемкость в поперечном магнитном поле 80

— различной чистоты — Массовая доля ниобия 65 — Температурный коэффициент линейного расширения 65 — Теплопроводность 65 — Удельная теплоемкость 65

**Нитрил** — Молярная теплоемкость 234 — Температурный коэффициент линейного расширения 234, 235 — Теплопроводность 234, 235

**Нитрит натрия** — Молярная теплоемкость 145

**Нихром** — Удельная теплоемкость при глубоком охлаждении 46

## О

**Оксид магния** — Температурный коэффициент линейного расширения 149 — Теплопроводность 149 — Удельная теплоемкость 149

**Олово белое** — Температурный коэффициент линейного расширения 84 — Удельная теплоемкость 84 — Удельная теплоемкость при высоком давлении 85

— марки ОВ4-000 — Атомная теплоемкость 83

**Олово поликристаллическое высокой чистоты** — Массовая доля олова 84 — Теплопроводность при глубоком охлаждении 84

## П

**Пеновинилхлорид** — Теплопроводность 271

**Пенопласт** марки ПС-1 — Теплопроводность в зависимости от толщины образца 266

— марки ПС-4 — Теплопроводность при различном размере пор 266 — марки ПХ13-1 — Теплопроводность в зависимости от толщины образца 266

— на основе фенольноформальдегидной смолы и фенолоспиртов — Теплопроводность при 293 К

— фенольный — Марки 272 — Теплопроводность 272

— эпоксидный ПЭ-2Т — Теплопроводность 272

**Пенополистирол** — Теплопроводность в зависимости от давления 266 — зарубежных фирм 268 — Теплопроводность в зависимости от плотности 268

**Пенополиуретаны** — Разновидности 269 — Температуропроводность 269 — Теплопроводность 269 — Удельная теплоемкость 269

— зарубежных фирм 270 — Теплопроводность в зависимости от плотности 270

**Пенополихлорвинил** — Теплопроводность 271

**Пеносиликат** — Температурный коэффициент линейного расширения 274

**Пеностекло** — Теплопроводность в зависимости от плотности 273, 274

**Перлит** — Теплопроводность в зависимости от плотности 259

**Перлитобетон** — Температурный коэффициент в зависимости от влажности 295

**Пироуглероды** — Молярная теплоемкость 211 — Размер кристаллов 211 — Температурный коэффициент линейного расширения 221

— зарубежных фирм 217 — Теплопроводность 217

**Платина** — Температурный коэффициент линейного расширения 134 — Теплопроводность 134 — Удельная теплоемкость 134

**Плексиглас порошкообразный** — Температуропроводность 260, 261 — Теплопроводность 260, 261 — Удельная теплоемкость 260, 261

**Пленки полиамидные** — Теплопроводность 241

— теллурида висмута — Теплопроводность 200

— тонкие  $Bi_2Te_{3-x}Se_x$  с переменным содержанием  $Te$  и  $Se$  — Теплопроводность 201 — Тип образца 201

**Плутоний** — Молярная теплоемкость при глубоком охлаждении 137 — Температурный коэффициент линейного расширения 137 — Теплопроводность 137 — Удельная теплоемкость 137

**Полиакрилат** — Молярная теплоемкость 234, 235 — Температурный коэффициент линейного расширения 234, 235 — Теплопроводность 234, 235

**Полиамиды** — Молярная теплоемкость 240 — Разновидности 240 — Температурный коэффициент линейного расширения 240 — Теплопроводность 240

**Полибензоксазолы** — Удельная теплоемкость 241

**Поливинилбензилдиметилсилан** — Молярная теплоемкость 252

**Поливинилхлорид** — Молярная теплоемкость сополимеров 229, 230

**Полидиметилсилоксан** — Типы 253, 254 — Удельная теплоемкость 253, 254

— с различным содержанием наполнителя аэросила и чистого аэросила — Удельная теплоемкость 254

**Поликарбонат** — Температуропроводность 241 — Теплоемкость 241 — Теплопроводность 241

**Полимеры углеродные на основе фенолформальдегидной смолы** — Удельная теплоемкость в зависимости от температуры термической обработки 211, 212

— эпоксидные с ситалловым наполнителем — Температурный коэффициент линейного расширения 248

**Полиметилкрилат** — Температуропроводность 236 — Теплопроводность 236 — Удельная теплоемкость 236

**Полиметилметакрилат** — Молярная теплоемкость полимеров и сополимеров 237 — Температуропроводность 236 — Теплопроводность 236 — Удельная теплоемкость 236

**Поли-4-метил-1-пентан** — Теплоемкость 249 — Теплопроводность 249

**Полиоксиды** — Молярная теплоемкость 246

**Полиоксипропилен** — Теплоемкость 250

**Полиолефины** — Температурный коэффициент линейного расширения 224, 225 — Температуропроводность 224, 225 — Теплоемкость 224, 225

**Полиорганосилоксаны** — Средний температурный коэффициент линейного расширения 251 — Температурный коэффициент линейного расширения 252

**Полипентенамер** — Молярная теплоемкость 253

**Полистиролы** — Температуропроводность 260

— отечественного производства 265 — Температуропроводность 265 —

Теплопроводность 265 — Удельная теплоемкость 265

**Политетрагидрофуран** — Теплоемкость 250, 251

**Политетрафторэтилен** — Температуропроводность 232 — Теплопроводность 232 — Удельная теплоемкость 232

**Полиуретан** — Температуропроводность в зависимости от плотности 271 — Теплопроводность в зависимости от плотности 271

**Полихлорвинил** — Температуропроводность в зависимости от плотности 271 — Теплопроводность в зависимости от плотности 271

**Полизтилен** — Температуропроводность 260

— стеклонаполненный 226 — Температурный коэффициент линейного расширения 226

**Полиэфиры** — Температурный коэффициент линейного расширения 245 — Температуропроводность 244 — Теплопроводность 224

**Поли-β-пропиолактон** — Молярная теплоемкость 253

**Породы горные** изверженные — Материалы 289 — Месторождение 289 — Характеристики 289

— осадочные — Материалы 289 — Характеристики 289

**Поршки** изоляционные — Разновидности 258 — Теплопроводность в зависимости от давления воздуха 258 — Теплопроводность в зависимости от толщины изоляционного слоя 258

— на основе алюминия — Температурный коэффициент линейного расширения 113 — Теплопроводность 113 — Типы порошков 113

— синтетического алмаза одинаковой зернистости 218 — Марки 218 — Температуропроводность 218 — Теплопроводность 218

**Празеодим** — Теплопроводность 129 — Теплопроводность при глубоком охлаждении 129 — Удельная теплоемкость 129

**Пресс материал АГ-4** — Теплопроводность 256 — Удельная теплоемкость 256

**Припой** оловянистые — Температурный коэффициент линейного расширения 95, 96 — Теплопроводность 95, 96 — Удельная теплоемкость 95, 96

- стеклянные — Температурный коэффициент линейного расширения 288 — Теплопроводность 288
- Пробка** — Теплопроводность 273
- Пропан** — Теплоемкость 249 — Теплопроводность 249
- Прустит** — Теплопроводность 199

## Р

- Растворы воздушно-сухие** на вспученном перлите — Температурный коэффициент линейного расширения 294 — на керамзитовом песке — Температурный коэффициент линейного расширения 294
- Растворы твердые** — Дополнительное теплосопротивление 188 — Температурный коэффициент линейного расширения 189, 202 — Теплопроводность 155, 156, 163, 164, 166—169, 171, 182, 189, 191, 192, 194, 199, 200
- Растворы цементно-песчаные** (мелкозернистый бетон) — Температурный коэффициент линейного расширения 292
- приготовленные на песках различного минералогического состава — Температурный коэффициент линейного расширения 294
- пропаренные — Температурный коэффициент линейного расширения 294
- Резина** — Теплопроводность 242 — Удельная теплоемкость 242
- Рений** монокристаллический — Удельная теплоемкость 62
- чистый 62 — Температурный коэффициент линейного расширения 62 — Теплопроводность 62 — Удельная теплоемкость 62
- Родий** — Теплопроводность в магнитном поле 136
- Ртуть** — Атомная теплоемкость 95

## С

- Сажа ацетиленовая** — Молярная теплоемкость 212
- Самарий** — Теплопроводность 130 — Теплопроводность при глубоком охлаждении 129 — Удельная теплоемкость 130
- Сапфир** — Средний температурный коэффициент линейного расширения 139 — Теплопроводность 139 — Удельная теплоемкость 139

- Свинец** — Температурный коэффициент линейного расширения 91 — Теплопроводность 91 — Удельная теплоемкость 91
- кристаллический — Массовая доля свинца в материале 90 — Теплопроводность при глубоком охлаждении 90
- Сегнетоэлектрики** — Составы 282 — Температурный коэффициент линейного расширения 283 — Температуропроводность 238
- Селен** — Молярная теплоемкость 158, 159 — Температурный коэффициент линейного расширения 158, 159 — Теплопроводность 158—160 — Теплопроводность в зависимости от содержания примесей 160
- чистотой 99,996 % — Теплопроводность в зависимости от содержания примесей 160 — Типы селена 160
- Селенид висмута** — Теплопроводность в зависимости от произведения электропроводности на абсолютную температуру 188
- кадмия 181 — Теплопроводность в различных направлениях к осям монокристалла 181
- таллия 180 — Молярная теплоемкость 180
- Селениды двойные** переходных элементов 199 — Теплопроводность 199
- тройные переходных элементов — Теплопроводность 199
- Серебро** — Температурный коэффициент линейного расширения — Теплопроводность 133 — Удельная теплоемкость 133
- Силицид ванадия** — Молярная теплоемкость 189
- железа 186 — Молярная теплоемкость 186 — Температурный коэффициент линейного расширения 186
- скандия 186 — Молярная теплоемкость 186
- титана 186 — Молярная теплоемкость 186
- хрома 185 — Молярная теплоемкость 185 — Способ получения монокристалла 185
- Система**  $x\text{PbSe} - (1-x)\text{PbTe}$  — Теплопроводность решетки в зависимости от содержания  $\text{PbSe}$  183
- Скандий** — Теплопроводность 128 — Удельная теплоемкость 128

- Смола ПМФС-1** — Средний температурный коэффициент линейного расширения после различных режимов термостарения 252
- эпоксида 233 — Назначение 233 — Теплопроводность 233
- Соединения полупроводниковые** — Молярная теплоемкость 190, 193, 195, 197 — Температурный коэффициент линейного расширения 192, 193, 198 — Теплопроводность 191—194, 196—198 — Удельная теплоемкость 194, 196, 198
- Соединения типа полиолефинов зарубежных фирм** — Модификации 227 — Удельная теплоемкость 227
- Соль сегнетова** — Температурный коэффициент линейного расширения 282
- Сополимеры** — Молярная теплоемкость 226, 228—231, 237, 238, 243 — Температурный коэффициент линейного расширения 231
- Сотовые конструкции** — Характеристики образцов 280
- Соты** — Материалы 280 — Размеры 280, 281 — Характеристики 280
- с различными наполнителями — Разновидности наполнителей 281 — Теплопроводность 281 — Теплопроводность в зависимости от давления 281
- Сплавы алюминиямагниевого** — Температурный коэффициент линейного расширения 106—108 — Теплопроводность 106—108 — Удельная теплоемкость 106—108
- Сплавы алюминиевые** — Температурный коэффициент линейного расширения 113 — Теплопроводность при 300 К 102
- зарубежных фирм — Температурный коэффициент линейного расширения 114—117 — Теплопроводность 114—117
- конструкционные — Теплопроводность 103
- низколегированные и не упрочненные термической обработкой — Температурный коэффициент линейного расширения 104, 105 — Теплопроводность 104, 105 — Удельная теплоемкость 104, 105
- Сплавы алюминиевые** — Температурный коэффициент линейного расширения 100, 101, 102, 103, 109—

- 112 — Теплопроводность 100, 102, 109, 112 — Удельная теплоемкость 109, 110
- Сплавы бериллийалюминиевые** — Теплопроводность 120 — Удельная теплоемкость 120
- калия с натрием — Теплопроводность 123 — Удельная теплоемкость 123
- Сплавы кобальтовые** — Температурный коэффициент линейного расширения 58, 59 — Теплопроводность 59
- Сплавы магниевые** деформируемые — Марки 126 — Теплопроводность 126 — Удельная теплоемкость 126
- литейные — Теплопроводность 124 — Удельная теплоемкость 124
- Сплавы медноникелевые** — Температурный коэффициент линейного расширения при 293 К 40 — Теплопроводность при 293 К 40
- Сплавы медные** тройные — Теплопроводность 41
- Вегуко — Температурный коэффициент линейного расширения 43 — Теплопроводность 43
- Сплавы на основе благородных металлов** 136 — Теплопроводность 136
- на хромоникелевой основе — Температурный коэффициент линейного расширения 72 — Теплопроводность 72 — Удельная теплоемкость 72
- Сплавы никелевые** — Температурный коэффициент линейного расширения при 293 К 49 — Теплопроводность при глубоком охлаждении 45 — Теплопроводность при 293 К 49 — Типы сплавов 45 — Удельная теплоемкость при 293 К 49
- применяемые в электровакуумной промышленности — Температурный коэффициент линейного расширения 47, 48 — Теплопроводность 47, 48 — Удельная теплоемкость 47, 48
- систем Ni—Cu—Fe и Ni—Co—Cr—Fe—Mo — Температурный коэффициент линейного расширения 54, 55 — Теплопроводность 54, 55 — Удельная теплоемкость 54, 55
- систем Ni—Fe и Ni—Cr—Fe — Температурный коэффициент линейного расширения 51—53 — Теплопроводность 51—53
- с минимальным тепловым расширением — Температурный коэффициент линейного расширения 46 —

- Теплопроводность 46 — Удельная теплоемкость 46
- Сплавы ниобийванадиевые** — Температурный коэффициент линейного расширения 70
- ниобийванадийциркониевые — Температурный коэффициент линейного расширения 70
- ниобийтитановые — Массовые доли титана 71 — Удельная теплоемкость 71
- Сплавы платиновольфрамовые** — Теплопроводность 136 — Тип образца 136 — Удельная теплоемкость 136
- свинцовосурьмянистые — Температурный коэффициент линейного расширения 293 К
- танталвольфрамовые — Температурный коэффициент линейного расширения 73
- тербий-гадолиний — Массовые доли гадолиния 131 — Массовая доля тербия 130 — Температурный коэффициент линейного расширения 130, 131
- Сплавы титанванадиевые** — Содержание ванадия 77 — Режимы изготовления сплавов 77 — Теплопроводность 77
- Сплавы титановые** — Температурный коэффициент линейного расширения 74, 75, 81, 82 — Теплопроводность 74, 75, 81, 82 — Удельная теплоемкость 74, 75, 81, 82
- Сплавы урана с алюминием** — Температурный коэффициент линейного расширения 138 — Теплопроводность 138
- цинковые — Теплопроводность при 293 К 96
- цирконийгафниеые — Температурный коэффициент линейного расширения 72 — Теплопроводность 72
- Стали высоколегированные** — Температурный коэффициент линейного расширения 17—19 — Теплопроводность 17—19 — Удельная теплоемкость 17, 18
- Стали зарубежных фирм** — Температурный коэффициент линейного расширения 24 — 27 — Теплопроводность 24—27
- Стали коррозионно-стойкие** — Типы сталей 22 — Удельная теплоемкость при глубоком охлаждении 22
- зарубежных фирм 23 — Удельная теплоемкость 23
- 12X18H9T — Теплопроводность при глубоком охлаждении 22
- Стали легированные конструкционные хромистые** — Температурный коэффициент линейного расширения 16 — Теплопроводность 16 — Удельная теплоемкость 16
- марганцовистые 20Г — Температурный коэффициент линейного расширения 15
- низкоуглеродистые электротехнические листовые — Температурный коэффициент линейного расширения 18 — Теплопроводность 18 — Удельная теплоемкость 17
- Стали углеродистые** — Температурный коэффициент линейного расширения 11, 12 — Теплопроводность 12 — Удельная теплоемкость 12
- высококачественные небольшой прокаливаемости — Температурный коэффициент линейного расширения — Теплопроводность 17 — Удельная теплоемкость 17
- для отливок при 300 К — Температурный коэффициент линейного расширения 15 — Теплопроводность 15 — Удельная теплоемкость 15
- Стали хромомолибденовые** — Температурный коэффициент линейного расширения 18 — Теплопроводность 18 — Удельная теплоемкость 18
- штамповые — Средний температурный коэффициент линейного расширения 13 — Теплопроводность 13 — Удельная теплоемкость 13
- Сталь 00X18H20C3M3Д3Б** — Температурный коэффициент линейного расширения 14 — Теплопроводность 14 — Удельная теплоемкость 14
- X15 14 — Температурный коэффициент линейного расширения 17 — Температуропроводность 14 — Теплопроводность 14 — Удельная теплоемкость 14
- Стекло кварцевое** — Средний температурный коэффициент линейного расширения 286
- техническое, выпускаемое зарубежными фирмами — Теплопроводность 287
- техническое, облученное интегральным потоком тепловых нейтронов — Средний температурный коэффициент линейного расширения 287
- электровакуумное — Теплопроводность 286

- Стеклопластик** — Температурный коэффициент линейного расширения 256 — Теплопроводность 256 — Удельная теплоемкость 256
- Стеклоуглерод** — Молярная теплоемкость 212
- Стибнит** — Температурный коэффициент линейного расширения 164 — Теплопроводность 164 — Удельная теплоемкость 164
- индия, подвергнутый пластической деформации 165
- Стибнит кадмия** — Молярная теплоемкость 169 — Теплопроводность в различных направлениях монокристалла 169
- легированный серебром и золотом — Атомное содержание примесей 170 — Теплопроводность 170
- Стибнит кобальта** — Молярная теплоемкость 173 — Температурный коэффициент линейного расширения 173
- редкоземельных элементов — Молярная теплоемкость 165 — Теплопроводность 165
- цинка — Молярная теплоемкость 169
- Стиропор** — Теплопроводность 273
- Суглинок** — Теплопроводность 291 — Удельная теплоемкость 291
- Сульфид галлия** — Молярная теплоемкость 183
- самария — Молярная теплоемкость 184
- цинка — Теплопроводность 183
- Сульфиноид сурьмы** — Температурный коэффициент линейного расширения 201
- Сурьма монокристаллическая** — Температурный коэффициент линейного расширения 93 — Теплопроводность 93
- Т**
- Таллий поликристаллический** — Температурный коэффициент линейного расширения 86 — Теплопроводность 86 — Удельная теплоемкость 86
- Тантал нормальный** — Температурный коэффициент линейного расширения в поперечном магнитном поле 79
- различной чистоты — Температурный коэффициент линейного расширения 63 — Теплопроводность 63 — Удельная теплоемкость 63
- Твердые растворы** — см. *Растворы твердые*
- Текстолит** — Температурный коэффициент линейного расширения 256 — Теплопроводность 256 — Удельная теплоемкость 256
- Теллурид кадмия легированный** — Теплопроводность 178
- лантана — Молярная теплоемкость 180 — Теплопроводность 179
- прозеодима — Молярная теплоемкость 180
- свинца PbTe — Теплопроводность 178, 179 — Типы подложки 179
- серебра Ag<sub>2</sub>Te — Теплопроводность 178
- таллия — Молярная теплоемкость 180
- Тербий** — Теплопроводность 128 — Удельная теплоемкость 128
- Тефлон, находящийся под воздействием высоких давлений** — Теплопроводность 233
- Титанат бария** — Температурный коэффициент линейного расширения 148 — Теплопроводность 148 — Удельная теплоемкость 148
- стронция — Теплопроводность 144 — Удельная теплоемкость 144
- Титан** — Температурный коэффициент линейного расширения 68, 69 — Теплопроводность 68, 69 — Удельная теплоемкость 68, 69
- высокой чистоты — Теплопроводность 70
- Торий** — Температурный коэффициент линейного расширения 137 — Теплопроводность 137 — Удельная теплоемкость 137
- Триглицифтороберилат** — Температурный коэффициент линейного расширения 285
- Триглицисульфат** — Температурный коэффициент линейного расширения 284, 285
- подвергнутый облучению — Удельная теплоемкость 285
- Тулий** — Теплопроводность 130 — Удельная теплоемкость 130



## У

**Уран** — Температурный коэффициент линейного расширения 137 — Теплопроводность 137 — Удельная теплоемкость 137

## Ф

**Ферригранаты** — Температурный коэффициент линейного расширения 202

**Ферримагнетик**  $Fe_2Se_4$  — Температурный коэффициент линейного расширения 182

**Ферросплавы** — Температурный коэффициент линейного расширения 9 — Типы образцов 9

— с различным содержанием Ni и Cr — Удельная теплоемкость 9

— 36НХ — Температурный коэффициент линейного расширения 10

**Флогопит** — Температурный коэффициент линейного расширения 141 — Удельная теплоемкость 141

**Фосфид галлия** — Молярная теплоемкость 165

— германия — Молярная теплоемкость 173

— кадмия — Молярная теплоемкость 172

— кремния — Молярная теплоемкость 173 — Типы решеток 173

— цинка — Молярная теплоемкость 172

**Фтористый барий** — Температурный коэффициент линейного расширения 143

— кадмий — Температурный коэффициент линейного расширения 143

— кальций 143 — Температурный коэффициент линейного расширения 143 — Теплопроводность 143

— магний — Температурный коэффициент линейного расширения 143

**Фторопласт** — Температурный коэффициент линейного расширения 232

## Х

**Халькогенид индия** — Температурный коэффициент линейного расширения 174

— меди — Теплопроводность монокристаллов 174

— никеля — Температурный коэффициент линейного расширения 175

— свинца — Концентрация носителей тока 175

**Хлористая ртуть** — Температурный коэффициент линейного расширения, измеренный в различных направлениях 187 — Удельная теплоемкость 187

**Хлористое серебро** — Теплопроводность при высоких давлениях 145

**Хлористый кадмий** — Температурный коэффициент линейного расширения 141 — Теплопроводность 141 — Удельная теплоемкость 141

— калий 147 — Температуропроводность при повышенном давлении 147 — Теплопроводность при повышенном давлении 147 — Удельная теплоемкость при повышенном давлении 147

**Хлористый натрий** — Молярная теплоемкость 141 — Температурный коэффициент линейного расширения 141 — Теплопроводность 141 — Удельная теплоемкость 141

— монокристаллический — Средний температурный коэффициент линейного расширения 142

— при повышенном давлении — Температуропроводность 142 — Теплопроводность 142 — Удельная теплоемкость 142

**Хлористый рубидий** — Температуропроводность 188 — Теплопроводность 188 — Удельная теплоемкость 188

**Хром высокой чистоты** — Температурный коэффициент линейного расширения 67 — Теплопроводность 67 — Удельная теплоемкость 67

— технический — Температурный коэффициент линейного расширения 67 — Теплопроводность 67 — Удельная теплоемкость 67

— электродистиллированный — Температурный коэффициент линейного расширения 68

## Ц

**Цезий бромистый** — см. *Бромистый цезий*

**Целлюлозы** — Удельная теплоемкость 255

**Церий** — Теплопроводность 129 — Теплопроводность при глубоком охлаждении 129 — Удельная теплоемкость 129

**Цинк** — Температурный коэффициент линейного расширения 89 — Тепло-

проводность 89 — Удельная теплоемкость 89

**Цирконий** — Теплопроводность 68 — Удельная теплоемкость 68

## Ч

**Чугуны** — Температурный коэффициент линейного расширения 11 — Теплопроводность 11 — Удельная теплоемкость 11

## Ш

**Шарики стеклянные** — Теплопроводность при разном заполнении шариков и пор 261

## Щ

**Щелочные металлы** — Молярная теплоемкость 121 — Теплопроводность 121 — Типы 121 — Удельная теплоемкость 121

## Э

**Эбонит вспученный** — Теплопроводность 273

**Эпоксиды литейные** — Теплопроводность 248

**Эрбий** — Теплопроводность 128 — Удельная теплоемкость 128

**Этилен-пропилен блока сополимеров** — Удельная теплоемкость 226

**Этилтерeftалат** — Молярная теплоемкость сополимеров в зависимости от содержания мономеров 244



## СОДЕРЖАНИЕ

|   |     |
|---|-----|
| Предисловие ко второму изданию . . . . .                                      |     |
| Основные принятые обозначения . . . . .                                       |     |
| Принятые в таблицах сокращения . . . . .                                      |     |
| 1. Черные металлы . . . . .   | 28  |
| 2. Цветные металлы и сплавы на их основе . . . . .                            | 61  |
| 3. Тугоплавкие металлы и сплавы на их основе . . . . .                        | 83  |
| 4. Легкоплавкие металлы и сплавы на их основе . . . . .                       | 98  |
| 5. Легкие металлы и сплавы на их основе . . . . .                             | 121 |
| 6. Щелочные, щелочноземельные металлы, магний и сплавы на их основе . . . . . | 127 |
| 7. Редкоземельные металлы и сплавы на их основе . . . . .                     | 132 |
| 8. Благородные металлы и сплавы на их основе . . . . .                        | 137 |
| 9. Делящиеся металлы и сплавы на их основе . . . . .                          | 139 |
| 10. Кристаллы оптические . . . . .  | 150 |
| 11. Полупроводниковые материалы . . . . .                                     | 203 |
| 12. Материалы на основе углерода . . . . .                                    | 224 |
| 13. Полимерные материалы . . . . .  | 257 |
| 14. Теплоизоляционные материалы . . . . .                                     | 257 |
| Зернистые и порошковые материалы . . . . .                                    | 261 |
| Волокнистые теплоизоляционные материалы . . . . .                             | 265 |
| Ячеистые теплоизоляционные материалы . . . . .                                | 274 |
| Многослойная и сотовая тепловая изоляция . . . . .                            | 282 |
| 15. Сегнетоэлектрические материалы . . . . .                                  | 286 |
| 16. Стекло и керамика . . . . .   | 289 |
| 17. Камни и бетоны . . . . .  | 289 |
| Природные камни и искусственные заполнители для бетонов . . . . .             | 292 |
| Бетоны и растворы . . . . .   | 297 |
| 18. Лунные грунты . . . . .   | 304 |
| Список литературы . . . . .   | 314 |
| Предметный указатель . . . . .  |     |

ИБ № 3429

ИГОРЬ ГРИГОРЬЕВИЧ КОЖЕВНИКОВ, ЛЕОНИД АДОЛЬФОВИЧ НОВИЦКИЙ

### ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Редактор Т. Д. Онегина Художественный редактор С. С. Водчиц  
Технические редакторы: А. Ф. Уварова, Т. И. Андреева  
Корректор А. П. Озерова Оформление художника Г. Г. Кожанова

Сдано в набор 13.04.81. Подписано в печать 15.04.82. Т-09311. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.  
Усл. печ. л. 20,5. Уч.-изд. л. 29,33. Тираж 9000 экз. Заказ 568. Цена 1 р. 80 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение»,  
107076, Москва, Б-76, Стромьинский пер., д. 4.

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени  
Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой  
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств,  
полиграфии и книжной торговли. 193144, г. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.