

ВОЕННО-ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ  
ГЕНЕРАЛЬНОГО ШТАБА

---

**РУКОВОДСТВО**  
**ПО АСТРОНОМО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ РАБОТАМ**  
**ПРИ ТОПОГЕОДЕЗИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ВОЙСК**

**Часть 1**

**ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ**

*Утверждено начальником  
Военно-топографического управления Генерального штаба*

РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ ВТС

МОСКВА—1980

Руководство по астрономо-геодезическим работам при топогеодезическом обеспечении войск предназначается для использования в частях и подразделениях Военно-топографической службы и топогеодезических служб видов Вооруженных Сил.

Руководство состоит из трех частей: 1 — Геодезические работы, 2 — Астрономические и гравиметрические работы и 3 — Гироскопическое ориентирование.

В части 1 Руководства описываются геодезические приборы и вычислительные машины, а также даются рекомендации по закреплению пунктов на местности и постройке наружных знаков, излагаются методы определения координат и высот пунктов специальных геодезических сетей (СГС) и точек местности, азимутов и дирекционных углов направлений.

Часть 1 Руководства разработана коллективом авторов Военно-топографической службы.

Ответственный редактор *Н. Н. Воронков.*

---

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. К астрономо-геодезическим и гравиметрическим данным, определяемым в соответствии с настоящим Руководством, относятся:

- координаты и высоты пунктов специальных геодезических сетей (СГС), точек местности и различных объектов;
- азимуты и дирекционные углы сторон геодезических сетей и направлений на ориентирные пункты или местные предметы;
- значения ускорения силы тяжести и значения составляющих уклонений отвесных линий.

2. Для астрономо-геодезических и гравиметрических данных, определяемых при топогеодезическом обеспечении войск, установлены следующие ряды точности (табл. 1).

Ряды точности

Таблица 1

Астрономо-геодезические и гравиметрические данные	Средняя квадратическая погрешность определения
Координаты в Системе 1942 г.	1; 2; 5; 10; 20; 50 м
Высоты в Балтийской системе	0,5; 1; 2; 5; 10 м
Дирекционные углы (геодезические азимуты)	1; 2; 3; 5; 10; 15; 30; 60"
Ускорения силы тяжести в системе 1971 г.	0,5; 1; 2; 5 мГал
Составляющие уклонений отвесных линий на эллипсоиде Красовского	0,5; 1; 2; 5"
Астрономические азимуты	1; 2; 3; 5; 10; 15; 30; 60"

В качестве исходных используются пункты государственных геодезических, нивелирных и гравиметрических сетей. В тех районах, где плотность пунктов государственной геодезической сети (ГГС) недостаточна, развиваются СГС. Средние квадратические погрешности\* определения элементов СГС приведены в табл. 2.

\* Наряду с термином «погрешность» может употребляться термин «ошибка».

Точность определения элементов СГС

Вид сети	Средняя квадратическая погрешность определения		
	координат пунктов (относительно ГГС), м	дирекционных углов сторон и направлений на ориентирные пункты	высот пунктов, м
СГС-15	1	15"	2
СГС-30	2	30	2
СГС-60	5	60	5

Исходными для развития СГС служат пункты ГГС. В тех районах, где их нет, СГС могут развиваться в местной системе координат, относительно начального пункта которой и определяется точность координат пунктов СГС. Для определения координат начального пункта местной системы и согласования планового положения пунктов СГС с крупномасштабными топографическими картами в каждую СГС должно включаться несколько равномерно расположенных на местности контурных точек, которые надежно опознаны на карте.

Для определения масштаба СГС измеряется не менее двух базисов, а для ориентирования — не менее двух азимутов.

При развитии СГС на местности, слабо обеспеченной в геодезическом отношении, и отсутствии крупномасштабных карт в качестве исходных используются точки, координаты которых получены методом передачи на большие расстояния со средними квадратическими погрешностями 5, 10 и 20 м.

Плотность пунктов СГС должна быть, как правило, не менее 1 пункта на 20 км<sup>2</sup>, включая исходные пункты.

Для каждого пункта СГС устанавливается два ориентирных пункта в СГС-15 на расстоянии 500—1000 м, а в СГС-30 и СГС-60—200—500 м. Дирекционные углы на них определяются с той же точностью, что и в развиваемой СГС. Если с определяемого пункта СГС видны с земли соседние пункты, находящиеся не далее 3 км, то направление на ближайший из них можно использовать в качестве одного из ориентирных.

3. Координаты объектов и точек местности с точностью 1, 2, 5, 10 и 20 м определяются от пунктов ГГС и СГС. В качестве исходных служат пункты соответствующих сетей (табл. 3).

**Исходная основа для определения координат объектов  
и точек местности**

Средняя квадратическая погрешность определения координат относительно ГГС, <i>м</i>	Исходная геодезическая сеть
1	ГГС
2	ГГС, СГС-15
5	ГГС, СГС-15, СГС-30
10 и 20	ГГС, СГС-15, СГС-30, СГС-60

Координаты с точностью 20 и 50 *м* можно определять по топографическим картам масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000 соответственно, не менее чем от трех контурных точек, надежно опознаваемых на местности.

4. Высоты с точностью 0,5 и 1 *м* определяются из геометрического или тригонометрического нивелирования. Исходными для определения высот с точностью 0,5 *м* служат пункты нивелирной сети и пункты ГГС, высоты которых получены из геометрического нивелирования, а с точностью 1 *м*—и пункты геодезической сети, высоты которых получены из тригонометрического нивелирования.

Высоты с точностью 2 *м* определяются тригонометрическим нивелированием от пунктов ГГС и нивелирной сети.

Высоты с точностью 5 и 10 *м* могут определяться тригонометрическим или барометрическим нивелированием от пунктов ГГС, СГС-15 и СГС-30. При определении высот с точностью 10 *м* в качестве исходных могут использоваться также пункты СГС-60. Высоты с точностью 5 и 10 *м* можно определять по топографическим картам масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000 соответственно.

5. Астрономические азимуты с точностью 1 и 2'' определяются из астрономических наблюдений. Для определения азимутов с точностью 3, 5, 10, 15, 30 и 60'' используются астрономические и гироскопические методы.

6. Дирекционные углы (геодезические азимуты) с точностью 1 и 2'' определяются из астрономических наблюдений путем непосредственного получения геодезического азимута или по результатам определения астрономических азимута и долготы.

Дирекционные углы с точностью 3'' могут определяться из астрономических наблюдений, а также путем передачи ориентировки от сторон ГГС 1 и 2 классов или от направлений, дирекционные углы которых получены из астрономических наблюдений с точностью 1 и 2''.

Дирекционные углы с точностью 5, 10, 15, 30 и 60" могут определяться из астрономических и гироскопических наблюдений, а также путем передачи ориентировки от сторон ГГС или СГС.

Точность получения дирекционного угла в зависимости от точности определения астрономического азимута и составляющей уклонения отвесной линии в первом вертикале приведена в табл. 4.

Таблица 4

Точность определения астрономического азимута и составляющей уклонения отвесной линии в первом вертикале

Точность дирекционного угла (геодезического азимута)	Точность астрономического азимута	Точность составляющей уклонения отвесной линии в первом вертикале	
		широта менее 60°	широта более 60°
5"	3"	2"	1"
10	5	5	2
15	10	5	5
30	30	5	5
60	60	Поправка Лапласа не учитывается	

При определении дирекционных углов путем передачи ориентировки от сторон ГГС и СГС в качестве исходных используются стороны и направления соответствующих сетей (табл. 5).

Таблица 5

Исходная основа для определения дирекционных углов (геодезических азимутов) от сторон ГГС и СГС

Средняя квадратическая погрешность определения дирекционного угла (геодезического азимута)	Исходные стороны и направления
3"	Стороны ГГС 1—2 классов
5	Стороны ГГС 1—3 классов
10	Стороны ГГС 1—4 классов
15	Стороны ГГС и направления на ОРП
30	Стороны ГГС, направления на ОРП и СГС-15
60	Стороны ГГС, направления на ОРП, СГС-15 и СГС-30

7. Ускорения силы тяжести в Системе 1971 г. с точностью 0,5 и 1 *мГал* определяются абсолютным методом или относительным методом от пунктов опорной гравиметрической сети I, II и III классов.

Ускорения силы тяжести с точностью 2 и 5 *мГал* определяются по гравиметрическим картам масштабов 1 : 200 000 и 1 : 1 000 000 соответственно.

8. Составляющие уклонения отвесной линии на эллипсоиде Красовского с точностью 0,5" определяются астрономо-геодезическим методом.

Составляющие уклонения отвесной линии с точностью 1" определяются астрономо-геодезическим методом или по специальным картам, 2 и 5" — по специальным картам.

---

## Глава 1

# ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ УГЛОМЕРНЫЕ ПРИБОРЫ. ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ

## Оптические теодолиты

9. Для угловых измерений при топогеодезическом обеспечении войск применяют различные оптические теодолиты, соответствующие по точности основным типам — Т1, Т2 и Т5, которые определены ГОСТом 10529-70 (табл. 6).

Таблица 6

Основные типы теодолитов

Тип теодолитов	Наименование	Ср. кв. погрешность измерения горизонтального угла
Т1 (ОТ-02, ОТ-02М)	Теодолит высокоточный оптический	1"
Т2 (2Т2, Theo-010, Те-В1)	Теодолит точный оптический	2
Т5 (Т5К, 2Т5К)	Теодолит точный оптический	5

Примечание. Среднюю квадратическую погрешность измерения горизонтального угла вычисляют на основе лабораторных испытаний по отклонениям от среднего значения угла, полученного не менее чем из 12 приемов.

Основные технические характеристики оптических теодолитов приведены в приложении 1.

10. **Теодолит Т1.** В комплект прибора входят: теодолит в укладочном ящике, центрировочная плита, нераздвижной штатив, окулярные насадки для астрономических определений, электрооборудование и принадлежности для юстировки. Дополнительно могут поставаться накладной уровень и автоколлимационный окуляр.

Общий вид теодолита Т1 показан на рис. 1.

Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита Т1 и примеры отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам показаны на рис. 2.



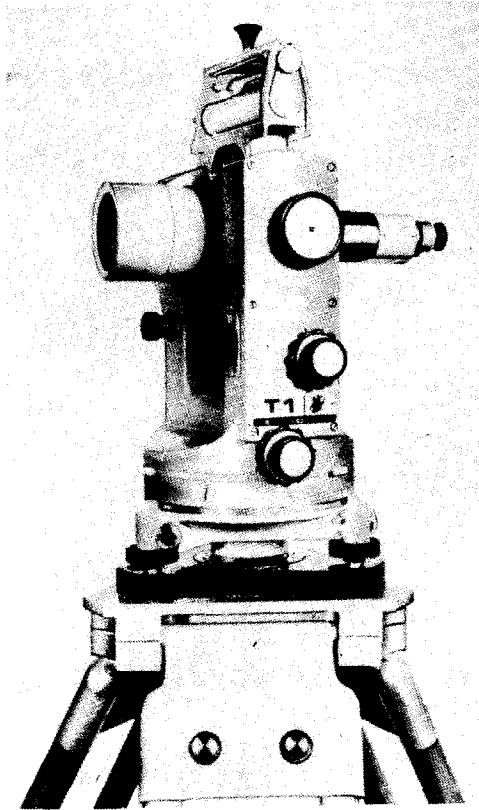
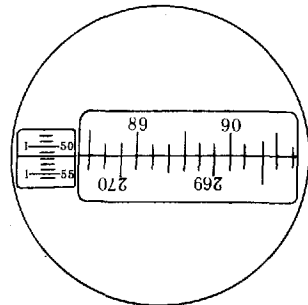
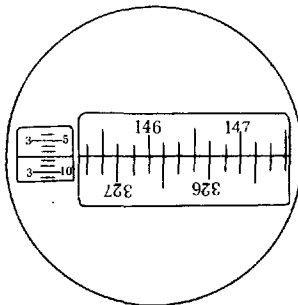


Рис. 1. Теодолит Т1

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ КРУГ

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ КРУГ



ОТСЧЕТЫ

по лимбу по шкале оптического микрометра	} 1-й	146°20'
		3 07, 7"
	} 2-й	07, 9
		146°23' 07, 8"

по лимбу по шкале оптического микрометра	} 1-й	89°25'
		1 51, 6"
	} 2-й	51, 4
		89°26' 51, 4"

Рис. 2. Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита Т1

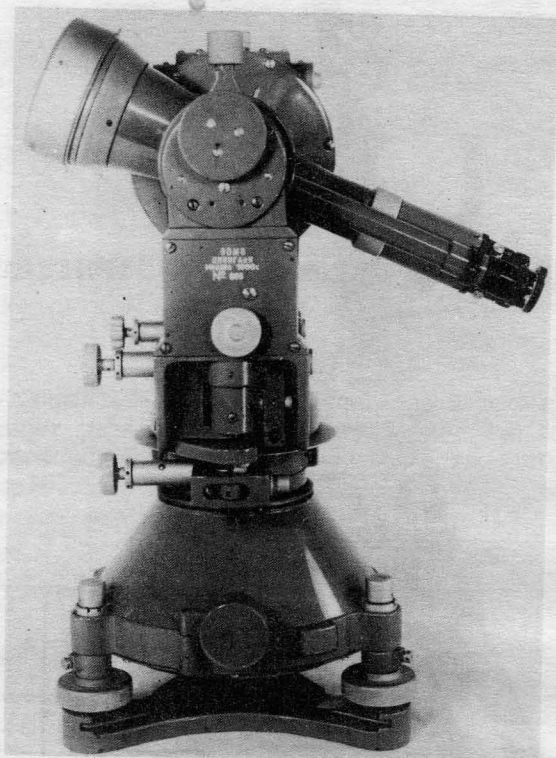
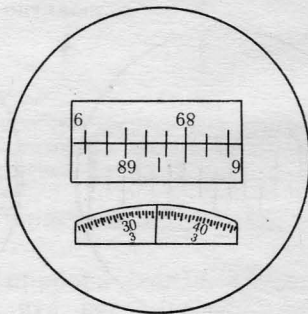
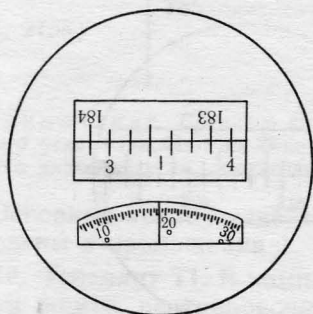


Рис. 3. Теодолит ОТ-02М

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ КРУГ

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ КРУГ



ОТСЧЕТЫ

по лимбу	}	1-й	$3^{\circ} 25'$
по шкале			$0 19, 8''$
оптического	}	2-й	$19, 4$
микрометра			$3^{\circ} 25' 19, 6''$

по лимбу	}	1-й	$89^{\circ} 15'$
по шкале			$3 34, 0''$
оптического	}	2-й	$34, 3$
микрометра			$89^{\circ} 18' 34, 2''$

Рис. 4. Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита ОТ-02М

**11. Теодолит OT-02M.** В комплект прибора входят: теодолит в металлическом футляре, нераздвижной штатив, центрировочная плита, ящик с принадлежностями, электрооборудование, приспособление для переноски теодолита, транспортировочный ящик, а также поворотная окулярная призма и светофильтр для астрономических работ.

Общий вид теодолита OT-02M показан на рис. 3.

Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита OT-02M и примеры отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам показаны на рис. 4.

**12. Теодолит T2.** В комплект прибора входят: теодолит в металлическом футляре, раздвижной штатив, ориентир-буссоль и принадлежности для юстировки. Дополнительно в комплект могут быть включены:

— оборудование для астрономических определений (накладной уровень, уровень Талькотта, астрономическая сетка нитей и зенитные насадки на окуляр зрительной трубы и микроскопа);

— электрооборудование для работы в ночных условиях;

— комплект визирных целей для измерения углов по трехштативной системе (четыре электрифицированные угломерные марки, три подставки, три штатива и двухсторонний оптический центрир);

— оптическая дальномерная насадка для измерения расстояний от 20 до 180 м с относительной средней квадратической погрешностью 1 : 2 000 и дальномерная насадка для измерения расстояний от 40 до 700 м с относительной средней квадратической погрешностью 1 : 1 500;

— уровень на зрительную трубу для нивелирования горизонтальным лучом;

— центрировочная плита для установки теодолита на столике наружного знака.

Общий вид теодолита T2 показан на рис. 5.

Поле зрения отсчетного микроскопа и пример отсчета по горизонтальному кругу показаны на рис. 6. Отсчеты по вертикальному кругу делаются аналогично.

**13. Теодолит Theo-010.** В комплект прибора входят: теодолит в футляре, раздвижной штатив, окулярные призмы для визирования при значительных углах наклона, электрооборудование для работы в ночных условиях и принадлежности для юстировки. Дополнительно в комплект могут быть включены:

— оборудование для астрономических определений (накладной уровень, уровень Талькотта и зенитные окуляры);

— комплект визирных целей для измерения углов по трехштативной системе (четыре электрифицированные угломерные марки, три подставки и три штатива).

Теодолит Theo-010 отличается зеркально-линзовая оптическая система зрительной трубы.

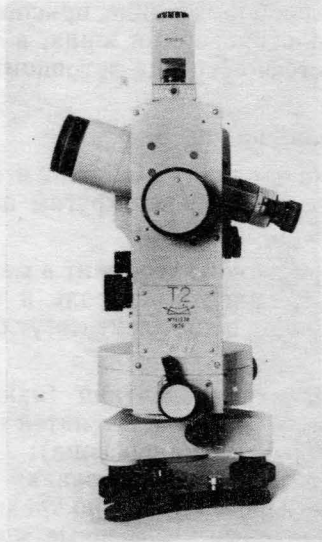
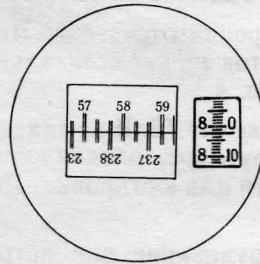


Рис. 5. Теодолит Т2



ОТСЧЕТЫ

по лимбу	} 1-й	57° 50'
по шкале		8 02, 4"
оптического	} 2-й	02, 5
микрометра		57° 58' 02, 4"

Рис. 6. Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита Т2

Общий вид теодолита Theo-010 показан на рис. 7.

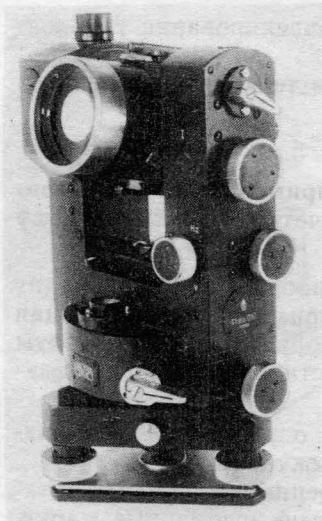


Рис. 7. Теодолит Theo-010

Отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам производятся, как и у теодолита Т2.

**14. Теодолит Т5К.** В комплект прибора входят: теодолит в футляре, раздвижной штатив, ориентир-буссоль и принадлежности для юстировки.

Дополнительно в комплект может быть включена дальномерная насадка для измерения расстояний.

Особенностями теодолита являются шкаловая система отсчета по кругам с точностью 0,1' и оптический компенсатор угла наклона, заменяющий уровень при алидаде вертикального круга. Точность установки компенсатора 3".

Общий вид теодолита Т5К показан на рис. 8.

Поле зрения отсчетного шкалового микроскопа и примеры отсчета по горизонтальному и вертикальному кругам показаны на рис. 9.

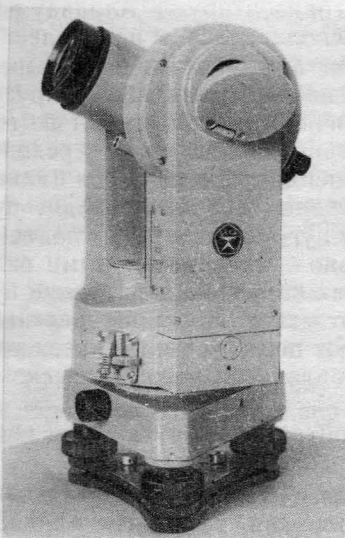
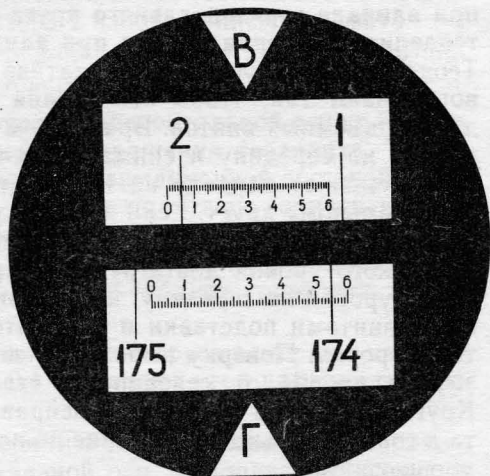


Рис. 8. Теодолит Т5К



Отсчеты:

По горизонтальному кругу  $174^{\circ}55,0'$   
 По вертикальному кругу  $2^{\circ}05,3'$

Рис. 9. Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита Т5К

### Поверки и исследования

15. Поверки теодолитов производят после получения их со склада или из ремонта, а также периодически во время работы. После всех поверок теодолитом измеряют 4—5 направлений шестью приемами и зенитные расстояния тремя приемами. Результаты измерений должны соответствовать допускам, установленным для тех видов работ, в которых будет применяться теодолит.

Поверки выполняют в следующем порядке.

16. **Проверка плавности вращения подъемных винтов подставки и ее устойчивости.** Вращение подъемных винтов подставки теодолита должно быть плавным, без скачков и срывов; качка винтов не допускается.

Устанавливают теодолит на прочном основании. Наводят зрительную трубу на резко очерченный предмет или марку и фиксируют положение алидады закрепительным винтом. Взявшись обеими руками за корпус подставки и наблюдая в зрительную трубу, легким усилием пытаются развернуть теодолит сначала в одну сторону, затем в противоположную. Если после каждой попытки разворота изображение возвращается на прежнее место, то подставка достаточно устойчива, у подъемных винтов качки нет. Если же изображение не возвращается, а расстояние между его новым и прежним местом превышает толщину штриха сетки нитей, подъемные винты требуют регулировки.

**17. Проверка перпендикулярности оси цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга к вертикальной оси вращения теодолита (проверка уровня при алидаде горизонтального круга).** Теодолит устанавливают на штативе и горизонтируют. Алидаду поворачивают так, чтобы ось уровня располагалась в направлении двух подъемных винтов. Вращением этих винтов приводят пузырек уровня на середину и снимают отсчет по горизонтальному кругу. Поворачивают алидаду на  $180^\circ$  и вторично снимают отсчет по горизонтальному кругу. Если пузырек уровня отклонится от середины не более чем на половину деления, перпендикулярность оси цилиндрического уровня достигнута. В противном случае приводят пузырек уровня на середину: на половину дуги отклонения — подъемными винтами подставки и окончательно — исправительными винтами уровня. Проверку выполняют до тех пор, пока отклонение пузырька уровня от середины не станет менее половины деления. Круглый уровень поверяют и исправляют после установки теодолита в горизонтальное положение по исправленному цилиндрическому уровню.

Проверку уровня при алидаде горизонтального круга выполняют перед началом наблюдений на пункте.

**18. Проверка правильности вращения алидады горизонтального круга.** После тщательного горизонтирования теодолита алидаду поворачивают на несколько оборотов в одном направлении и затем при установках алидады через каждые  $45^\circ$  берут отсчеты по ее уровню. Отклонение пузырька уровня от середины не должно превышать двух делений для теодолитов типов Т1 и Т2 и трех делений — для теодолитов типа Т5. При больших отклонениях пузырька уровня дефект устраняется в мастерской.

**19. Проверка правильности установки сетки нитей.** Теодолит тщательно горизонтируют и наводят зрительную трубу на нить отвеса, подвешенного на расстоянии 8—12 м от прибора. Вертикальная нить (биссектор) должна совпадать с изображением нити отвеса. В противном случае положение сетки нитей исправляется.

**20. Проверка перпендикулярности визирной оси зрительной трубы к оси вращения трубы (определение величины коллимационной ошибки).** Измеряют теодолитом при круге «лево» (КЛ) и круге «право» (КП) направление на отдаленный хорошо видимый предмет и по результатам измерений вычисляют величину двойной коллимационной ошибки по формуле

$$2C = \text{КЛ} - \text{КП} \pm 180^\circ.$$

Величина  $2C$  не должна превышать  $20''$  для теодолитов типов Т1 и Т2 и  $30''$  — для теодолитов типа Т5.

Если величина двойной коллимационной ошибки превышает установленный допуск, то ее уменьшают следующим образом:

— вычисляют среднее значение измеренного направления по формуле  $\alpha = \frac{1}{2}(\text{КЛ} + \text{КП}) - 90^\circ$ , затем при КЛ устанавливают винт алидады;

— исправительными винтами сетки нитей совмещают центральную вертикальную нить (биссектор) с изображением предмета.

После исправления коллимационной ошибки повторно проверяют по отвесу правильность установки сетки нитей.

**21. Проверка перпендикулярности горизонтальной оси вращения зрительной трубы к вертикальной оси вращения теодолита.** Теодолит с предварительно исправленной коллимационной ошибкой устанавливают в 20—30 м от стены здания и тщательно горизонтируют. На здании выбирают две расположенные примерно в одной вертикальной плоскости четкие цели: одну высоко расположенную — под углом наклона не менее  $20^\circ$ , а вторую — вблизи горизонта теодолита.

При обоих положениях вертикального круга измеряют направления на эти цели. С точностью  $0,1^\circ$  измеряют угол наклона высоко расположенной цели.

Величина неперпендикулярности  $i$  горизонтальной оси вращения зрительной трубы к вертикальной оси теодолита вычисляется по формуле

$$i = 0,5 \left[ (Л - П)_{\alpha \neq 0} - \frac{(Л - П)_{\alpha \approx 0}}{\cos \alpha} \right] \operatorname{ctg} \alpha,$$

где  $(Л - П)_{\alpha \neq 0}$  и  $(Л - П)_{\alpha \approx 0}$  — разности отсчетов при наблюдении при КЛ и КП на высоко расположенную цель и цель вблизи горизонта теодолита.

В качестве высоко расположенной цели можно использовать нить коллиматора (зрительную трубу вспомогательного теодолита), устанавливаемого перед поверяемым теодолитом так, чтобы можно было наблюдать „труба в трубу“ под углом наклона  $|\alpha| \geq \pm 20^\circ$ .

Значение угла  $i$  для теодолитов типа Т1 не должно превышать 10, Т2—15 и Т5— $20''$ . В противном случае теодолит следует отправить в мастерскую.

**22. Проверка правильности вращения зрительной трубы вокруг горизонтальной оси.** Зрительную трубу наводят на нить отвеса и перемещают в вертикальной плоскости в пределах  $2\text{—}3^\circ$  при помощи наводящего винта. Если вертикальная нить сетки отклоняется от нити отвеса, теодолит следует отправить для устранения дефекта в мастерскую.

**23. Проверка уровня при алидаде вертикального круга.** При КЛ и КП измеряют зенитное расстояние хорошо видимого удаленного предмета. Вычисляют место зенита  $MZ$  и зенитное расстояние  $Z$  по формулам:

для теодолита ОТ-02М (ОТ-02)

$$MZ = \text{КЛ} + \text{КП} - 180^\circ,$$

$$Z = \text{КП} - \text{КЛ} + 90^\circ;$$

для теодолитов типов Т1 и Т2

$$MZ = \frac{КЛ + КП \mp 360^\circ}{2},$$

$$Z = КЛ - MZ = MZ - КП.$$

Если величина  $MZ$  отличается от  $0^\circ 00' 00''$  более чем на  $20''$ , то положение уровня исправляют следующим образом:

— вычисляют отсчет при КЛ или КП, которому соответствует место зенита, равное нулю, по формулам:

для теодолита ОТ-02М (ОТ-02)

$$КЛ = 135^\circ - \frac{Z - MZ}{2},$$

$$КП = 45^\circ + \frac{Z + MZ}{2};$$

для теодолитов Т1 и Т2

$$КЛ = Z + MZ,$$

$$КП = MZ - Z;$$

— наводят зрительную трубу теодолита при КЛ или КП на ранее выбранный предмет и устанавливают на шкале оптического микрометра значения минут и секунд вычисленного отсчета;

— совмещают диаметрально противоположные штрихи лимба, вращая установочный винт уровня при алидаде вертикального круга;

— приводят на середину пузырек уровня при алидаде вертикального круга юстировочными винтами уровня.

После юстировки уровня величину  $MZ$  определяют вторично.

**24. Проверка компенсатора углов наклона теодолита Т5К.** Компенсатор должен обеспечивать постоянство отсчета по вертикальному кругу при уклонении вертикальной оси вращения от вертикали в пределах  $3'$ .

Проверку выполняют в следующем порядке. Устанавливают теодолит на штатив так, чтобы один из подъемных винтов подставки был расположен в направлении выбранной визирной цели, и горизонтируют теодолит с помощью цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга. Наводят зрительную трубу на цель и берут отсчет по вертикальному кругу. Поворачивают алидаду на  $90^\circ$  и наклоняют теодолит подъемным винтом подставки на  $3'$  (на 5—6 делений уровня при алидаде горизонтального круга в направлении визирной цели). Снова наводят зрительную трубу наводящим винтом на ту же цель и снимают отсчет по вертикальному кругу.

Те же действия выполняют при наклоне теодолита на  $3'$  в обратном направлении. Разность между отсчетами, полученными при наклоне теодолита в противоположных направлениях, не должна превышать  $12''$ .

Аналогичную проверку производят, наклоняя теодолит подъемными винтами на  $3'$  влево и вправо от плоскости визирования.



**25. Проверка места нуля теодолита Т5К.** Устанавливают нивелирную рейку в 10 м от теодолита. Приводят теодолит в рабочее положение и берут при небольшом произвольном наклоне зрительной трубы отсчеты по вертикальному кругу КЛ и по рейке  $h_n$  (в мм) при положении зрительной трубы КЛ. Переводят зрительную трубу в положение КП, устанавливают по вертикальному кругу отсчет  $КП = КЛ \pm 180^\circ$  и берут отсчет  $h_n$  по рейке. Место нуля (в секундах дуги) находится по формуле

$$MO = \frac{h_n - h_n}{2d} \rho'',$$

где  $d$  — расстояние от теодолита до рейки (в мм).

Место нуля теодолита не должно превышать 2—3'.

Для исправления места нуля ослабляют боковые исправительные винты и перемещают сетку нитей верхним и нижним исправительными винтами так, чтобы отсчет на рейке по горизонтальной нити был равен  $\frac{h_n + h_n}{2}$ . При этом может заметно увеличиться коллимационная ошибка теодолита. Поэтому после затяжки юстировочных винтов ее следует определить заново и, если необходимо, то исправить.

**26. Проверка оптического центра.** Для проверки оптического центра теодолитов Т1, Т2 и 2Т2, встроенного в алидадную часть, центрируют теодолит над точкой и тщательно горизонтируют. Поворачивают алидаду на  $360^\circ$ , наблюдая за положением точки, над которой центрирован теодолит. При этом изображение точки не должно выходить за пределы внутреннего кольца в поле зрения оптического центра. В противном случае необходимо отвинтить два винта и отсоединить от боковой стойки крышку оптического центра, закрывающую головки винтов, скрепляющих окулярное колено оптического центра со стойкой. Слегка освободив эти винты, перемещением окулярного колена в боковой плоскости добиваются совмещения визирной оси оптического центра с вертикальной осью вращения теодолита так, чтобы изображение точки не смещалось относительно центра сетки при вращении алидадной части теодолита.

Проверку оптического центра, встроенного в подставку теодолита, выполняют в следующем порядке:

— устанавливают теодолит на ровной площадке и тщательно горизонтируют;

— забивают в 3—5 м от теодолита кол, в торец которого устанавливают тонкую иглу, и на ее основание наводят перекрестие сетки нитей зрительной трубы;

— переводят зрительную трубу через зенит и забивают также в 3—5 м от теодолита второй кол, на торце которого отмечают иглой проекцию перекрестия сетки нитей;

— забивают вторую и третью пары колев с иглами при установке теодолита под углами  $60$  и  $120^\circ$  относительно первого положения;

— натягивают между иглами парных колев тонкие нити.

Пересечение нитей является точкой, над которой установлен теодолит. Перекрестие сетки нитей оптического центра должен совпадать с найденной точкой. Поверку оптического центра выполняют дважды при высотах прибора, отличающихся на  $30$ — $40$  см. Если перекрестие сетки нитей отклоняется от найденной точки более чем на  $2$  мм, оптический центр иротируют в мастерской.

**27. Поверка расположения оси накладного уровня в одной плоскости с горизонтальной осью вращения зрительной трубы (для перекладывающихся уровней).** Поворотом алидады располагают уровень по направлению двух подъемных винтов прибора и с их помощью приводят пузырек уровня на середину. Если при покачивании уровня на опорах вперед пузырек уходит в одну сторону, а при покачивании назад — в другую, то ось уровня и горизонтальная ось не лежат в одной плоскости. Эту погрешность устраняют с помощью боковых исправительных винтов уровня.

**28. Поверка параллельности оси накладного уровня и горизонтальной оси вращения зрительной трубы (для перекладывающихся уровней).** Приводят пузырек уровня на середину, замечают отсчет по одному из концов пузырька и перекладывают уровень на опорах. Если пузырек уходит в сторону, то приводят его к середине: на первую половину дуги отклонения — вертикальными исправительными винтами уровня, на вторую — подъемными винтами теодолита.

**29. Поверка перпендикулярности оси накладного уровня к вертикальной оси вращения теодолита (для уровней на подставке теодолита).** Горизонтируют теодолит и замечают отсчеты по лимбу и одному из концов пузырька накладного уровня. Поворачивают алидадную часть на нечетное число полных оборотов и устанавливают точно на первоначальный отсчет по лимбу. Вращают еще два-три раза алидаду по ходу и против хода часовой стрелки при других установках. Если пузырек уровня уходит от середины не более чем на два деления, теодолит считается отрегулированным. В противном случае его регулируют в мастерской. После этого приступают непосредственно к проверке перпендикулярности оси накладного уровня к вертикальной оси вращения теодолита. Горизонтируют прибор и поворотом алидады устанавливают ось накладного уровня по направлению двух подъемных винтов. Приводят пузырек уровня на середину, берут отсчет по горизонтальному кругу и поворачивают алидаду на  $180^\circ$ . Пузырек уровня не должен уходить в сторону более чем на два деления. В противном случае его приводят на середину: на половину дуги отклонения — подъемными винтами и окончательно — исправительными винтами уровня.

**30. Исследование систематических ошибок оптического микрометра.** Для выполнения исследования устанавливают теодолит на прочном основании и горизонтируют. На расстоянии  $10$ — $12$  м от

теодолита на бумажной марке, расположенной на стене здания или столбе, намечают тонкими штрихами малый угол  $\alpha$ , укладываемый в пределах шкалы оптического микрометра целое число раз. Исследование выполняют при пяти установках шкалы оптического микрометра. Измеряя угол, совмещают изображения одних и тех же штрихов горизонтального круга. Между установками круг переставляют так, чтобы отсчеты микрометра при наведении трубы по левому и правому направлениям приблизительно соответствовали отсчетам, указанным в табл. 7.

Таблица 7

Установки шкалы оптического микрометра

Номер установки	Теодолиты типа Т1		Теодолиты типа Т2	
	левое направление	правое направление	левое направление	правое направление
1	0'	1'	0'	2'
2	1	2	2	4
3	2	3	4	6
4	3	4	6	8
5	4	5	8	10

При исследованиях выполняют два прямых и два обратных хода. В прямом ходе (табл. 8) измерение углов начинают с первой установки, а в обратном — с последней. Измеряя угол первой установки (отсчет по шкале микрометра 0'), наводят зрительную трубу на левый штрих и головкой установочного приспособления горизонтального круга совмещают изображения двух любых его штрихов. Производят отсчеты по шкале оптического микрометра, дважды совмещая изображения штрихов головкой оптического микрометра. Затем наводящим винтом алидады наводят зрительную трубу на правый штрих и дважды отсчитывают по шкале микрометра, совмещая те же штрихи горизонтального круга. При данной установке повторяют измерения, вращая алидаду в обратном направлении. При каждой установке вычисляют среднее значение  $A_{cp}$ .

Измерения угла при последующих установках аналогичны. При всех установках находят средний угол  $A$  в каждом ходе. Затем вычисляют отклонения от среднего  $v_i = A_i - A_{cp}$ . Из полученных для каждой установки четырех значений  $v_i$  (из двух прямых и двух обратных ходов) берут среднее, которое не должно превышать 1" — для теодолитов типа Т1 и 1,5" — типа Т2.

**Исследование систематических ошибок  
оптического микрометра**

Теодолит ОТ-02М № 666

Прямой ход

6 февраля 1976 г.

Номер установки	Направление	Отсчет по микрометру	Направление	Углы полупрямая $A_1$	Отсчет по микрометру	Направление	Углы полупрямая $A_2$	Средние углы $A_{ср}$	Уклонение от среднего $v$
1	Л	0'02,3" 02,5	0'02,4"	0'59,3"	0'02,8" 03,2	0'03,0"	0'59,1"	•	-0,2"
	П	1 01,1 02,3			1 02,2 02,0				
2	Л	1 01,0 01,4	1 01,2	0 58,6	1 00,3 00,5	1 00,4	0 59,0	0 58,8	-0,6
	П	2 00,2 1 59,4			2 00,2 1 58,6				
3	Л	2 01,0 00,6	2 00,8	0 59,3	2 01,1 01,5	2 01,3	0 59,9	0 59,6	+0,2
	П	3 00,2 00,0			3 01,8 00,6				
4	Л	3 01,2 00,8	3 01,0	0 59,8	3 00,2 00,8	3 00,5	1 00,2	1 00,0	+0,6
	П	4 00,6 01,0			4 00,4 01,0				
5	Л	4 00,0 3 59,6	3 59,8	0 59,6	4 00,5 01,1	4 00,8	0 59,2	0 59,4	0,0
	П	4 59,6 59,2			5 00,4 4 59,6				

Среднее  $A = 0'59,4''$

**31. Определение рена оптического микрометра.** Реном оптического микрометра называют разность между номинальной величиной полуделения горизонтального (вертикального) круга теодолита и его величиной, определенной с помощью оптического микрометра. Для определения рена на шкале оптического микрометра устанавливают отсчет, близкий к нулю, и с помощью наводящего винта алидады приблизительно совмещают диаметрально противоположные штрихи  $\phi$  и  $(\phi + 180^\circ)$  верхнего и нижнего изображений круга. По

Таблица 9

Таблица установок алидады  
при определении рена оптического микрометра

Номера установок	Цена наименьшего деления круга	
	20'	10'
П р я м о й х о д		
1	0°00'	0°00'
2	45 20	45 10
3	90 40	90 20
4	135 00	135 30
5	180 20	180 40
6	225 40	225 50
7	270 00	270 00
8	315 20	315 10
О б р а т н ы й х о д		
9	337°40'	337°50'
10	292 20	292 40
11	247 00	247 30
12	202 40	202 20
13	157 20	157 10
14	112 00	112 00
15	67 40	67 50
16	22 20	22 40

шкале оптического микрометра берут дважды отсчеты  $A_1$ ,  $A_2$  и  $A_3$  при точных совмещениях штрихов соответственно:  $A_1$ — $\varphi$  и  $(\varphi+180^\circ)$ ,  $A_2$ — $(\varphi-\mu)$  и  $(\varphi+180^\circ)$  и  $A_3$ — $\varphi$  и  $(\varphi+180^\circ-\mu)$ , где  $\mu$ —величина наименьшего деления круга.

Отсчетам, полученным левее нуля шкалы микрометра, придается знак минус.

Значения рена для верхнего и нижнего изображений, выраженные в секундах, вычисляют по формулам:

$$r_{\text{в}} = A_1 - A_2 + \frac{\mu}{2},$$

$$r_{\text{н}} = A_1 - A_3 + \frac{\mu}{2}.$$

В табл. 9 приведены установки алидады при определении рена оптического микрометра для приборов, у которых круг разделен через 20 и 10'.

Величина рена  $r = \frac{r_{\text{в}} + r_{\text{н}}}{2}$  и разность  $\Delta r = r_{\text{в}} - r_{\text{н}}$  не должны превышать 0,5" — для теодолитов типа Т1 и 1" — типа Т2. Если указанные допуски не выдержаны, необходимо произвести юстировку отсчетного микроскопа в мастерской.

В табл. 10 приведен пример определения рена оптического микрометра теодолита Т2.

Рен отсчетной системы теодолитов с односторонним отсчетом по кругу (Т5К) определяется коллиматорным методом. В качестве коллиматора используется высокоточный теодолит (Т1), снабженный окулярным микрометром. Теодолиты устанавливают на расстоянии 3—5 м друг от друга, горизонтируют и фокусируют «на бесконечность». Оптические оси теодолитов совмещают (наблюдение «труба в трубу»).

Рен отсчетной системы определяют при следующих установках круга: при прямом ходе — 0, 60, 120, 180, 240 и 300°, при обратном — 30, 90, 150, 210, 270 и 330°.

Совмещают с помощью наводящего винта алидады штрих  $\varphi$  круга испытываемого теодолита со штрихом 0° шкалы его отсчетного устройства. Совместив сетки нитей теодолитов с помощью головки окулярного микрометра высокоточного теодолита, берут по нему отсчет  $b$ . Аналогичный отсчет  $b_1$  получают после совмещения штриха  $(\varphi-1^\circ)$  лимба испытываемого теодолита со штрихом 60 отсчетной системы. Для каждой установки круга вычисляют разности  $(b - b_1)$ . Среднее значение рена находят по формуле

$$r = 1/12 \sum_{j=1}^{12} (b - b_1).$$

Для теодолитов типа Т5 значение рена не должно превышать 3". При больших величинах теодолит отправляют для юстировки в мастерскую.

Определение рена оптического микрометра  
Теодолит Т2 № 6453

3 марта 1976 г.

установка алидады	Прямой ход					Обратный ход					
	A <sub>1</sub> 0'+	A <sub>2</sub> 10'+	A <sub>3</sub> 10+	r <sub>в</sub>	r <sub>н</sub>	установка алидады	A <sub>1</sub> 0'+	A <sub>2</sub> 10'+	A <sub>3</sub> 10'+	r <sub>в</sub>	r <sub>н</sub>
				A <sub>1</sub> -A <sub>2</sub> + +10'	A <sub>1</sub> -A <sub>3</sub> + +10'					A <sub>1</sub> -A <sub>2</sub> + +10'	A <sub>1</sub> -A <sub>3</sub> + +10'
0°00'	+0,2"	-0,2"	-1,9"	+0,4"	+2,1"	22°20'	-2,0"	-2,2"	-3,0"	+0,2"	+1,0"
	+0,8	-0,2	-1,3	+1,0	+2,1		-2,0	-2,0	-2,5	0,0	+0,5
45 20	0,0	0,0	-1,0	+0,70	+2,10	67 40	+1,6	+1,9	+0,4	+0,10	+0,75
	-0,7	-0,2	-1,0	0,0	+1,0		+1,6	+1,3	+0,6	-0,3	+1,2
90 40	+0,9	-0,8	-0,2	-0,5	+0,3		0,0	+0,3	+0,4	+0,3	+1,0
	+0,8	-0,9	-0,2	-0,25	+0,65	112 00	0,0	+0,3	+0,4	0,00	+1,10
135 00	+1,8	+2,2	+2,6	+1,7	+1,1		0,0	+0,3	+0,2	-0,3	-0,4
	+1,4	+2,4	+2,0	+1,7	+1,0	157 20	-1,0	+0,8	+0,9	-0,3	-0,2
180 20	+0,5	+0,6	+0,7	+1,70	+1,05		-0,4	+1,3	+0,6	-0,30	-0,30
	+1,2	+1,1	+1,0	-0,4	-0,8	202 40	+1,4	+0,6	-0,9	-1,8	-1,9
225 40	+0,2	+1,2	+0,5	-1,0	-0,3		+0,7	-0,2	-1,0	-1,7	-1,0
	+0,8	+1,2	+1,0	-0,70	-0,6	227 00	0,0	-0,9	-0,2	-1,75	-1,45
270 00	-2,0	-2,2	-1,0	-0,1	-0,2		-0,4	-0,4	-1,0	+0,8	+2,3
	-2,0	-2,4	-1,9	+0,1	+0,2	292 20	-0,8	-0,5	-1,2	+0,9	+1,7
315 20	-1,0	-1,4	-2,1	0,00	0,00		-1,0	-1,4	-0,9	+0,9	+1,7
	-1,2	-2,0	-1,9	-1,0	-0,3	247 00	0,0	-0,9	-0,2	+0,85	+2,00
				-0,4	-0,2		-0,4	-0,4	-1,0	+0,9	+0,2
				-0,70	-0,25	292 20	-0,8	-0,5	-1,2	0,0	+0,6
				+0,2	-1,0		-0,4	-0,4	-1,0	+0,45	+0,40
				+0,4	-0,1	337 40	+1,1	-0,2	-0,8	-0,3	+0,4
				+0,30	-0,55		+0,9	0,6	-0,7	+0,4	-0,1
				+0,4	+1,1					+0,05	+0,15
				+0,8	+0,7					+1,3	+1,9
				+0,60	+0,90					+1,5	+1,6
										+1,40	+1,75
				Среднее +0,21	+0,40					Среднее +0,10	+0,55
				r <sub>в</sub> =+0,16";	r <sub>н</sub> =+0,48";					r=+0,32";	Δr=-0,32".

32. Исследование ошибок совмещения штрихов круга. При различных произвольных установках алидады горизонтального круга примерно через  $15^\circ$  по всей окружности и через  $1^\circ$  в интервале  $82-97^\circ$  для вертикального круга выполняют по два совмещения изображений штрихов и вычисляют разности соответствующих отсчетов по микрометру (табл. 11). Средняя квадратическая погрешность одного совмещения у теодолитов типа Т1 не должна превышать  $0,3''$  — для горизонтального и  $0,6''$  — для вертикального круга, а типа Т2 для обоих кругов —  $0,6''$ .

Таблица 11

Определение ошибок совмещения штрихов

Теодолит ОТ-02М № 666

10 марта 1976 г.

Установки алидады	Отсчет по микрометру		$d = I - II$	Установки алидады	Отсчет по микрометру		$d = I - II$
	I совмещение	II совмещение			I совмещение	II совмещение	
Г о р и з о н т а л ь н ы й к р у г							
0°	1,4"	2,0"	-0,6"	180°	0,6"	0,8"	-0,2"
15	21,2	21,4	-0,2	195	7,6	7,4	+0,2
30	23,6	23,4	+0,2	210	3,2	3,6	-0,4
45	18,0	17,4	+0,6	225	3,4	2,8	+0,6
60	17,0	17,0	0,0	240	25,8	25,4	+0,4
75	7,4	7,8	-0,4	255	27,8	27,4	+0,4
90	15,0	15,2	-0,2	270	33,0	32,6	+0,4
105	2,6	2,2	+0,4	285	33,6	33,8	-0,2
120	9,8	10,4	-0,6	300	59,4	59,6	-0,2
135	14,4	14,2	+0,2	315	59,2	59,4	-0,2
150	8,4	8,2	+0,2	330	44,8	45,2	-0,4
165	10,6	11,0	-0,4	345	33,4	33,0	+0,4

$$[dd] = 3,28$$

$$m_{\text{гор. кр.}} = \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} = \sqrt{\frac{3,28}{48}} = 0,26''.$$

33. Исследование мертвого хода оптического микрометра теодолитов ОТ-02 и ОТ-02М. При установках алидады горизонтального круга через  $15^\circ$  дважды совмещают штрихи круга, вращая головку микрометра по ходу и против хода часовой стрелки. Между смеж-



ными установками алидады головку микрометра поворачивают на угол, который определяется по формуле

$$\varphi = \frac{\mu}{n},$$

где  $\mu$  — цена оборота головки оптического микрометра;  
 $n$  — число установок.

Отдельные разности «право минус лево» должны лежать в пределах от  $-1$  до  $+1''$ . Среднее из всех разностей  $\Delta$  характеризует систематическую часть «мертвого хода» оптического микрометра. Пример исследования приведен в табл. 12.

Таблица 12

Исследование «мертвого хода» оптического микрометра

Теодолит ОТ-02М № 666

15 марта 1976 г.

Установка алидады	Отсчет по микрометру при совмещении штриха вращением		Разность $\Delta = I - II$	Отклонение от среднего $v = \Delta - \Delta_{\text{ср}}$	Установка алидады	Отсчет по микрометру при совмещении штриха вращением		Разность $\Delta = I - II$	Отклонение от среднего $v = \Delta - \Delta_{\text{ср}}$
	вправо I	влево II				вправо I	влево II		
0°	0' 0,8"	1,4"	-0,6"	-0,84"	180°	2'25,2"	25,0"	+0,2"	-0,04"
15	12,9	13,3	-0,4	-0,64	195	37,7	37,1	+0,6	+0,36
30	25,2	24,6	+0,6	+0,36	210	50,8	50,2	+0,6	+0,36
45	37,4	37,8	-0,4	-0,64	225	3 3,3	2,7	+0,6	+0,36
60	49,8	49,6	+0,2	-0,04	240	15,5	15,5	0,0	-0,24
75	1 3,0	2,2	+0,8	+0,56	255	27,7	27,5	+0,2	-0,04
90	15,4	15,2	+0,2	-0,04	270	40,5	40,1	+0,4	+0,16
105	26,4	25,6	+0,8	+0,56	285	53,0	53,0	0,0	-0,24
120	38,5	37,7	+0,8	+0,56	300	4 6,5	5,9	+0,6	+0,36
135	50,2	50,4	-0,2	-0,44	315	19,0	19,4	-0,4	-0,64
150	2 3,3	3,3	0,0	-0,24	330	31,6	30,8	+0,8	+0,56
165	16,2	15,8	+0,4	+0,16	345	45,1	45,1	0,0	-0,24

$$\text{Среднее } \Delta_{\text{ср}} = +0,24''$$

$$[v^2] = 4,3184$$

Средняя квадратическая погрешность одной разности

$$\mu = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}} = 0,43''.$$

Средняя квадратическая погрешность средней разности

$$M = \frac{\mu}{\sqrt{n}} = 0,09''.$$

**34. Исследование эксцентриситета алидады горизонтального круга.** Алидадную часть теодолита при произвольном, но не изменяющемся положении лимба переставляют через  $30^\circ$  в прямом и обратном направлениях. При каждой установке алидады совмещают сначала изображения диаметрально противоположных штрихов круга (отсчет  $A$ ), а затем — верхнего штриха с неподвижным индексом в поле зрения отсчетного микроскопа (отсчет  $A_1$ ). Изменение разности  $v = A_1 - A$  характеризует эксцентриситет алидады. Вместо индекса, например в теодолите Т2, используют изображение одного из штрихов вертикального круга, видимого после поворота на  $45^\circ$  барабана переключающей призмы.

Пример определения эксцентриситета алидады горизонтального круга приведен в табл. 13.

По данным исследования строят график изменения величин  $v = A_1 - A$  по прямому и обратному ходам отдельно и проводят от руки аппроксимирующую кривую, близкую к синусоиде (рис. 10). Колебания величин  $v$  не должны превышать  $40''$ , а их отклонения от кривой —  $15''$ .

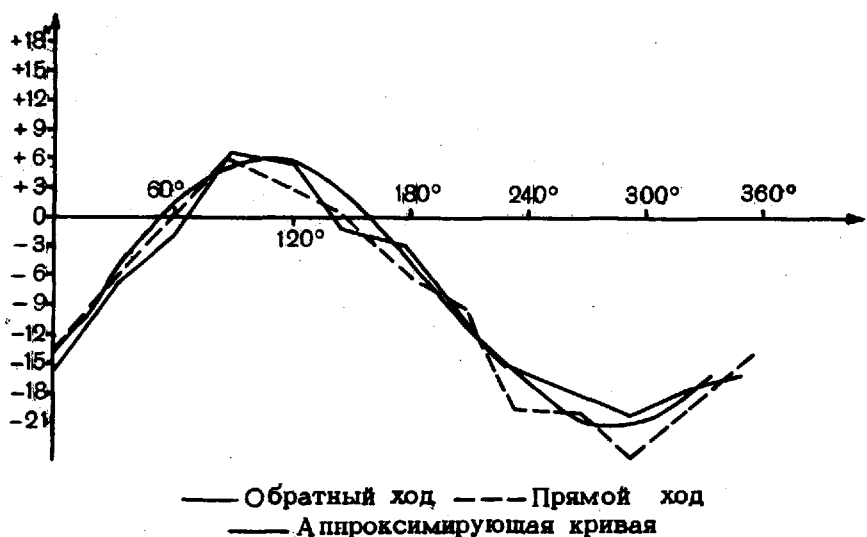


Рис. 10. График исследования эксцентриситета алидады горизонтального круга

**35. Исследование эксцентриситета горизонтального круга** выполняется по той же программе и на тех же установках, что и исследование эксцентриситета алидады. Разница лишь в том, что вместо алидады переставляют горизонтальный круг. Колебания величин  $v = A_1 - A$  для горизонтального круга не должны превышать  $40''$ .

Определение эксцентриситета горизонтального круга  
Теодолит ОТ-02М № 666

25 февраля 1976 г.

Установка алидады	Отсчет А при совмещении штрихов круга			Отсчет А <sub>1</sub> при совмещении верхнего штриха с индексом			v = A <sub>1</sub> - A	Установка алидады	Отсчет А при совмещении штрихов круга			Отсчет А <sub>1</sub> при совмещении верхнего штриха с индексом			v = A <sub>1</sub> - A
	I	II	ср.	I	II	ср.			I	II	ср.	I	II	ср.	
Прямой ход															
0°	20,2"	20,6"	20,4"	3,6"	3,6"	3,6"	-16,8"	180°	15,6"	15,2"	15,4"	12,0"	12,8"	12,4"	-3,0"
30	13,8	14,4	14,1	6,8	6,6	6,7	-7,4	210	12,6	12,8	12,7	2,2	2,0	2,1	-10,6
60	42,2	42,0	42,1	39,4	39,8	39,6	-2,5	240	25,2	24,8	25,0	8,8	9,0	8,9	-16,1
90	00,4	00,2	00,3	7,0	7,2	7,1	+6,8	270	31,0	30,8	30,9	12,8	12,6	12,7	-18,2
120	30,8	30,8	30,8	36,0	36,0	36,0	+5,2	300	46,6	47,0	46,8	26,0	26,4	26,2	-20,6
150	30,0	30,0	30,0	28,8	29,0	28,9	-1,1	330	25,2	25,4	25,3	7,4	7,0	7,2	-18,1
Обратный ход															
330	24,6	24,6	24,6	4,2	3,4	3,8	-20,8	150	17,2	17,4	17,3	17,6	17,2	17,4	+0,1
300	38,6	38,2	38,4	13,2	13,6	13,4	-25,0	120	31,0	31,2	31,1	34,0	33,6	33,8	+2,7
270	22,2	22,6	22,4	2,6	2,6	2,6	-19,8	90	48,8	48,8	48,8	54,6	54,8	54,7	+5,9
240	32,8	32,6	32,7	12,4	12,0	12,2	-20,5	60	25,2	24,6	24,9	24,0	24,6	24,3	-0,6
210	20,0	19,6	19,8	10,8	11,6	11,2	-8,6	30	16,8	17,0	16,9	10,4	10,4	10,4	-6,5
180	31,0	30,8	30,9	26,0	26,0	26,0	-4,9	0	18,6	18,8	18,7	3,8	4,0	3,9	-14,8

**36. Исследование фокусирующего устройства трубы.** Исследованию подвергаются теодолиты, предназначаемые для измерения горизонтальных углов со средней квадратической погрешностью 3" и менее при расстояниях до визирных целей менее 400 м.

Исследование заключается в многократном определении коллимационной ошибки. Для этого на ровном участке местности примерно в створе и на одной высоте устанавливают визирные цели. Расстояние до ближайшей из них должно быть равно наименьшему расстоянию визирования, а до остальных—5, 10, 25, 50, 100 и 400 м. В качестве визирных целей используются: на расстоянии 50 м и менее—швейные иголки, установленные в торцы колец, а 100 и 400 м—визирные марки. Визирование в одном приеме на все визирные цели производят при КЛ, а затем при КП, фокусируя каждый раз зрительную трубу. Всего выполняют шесть приемов наблюдения каждой цели и по каждому вычисляют коллимационные ошибки  $C_{s_i}$ , а затем находят среднее значение  $C_{s_{cp}}$  (табл. 14). Среднее квадратическое значение погрешности определения и нестабильности коллимационной ошибки вычисляют по формуле

$$m_s = \sqrt{\frac{[v^2]}{5}},$$

где  $v = C_{s_i} - C_{s_{cp}}$ .

Среднее значение из  $m_s$  по всем визирным целям вычисляют по формуле

$$m_c = \frac{[m_s]}{K},$$

где  $K$ — количество визирных целей.

Среднее значение  $m_c$  не должно превышать средней квадратической погрешности, с которой предполагается измерять углы.

Если значение  $m_c$  превышает допустимую величину и при измерениях направлений требуется перефокусировка трубы, то в каждом приеме необходимо сначала провести наблюдения одного направления при обоих кругах без изменения фокусировки, а затем изменить фокусировку и наблюдать следующее направление также при двух положениях круга.

**37. Исследование визирных марок.** Ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна к оси вращения марки и визирная ось оптического центра должна совпадать с осью вращения марки. Обе эти проверки выполняются так же, как и проверки теодолитов.

Оси симметрии элементов рисунка марки должны совпадать с осью вращения марки. Эта проверка касается марок, предназначенных для измерения углов со средней квадратической погрешностью 3" и менее при расстояниях до наблюдаемых пунктов менее 250 м.

Исследование фокусирующего устройства  
Теодолит Т1 № 3042

25 февраля 1976 г.

Приемы	S = 5 м		S = 10 м		S = 25 м		S = 50 м		S = 100 м		S = 400 м	
	C <sub>5</sub>	v <sub>5</sub>	C <sub>10</sub>	v <sub>10</sub>	C <sub>25</sub>	v <sub>25</sub>	C <sub>50</sub>	v <sub>50</sub>	C <sub>100</sub>	v <sub>100</sub>	C <sub>400</sub>	v <sub>400</sub>
1	+0,5"	+1,1"	-0,8"	-0,2"	-1,8"	-0,2"	+3,2"	+2,7"	+1,0"	+2,1"	-1,5"	-0,7"
2	-2,0	-1,4	0	+0,6	-1,0	+0,6	+3,0	+2,5	-2,8	-1,7	-0,4	+0,4
3	+0,2	+0,8	-0,8	-0,2	-2,6	-1,0	-1,2	-1,7	-0,2	+0,9	-0,6	+0,2
4	-0,8	-0,2	-1,0	-0,4	-1,8	-0,2	-1,2	-1,7	-2,3	-1,2	+0,8	+1,6
5	-1,0	-0,4	-0,6	0	-1,0	+0,6	-0,6	-1,1	-1,4	-0,3	-1,5	-0,7
6	-0,6	0	-0,5	+0,1	-1,5	+0,1	-0,2	-0,7	-1,0	+0,1	-1,6	-0,8
Среднее	-0,6		-0,6		-1,6		+0,5		-1,1		-0,8	
m <sub>S</sub>	0,9"		0,3"		0,6"		2,1"		1,4"		0,9"	

$$m_c = 1,0''$$

При проверке марку устанавливают на штативе и тщательно горизонтируют. В 3—5 м от нее устанавливают теодолит, горизонтируют и измеряют расстояние между осями вращения марки и теодолита с точностью до 1 см. Если марка имеет оптический центрир, точку, над которой она установлена, фиксируют иглой, если не имеет центрира — ось вращения марки фиксируют иглой, укрепляемой с помощью пластилина на верхнем ребре ее щитка. Для этого последовательно перемещая иголку вдоль ребра при развороте марки на 180°, придают ей правильное положение: изображение иголки при обоих положениях щитка марки должно находиться на вертикальной нити.

Двумя полными приемами измеряют направления на симметричные линии рисунка марки, левый и правый края светового отверстия и ранее установленную иглу. Средние значения направлений вписывают в табл. 15.

Таблица 15

Проверка совпадения осей симметрии рисунка щитка марки с осью вращения марки

Линии марки	Средние направления	$a^л - ц$ $ц - a^п$	$d''$	$d$ , мм	$l = 3 \text{ м } 40 \text{ см}$
$a^л_1$	16°05'38"	15'22"	14,5"	0,24	
$a^п_1$	35 53	14 53			
$a^л_2$	16 03	04 57	05,5	0,09	
$a^п_2$	26 08	05 08			
$a^л_3$	19 55	01 05	03,0	0,05	
$a^п_3$	21 59	00 59			
$a^л_4$	11 07	09 53	10,5	0,17	
$a^п_4$	31 14	10 14			
ц	16 21 00				

Вычисляют значения углов между осями симметрии и осью вращения марки для различных симметричных линий рисунка и светового отверстия ( $a^л - ц$ ,  $ц - a^п$ ).

Вычисляют несовпадения  $d$  оси вращения марки с осями симметрии в угловой— $d''$  и линейной— $d$  мерах по формулам:

$$d'' = (a^л - ц) - (ц - a^п), \quad d = d'' \frac{l}{\rho''},$$

где  $l$  — расстояние между осями вращения марки и теодолита.

При исследовании выбираются линии рисунка марки, используемые при визировании на короткие расстояния.

Несовпадения  $d$  оси вращения марки с осями симметрии рисунка и светового окна в плоскости щитка марки не должны превышать для визирных марок с оптическим центриром 0,5, без оптического центрира — 1 мм.

### Основные правила обращения с теодолитами при эксплуатации и хранении

38. При эксплуатации теодолитов необходимо соблюдать правила обращения с ними, как с высокоточными приборами, которые определены «Руководством по техническому обслуживанию, хранению и ремонту топогеодезических приборов и картоиздательского оборудования на центральных, окружных, войсковых складах и в подразделениях» (Р-69).

Прежде чем извлечь теодолит из ящика или металлического футляра для работы, нужно установить штатив. Брать теодолит следует только за подставку, за верхнюю часть — не разрешается. Установив на штатив, прибор необходимо сразу закрепить станковым винтом и защитить от прямых солнечных лучей и атмосферных осадков зонтом.

Вращать подвижные части теодолита следует плавно, без больших усилий; если вращение затруднено, установить и устранить неисправность.

Наводящие и подъемные винты должны быть в таком положении, чтобы они работали средней частью резьбы. Работа наводящими винтами должна заканчиваться ввинчиванием. Если винт завернут больше, чем нужно, его следует несколько вывинтить и продолжать работать на ввинчивание. При закреплении алидады, трубы и других частей прибора не надо слишком туго завинчивать крепежные винты.

Поднимать прибор на сигнал необходимо медленно с внешней стороны сигнала с помощью подъемного троса или канатов и блока, укрепленного на стойке сигнала выше площадки. К ящику прибора должны быть прикреплены контрольный и оттяжной канаты. Оттягивая последним прибор от сигнала, предупреждают удары ящика о сигнал.

Во время работы на сигнале нельзя оставлять теодолит без присмотра. При длительных перерывах прибор убирается в ящик, который покрывается брезентом и привязывается к внутренней пирамиде сигнала, при коротких — просто закрывается чехлом.

При переходе с одной точки на другую теодолит снимают со штатива и укладывают в ящик; переносить теодолит на штативе можно лишь на небольшое расстояние, удерживая его при этом в вертикальном положении.

При укладке теодолита в ящик следует отпустить крепежные винты, уложить теодолит в ящик, завернуть все упаковочные

винты и лишь после этого — закрепительные винты алидады и трубы; все принадлежности уложить в свои гнезда. Помещать в ящик посторонние предметы не разрешается.

### Измерение горизонтальных углов

39. Горизонтальные углы измеряют по способу круговых приемов или по способу измерения отдельного угла. Число приемов измерения горизонтальных углов указано в табл. 16.

Таблица 16

Число приемов измерения горизонтальных углов

Средняя квадратическая погрешность измерения угла	Число приемов измерения теодолитом типа	
	T1, T2	T5
1,5"	6+6	—
2	9	—
3	4	—
5	3	4
10	2	3
15	2	2

Измерение углов со средней квадратической погрешностью 1,5" производится двумя группами из шести приемов в различные периоды видимости. Расхождения между средними значениями углов в каждой группе не должны превышать 2".

При измерении углов со средней квадратической погрешностью 3" и менее при длинах сторон до 2 км в качестве визирных целей используются угломерные марки.

Работу на пункте выполняют в следующем порядке:

- устанавливают теодолит, находят пункты, подлежащие наблюдению, и составляют программу наблюдений;
- определяют элементы центрировки и редукции (элементы приведения);
- измеряют горизонтальные направления в сети и направления на ориентирные пункты (ОРП);
- вторично определяют элементы центрировки и редукции;
- измеряют расстояния до ОРП;
- проверяют результаты наблюдения на пункте и составляют сводку результатов измерений горизонтальных направлений.

При измерении углов со средней квадратической погрешностью 5" и более элементы приведения определяют один раз.

Программу наблюдений для каждого пункта составляют с использованием проекта сети, выполненного на карте. Разбивают наблюдаемые направления на группы (не более восьми в каждой) и



выбирают начальное направление (направление на хорошо видимый удаленный предмет). Если на пункте несколько групп, то в каждую группу в качестве связующего включают начальное направление.

Ориентирование на пункте производят по компасу и карте.

При наблюдении со штатива необходимо обеспечить его устойчивость. Если грунт зыбкий, следует снять дерн, забить колья (толщиной 8—10 см), сделать углубления на их верхних срезах и в эти углубления установить ножки штатива.

Перед измерением горизонтальных направлений со столика наружного знака нужно убедиться в устойчивости и прочности столика, а также в том, что внутренняя пирамида нигде не соприкасается с площадкой для наблюдателя и лестницей.

При измерении углов со средней квадратической погрешностью 3" и менее необходимо проверить, чтобы луч визирования по всем направлениям проходил от столбов сигнала не ближе 20 см, а при меньшей точности измерения углов — не ближе 10 см.

После установки теодолита наблюдатель проверяет его устойчивость, правильность вращения алидады вокруг вертикальной оси и производит поверку уровня при алидаде горизонтального круга. Горизонтальные углы измеряют только теодолитом с исследованной подставкой.

В процессе наблюдений теодолит должен быть защищен от ветра и прямых солнечных лучей.

При измерении горизонтальных направлений необходимо:

— до начала наблюдений на данном пункте правильно отфокусировать зрительную трубу (по удаленному хорошо видимому предмету) и отсчетный микроскоп и сохранять установленную фокусировку на все время наблюдений;

— устанавливать наилучшее освещение поля зрения отсчетного микроскопа, добиваясь равномерного освещения изображений диаметрально противоположных штрихов круга;

— не завинчивать слишком туго закрепительные винты и при работе использовать среднюю часть наводящих винтов алидады и зрительной трубы;

— тщательно горизонтировать прибор и следить, чтобы пузырек уровня при алидаде горизонтального круга в течение приема не смещался более чем на два деления (пузырек уровня приводится на середину в перерыве между приемами);

— плавно, без рывков, вращать алидаду и зрительную трубу; окончательное наведение биссектора на изображение наблюдаемого предмета выполнять только ввинчиванием наводящего винта; если при этом нити перейдут через предмет, то повторить наведение;

— устанавливать горизонтальную нить вблизи изображений наблюдаемых предметов примерно на одинаковом расстоянии от них (в одном полуприеме выше, в другом — ниже) во избежание влияния на результаты измерений остаточного наклона вертикальной нити зрительной трубы;

— совмещать изображения одних и тех же диаметрально противоположных штрихов горизонтального круга вращением головки микрометра только по ходу часовой стрелки.

40. Все полевые измерения записывают в журнал установленной формы. Запись ведут простым карандашом разборчиво, аккуратно. Неправильную запись зачеркивают так, чтобы ее можно было прочитать, и сверху делают правильную запись. При исправлении чисел зачеркивают все число, а не отдельные цифры, и сверху пишут полностью новое число. Отсчеты, снятые со шкалы оптического микрометра (единицы минут и секунды), исправлять запрещено.

Одни и те же пункты в различных полевых материалах должны быть названы одинаково. Также должны полностью совпадать соответствующие данные, записанные в различные журналы.

Название наблюдаемого пункта записывают на каждой странице журнала, а наблюдаемых направлений — в каждом приеме. В начале и в конце наблюдений на каждом пункте записываются дата и время, а также сведения о погоде и видимости; последние даются и в случаях их существенных изменений.

На титульном листе журнала указывают: год производства работ, номер журнала, номер теодолита, фамилию наблюдателя и условное наименование части. Страницы полевого журнала нумеруют чернилами, а число страниц заверяется подписью соответствующего начальника. Кроме того, в журнале перед наблюдениями на каждом пункте (точке наблюдения) оформляется дополнительный лист со схемой измеренных направлений.

Переписывать полевые журналы не разрешается.

41. Горизонтальные направления способом круговых приемов измеряют при двух положениях вертикального круга с замыканием горизонта.

Каждый прием наблюдений выполняется в следующем порядке. В первом полуприеме наводят зрительную трубу теодолита на пункт, принятый за начальный. Вращением наводящего винта алидады наводят вертикальную нить (биссектор) зрительной трубы на визирную цель наблюдаемого пункта и записывают в журнал отсчеты по горизонтальному кругу (табл. 17). Далее, вращая алидаду по ходу часовой стрелки, наводят зрительную трубу на следующий пункт и снова записывают отсчеты по горизонтальному кругу и т. д. Полуприем наблюдения заканчивают повторным наведением трубы на начальный пункт — замыканием горизонта.

Для выполнения второго полуприема переводят зрительную трубу через зенит. Не изменяя положения лимба, вращением алидадной части против хода часовой стрелки наводят зрительную трубу на начальный пункт и записывают отсчеты по горизонтальному кругу. Вращая далее алидаду против хода часовой стрелки, наводят зрительную трубу поочередно на все пункты, которые наблюдались в первом полуприеме, но в обратном порядке. Второй полуприем также заканчивается повторным наблюдением начального направления.

**Журнал**  
измерения горизонтальных направлений  
круговыми приемами

Теодолит ОТ-02М № 666

Пункт: *Высокое*

Прием № 1

Дата: *17 августа 1976 г.*Погода: *ясно, видимость хорошая, ветер слабый, изображение отчетливое*

Название направле- ний	Круг	Отсчет по штрихам лимба	Отсчеты по мик- рометру		$\frac{A_1 + A_2}{2}$	$\frac{Л + П}{2}$	Значение направле- ния
			$A_1$	$A_2$			
<i>Городище</i>	Л	<i>0°00'</i>	<i>10,6"</i>	<i>11,0"</i>	<i>10,8"</i>	<i>12,2"</i> <i>00'12,6</i>	<i>0°00'00,0"</i>
	П	<i>180 00</i>	<i>14,4</i>	<i>14,6</i>	<i>14,5</i>		
<i>Рыбное</i>	Л	<i>98 38</i>	<i>07,6</i>	<i>07,2</i>	<i>07,4</i>	<i>38 08,6</i>	<i>98 37 56,4</i>
	П	<i>278 38</i>	<i>09,6</i>	<i>10,0</i>	<i>09,8</i>		
<i>Алексеево</i>	Л	<i>177 24</i>	<i>58,2</i>	<i>58,4</i>	<i>58,3</i>	<i>25 00,5</i>	<i>177 24 48,3</i>
	П	<i>357 25</i>	<i>02,8</i>	<i>02,6</i>	<i>02,7</i>		
<i>Перевал</i>	Л	<i>261 16</i>	<i>47,4</i>	<i>47,8</i>	<i>47,6</i>	<i>16 48,1</i>	<i>261 16 35,9</i>
	П	<i>81 16</i>	<i>48,4</i>	<i>48,8</i>	<i>48,6</i>		
<i>Липки</i>	Л	<i>313 52</i>	<i>51,4</i>	<i>51,6</i>	<i>51,5</i>	<i>52 52,4</i>	<i>313 52 40,2</i>
	П	<i>133 52</i>	<i>53,2</i>	<i>53,4</i>	<i>53,3</i>		
<i>Городище</i>	Л	<i>0 00</i>	<i>11,4</i>	<i>11,0</i>	<i>11,2</i>	<i>00 11,8</i>	—
	П	<i>180 00</i>	<i>12,6</i>	<i>12,4</i>	<i>12,5</i>		

Незамыкание  $\Delta_n = +0,4''$        $\Delta_n = -2,0''$ .

При наведении зрительной трубы на каждый пункт дважды совмещают и записывают отсчеты по оптическому микрометру.

В первом приеме горизонтальный круг устанавливают на отсчет, близкий к  $0^\circ 00'$ , а при переходе от одного приема к другому его переставляют на угол

$$\sigma = \frac{180^\circ}{m} + \frac{60'}{m},$$

где  $m$  — число приемов.

Разность между отсчетами  $A_1$  и  $A_2$  по барабану оптического микрометра при совмещении одноименных штрихов не должна превышать  $1''$  для теодолитов типа Т1 и  $2''$  — типа Т2.

Для каждого направления вычисляют среднее  $\frac{Л+П}{2}$  из отсчетов, полученных в первом и втором полуприемах; его записывают в соответствующую графу журнала. Для начального направления величину  $\frac{Л+П}{2}$  получают дважды, и ее среднее значение принимают за окончательное; его и вписывают сверху графы  $\frac{Л+П}{2}$ . Затем вычисляют приведенные к начальному значения остальных измеренных направлений, вычитая из каждого значения  $\frac{Л+П}{2}$  среднее значение  $\frac{Л+П}{2}$  для начального направления. Результаты вычислений записывают в графу „Значение направления“.

42. При измерениях углов круговыми приемами расхождения между результатами измерений на начальный пункт в начале и в конце полуприема (замыкание горизонта), а также колебания значений направлений из отдельных приемов у теодолитов типов Т1, Т2 и Т5 должны составлять 6, 8 и  $12''$  соответственно.

В тех случаях, когда результаты не удовлетворяют установленным допускам, наблюдения повторяют, руководствуясь следующими правилами:

— при недопустимом расхождении между результатами измерений на начальный пункт в начале и конце полуприема повторяют весь прием;

— при недопустимом колебании значений направлений в отдельных приемах направления, значения которых наиболее отличаются от среднего из всех приемов, измеряют повторно вместе с начальным направлением при тех же установках лимба; если вторично получится тот же результат, то направления измеряют вновь, изменив на  $5^\circ$  установку лимба;

— прием, в котором необходимо вторично измерить более трети всех направлений, повторяют целиком при той же установке лимба;

— при необходимости переделки более трети приемов измерения на пункте производят заново.

Если во время выполнения приема нарушаются нормальные условия работы (сбит или задет прибор, внезапный порыв ветра, ухудшилась видимость, просчет и т. п.), наблюдения повторяют при тех же установках лимба.

43. По окончании наблюдений на пункте проверяют правильность вычислений в полевых журналах и составляют сводку результатов измерений горизонтальных направлений (табл. 18). В сводке вычисляют средние значения измеренных направлений из всех приемов (с точностью до  $0,1$  или  $1''$ ) и их средние квадратические погрешности.

**Сводка результатов измерений горизонтальных направлений  
по способу круговых приемов**

Вывод средних направлений на пункте *Высокое*

Начальное направление: *Городище 0°00'00,0"*

Дата наблюдения	Номер приема	Установка лимба	Рыбное		Алексеево		Перевал		Липки		Величина замыкания	Примечание
			98°37'	<i>v</i>	177°24'	<i>v</i>	261°16'	<i>v</i>	313°52'	<i>v</i>		
7.VIII	I	0°00'	56,4"	-1,3"	48,3"	+1,6"	35,9"	-1,6"	40,2"	-0,9"	2,0"	
7.VIII	II	15 04	56,5	-1,2	47,9	+1,2	36,9	-0,6	40,7	-0,4	4,2	
7.VIII	III	30 08			46,6	-0,1	39,7	+2,2	40,8	-0,3	1,8	
7.VIII	IV	45 12	56,1	-1,6	46,1	-0,6	35,9	-1,6	40,3	-0,8	4,4	
7.VIII	V	60 16	57,4	-0,3	46,6	-0,1	39,2	+1,7	40,4	-0,7	2,8	
7.VIII	VI	75 20	59,7	+2,0	46,9	+0,2	39,0	+1,5	43,8	+2,7	3,6	
7.VIII	VII	90 24	57,8	+0,1	45,7	1,0	36,7	-0,8	41,4	+0,3	1,7	
7.VIII	VIII	105 28	58,0	+0,3	46,9	+0,2	38,1	+0,6	42,7	+1,6	3,5	
7.VIII	IX	120 32	57,5	-0,2	45,3	-1,4	36,3	-1,2	40,6	-0,5	3,2	
7.VIII	X	135 36	59,8	+2,1	46,7	0,0	38,0	+0,5	41,4	+0,3	2,1	
8.VIII	XI	150 40	58,1	+0,4	45,7	-1,0	37,9	+0,4	41,7	+0,6	3,6	
8.VIII	XII	165 44	56,5	-1,2	47,8	+1,1	36,2	-1,3	39,5	-1,6	0,7	
8.VIII	III bis	30 08	58,6	+0,9								
Среднее			57,7		46,7		37,5		41,1			$[[v]] = 44,8$
[+v]				5,8		4,3		6,9		5,5		$\mu = k \frac{[[v]]}{n} = 1,0''$
[-v]				5,8		4,2		7,1		5,2		$M = \frac{\mu}{\sqrt{m}} = 0,3''$

В сводку записывают результаты всех приемов в порядке номеров, сначала — основных, а затем повторных, и, кроме того, для каждого приема — наибольшее значение незамыкания горизонта. Результаты, не принятые в обработку, зачеркивают.

При оценке точности измерений направлений на пункте вычисляют отклонения измеренных значений в приемах от соответствующих средних значений. Для контроля по каждому направлению определяют суммы положительных и отрицательных отклонений; различие между ними в единицах последнего знака не должно быть более чем  $m/2$ , где  $m$  — число приемов.

Среднюю квадратическую погрешность направления из одного приема вычисляют по формуле

$$\mu = k \frac{[|v|]}{n},$$

где  $k$  — коэффициент, зависящий от числа приемов (при 6 приемах  $k = 0,23$ , при 9—0,15 и при 12—0,11);

$[|v|]$  — сумма абсолютных значений отклонений измеренных направлений от соответствующих средних на данном пункте;

$n$  — число направлений, включая начальное.

Среднюю квадратическую погрешность направления, измеренного  $m$  приемами, вычисляют по формуле

$$M = \frac{\mu}{\sqrt{m}}.$$

**44.** При измерении горизонтальных углов по способу измерения отдельного угла (в одном приеме) необходимо:

— навести зрительную трубу теодолита, вращая алидаду только по ходу часовой стрелки, на левый предмет и записать отсчет по горизонтальному кругу;

— навести зрительную трубу на правый предмет и записать отсчет по горизонтальному кругу;

— перевести зрительную трубу через зенит, повернуть алидаду на  $180^\circ$  и, вращая ее против хода часовой стрелки, навести зрительную трубу на правый предмет и записать отсчет по горизонтальному кругу;

— навести зрительную трубу на левый предмет и записать отсчет по горизонтальному кругу.

Точное наведение биссектора сетки нитей трубы на предмет выполняют при помощи наводящего винта при закрепленной алидаде. Во время выполнения приема горизонтальный круг должен оставаться неподвижным. При каждом наведении биссектора дважды совмещают штрихи круга, снимают отсчеты  $A_1$  и  $A_2$  по оптическому микрометру и записывают их в соответствующие графы и строки журнала измерения горизонтальных направлений круговыми приемами (табл. 19). Вы-

числяют и записывают среднее значение  $\frac{A_1 + A_2}{2}$ , а затем из средних отсчетов, полученных при КЛ и КП наведением на один и тот же предмет, выводят среднее значение и записывают его в графу  $\frac{Л + П}{2}$ . По этим средним значениям вычисляют как разность измеренных направлений величину угла и записывают ее в графу „Значение направления“.

Таблица 19

**Пример записи результатов измерения горизонтальных углов по способу измерения отдельного угла**

Теодолит Т2 № 103342

Пункт: № 3

Приемы № 1, 2 и 3

Дата: 26 мая 1976 г.

Погода: пасмурно, ветер слабый, видимость хорошая, изображение отчетливое.

Номер направлений	Круг	Отсчет по штрихам лимба	Отсчеты по микрометру		$\frac{A_1 + A_2}{2}$	$\frac{Л + П}{2}$	Значение направления (угла)	
			A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>				
<b>Прием № 1</b>								
№ 2	Л	0°00'	02,8"	03,2"	03,0"	00'04,8"	146°28'01,9"	
	П	180 00	07,0	06,0	06,5			
№ 4	Л	146 28	04,0	04,0	04,0	28,06,7		
	П	326 28	09,2	09,6	09,4			
<b>Прием № 2</b>								
№ 2	Л	20 06	06,4	06,6	06,5	06 08,6		146 28 03,3
	П	200 06	10,6	10,8	10,7			
№ 4	Л	166 34	09,8	10,0	09,9	34 11,9		
	П	346 34	14,0	13,8	13,9			
<b>Прием № 3</b>								
№ 2	Л	40 12	23,4	25,4	24,4	12 26,2	146 28 02,4	
	П	220 12	28,0	28,0	28,0			
№ 4	Л	186 40	26,8	27,2	27,0	40 28,6		
	П	6 40	30,0	30,4	30,2			

При переходе от одного приема к другому круг переставляют на угол

$$\sigma = \frac{180^\circ}{m} + \frac{60'}{m},$$

где  $m$  — число приемов.

Колебания значений углов из отдельных приемов не должны превышать 6, 8 и 12" для теодолитов типов Т1, Т2 и Т5 соответственно.

Если результаты не соответствуют указанным допускам, наблюдения повторяют. В тех случаях, когда в переделке нуждается более трети приемов, измерения на пункте выполняют заново.

### Измерение зенитных расстояний

45. Измерение зенитных расстояний или углов наклона производят в периоды достаточно четких изображений визирных целей, исключая примерно 2 ч перед восходом и заходом солнца. Измерения выполняются при двух положениях вертикального круга по одной нити.

Теодолит горизонтируют при КЛ и наводят на изображение визирной цели среднюю горизонтальную нить сетки, после чего приводят пузырек уровня при алиаде вертикального круга на середину и делают отсчет по вертикальному кругу. Затем переводят зрительную трубу через зенит и снова наводят горизонтальную нить на тот же объект, приводят уровень на середину и делают отсчет по вертикальному кругу. На этом прием измерений заканчивается. Если с одного пункта наблюдают несколько объектов, их разбивают на группы по 2—4 и в каждом приеме измеряют зенитные расстояния на все объекты группы сначала при КЛ, а затем при КП.

Место зенита  $MZ$ , зенитные расстояния  $Z$  или место нуля  $MO$  и углы наклона  $\alpha$  определяют по формулам:

для теодолитов ОТ-02 и ОТ-02М

$$MZ = \text{КЛ} + \text{КП} - 180^\circ; \quad Z = \text{КП} - \text{КЛ} + 90^\circ; \quad \alpha = \text{КЛ} - \text{КП};$$

для теодолитов типов Т1 и Т2

$$MZ = \frac{\text{КЛ} + \text{КП} \mp 360^\circ}{2}; \quad Z = \text{КЛ} - MZ = MZ - \text{КП};$$

для теодолита Т5К

$$MO = \frac{\text{КП} + \text{КЛ} + 180^\circ}{2};$$

$$\alpha = \text{КП} - MO = MO - \text{КЛ} - 180^\circ \text{ или}$$

$$\alpha = \frac{\text{КП} - \text{КЛ} - 180^\circ}{2}.$$

Колебания зенитных расстояний и мест зенита (нуля), вычисленных из отдельных приемов, не должны превышать 15". Средние значения зенитных расстояний округляют до 1".



Образец записи в журнале и вычисления зенитных расстояний, измеренных теодолитом Т2, приведен в табл. 20.

Таблица 20

**Журнал**  
**измерения зенитных расстояний**

Пункт: *Еремино, пир.*

Время: *9 ч 30 мин*

Дата: *7 сентября 1976 г.*

Высота инструмента над центром пункта  $i = 1,48$  м

Погода: *ясно, тихо, видимость хорошая, изображение отчетливое*

Название направления, место наведения	Отсчеты по вертикальному кругу		Среднее	Место зенита	Зенитное расстояние	
	I	II				
<i>Перевал, верх. в. ц.</i>	Л	89°39'38"	40"	89°39'39"	0°0'11"	89°39'28"
	П	270 20 43	43	270 20 43		
<i>Городище, верх. в. ц.</i>	Л	90 02 09	10	90 02 10	0 0 04	90 02 06
	П	269 57 57	59	269 57 58		
<i>Рыбное, верх. в. ц.</i>	Л	89 54 12	10	89 54 11	0 0 05	89 54 06
	П	270 05 58	00	270 05 59		

На каждом пункте измеряют и записывают в журнал высоту горизонтальной оси вращения зрительной трубы прибора ( $i$ ) и высоту верхнего среза визирного цилиндра ( $v$ ) над маркой верхнего центра. Высоты знака и прибора дважды измеряют металлической рулеткой или лентой. Для знаков высотой более 20 м одно измерение должно быть выполнено аналитическим способом. Расхождение результатов двух измерений не должно превышать 10 см. За окончательное принимается среднее из двух значений.

46. Аналитическое определение высот теодолита и знака производят одновременно с графическим определением элементов приведения (рис. 11).

Устанавливают теодолит от центра пункта на расстоянии не менее чем полуторная высота знака и измеряют рулеткой (лентой) расстояния от прибора до центра пункта  $d_1$ , а также до проекций на центрировочный столик точки стояния теодолита  $d_2$  и визирного цилиндра  $d_3$ . При углах наклона более 2° измеренные расстояния приводят к горизонту. Кроме того, измеряют высоту  $l$  центрировочного столика над центром пункта и углы наклона с точностью до 1' на центрировочный столик ( $\alpha_1$ ), теодолит на столике сигнала ( $\alpha_2$ ) и верх визирного цилиндра ( $\alpha_3$ ).

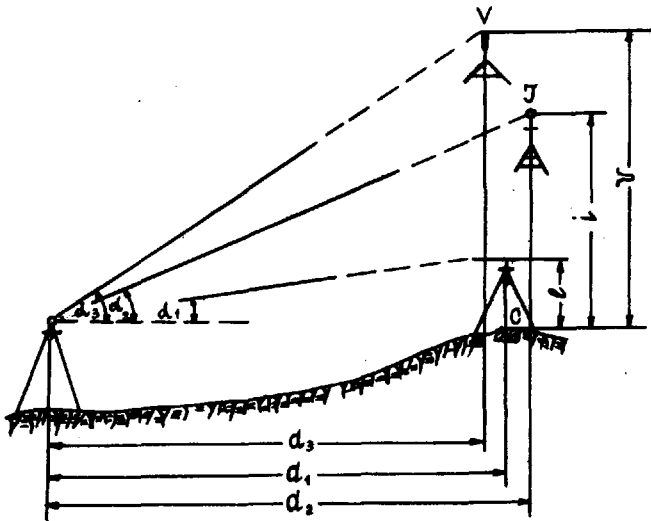


Рис. 11. Определение высоты теодолита и визирной цели над центром пункта

Высоты теодолита и знака определяют по формулам:

$$i = d_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2 - d_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 + l;$$

$$v = d_3 \cdot \operatorname{tg} \alpha_3 - d_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 + l.$$

Пример вычисления высот теодолита и знака на пункте *Высокое*

$$d_1 = 57,58 \text{ м} \quad \alpha_1 = 0^\circ 50'$$

$$d_2 = 57,72 \text{ м} \quad \alpha_2 = 23^\circ 52' \quad l = 1,48 \text{ м}$$

$$d_3 = 57,50 \text{ м} \quad \alpha_3 = 26^\circ 44'$$

$$i = 57,72 \cdot \operatorname{tg} 23^\circ 52' - 57,58 \cdot \operatorname{tg} 0^\circ 50' + 1,48 = 26,18 \text{ м}$$

$$\text{При непосредственном измерении} \quad \frac{i = 26,22 \text{ м}}{i_{\text{ср}} = 26,20 \text{ м}}$$

$$v = 57,50 \cdot \operatorname{tg} 26^\circ 44' - 57,58 \cdot \operatorname{tg} 0^\circ 50' + 1,48 = 29,61 \text{ м}$$

$$\text{При непосредственном измерении} \quad \frac{v = 29,67 \text{ м}}{v_{\text{ср}} = 29,64 \text{ м}}$$

### Определение элементов центрировки и редукции

47. Для приведения измеренных направлений к центрам пунктов определяют элементы центрировки ( $l$  и  $\theta$ ) и редукции ( $l_1$  и  $\theta_1$ ). Если наблюдения на пункте выполнены с нескольких станций, то элементы центрировки определяют для каждой из них. Элементы приведения получают, как правило, графически. В тех случаях, ког-

да они велики и не могут быть получены графически, прибегают к аналитическому способу определения.

**48. Графическое определение элементов приведения.** Проектируют на центрировочный лист точку стояния прибора (вертикальную ось вращения теодолита), ось визирной цели и центр пункта с помощью выверенного теодолита при двух положениях трубы с трех точек стояния, выбранных так, чтобы проектирующие плоскости пересекались примерно под углами  $60$  и  $120^\circ$ . На центрировочном листе отмечают точки, относящиеся к проекциям: теодолита —  $I_i$ , оси визирной цели —  $V_i$  и центра пункта —  $C_i$ . Индекс  $i$  при буквах указывает номер установки теодолита (рис. 12).

Для определения элементов приведения устанавливают над центром пункта легкую мензулу (специальный столик), на которую кнопками прикрепляют центрировочный лист, ориентированный с помощью компаса по направлению магнитного меридиана. Затем, установив на одной из выбранных точек теодолит и отгоризонтировав его, наводят зрительную трубу так, чтобы вертикальная нить совпала с осью симметрии визирной цели. Далее зрительную трубу опускают, пока в середине ее поля зрения не появится центрировочный лист. Помощник по указанию наблюдателя устанавливает отвесно на одном, а потом на другом краю центрировочного листа отточенный карандаш так, чтобы его острое совпадало с вертикальной нитью сетки зрительной трубы, и отмечает это положение на центрировочном листе точкой. Затем визирную цель проектируют на центрировочный лист при втором положении круга. В результате на краях центрировочного листа получают по две близко расположенных друг к другу точки; окончательный след проектирующей плоскости отмечают прямой, проходящей между этими точками. Так же проектируют точки  $I$  и  $C$  при данной установке теодолита, а затем — точки  $V$ ,  $I$  и  $C$  при второй и третьей установках и получают на центрировочном листе следы проектирующих плоскостей, проходящих через ось визирной цели, вертикальную ось прибора и центр пункта. Стороны треугольников погрешностей, образованных следами проектирующих плоскостей, не должны быть более  $5$  мм — для вертикальной оси теодолита и центра пункта и  $10$  мм — для оси визирной цели.

За окончательные проекции оси визирной цели, вертикальной оси теодолита и центра пункта принимают центры соответствующих треугольников погрешностей в точках  $V$ ,  $I$  и  $C$ .

Для ориентирования элементов приведения относительно измеренных направлений на центрировочном листе при помощи визирной линейки прочерчивают направления из точек  $I$  и  $C$  на пункт, принятый за начальный при измерении горизонтальных направлений, а для контроля — еще на один из наблюдавшихся пунктов. Если с земли наружные знаки указанных пунктов не видны, то в створах этих направлений выставляют вехи. Значение угла, образованного прочерченными на центрировочном листе направлениями, не должно отличаться от его значения, полученного при измерении теодолитом, более чем на  $2^\circ$ .

## Центрировочный лист № 21

Трапедия М-36-17

Пункт: *Высокое, сигн.*

Контрольный угол: *Городище, сигн.—Рыбное, сигн.*

на чертеже  $98^{\circ}00'$

из наблюдений  $98^{\circ}38'$

Элементы центрировки:

$$l = 0,026 \text{ м}$$

$$\theta = 86^{\circ}00'$$

Элементы редукции:

$$l_1 = 0,043 \text{ м}$$

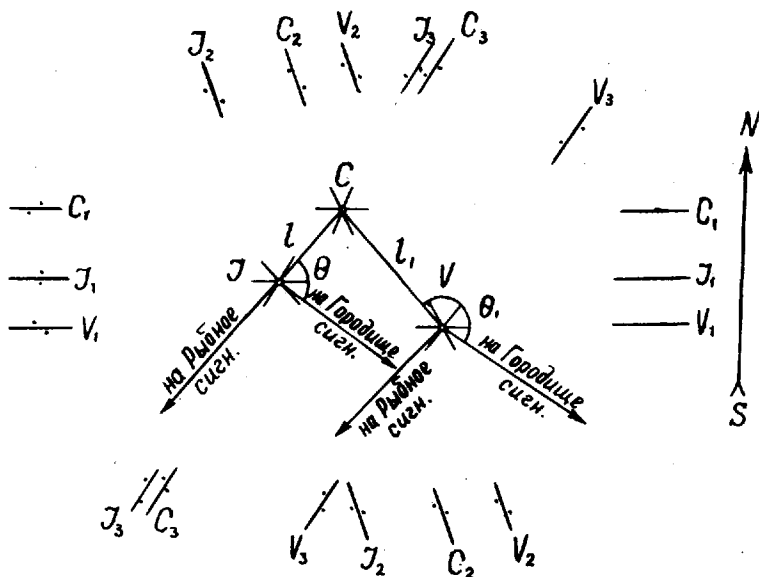
$$\theta_1 = 162^{\circ}00'$$

Начальное направление

*Городище, сигн.*

*Городище, сигн.*

Примечание. Углы  $\theta$  и  $\theta_1$  строят при проекции оси инструмента и оси визирной цели и отсчитывают по ходу часовой стрелки от направления на проекцию центра до направления на пункт.



Определение произвел \_\_\_\_\_

Центрировочный лист проверил \_\_\_\_\_

Центрировочный лист принял \_\_\_\_\_

Рис. 12. Образец оформления центрировочного листа

Элементами центрировки являются расстояние  $l$  от проекции  $I$  вертикальной оси теодолита до проекции  $C$  центра пункта и угол  $\theta$  при проекции вертикальной оси теодолита, отсчитанный по ходу часовой стрелки от направления на центр данного пункта до направления на начальный пункт. Элементами редукции являются расстояние  $l_1$  от проекции  $V$  оси визирной цели до проекции  $C$  центра пункта и угол  $\theta_1$  при проекции оси визирной цели, отсчитанный по ходу часовой стрелки от направления на центр данного пункта до направления на начальный пункт.

На каждом центрировочном листе должны быть указаны: название пункта, дата определения элементов приведения, значения величин  $l$  и  $l_1$  (до 1 мм),  $\theta$  и  $\theta_1$  (до 1'). Образец оформления центрировочного листа показан на рис. 12.

Значения элементов приведения записывают в сводке результатов измерения горизонтальных направлений на пункте.

**49. Аналитическое определение элементов приведения** выполняется с двух базисов  $b_1$  и  $b_2$ , выбираемых с таким расчетом, чтобы направления с их концов на определяемые точки  $C$ ,  $I$  и  $V$  пересекались под углом, близким к  $90^\circ$  (рис. 13). Базисы измеряют стальной землемерной лентой дважды с точностью до 1 см. На концах базисов измеряют углы  $\alpha$  и  $\beta$ . С точки стояния теодолита  $I$  измеряют углы  $A_1$  и  $A_2$  между начальным направлением и точками  $I$  и  $II$ .

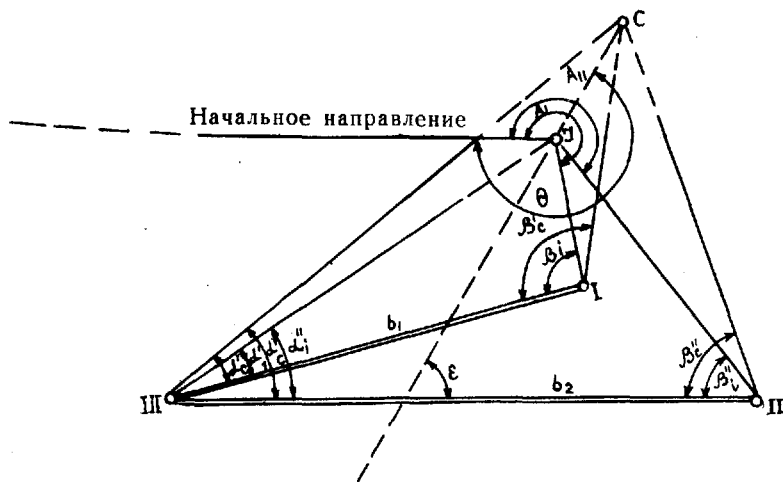


Рис. 13. Схема аналитического определения центрировок и редукций

## Вычисление элементов центрировки из аналитического определения

Обозначения и формулы	Базис $b_1$	Базис $b_2$
$b$	41,18 м	47,09 м
$A$	276°22,6'	273°31,8'
$\alpha_c$	86 29,1	88 29,2
$\beta_c$	48 14,3	43 24,5
$\alpha_i$	85 51,2	87 51,9
$\beta_i$	47 18,9	42 29,7
$\operatorname{tg} \alpha_c$	16,2799	37,8518
$\operatorname{tg} \beta_c$	1,1199	0,9459
$\operatorname{tg} \alpha_c + \operatorname{tg} \beta_c$	17,3998	38,7977
$\operatorname{tg} \alpha_i$	13,7932	26,8240
$\operatorname{tg} \beta_i$	1,0843	0,9162
$\operatorname{tg} \alpha_i + \operatorname{tg} \beta_i$	14,8775	27,7402
$x_c$	+ 2,650	+ 1,148
$x_i$	+ 3,001	+ 1,555
$x_c - x_i$	- 0,351	- 0,407
$y_c$	+43,142	+43,454
$y_i$	+41,393	+41,711
$y_c - y_i$	+ 1,749	+ 1,743
$l^2$	3,1822	3,2037
$l$	1,784 м	1,790 м
$l_{\text{ср}}$	—	1,787 м
$\operatorname{ctg} \varepsilon$	-0,2007	- 0,2335
$\varepsilon$	101°21'	103°09'
$360^\circ - A$	83 37	86 28
$\varepsilon + \beta_i$	148 40	145 39
$\theta$	232 17	232 07
$\theta_{\text{ср}}$		232°12'

Элементы приведения вычисляют по формулам:

$$x_i = b \frac{\operatorname{tg} \beta_i}{\operatorname{tg} \alpha_i + \operatorname{tg} \beta_i}; \quad y_i = x_i \operatorname{tg} \alpha_i;$$

$$x_c = b \frac{\operatorname{tg} \beta_c}{\operatorname{tg} \alpha_c + \operatorname{tg} \beta_c}; \quad y_c = x_c \operatorname{tg} \alpha_c;$$

$$l = \sqrt{(x_c - x_i)^2 + (y_c - y_i)^2};$$

$$\operatorname{ctg} \varepsilon = \frac{x_c - x_i}{y_c - y_i};$$

$$\theta = 360^\circ - A + \varepsilon + \beta_i,$$

где  $x, y$  — координаты определяемых точек  $I$  и  $C$  в условной системе координат;

$\varepsilon$  — вспомогательный угол;

$l, \theta$  — линейный и угловой элементы приведения.

Расхождение значений элементов приведения, определенных с двух базисов, не должно превышать для линейных 1 см, а для угловых 1°.

Пример вычисления элементов центрировки  $l$  и  $\theta$  из аналитического определения с двух базисов приведен в табл. 21.

### Предварительная обработка угловых измерений

50. Предварительную обработку угловых измерений выполняют для приведения измеренных углов (направлений) к центрам пунктов и на плоскость в проекции Гаусса. К предварительным вычислениям относятся:

- проверка полевых материалов (журналов измерения горизонтальных углов и зенитных расстояний, центрировочных листов);
- составление ведомости предварительной обработки;
- составление рабочей схемы сети;
- приближенное решение треугольников;
- вычисление приближенных координат пунктов;
- вычисление поправок в направления за центрировки и редукции и за приведение измеренных направлений на плоскость в проекции Гаусса.

51. Проверка полевых материалов. Журналы измерения горизонтальных углов и зенитных расстояний, центрировочные листы проверяются полностью в «первую руку» и во «вторую руку».

В журнале измерения горизонтальных углов (направлений) проверяют:

- схемы измеренных направлений;
- записи названий пунктов, типа прибора и цены деления шкалы оптического микрометра;
- выписку значений элементов приведения к центрам пунктов;
- выводы средних значений отсчетов по микрометру, среднего из значений начального направления в начале и конце полуприема и ошибки замыкания в каждом полуприеме, а также значения направления в каждом приеме;
- соответствие результатов измерений установленным допускам (п. 42);
- составление сводки результатов измерений горизонтальных направлений.

В журналах измерения вертикальных углов проверяют схемы измеренных направлений, правильность вычислений мест зенита и зенитных расстояний, средних значений из приемов, высот теодо-

лита и знаков. Особое внимание обращают на выполнение контроля правильности определения высот прибора и знака.

Все обнаруженные в полевых журналах ошибки исправляют красными чернилами. Каждое исправление проверяющий заверяет своей подписью.

На центрировочных листах проверяют:

— правильность измерения и выписки линейных ( $l$  и  $l_1$ ) с точностью до 1 мм и угловых ( $\theta$  и  $\theta_1$ ) с точностью до 15' элементов приведения;

— соответствие измеренных и определенных графически контрольных углов;

— наличие элементов приведения для всех станций на каждом пункте.

При этом сравнивают элементы первого и повторного определения.

Проверенные полевые материалы (журналы, центрировочные листы и др.) должны быть подписаны исполнителем, а также проверившим материалы во «вторую руку» и соответствующим начальником.

**52. Составление ведомости предварительной обработки.** Ведомость предварительной обработки (табл. 22) составляют после проверки полевых материалов независимо в «две руки». Из полевых материалов в ведомость для каждого пункта выписывают: название пункта, тип построенного на нем знака, номера журналов наблюдений и центрировочных листов, средние величины элементов центрировок и редуций на пункте, названия и значения измеренных направлений (табл. 18).

При наличии на пункте нескольких станций с различными элементами центрировки значения элементов записывают над соответствующими группами наблюдений.

Остальные графы ведомости заполняют по мере выполнения вычислений.

**53. Составление рабочей схемы сети.** Рабочую схему сети составляют на плотной бумаге в масштабе 1 : 200 000 или 1 : 100 000 с нанесением координатной сетки и вычерчивают тушью. Наносят по координатам исходные пункты, а от них графическими засечками — все остальные. Для этого при помощи транспортира от каждого из нанесенных на схему пунктов прочерчивают карандашом все наблюдаемые с него направления, за исключением ориентирных. Положение определяемого пункта накальвают в центре треугольника погрешностей, стороны которого не должны превышать 1,5 мм. Пункты и направления с них вычерчивают в соответствии с условными обозначениями (приложение 2).

**54. Приближенное решение треугольников** выполняют с целью получения значений длин сторон, необходимых для вычисления поправок за центрировки и редуции. Эти длины сторон могут быть ис-



Ведомость предварительной обработки

Название наблюдаемых пунктов и тип знака	Измеренные направления	Поправки					Плоские направления, приведенные к центру	Вычисление поправок за центрировку и редукцию				Приближенные координаты, км	
		<i>c</i>	<i>r</i>	<i>δ</i>	<i>c+r+δ</i>	<i>c+r+δ</i> , привед. к нулю		<i>M+θ</i>	<i>D, м</i>	<i>M+θ<sub>1</sub></i>	<i>r</i>	<i>x</i>	<i>y</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Высокое, сигн. Журнал № 29							Центрировочный лист № 21, 22 <i>l</i> = 0,028 м <i>l<sub>1</sub></i> = 0,046 м <i>θ</i> = 86°30' <i>θ<sub>1</sub></i> = 162°30'				6 186,54	-180,90	
Г р у п п а № 1													
Городище, сигн.	0°00'00,0"	+0,5"	+1,3"	-2,9"	-1,1"	0,0"	0° 0' 0,0"	86°30'	11 485	162°30'	+0,2"	6 180,17	-171,35
Рыбное, сигн.	98 37 57,7	-0,1	-0,9	-2,4	-3,4	-2,3	98 37 55,4	185 08	7 018	261 08	-1,3	6 181,35	-185,63
Алексеево, сигн.	177 24 46,7	-0,7	+0,3	+2,1	+1,7	+2,8	177 24 49,5	263 55	8 679	339 55	-0,4	6 191,03	-188,33
Перевал, пир.	261 16 37,5	-0,2	+2,4	+2,8	+5,0	+6,1	261 16 43,6	347 47	6 871	63 47	+1,2	6 192,77	-178,00
Липки, сигн.	313 52 41,1	+0,4	-1,8	+0,9	-0,5	+0,6	313 52 41,7	40 23	9 754	116 23	+0,9	6 188,64	-171,38
Г р у п п а № 2													
Городище, сигн.	0 00 00	+0,5	+1,3	-2,9	-1,1	0,0	0 0 0	86 30	11 486	162 30	+0,2	6 180,17	-171,35
Ориентирный пункт № 1	13 07 41	+8,7	—	—	+8,7	+9,8	13 07 51	99 38	652	—	—	—	—
Ориентирный пункт № 2	130 49 29	-5,0	—	—	-5,0	-3,9	130 49 25	217 20	702	—	—	—	—
Алексеево, сигн.	177 24 45	-0,7	+0,3	+2,1	+1,7	+2,8	177 24 48	263 55	8 679	339 55	-0,4	6 191,03	-188,33

пользованы и для вычисления приближенных координат пунктов сети. Из ведомости предварительной обработки в ведомость вычислений (табл. 23) выписывают измеренные значения углов треугольников, округляя их до десятков секунд или до десятых долей минуты. Значения углов из каждого треугольника выписывают в следующем порядке: первым — лежащего против исходной стороны, вторым — против промежуточной и третьим — против стороны, которая будет исходной для решения следующего треугольника. Последовательность треугольников намечают по рабочей схеме сети.

Таблица 23

Приближенное решение треугольников

Номер треугольника	Название вершин треугольников	Измеренные углы	Синусы углов	Длины сторон, м
1	<i>Перевал</i>	66°31'00"	0,91 718	<u>9 723</u>
	<i>Алексеево</i>	32 12 50	0,53 308	5 651
	<i>Еремино</i>	$\frac{81\ 16\ 20}{180\ 00\ 10}$	0,98 842	10 478
2	<i>Высокое</i>	83 51 50	0,99 427	10 478
	<i>Перевал</i>	55 26 30	0,82 355	8 679
	<i>Алексеево</i>	$\frac{40\ 41\ 30}{179\ 59\ 50}$	0,65 199	6 871

При решении каждого треугольника в первую очередь вычисляют величину

$$D = \frac{a}{\sin A},$$

где  $a$  — известная сторона треугольника;  
 $A$  — противолежащий стороне  $a$  угол.

Неизвестные стороны вычисляют по формулам:

$$b = D \sin B;$$

$$c = D \sin C.$$

В качестве исходных сторон принимают известные длины сторон сети.

Полученные значения длин сторон треугольников записывают на рабочую схему сети, а также в графу 10 ведомости предварительной обработки (табл. 22).

**55. Вычисление приближенных координат пунктов.** Приближенные координаты пунктов необходимы для вычисления поправок

за приведение направлений на плоскость в проекции Гаусса, а также расстояний между пунктами, когда они не могут быть получены из решения треугольников.

Приближенные координаты пунктов вычисляют по формулам:

$$x_3 = x_1 + D_{1,3} \cos \alpha_{1,3} = x_2 + D_{2,3} \cos \alpha_{2,3};$$

$$y_3 = y_1 + D_{1,3} \sin \alpha_{1,3} = y_2 + D_{2,3} \sin \alpha_{2,3},$$

где  $x_1, y_1$  и  $x_2, y_2$  — координаты исходных пунктов 1 и 2;

$x_3$  и  $y_3$  — координаты определяемого пункта 3;

$D_{1,3}$  и  $D_{2,3}$  — расстояния от исходных пунктов до определяемого;

$\alpha_{1,3}$  и  $\alpha_{2,3}$  — дирекционные углы направлений с исходных пунктов на определяемый.

Для ускорения приближенные координаты пунктов вычисляют по схеме вычисления полигонометрических ходов: выбирают „ходовую линию“ между двумя твердыми пунктами и последовательным вычислением координат каждого пункта получают координаты всех пунктов вершин „ходовой линии“, включая и координаты конечного твердого пункта. Расхождение  $w$  между вычисленными и твердыми координатами последнего пункта не должны превышать  $0,01\sqrt{n}$  км, где  $n$  — число вновь определенных пунктов по „ходовой линии“. Пример вычисления приближенных координат пунктов по „ходовой линии“ приведен в табл. 24.

Таблица 24

Вычисление приближенных координат пунктов по «ходовой линии»

Номера пунктов	Названия пунктов	Дирекционные углы	Длины сторон, м	Координаты и приращения	
				$x, \Delta x,$ км	$y, \Delta y,$ км
IV	Алексеево				
V	Еремино	48° 13' 37"		6 197,51	8 318,92
1	Перевал	146 57 10	5 651	-4,74	+ 3,08
2	Высокое	204 59 40	6 871	6 192,77	8 322,00
3	Рыбное	222 20 40	7 018	-6,23	- 2,90
II	Городище	94 45 20	14 329	6 186,54	8 319,10
I	Березово	212 47 30		-5,19	- 4,73
		212 47 45		6 181,35	8 314,37
				-1,19	+14,28
				6 180,16	8 328,65
				6 180,17	8 328,65
				$w_x = -0,01$	$w_y = 0,00$

**56. Вычисление поправок за центрировки и редукции.** Поправки  $c$  и  $r$  в секундах дуги за центрировки и редукции вычисляют по формулам:

$$c = \frac{2,06 \cdot l \sin(M + \theta)}{D};$$

$$r = \frac{2,06 \cdot l_1 \sin(M + \theta_1)}{D},$$

где  $l$  и  $l_1$  — линейные элементы центрировки и редукции (в см);  
 $\theta$  и  $\theta_1$  — угловые элементы центрировки и редукции;  
 $M$  — значение измеренного направления, для которого вычисляют поправку за центрировку;  
 $D$  — расстояние между пунктами (в км).

Знаки вычисленных поправок определяются знаками синусов углов  $(M + \theta)$  и  $(M + \theta_1)$ . Если эти углы меньше  $180^\circ$ , то поправки  $c$  и  $r$  имеют знак плюс, если больше — минус.

Поправки за центрировку и редуцию вычисляют и вводят в значения измеренных направлений с округлением до  $0,1''$ .

Полученные поправки вписывают в ведомость предварительной обработки (табл. 22): за центрировку  $c$  — в графу 3, за редуцию  $r$  — в графу 12; последние в дальнейшем вносятся в графу 4 (для тех пунктов, с которых производили наблюдения на данный пункт).

**57. Вычисление поправок за приведение направлений на плоскость в проекции Гаусса.** Поправки  $\delta$  за приведение направлений на плоскость в проекции Гаусса (в секундах) вычисляют по формуле

$$\delta_{1,2} = 0,00253 y_m (x_1 - x_2),$$

где  $y_m$  — ордината (от осевого меридиана зоны) средней точки стороны (в км);  
 $x_1$  и  $x_2$  — абсциссы начальной и конечной точек стороны (в км).

В полигонометрических (угловых) ходах поправку  $\delta$  за приведение угла на плоскость в проекции Гаусса вычисляют по формуле

$$\delta'' = 0,00253 y (x_3 - x_n),$$

где  $y$  — ордината пункта, на котором измерен угол (в км);  
 $x_3$  и  $x_n$  — абсциссы задней (з) и передней (п) точек хода (в км).

Если промежуточные направления по угловому ходу между исходными и определяемыми направлениями не используются как ориентирные, вычисляют суммарную поправку  $\Sigma \delta$  для всего хода по формуле

$$\sum_1^n \delta'' = 0,00253 [y_1 (x_{\text{оп}}^{\text{нач}} - x_2) + y_2 (x_1 - x_3) + \dots + y_n (x_{n-1} - x_{\text{оп}}^{\text{кон}})],$$

где  $x_i$  и  $y_i$  — координаты пунктов хода (в км);  
 $x_{\text{оп}}^{\text{нач}}$  и  $x_{\text{оп}}^{\text{кон}}$  — абсциссы пунктов, которые приняты за исходные в начале и конце хода (в км).

Поправки за приведение направлений на плоскость в проекции Гаусса вычисляют и вводят в значения измеренных направлений с округлением до  $0,1''$  при измерении углов со средними квадратическими погрешностями  $3''$  и менее и до  $1''$  при измерении углов со средней квадратической погрешностью  $5''$  и более. Вычисления производят непосредственно в ведомости предварительной обработки (табл. 22): вычисленные значения поправок  $\delta$  записывают в графу 5. Поправки  $\delta$  могут выбираться из таблицы (приложение 3).

При измерении углов со средней квадратической погрешностью  $5''$  и более значения координат  $x$  и  $y$  могут определяться по топографическим картам масштаба  $1 : 100\,000$  или  $1 : 200\,000$ , а со средней квадратической погрешностью  $3''$  и менее — по карте масштаба  $1 : 100\,000$ , или вычисляться с точностью до  $0,1$  км.

**58. Вычисление направлений, приведенных к центрам пунктов и на плоскость в проекции Гаусса.** Направления, приведенные к центрам пунктов и на плоскость в проекции Гаусса, получают путем введения в значения измеренных направлений поправок  $s$ ,  $r$  и  $\delta$ . С этой целью для каждого направления вычисляют сумму поправок  $s+r+\delta$ , которую записывают в графу 6 ведомости предварительной обработки (табл. 22). В графу 7 записывают разности между суммой поправок каждого направления и суммой поправок начального (нулевого) направления. Их алгебраически складывают с измеренными направлениями и записывают результат в графу 8.

После получения приведенных направлений считывают (сличают) ведомости предварительной обработки в «первую и вторую руку», выясняют и устраняют все обнаруженные расхождения. Расхождения до единицы последнего знака являются допустимыми. В этом случае их причины не выясняют и приведенные направления в ведомости «второй руки» исправляют по данным «первой руки».

**59.** При измерении горизонтальных углов со средней квадратической погрешностью  $1,5''$ , если угол наклона более  $2^\circ$ , в измеренное направление вводится поправка за наклон вертикальной оси вращения теодолита, а при величине составляющих отклонения отвесной линии более  $10''$  измеренные направления исправляются поправкой за уклонение отвесной линии.

Поправку в измеренное направление за наклон вертикальной оси теодолита учитывают в журнале наблюдений по формуле

$$\Delta'' = b \frac{\tau''}{2} \operatorname{ctg} Z,$$

где  $b$  — наклон вертикальной оси в полуделениях уровня;  
 $\tau$  — цена деления уровня;  
 $Z$  — зенитное расстояние.

У теодолитов типа Т2 и некоторых типа Т1 деления уровня не подписаны. В этом случае считают, что нуль шкалы уровня расположен в середине. Отсчеты по концам пузырька уровня берут в обе стороны от середины шкалы уровня (от ближайших штрихов). По данному направлению вычисляется наклон оси для каждого приема. С этой целью производят отсчеты уровня при двух положениях кру-

га. Отсчетом по левому концу пузырька (наблюдаемая цель впереди) дается знак плюс, а по правому — знак минус.

Наклон вычисляется по формуле

$$b = \frac{(Л_1 + П_1) + (Л_2 + П_2)}{2},$$

где  $Л_1$  и  $П_1$  — отсчеты уровня по левому и правому концам пузырька уровня в первом полуприеме;

$Л_2$  и  $П_2$  — то же во втором полуприеме.

Если теодолит имеет уровень при алидаде с подписями делений, наклон  $b$  вычисляется по формуле

$$b = \frac{(Л + П)_п - (Л + П)_л}{2},$$

где  $(Л + П)_п$  — сумма отсчетов по концам пузырька уровня в полуприеме, когда нуль шкалы справа,

$(Л + П)_л$  — то же в другом полуприеме, когда нуль шкалы слева от наблюдателя.

Поправку  $\Delta M$  в измеренное направление за уклонение отвесной линии в точке наблюдения вычисляют по формуле

$$\Delta M = (\eta \cos A - \xi \sin A) \operatorname{ctg} Z,$$

где  $\eta$  и  $\xi$  — составляющие уклонения отвесной линии в первом вертикале и меридиане соответственно;

$Z$  и  $A$  — зенитное расстояние и азимут редуцируемого направления.

Поправка  $\Delta M$  может учитываться в ведомости предварительной обработки в одной графе с поправкой  $\delta$  (табл. 22).

## Глава 2

### ПРИБОРЫ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ. ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИН ЛИНИЙ

60. При топогеодезическом обеспечении войск наиболее часто применяются следующие основные типы приборов для линейных измерений (табл. 25).

Таблица 25

**Основные типы приборов для линейных измерений**

Название прибора	Диапазон измеряемых расстояний $D$ , км	Средняя квадратическая погрешность измерения расстояния, $D$
Радиодальномер РДГВ	0,2—30	$(5 + 3 \cdot 10^{-6} D)$ см
Светодальномер СГ-3	днем 0,5—20 ночью 0,5—30	$(4 + 1 \cdot 10^{-6} D)$ мм
Топографический светодальномер 2СМ2	0,002—2	2 см
Квантовый топографический дальномер КТД-1	0,1—10	1,8 м
Стальные 20- и 24-метровые землемерные ленты	до 2	1:1 000 — 1:1 500

Основные технические характеристики указанных приборов даны в приложении 4.

#### Радиодальномер РДГВ

61. Радиодальномер геодезический с взаимозаменяемыми станциями РДГВ предназначен для линейных измерений при построении ГГС 2—4 классов и СГС.

Радиодальномер позволяет измерять расстояния днем и ночью, в туман, слабый дождь и снегопад. Измерения возможны со штатива и со столика сигнала.

В состав комплекта РДГВ входят: три взаимозаменяемые станции, работающие в двух режимах — «Ведомая» и «Ведущая», шесть аккумуляторных батарей типа 6СТ-54, три штатива, запасное имущество и принадлежности (ЗИП) и метеорологические приборы.

Общий вид радиодальномера показан на рис. 14.

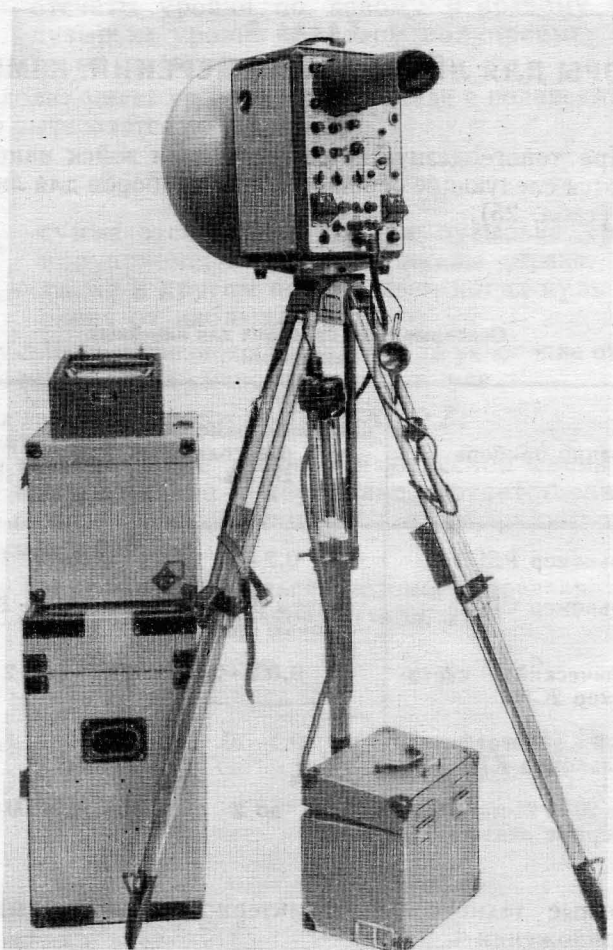


Рис. 14. Радиодальномер РДГВ

## Поверки и исследования

62. Поверки и исследования радиодальномера РДГВ выполняются с целью установления пригодности его к эксплуатации, подготовки к полевым измерениям и контроля стабильности его основных рабочих параметров.



Перед проведением проверок и исследований наблюдатель проверяет комплектность прибора, производит внешний осмотр и убеждается в возможности работы с прибором.

63. До начала полевых работ проверяется работа каждой станции комплекта, совместная работа станций и техническое состояние метеоприборов.

64. Проверка работы станции радиодальномера РДГВ выполняется в следующем порядке. Устанавливают ручки управления станцией в исходное положение (рис. 15). Подключают источник питания. При этом должна загореться сигнальная лампочка «Плавный», свидетельствующая о том, что напряжение подано на термостат кварцевых резонаторов. При нажатии кнопки «Вкл. ускор.» загорается лампочка «Ускоренный» (подогрев термостата), которая примерно через 15 мин должна погаснуть.

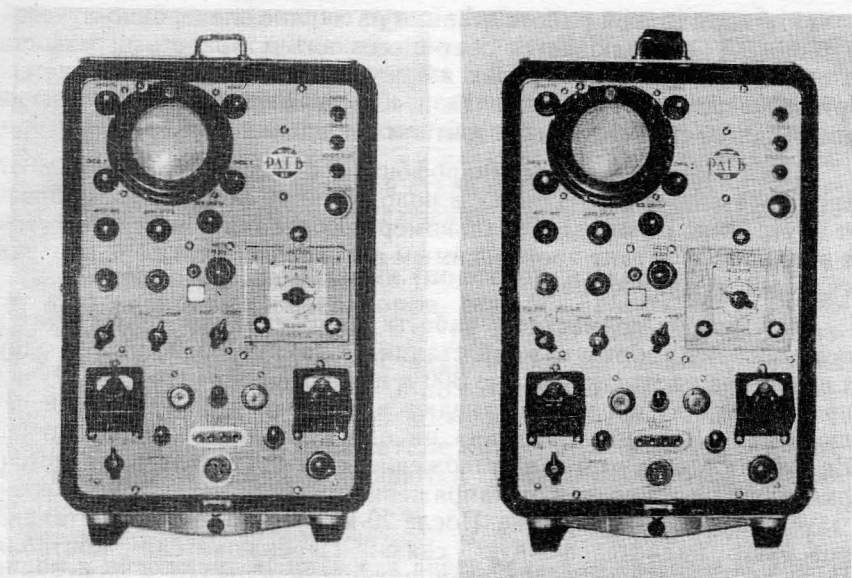


Рис. 15. Исходное положение органов управления станций радиодальномера РДГВ в режимах «Ведущая» (слева) и «Ведомая»

По показаниям прибора «Контроль» проверяют напряжение источника питания: переключатель контроля «Мод.-АРУ-Стаб.» переводят в положение «Стаб.», а тумблеры «Низкое» и «Высокое» (с интервалом в 1 мин) — в положение «Вкл.». Показания прибора должны соответствовать значениям, указанным на крышке станции.

Выключают высокое и низкое напряжения и после 15—20-минутного прогрева термостата (когда происходят периодические включения и выключения лампочки «Плавный») переводят тумблер «Низкое» в положение «Вкл.», а через 1 мин — тумблер «Высокое» в положение «Вкл.». Проверяют работу клистрона и смесителя, последовательно устанавливая на шкале клистронного генератора ручкой «Настр. резон.» отсчеты 1, 2, 3, . . . , 19, 20. При каждой установке вращением ручки «Напряж. отраж.» добиваются максимальных показаний прибора «Ток смесителя» (во всем диапазоне установок — не менее 20 делений).

Проверяют уровни модуляции и при необходимости регулируют их величину. Для этого устанавливают переключатель контроля «Мод.-АРУ-Стаб.» в положение «Мод.» и с помощью подстроечных конденсаторов, расположенных под крышкой с надписью «Амплитуда», устанавливают по прибору «Контроль» уровень модуляции на частотах  $+A$ ,  $-A$ ,  $A$ ,  $B$ ,  $C$  — 40, а на частоте  $D$  — 36 делений. После этого переключатель контроля устанавливают в положение «АРУ».

При нормальной работе станции на экране электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) наблюдается светящееся пятно, яркость и резкость которого при вращении ручек «Яркость» и «Фокус» изменяется. При вращении ручек «Смещ. Y» и «Смещ. X» пятно должно перемещаться по вертикали и горизонтали в пределах экрана.

Для проверки работы микрофона и телефона устанавливают переключатель «Разг.-Измер.» в положение «Разг.» и прослушивают внутренние шумы радиодальномера. Колебания светового пятна на экране ЭЛТ в такт произносимым в микрофон словам — признак исправности микрофона.

**65. Проверка совместной работы двух станций** производится после проверки работы каждой станции. Станции располагают одну от другой на расстоянии около 300 м и взаимно ориентируют. Ручки управления станций устанавливают в исходное положение, а переключатель «Ведущая-Ведомая» на одной станции — в положение «Ведущая», на другой — в положение «+л». Подключают источники питания и проверяют напряжение питания. Включают низкое и затем высокое напряжение. После 20-минутного прогрева станций проверяют радиотелефонную связь. Переключатели контроля «Мод.-АРУ-Стаб.» на обеих станциях устанавливают в положение «АРУ», переключатель «Разг.-Измер.» — в положение «Разг.».

На ведомой станции ручкой «Настр. резон.» устанавливают на шкале клистронного генератора отсчет 4, а ручкой «Напряж. отраж.» — максимальный отсчет по прибору «Ток смесителя». На ведущей станции вращением ручки «Настр. резон.» добиваются мак-

симального отклонения стрелки прибора «Контроль». При этом показания прибора «Ток смесителя» должны быть максимальными, а связь по радиотелефону — устойчивой.

Проверяют радиотелефонную связь во всем диапазоне несущих частот при последовательной установке шкалы клистронного генератора на ведомой станции на отсчеты 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 и 20. При появлении на экране ЭЛТ размытого шумами пятна оператор ведущей станции должен каждый раз перестраивать свою станцию (как указано выше). В режиме связи отсчет по шкале клистронного генератора на ведущей станции должен быть несколько меньше, чем на ведомой. Проверив радиотелефонную связь, на ведомой станции устанавливают на шкале клистронного генератора начальный отсчет (обычно 5). После подстройки ведущей станции ручкой «Настр. резон.» на экране ЭЛТ должна быть видна точка, которую с помощью ручек «Смещ. Y» и «Смещ. X» устанавливают в центр экрана. Регулируют соответствующими ручками яркость и резкость точки. Устанавливают переключатель частот на ведомой станции в положение «+А», а затем переключатели «Разг.-Измер.» на обеих станциях — в положение «Измер.» — на экране ЭЛТ ведущей станции должна появиться круговая развертка с разрывом в два-три деления шкалы. При необходимости ее форму уточняют ручками «Усиление Y» и «Фаза». Ручкой «Диам. круга» устанавливают диаметр развертки — не менее 35 мм.

Регулировкой с помощью ручки «Ампл. имп.» на ведомой станции величины импульса, видимого на экране ЭЛТ, добиваются четкости разрыва окружности на экране ЭЛТ ведущей станции. Качество этого разрыва проверяют при следующих положениях переключателей на ведомой станции: сначала — «+л» и «+А», «+л» и «-А», а затем — «-л» и «+А», «-л» и «-А». Одновременно наблюдают на экране ЭЛТ ведомой станции горизонтальную развертку с импульсом. Во время переключений амплитуда импульса изменяться не должна.

**66. Проверка синхронизации (подстройки) частот +А, -А, В, С и D кварцевых генераторов** станции, работающей в режиме «Ведомая», с частотами А, В, С и D станции, работающей в режиме «Ведущая». Устанавливают на обеих станциях переключатель «Разг.-Измер.» в положение «Разг.», а переключатель контроля «Мод.-АРУ-Стаб.» — в положение «АРУ». Регулируя напряжение на отражателе клистрона ведущей станции ручкой «Напр. отраж.», добиваются максимального показания прибора «Ток смесителя».

Устанавливают переключатель «Синхр.-Измер.» на ведомой станции в положение «Синхр.», а переключатели частот в положение: на ведущей — «А», на ведомой — «+А». В результате на экране ЭЛТ ведомой станции появится развертка в виде эллипса, которая должна быть неподвижной или вращаться со скоростью не более 1 об/с.

Если эллипс вращается быстрее, поднимают крышку, закрывающую подстроечные конденсаторы, и, плавно поворачивая от-

верткой ротор подстроечного конденсатора «+А», останавливают вращение эллипса. Затем ставят на ведомой станции переключатель частот в положение «-А» и производят синхронизацию частот А и -А вращением ротора конденсатора «-А», после чего переводят переключатель частот в положение «В». На ведущей станции в это время исчезнет окружность на экране ЭЛТ и пропадет тон в телефонах, что служит сигналом о необходимости перевода на ведущей станции переключателя частот в положение «В». Установив переключатель частот в положение «В», вращением ротора конденсатора «В'» на ведомой станции выполняют синхронизацию частот В и В'.

Аналогично подстраивают частоты С и D.

**67. Исследования радиодальномера РДГВ** включают: эталонирование частот модуляции станций, определение постоянной поправки радиодальномера и поверку метеорологических приборов (п. 144—146).

**68. Эталонирование частот модуляции А, В, С и D станций радиодальномера** производят с помощью электронно-счетного частотомера типа ЧЗ—34 с диапазоном частот до 10 МГц включительно и стабильностью встроенного генератора не хуже  $5 \cdot 10^{-7}$ .

За час до начала эталонирования включают и прогревают частотомер. Вход частотомера соединяют коаксиальным кабелем через емкость 8—10 пФ с гнездами радиодальномера «Выход частот модуляции» и «Корпус» (на правой боковой панели).

Устанавливают ручки управления станции радиодальномера в исходное положение и за 30 мин до начала эталонирования подключают источник питания, включают низкое и затем высокое напряжения и проверяют уровни модуляции.

Последовательно изменяя положение переключателя частот радиодальномера, определяют с помощью частотомера значения частот А, В, С и D. Если они отличаются от номинальных значений более чем на 2 Гц, специальной безъемкостной отверткой плавно вращают соответствующие роторы подстроечных конденсаторов (под крышкой у переключателя частот), пока на шкале частотомера не установятся номинальные значения.

Эталонирование частоты модуляции А можно также произвести сравнением ее с эталонной частотой 10 МГц, передаваемой радиостанциями\*, используя коротковолновый радиоприемник типа «Астра» или Р-111. За 10—15 мин до начала эталонирования включают и настраивают радиоприемник на эталонную частоту. Устанавливают ручки управления станции радиодальномера в исходное положение для ведущей станции. Подключают питание и ставят тумблеры «Низкое» и «Высокое» в положение «Вкл.». Добиваются оптимальной индуктивной связи между станцией радиодальномера и радиоприемником, при которой слышимость в телефонах

\* Часы работы радиостанций публикуют в бюллетенях «Эталонные сигналы частоты и времени», издаваемых ежегодно Межведомственной комиссией Единой службы времени СССР при Госстандарте СССР.

приемника эталонной частоты, передаваемой по радио, и частоты модуляции  $A$  радиодальномера примерно одинакова. Если сигнал частоты  $A$  слишком громок, радиоприемник и станцию радиодальномера разносят на 2—3 м, уменьшая их индуктивную связь.

Разность между эталонной частотой 10 МГц и частотой модуляции  $A$  станции радиодальномера создает биения (звуковые пульсации), слышимые в телефонах радиоприемника. Чем ближе частоты друг к другу, тем реже биения, и наоборот, чем чаще биения, тем больше расходятся частоты. При значительном отклонении частоты  $A$  от эталонной (20—200 Гц) возникает разностная частота, воспринимаемая наблюдателем в телефоне как звуковой фон. При отклонениях менее 15 Гц в телефоне будут слышны биения.

Если частота биений, воспринимаемая в телефоне, превышает 2 Гц, производят подстройку частоты  $A$  вращением ротора подстроечного конденсатора до прекращения биений.

Эталонирование частот модуляции  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$  выполняется для всех станций комплекта радиодальномера.

По окончании эталонирования частот выполняют проверку синхронизации частот станций (п. 66).

При полевых измерениях эталонирование частоты  $A$  станций производят не реже раза в месяц, а проверку синхронизации частот — перед каждым измерением линии.

**69. Определение постоянной поправки радиодальномера РДГВ** производят до и после полевых работ, а также в случае ремонта станции радиодальномера. Постоянную поправку определяют для каждого сочетания станций (ведущая — ведомая) на контрольном базисе длиной 0,7—1 км, известном с погрешностью не более 1 см. С помощью радиодальномера в течение двух дней измеряют базис восьмью приемами (по четыре в день) точной программы измерений. Измеренные значения длины базиса приводят на плоскость в проекции Гаусса (п. 79).

По измеренным  $d_i$  и известной  $d_{ст}$  длинам базиса для каждого приема вычисляют значение постоянной поправки  $\delta_{k_i}$  по формуле

$$\delta_{k_i} = d_{ст} - d_i.$$

Окончательное значение постоянной поправки  $\delta_k$  вычисляют по формуле

$$\delta_k = \frac{\sum_{i=1}^8 \delta_{k_i}}{8}.$$

Среднюю квадратическую погрешность определения постоянной поправки вычисляют по формуле

$$m_{\delta_k} = \sqrt{\frac{[v_i v_i]}{56}},$$

где  $v_i = \delta_k - \delta_{k_i}$ .

При отсутствии контрольного базиса постоянную поправку радиодальномера определяют измерением линии неизвестной длины целиком и по частям. Для этого выбирают на ровной местности, покрытой растительностью, линию длиной порядка 3 км и делят ее на три примерно равных отрезка (рис. 16). Уклонение промежуточных точек от створа линии не должно превышать 1 м.



Рис. 16. Схема линии неизвестной длины для определения постоянной поправки

Измеряют линию  $AB$  и ее отрезки  $A-1$ ,  $1-2$  и  $2-B$  по точной программе в течение двух дней восьмью приемами (по четыре в день). В измеренные значения вводят поправки за метеорологические условия и за наклон линии.

По измеренным значениям длины линии  $AB$  и отрезков  $A-1$ ,  $1-2$  и  $2-B$  для каждого приема вычисляют значение постоянной поправки по формуле

$$\delta_{k_i} = \frac{D_{AB} - (D_{A-1} + D_{1-2} + D_{2-B})}{2}.$$

Окончательное значение постоянной поправки вычисляют как среднее арифметическое из всех приемов.

Среднюю квадратическую погрешность определения постоянной поправки вычисляют по формуле

$$m_{\delta_k} = \sqrt{\frac{[v_i v_i]}{56}}.$$

Величина  $m_{\delta_k}$  не должна превышать 3 см.

### Измерение длин линий

**70. Подготовка РДГВ к измерениям.** Станции радиодальномера устанавливают на концах измеряемой линии и взаимно ориентируют их антенные устройства с точностью  $5^\circ$ . Ориентировку производят визуально, по буссоли или с помощью карты. Устанавливают ручки управления радиодальномера в исходное положение. Подготавливают к работе метеорологические приборы. Барометр-анероид, аспирационный психрометр и сосуд с дистиллированной водой располагают в тени. При этом аспирационный психрометр подвешивают так, чтобы он не касался знака или штатива. Отверстия трубок, через которые засасывается воздух, должны находиться не ниже 1,5 м над поверхностью, подверженной нагреванию.

Включают станции и выполняют поверку их совместной работы и поверку синхронизации частот.

**71. Измерение длин линий.** Длины линий при развитии ГГС 2—4 классов измеряют в режиме «Точно» четырьмя приемами (два приема в режиме работы станций «Ведущая» и два—в режиме «Ведомая»).

При измерении длины стороны 2 класса между приемами должны быть интервалы в 1—1,5 ч, во время которых определяются элементы приведения и высота станции. При измерении длин сторон 3—4 классов эти данные определяются перед измерениями и после них. В СГС элементы приведения определяются один раз и учитываются в том случае, если они больше 10 см.

Один прием измерений включает:

- грубые измерения — однократные измерения времени прохождения радиоволнами расстояния от ведущей станции до ведомой и обратно на частотах  $+A$ ,  $-A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$  на одной несущей частоте (выполняются в начале и в конце измерения линии);

- определение метеорологических данных;

- точные измерения — измерение времени прохождения радиоволнами расстояния на частотах  $+A$ ,  $-A$  на 10 различных несущих частотах;

- определение метеорологических данных.

Относительная средняя квадратическая погрешность измерения длины линии в режиме «Точно» четырьмя приемами составляет величину порядка 1 : 200 000.

Измерения сторон СГС выполняют двумя приемами в режиме «Грубо» на двух разных несущих частотах. Метеоданные определяют сразу после их окончания.

Указанная программа грубых измерений обеспечивает получение длины линии с относительной средней квадратической погрешностью порядка 1 : 15 000.

**72. Грубые измерения** времени прохождения радиоволнами расстояния от ведущей станции до ведомой и обратно в приеме выполняют в такой последовательности:

- проверяют взаимную настройку станций;

- устанавливают переключатель частот в положение «А» на ведущей и «+А» — на ведомой станциях, а переключатель «Ведомая — Ведущая» на ведомой станции — в положение «+π»;

- устанавливают на обеих станциях: переключатели «Мод.-АРУ-Стаб.» — в положение «АРУ», «Разг.-Измер.» и тумблер «Синхр.-Измер.» — «Измер.»;

- добиваются с помощью ручек «Яркость», «Фокус», «Фаза» и «Усиление У» качественного изображения круговой развертки на экране ЭЛТ ведущей станции;

- устанавливают ручками «Смещ. У» и «Смещ. Х» развертку так, чтобы ее центр находился в центре экрана, а ручкой «Диам. круга» устанавливают ее диаметр не менее 35 мм;

- добиваются вращением ручки «Настр. резон.» четкого разрыва окружности; если разрыв нечеткий, плавным вращением ручки

«Ампл. имп.» увеличивают или уменьшают амплитуду импульса на ведомой станции (по команде оператора ведущей станции);

— устанавливают переключатели частот на обеих станциях соответственно в положение «А» и «+А», переключатели «Ведомая—Ведущая» на ведомой станции—в положение «+л», на ведущей—в положение «Ведущая», переключатели контроля «Мод.-АРУ-Стаб.» на обеих станциях—в положение «АРУ»;

— отсчитывают от нуля круговой шкалы по часовой стрелке (с точностью до подделения) положение начала разрыва круговой развертки и записывают полученный на частоте +А отсчет четыре раза в раздел «Грубые измерения» журнала (табл. 28, А<sup>+</sup>); коротким переключением переключателя «Разг.-Измер.» сигнализируют оператору ведомой станции об установке частоты —А, снимают отсчет и записывают его в журнал у обозначения А<sup>-</sup>;

— устанавливают переключатели частот на станциях в положение «В» и «В'», снимают отсчет по шкале и записывают его в журнал; аналогично производят отсчеты на частотах С, D (табл. 28);

— выполняют измерения при установке переключателя „Ведомая—Ведущая“ на ведомой станции в положение «-π»; полученные отсчеты на частотах +А, -А, В, С и D записывают в журнал у обозначений А<sub>R</sub><sup>+</sup>, А<sub>R</sub><sup>-</sup>, В<sub>R</sub>, С<sub>R</sub> и D<sub>R</sub>;

— дают указания оператору ведомой станции об отсчетах начальных метеорологических данных; записывают в журнал показания барометра (Р), смоченного (t<sup>°</sup><sub>м</sub>) и сухого (t<sup>°</sup><sub>с</sub>) термометров психрометра на обеих станциях (табл. 27).

**73. Точные измерения** в приеме выполняют на 10 различных несущих частотах (установки шкалы резонатора приведены в табл. 26).

Таблица 26

Таблица установок шкалы резонатора  
в приемах измерений

Номер установки / Номер приема	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
II	$5\frac{1}{4}$	$6\frac{1}{4}$	$7\frac{1}{4}$	$8\frac{1}{4}$	$9\frac{1}{4}$	$10\frac{1}{4}$	$11\frac{1}{4}$	$12\frac{1}{4}$	$13\frac{1}{4}$	$14\frac{1}{4}$
III	$5\frac{2}{4}$	$6\frac{2}{4}$	$7\frac{2}{4}$	$8\frac{2}{4}$	$9\frac{2}{4}$	$10\frac{2}{4}$	$11\frac{2}{4}$	$12\frac{2}{4}$	$13\frac{2}{4}$	$14\frac{2}{4}$
IV	$5\frac{3}{4}$	$6\frac{3}{4}$	$7\frac{3}{4}$	$8\frac{3}{4}$	$9\frac{3}{4}$	$10\frac{3}{4}$	$11\frac{3}{4}$	$12\frac{3}{4}$	$13\frac{3}{4}$	$14\frac{3}{4}$

Измерения в приеме выполняют в следующем порядке:

— ставят переключатель частот на ведущей станции в положение «А», а на ведомой станции— «+А», переключатель «Разг.-Из-



мер.» на обеих станциях — в положение «Измер.», а переключатель «Ведомая-Ведущая» на ведомой станции — «+л»; снимают отсчет по круговой шкале и записывают его в журнал — раздел «Точные измерения», графа « $A^+/A^-$ » (табл. 28);

— устанавливают переключатель частот на ведомой станции в положение « $-A$ », снимают отсчет по круговой шкале и записывают его в графу « $A^+/A^-$ »;

— по команде оператора ведущей станции устанавливают переключатель «Ведомая-Ведущая» на ведомой станции в положение « $-л$ », снимают отсчет по круговой шкале и записывают в графу « $A^+/A^-$ »;

— устанавливают переключатель частот на ведомой станции в положение « $+A$ », снимают отсчет по круговой шкале и записывают его в графу « $A^+/A^-$ »;

— устанавливают на ведомой станции ручкой «Настр. резон.» следующий по программе отсчет (табл. 26), а ручкой «Напр. от-раж.» добиваются максимального показания прибора «Ток смеси-теля»;

— настраивают ведущую станцию на частоту ведомой станции при установке переключателя «Разг.-Измер.» в положение «Разг.»;

— устанавливают переключатель «Разг.-Измер.» в положение «Измер.»;

— снимают и записывают в соответствующие графы жур-нала отсчеты  $A^+$ ,  $A^-$  и  $A_R^+$  и  $A_R^-$ ;

— после окончания измерений на всех десяти установках шка-лы резонатора вновь определяют метеоданные. На этом заканчи-вается первый прием измерений.

Второй и последующий приемы измерений выполняют анало-гично.

## Обработка результатов измерений

74. Обработка результатов измерений выполняется непосредст-венно в журнале (табл. 27 и 28) и включает:

- обработку грубых измерений;
- обработку метеоданных;
- обработку точных измерений;
- вычисление измеренного расстояния;
- редуцирование измеренного расстояния на плоскость в про-екции Гаусса.

**75. Обработка грубых измерений.** Из полученных отсчетов  $A^+$  ( $A_R^+$ ) вычитают соответственно отсчеты  $B$ ,  $C$ ,  $D$  и  $A^-$  ( $B_R$ ,  $C_R$ ,  $D_R$  и  $A_R^-$ ) (табл. 28).

К отсчету  $A^+$  ( $A_R^+$ ) прибавляют 100 (иногда 200 или 0), пре-дусматривая, чтобы вычисленные величины  $\frac{1}{2}(A^+ - A^-)$  и  $\frac{1}{2}(A_R^+ - A_R^-)$  были близки к отсчету  $A^+$ .

**Образец записи и вычислений  
в журнале измерения длин сторон радиодальномером**

Измеряемая сторона \_\_\_\_\_ *Лубянка—Поздняково*

Прием № \_\_\_\_\_ *I*

Дата \_\_\_\_\_ *2.11.77* Начало \_\_\_\_\_ *12 ч 00 мин* Конец \_\_\_\_\_ *12 ч 15 мин*

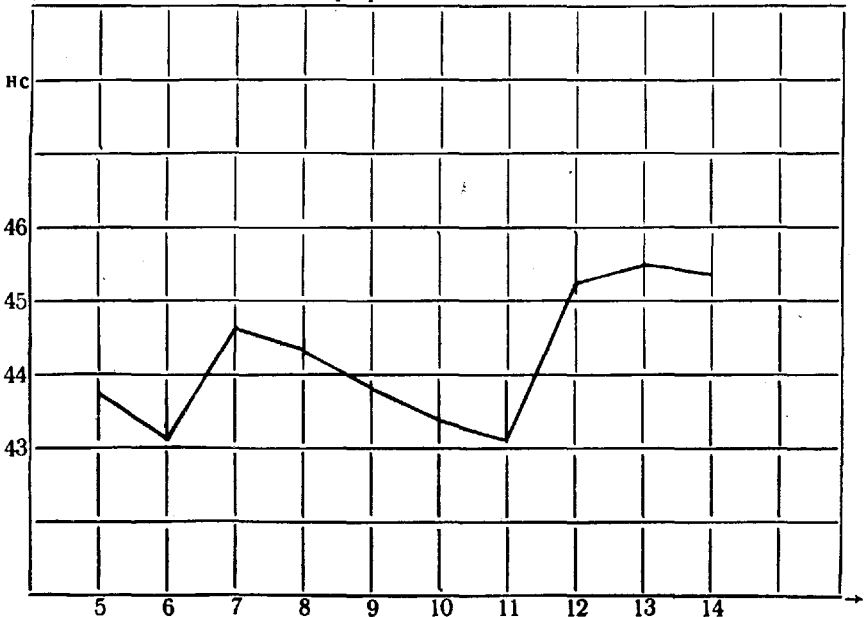
**Метеорологические данные**

Облачность \_\_\_\_\_ *облачно* Видимость \_\_\_\_\_ *дымка*

Осадки \_\_\_\_\_ *нет* Ветер \_\_\_\_\_ *слабый*

Станции	$t^{\circ}_c$		$t^{\circ}_m$		№ анероидов	Д а в л е н и е						$P_{испр.}$	
	нач.	кон.	нач.	кон.		$P'$		$t_p$		поправки за			
						нач.	кон.	нач.	кон.	шкалу	температуру		поверку
Ведущая	-0,8	-0,8	-0,4	-1,0	2635	736,0	736,0			-	-	-	736,0
Ведомая	-1,0	-0,6	-1,0	-1,1	3447	735,0	735,0			-	-	-	735,0
Среднее	-0,8		-0,9										735,5
$\Delta t^{\circ}_{шк}$	0,0		0,0			Разность $t^{\circ}_c - t^{\circ}_m = +0,1$							
$t^{\circ}_{оконч}$	-0,8		-0,9										

**График точных величин**



## Грубые измерения

В начале

В конце

$$\begin{array}{cccc}
 A^+ 36,0 & A^+ 36,0 & A^+ 36,0 & A^+ 36,0 \\
 B \underline{41,0} & C \underline{94,0} & D \underline{31,0} & A \underline{50,0} \\
 95,0 & 42,0 & 05,0 & 86,0/2 = 43,0
 \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc}
 A_R^+ 85,0 & A_R^+ 85,0 & A_R^+ 85,0 & A_R^+ 85,0 \\
 B_R \underline{91,0} & C_R \underline{42,5} & D_R \underline{81,0} & A_R \underline{98,0} \\
 94,0 & 42,5 & 04,0 & 87,0/2 = 43,5
 \end{array}$$

Грубое время распространения  $\underline{\hspace{10em} 94\ 043,2 \hspace{10em}}$  нс

## Точные измерения

№ пп.	Шкала	A <sup>+</sup> A <sup>-</sup>	Разность (1) = A <sup>+</sup> - A <sup>-</sup>	A <sub>R</sub> <sup>+</sup> A <sub>R</sub> <sup>-</sup>	Разность (2) = A <sub>R</sub> <sup>+</sup> - A <sub>R</sub> <sup>-</sup>	Средняя разность $\frac{(1)+(2)}{2} - (3)$	Точная величина (3) $\frac{(3)}{2}$	Ару, напр. бат.	
								ве- ду- щей	ве- ло- мой
1	5,0	37,0	87,0	83,0	88,0	87,5	43,8	80	80
		50,0		95,0					
2	6,0	35,0	86,0	81,5	86,0	86,0	43,0	62	62
		49,0		95,5					
3	7,0	37,5	89,0	83,5	90,0	89,5	44,8		
		48,5		93,5					
4	8,0	38,0	89,0	83,5	88,5	88,8	44,4		
		49,0		95,0					
5	9,0	38,5	89,0	82,5	86,0	87,5	43,8		
		49,5		96,5					
6	10,0	37,5	87,5	82,5	86,5	87,0	43,5		
		50,0		96,0					
7	11,0	39,5	87,0	84,0	85,5	86,2	43,1		
		52,5		98,5					
8	12,0	39,5	90,0	85,0	91,0	90,5	45,2		
		49,5		94,0					
9	13,0	39,5	90,5	84,5	91,5	91,0	45,5	80	80
		49,0		93,0					
10	14,0	38,5	91,0	84,0	90,0	90,5	45,2	62	62
		47,5		94,0					
Контроль	(а) (б)	1381,5	(е) 887,0	(в) 1833,0	(з) 882,0	(и) 884,5	Σ 442,3		
		494,5	(л) 887,0	(г) 951,0	(ж) 882,0	884,5	442,2		

Среднее точных величин  $\underline{\hspace{10em} 44,23 \hspace{10em}}$

Точное время распространения  $\tau = \underline{\hspace{10em} 94\ 044,23 \hspace{10em}}$  нс

## Вычисление расстояния

$$\begin{array}{l}
 E' = 4,26 \\
 M = 0,38028 \\
 N = 6,628 \\
 c = 149\ 850,1
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 e = E' - \frac{P}{a} (t^{\circ}_c - t^{\circ}_m) = 4,22 \\
 n_2 = 1,000\ 3077 \\
 D' = c \tau = 14\ 092,541 \text{ м} \\
 \delta_k = - 0,361 \text{ м} \\
 D_v = 14\ 092,180 \text{ м}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 (n_2 - 1) \cdot 10^6 = MP + Ne = 307,7 \\
 \tau_0 = \frac{\tau}{n_2} = 94\ 015,30 \\
 D' = 0,14989625 \tau_0 = \\
 = 14\ 092,541 \text{ м}
 \end{array}$$

Грубое значение времени распространения радиоволн получают после выписки первых цифр разностей  $(A^+ - B)$ ,  $(A^+ - C)$ ,  $(A^+ - D)$  и приписки всех цифр, полученных как полуразности  $(A^+ - A^-)$ . Например, в разности  $(A^+ - B)$  первая цифра 9,  $(A^+ - C) - 4$ ,  $(A^+ - D) - 0$  и среднее значение полуразности  $(A^+ - A^-) - 43,0$ ; следовательно, грубое время распространения  $\tau' = 94\ 043,0$  нс.

Правильность вычисления грубого значения измеренного времени контролируют, придерживаясь следующего правила.

«Истинное» значение разности должно лежать в пределах 5 единиц относительно вычисленного значения этой разности, а вторая цифра предыдущей разности должна соответствовать первой цифре последующей разности.

Например, в нашем случае получено:  $(A^+ - B) = 95,0$ ;  $(A^+ - C) = 42,0$ ;  $(A^+ - D) = 05,0$ ;  $\frac{1}{2}(A^+ - A^-) = 43,0$ . Можно считать, что истинные значения лежат в пределах:

$$(A^+ - B) \text{ от } 90,0 \text{ до } 100,0;$$

$$(A^+ - C) \text{ от } 37,0 \text{ до } 47,0;$$

$$(A^+ - D) \text{ от } 0,0 \text{ до } 10,0;$$

$$\frac{(A^+ - A^-)}{2} = 43,0.$$

Поскольку вторые цифры «истинных» значений указанных разностей должны быть соответственно равны 4,0 и 4, то этому условию может удовлетворять только следующий ряд разностей:  $A^+ - B = 94$ ;  $A^+ - C = 40$ ;  $A^+ - D = 04$ . Таким образом, в рассмотренном примере число десятков тысяч наносекунд равно 9, тысяч — 4 и сотен — 0, то есть  $\tau' = 94\ 043,0$  нс.

Если длина измеряемой линии лежит в пределах 15—30 км, то к грубо измеренному значению времени прибавляют 100 000 нс, при длине линии 30—45 км — 200 000 нс.

Приближенную длину измеряемой линии определяют по карте или схеме расположения пунктов.

Результаты грубых измерений времени распространения радиоволн в каждом последующем приеме должны отличаться не более чем на 10 нс. При больших расхождениях контролируют вычисления, а если ошибок нет, выполняют дополнительные грубые измерения на первой и последней установках шкалы объемного резонатора.

**76. Обработка метеоданных** производится непосредственно в журнале (табл. 27).

Шкаловые поправки термометров психрометра и поправки барометров-анероидов за шкалу, температуру и поверку берут из паспортов метеоприборов, хранящихся у оператора ведущей станции. Для термометров ведущей и ведомой станций вписывают среднюю шкаловую поправку  $\Delta t_{\text{шк}}$ .

Давление  $P_{\text{испр.}}$  вычисляют до десятых долей миллиметра ртутного столба при измерении длин линий в режиме «Точно» и до целых миллиметров ртутного столба—в режиме «Грубо». Остальные вычисления производят как показано в таблице.

**77. Обработка точных измерений.** Вычисляют (табл. 28) разность (1)  $= (100 + A^+) - A^-$  и разность (2)  $= (200 + A_R^+) - A_R^-$  (если разность (1) больше 100) или (2)  $= A_R^+ - A_R^-$  (если меньше 100).

Контролируют правильность вычисления точных величин. С этой целью сначала вычисляют величины (а), (б), (в) и (г) по формулам:

(а)  $= 100n + \Sigma A^+$ , где  $n$  — число установок шкалы резонатора в данном приеме;

$$(б) = \Sigma A^-;$$

(в)  $= 200n + \Sigma A_R^+$ , если разность (1) больше 100, или по формуле (в)  $= 100n + \Sigma A_R^+$ , если меньше 100;

$$(г) = \Sigma A_R^-.$$

Затем находят разность (а) — (б) = (д), которая должна быть равна величине (е), равной  $\Sigma (1)$ .

Разность (в) — (г) = (ж) должна быть равна величине (з), которая равна сумме (2).

Далее находят среднее из величин (е) и (з):

$\frac{(е) + (з)}{2} = \frac{\Sigma (1) + \Sigma (2)}{2}$ , которое должно быть равно величине (и), вычисленной как сумма средних разностей (3). Сопоставляют значения точных величин:  $\frac{\Sigma (3)}{2}$ , полученные в строке «Контроль» и в графе точных величин. Если расхождения не превышают ошибок округления, среднее значение точных величин будет  $\frac{\Sigma (3)}{2n}$ .

Если расхождение между точными величинами отсчетов  $\frac{(3)}{2}$ , полученных на разных несущих частотах («разброс» точных величин отсчетов), не превышает 3  $\mu\text{с}$ , для последующего вычисления расстояний используют их среднее значение. При расхождениях до 5  $\mu\text{с}$  строят график точных величин отсчетов (табл. 27), откладывая по вертикальной оси время  $\tau$  (в  $\mu\text{с}$ ), а по горизонтальной оси—отсчеты по шкале резонатора ведущей станции. Если график имеет периодический характер, для вычисления расстояния используют среднее значение точных величин отсчетов. В противном случае, или если разброс точных величин превышает 5  $\mu\text{с}$ , изменяют условия измерений (изменяют место установки, высоту или наклон радиодальномера). Если и эти меры не дают положительного результата, линия может быть измерена по частям.

Для получения окончательного значения  $\tau$  тысячи и сотни наносекунд берут из грубых измерений (в нашем примере — 940), а десятки и единицы наносекунд — из точных измерений (44, 23); окончательный результат  $\tau = 94\,044,23$  нс.

**78. Вычисление расстояния, измеренного в режиме «Точно».** Вычисляют модуль показателя преломления воздуха по формуле

$$\Delta n = (n_2 - 1) 10^6 = MP_{\text{ср}} + Ne.$$

Значения  $M$  и  $N$  находят в Таблицах\* по  $t^\circ_c$  (в таблицах  $M$  и  $N$  обозначены  $k_1$  и  $k_2$ ), а  $P_{\text{ср}}$  — в журнале (табл. 28).

Абсолютную влажность воздуха  $e$  вычисляют по формуле

$$e = E' - \frac{P_{\text{ср}}(t^\circ_m - t_m)}{a}$$

(в таблицах значение  $a$  обозначено  $k$ ).

Значение  $E'$  и  $k$  находят в Таблицах 1 и 2 по температуре  $t^\circ_m$ .

Значение измеренного наклонного расстояния  $D'$  вычисляют по формуле

$$D' = c \cdot \tau$$

и для контроля по формуле

$$D' = 0,14989625 \cdot \tau_0,$$

где  $\tau_0 = \frac{\tau}{n_2}$ .

Значение  $c$  берут из Таблиц 1 и 2 по значению  $\Delta n$  (в таблицах значение  $c$  обозначено  $\frac{v}{2}$ ).

К вычисленному значению  $D'$  прибавляют постоянную поправку  $\delta_k$  и получают расстояние  $D_v$  по формуле

$$D_v = D' + \delta_k.$$

По вычисленным в каждом приеме значениям  $D_v$  составляют сводку результатов измерений и оценивают их точность (табл. 29).

Относительные погрешности длин сторон, вычисленные по внутренней сходимости, не должны превышать  $\frac{2m_D}{D}$ , где  $m_D = (5 + 3 \cdot 10^{-6} D)$  см,  $D$  — длина измеренной стороны (в см).

\* Бугаев Ю. Г., Гричук Ю. П., Яровой Б. Д. Таблицы для вычисления длины сторон полигонометрии и трилатерации 1 и 2 классов, измеренных свето- и радиодальномерами, и Таблицы для вычисления длины сторон полигонометрии и трилатерации 3 и 4 классов, измеренных свето- и радиодальномерами. М., «Недра», 1969.

В дальнейшем указанные таблицы будут именоваться Таблицы 1 и 2.

Сводка результатов измерений и оценка  
точностиНаименование линии Лубянка—Поздняково

Номер приемов	Дата	$D'$	$v$
I	2.11.77	14 092,517	-60
II	2.11.77	619	+42
III	2.11.77	668	+91
IV	2.11.77	505	-72
Ср.		14 092,577	

Ср. кв. погрешность приема

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}} = 79,2 \text{ мм}$$

Ср. кв. погрешность результата

$$M = \pm \frac{m}{\sqrt{n}} = 39,6 \text{ мм}$$

Относительная погрешность по внутренней сходимости

$$\frac{M}{D} = \frac{1}{356\,000}$$

Затем сравнивают средние значения расстояния, вычисленные по результатам измерений в режимах «Ведущая» и «Ведомая». Если расхождение превышает 10 см, выполняют дополнительную серию измерений в режимах «Ведущая» и «Ведомая» и за окончательный результат принимают среднее значение из всех измерений.

При вычислении расстояний, измеренных в режиме «Грубо», используют значение показателя преломления воздуха  $n_2$ , определенное на одном из пунктов района работ, по которому с помощью Таблиц 2 или по формуле

$$c = \frac{0,149\,896}{n_2}$$

вычисляют значение  $c$ . Измеренное одним приемом наклонное расстояние вычисляют по формуле

$$D_v = c \tau' + \delta_k$$

Расхождение между приемами не должно превышать  $3m_D$ , где  $m_D = (5 + 20 \cdot 10^{-6} D)$  см. При большем расхождении выполняют третий прием измерений, изменив установку шкалы резонатора. За окончательное принимают среднее значение из всех измерений.

79. Вычисление длин линий выполняют в ведомости (табл. 30). Приведение длин линий, измеренных в режиме «Точно», на плоскость в проекции Гаусса ( $d$ ) выполняют с точностью 0,01 м по формуле

$$d = D_v + \delta_c + \delta_r + \delta_h + \delta_H + \delta_L,$$

где  $D_v$  — среднее из всех приемов измеренное значение длины линии;

$\delta_c$  — поправка за центрировку ведущей станции;

$\delta_r$  — поправка за редукцию ведомой станции;

$\delta_h$  — поправка за наклон линии;

$\delta_H$  — поправка за приведение длины линии на уровень моря (геоид);

$\delta_L$  — поправка за приведение длины линии на плоскость в проекции Гаусса.

Значение  $D_v$  берут из журнала измерений длин линий (после проверки его во «вторую руку»), поправки  $\delta_c$  и  $\delta_r$  — из центрировочных листов или вычисляют по формулам:

$$\delta_c = -l \cos(M + \Theta),$$

$$\delta_r = -l_1 \cos(M_1 + \Theta_1),$$

где  $l$  и  $l_1$  — линейные элементы центрировки и редукции;  $M$  и  $M_1$  — углы при проекциях вертикальных осей вращения ведущей и ведомой станций между начальным направлением и направлением, для которого определяют поправки;

$\Theta$  и  $\Theta_1$  — углы при проекциях вертикальных осей вращения ведущей и ведомой станций между направлениями на центр знака и начальным направлением.

Приближенные азимуты сторон берут из материалов вычисления приближенных координат или определяют по карте (схеме) с точностью до  $10^\circ$ .

Значения поправок  $\delta_h$  и  $\delta_H$  вычисляют по высотам ведущей и ведомой станций над уровнем моря по Таблицам 1 и 2.

Поправку  $\delta_L$  за редуцирование линии на плоскость в проекции Гаусса вычисляют по приближенным координатам конечных точек линии по Таблицам 1 и 2.

Длины линий, измеренных в режиме «Грубо» на плоскости в проекции Гаусса, вычисляют с точностью 0,1 м. При этом поправки  $\delta_c$  и  $\delta_r$  учитывают только в том случае, если линейные элементы центрировки и редукции превышают 10 см.

Поправку  $\delta_h$  (в м) вычисляют по формуле

$$\delta_h = -\frac{h^2}{2D_v}.$$

Поправки  $\delta_H$  и  $\delta_L$  берут из таблиц (приложения 5 и 6).



**Вычисление длин линий на плоскости  
в проекции Гаусса**

Номер действия	Обозначение	Наименование линии	
		Степановское (1) Поздняково (2)	
1	$x_{\text{прибл.}}$	6 200 км	
2	$\left. \begin{matrix} y_1 \\ y_2 \end{matrix} \right\} \text{ истинные}$	110,50	
3		114,76	
8	$y_m = (y_1 + y_2) : 2$	112,63	
9	$\Delta y = y_2 - y_1$	+ 4,26	
4	$H_1$	175,9 м	
10	$i$	35,7	
12	$H_i$	211,6	
5	$H_2$	178,3	
11	$v$	30,6	
13	$H_v$	208,9	
14	$H_m = (H_i + H_v) : 2$	210,2	
15	$h = H_v - H_i$	- 2,7	
6	$A$	75°	
7	$D_v$	4 413,87 м	
16	$\delta_c$	+ 0,19	
17	$\delta_r$	+ 0,02	
18	$\delta_h$	0,00	
19	$D$	4 414,08 м	
20	$\delta_H$	- 0,15	
21	$\delta_L$	+ 0,66	
22	$d$	4 414,59 м	

**Светодальномер СГ-3**

80. Светодальномер СГ-3 предназначен для линейных измерений при построении ГГС 1—2 классов, а также при измерении ба-

зисов специального назначения\*. Светодальномер СГ-3 позволяет измерять линии днем и ночью.

В комплект светодальномера СГ-3 входят: приемно-передающий блок, блок питания, блок управления, счетчик, три отражателя, четыре штатива, два (основной и резервный) бензоэлектрических агрегата АБ-0,5/115/Ч-400, запасное имущество и принадлежности (ЗИП) и метеорологические приборы.

Общий вид светодальномера СГ-3 показан на рис. 17.

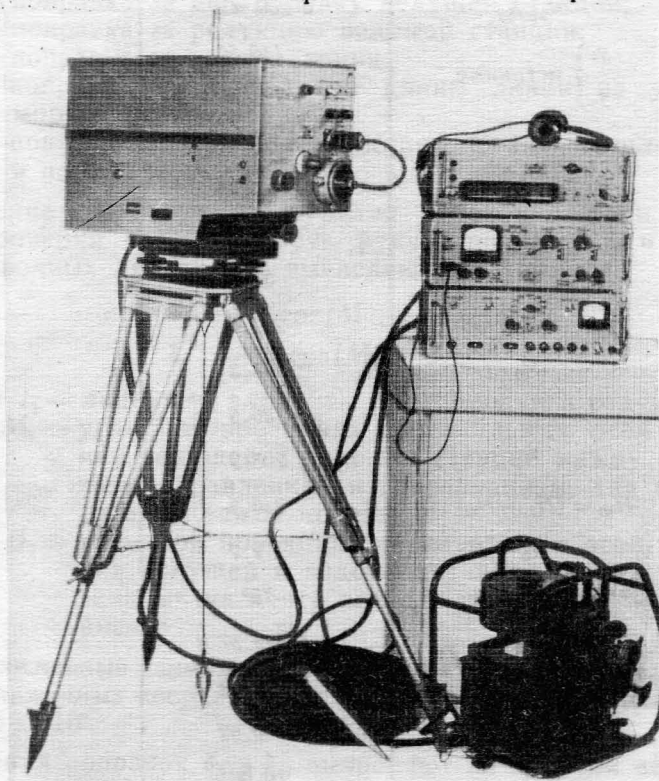


Рис. 17. Светодальномер СГ-3

## Поверки и исследования

81. Поверки и исследования светодальномера СГ-3 выполняют с целью установления пригодности к эксплуатации, контроля стабильности его основных рабочих параметров и подготовки к измерениям.

Предварительно наблюдатель проверяет комплектность прибора, производит внешний осмотр и убеждается в его работоспособности.

\* Под базисами специального назначения понимаются высокоточные расстояния между отдельными точками, закрепленными на различных инженерных сооружениях и объектах.

**82. Проверка светодальномера СГ-3** выполняются перед выездом на полевые работы и в их ходе. При этом проверяют:

- уровни, правильность установки целиков и оптические центры приемо-передающего блока (ППБ) и отражателей (ОТР);
- работоспособность лазера и правильность установки плоскости поляризации его излучения;
- правильность установки конденсаторов Керра;
- параллельность оптических осей приемной и передающей труб;
- работоспособность генератора модулирующего напряжения;
- работоспособность счетчика;
- частоты кварцевых генераторов счетчика на их соответствие номинальным значениям.

**83. Проверка цилиндрических уровней ППБ (ОТР).** Ручки механизмов поворота и наклона устанавливают на нули шкал, а затем, установив один из уровней по направлению двух подъемных винтов подставки и вращая их, приводят его пузырек на середину. Поворачивают ППБ (ОТР) на  $180^\circ$ . Если пузырек уровня отклоняется от середины не более чем на половину деления, ось уровня считается перпендикулярной к вертикальной оси вращения ППБ (ОТР). В противном случае пузырек уровня вновь приводят на середину: на половину величины отклонения — исправительными винтами уровня, на половину — подъемными винтами, и вновь выполняют проверку. Аналогично проверяют второй уровень.

**84. Проверка правильности установки целика ППБ (ОТР)** выполняется с помощью теодолита, установленного на удалении 3—5 м. Устанавливают ручку механизма наклона ППБ (ОТР) на нуль шкалы. Тщательно горизонтируют приборы и наводят зрительную трубу теодолита так, чтобы вертикальная нить сетки нитей совпадала с целиком ППБ (ОТР). Затем плавно поворачивают ППБ (ОТР) вокруг вертикальной оси на  $360^\circ$ , наблюдая в трубу теодолита за смещением целика относительно вертикальной нити сетки. Если оно не превышает 0,5 мм, целик установлен правильно. При большей величине смещения прибор отправляют на исправление в мастерскую.

**85. Проверка оптического центрира.** Устанавливают ППБ (ОТР) на штативе высотой 1,5 м и тщательно горизонтируют. Закрепляют на полу лист миллиметровой бумаги и отмечают на ней центр сетки оптического центрира. Поворачивают ППБ (ОТР) на  $180^\circ$  и оценивают уклонение проекции центра оптического центрира от намеченной точки. Если оно превышает 0,6 мм, смещают исправительными винтами сетку оптического центрира на половину уклонения и повторяют проверку.

**86. Проверка работоспособности лазера.** Включают тумблер «Сеть» на блоке питания (БП), устанавливают переключатель «Индикация» в положение «Ток ОКГ» и включают тумблер «Питание ОКГ». После пятиминутного прогрева лазера устанавливают ручку «Ток ОКГ» в крайнее правое положение и нажимают на 1—2 с кнопку «Поджиг». После поджига лазера устанавливают ручкой

«Ток ОКГ» стрелку микроамперметра в пределах 65—75 делений и одновременно проверяют наличие светового излучения лазера наведением ППБ на любую поверхность на расстоянии до 10 м. Если поджига лазера не происходит, его заменяют другим (из комплекта ЗИП).

**87. Проверка правильности установки плоскости поляризации лазера.** Включают лазер и наблюдают свет через вспомогательную зрительную трубку, закрепив ее на объективе передающей трубы так, чтобы риски на объективах обеих труб совпали. Вращением маховичка зрительной трубки поворачивают поляризационный светофильтр и добиваются, чтобы в ее окуляре был виден минимум света. Если при этом отсчет по шкале трубки соответствует  $0^\circ$ , условие считается выполненным — плоскость поляризации установлена вертикально. В противном случае снимают крышку ППБ, ослабляют слегка винты, закрепляющие корпус лазера, и поворачивают его так, чтобы при установке маховичка на отсчет  $0^\circ$  через поляризационный светофильтр проходил минимум света. Затем устанавливают лазер так, чтобы его луч проходил строго через центр диафрагмы.

**88. Проверка правильности установки конденсаторов Керра.** Вначале поджигают лазер и надевают на объектив передающей трубы вспомогательную зрительную трубку так, чтобы риски на их объективах совпали. Вращением маховичка зрительной трубки добиваются, чтобы в окуляре трубки был виден минимум света. При этом торцы электродов конденсаторов Керра, видимые в поле зрения трубки, должны быть параллельны нитям трубки, наклоненным под углом  $45^\circ$  к вертикали, а луч лазера должен проходить через центр зазора между электродами. Если это условие не выполняется, уточняют установку конденсатора Керра на контрольно-юстировочном приборе (в комплекте ЗИП).

Плоскость электродов конденсаторов Керра приемной трубы устанавливают под углом  $45^\circ$  к горизонту (плоскости электродов конденсаторов Керра приемной и передающей труб должны быть взаимно перпендикулярны) по диафрагме в виде квадрата. Центр отверстия диафрагмы и центр зазора между электродами должны совпадать. Для этого, вращая рукоятку диафрагмы, устанавливают ее так, чтобы торцы электродов конденсатора Керра несколько выступали в поле зрения окуляра, но были параллельны скосам диафрагмы. В противном случае торцы электродов устанавливают параллельно скосам диафрагмы на контрольно-юстировочном приборе.

**89. Проверка параллельности оптических осей приемной и передающей труб** производится с помощью отражателя, установленного на расстоянии не менее 3 км. Отраженный свет должен наблюдаться в центре диафрагмы, в середине зазора конденсатора Керра приемной трубы и одновременно в перекрестии сетки нитей зрительной трубы. В противном случае с помощью винтов, крепящих хвостовую часть передающей системы, устанавливают передающую трубу ППБ в такое положение, чтобы отраженный свет наблюдался

в середине зазора конденсатора Керра приемной трубы. После этого совмещают перекрестие сетки нитей зрительной трубы с изображением отраженного света.

**90. Проверка работоспособности генератора модулирующего напряжения.** Включают тумблер «Питание УМ» на БП и переводят ручку «Девиация» БУ в среднее положение. При нормальной работе генератора модулирующего напряжения на передней панели ППБ загорается неоновая лампочка «Индикация». Если лампочка не загорается, основной генератор БУ подстраивают ручкой «Грубо» до тех пор, пока не загорится лампочка.

**91. Проверка работоспособности счетчика** производится в режиме «Калибровка». Устанавливают тумблер «Измер.-Калибр.» в положение «Калибр.», а тумблер счетчика (СЧ) «Внутр.-Внешн.» — в положение «Внутр.». При установке переключателя «Множитель» последовательно в положения 1, 2, 3, . . . , 11, 12 отсчеты, снятые с табло счетчика, должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 31.

Таблица 31

Значения калибровочных отсчетов

Положения переключателя «Множитель»	Положения переключателя «Единицы измерения»		
	М	СМ	ММ
1	15±1	1 498±1	14 985± 1
2	30±1	2 997±1	29 970± 1
3	60±1	5 994±1	59 940± 1
4	120±1	11 988±1	119 881± 1
5	240±1	23 976±1	239 762± 1
6	480±1	47 952±1	479 524± 1
7	960±1	95 905±1	959 048± 1
8	1 918±1	191 809±1	1 918 096± 1
9	3 836±1	383 619±1	3 836 192± 5
10	7 672±1	767 238±1	7 672 384± 9
11	15 345±1	1 534 477±3	15 344 769±16
12	30 690±1	3 068 954±4	30 689 538±31

Примечание. Данные приведены для установки тумблера «:3-:4» в положение «: 4». При положении «: 3» показания табло, соответствующие положениям переключателя «Множитель» 3—12, должны на  $\frac{1}{4}$  уменьшаться.

**92. Проверка частот кварцевых генераторов** на их соответствие номинальным значениям счетчика производится в режиме «Калиб-

ровка». Переводят переключатели «Множитель» в положение «11», а «Единицы измерения» — в положение «ММ», тумблеры «:3:4» — в положение «:4», а «Внутр.-Внешн.» — в положение «Внутр.». Последовательным нажатием кнопок «Сброс» и «Отсчет» получают (дважды) на световом табло калибровочный отсчет, равный 15 344 769. Если полученный отсчет отличается от этого значения более чем на 16 единиц последнего разряда, эталонируют частоты кварцевых генераторов.

**93. Исследования светодальномера СГ-3** включают:

- эталонирование частот кварцевых генераторов счетчика;
- установку модулирующего напряжения  $E_m$  на конденсаторах Керра;
- определение постоянной поправки светодальномера.

**94. Эталонирование** двух термостатированных кварцевых генераторов счетчика ( $f_1=5$  МГц и  $f_2=4\,682\,852$  Гц) выполняют в полевых условиях не реже раза в две недели. Для этого используют радиоприемники типа «Астра» или Р-311, или же специальный радиоприемник с фиксированной настройкой на частоту 5 МГц.

Эталонирование частоты  $f$  производят сравнением с эталонной частотой  $f_0=5$  МГц, передаваемой радиостанциями (п. 68). Включают тумблер «Сеть» на счетчике и после его прогрева в течение часа включают и настраивают на эталонную частоту 5 МГц радиоприемник.

Устанавливают тумблер «Внутр.-Внешн.» на счетчике в положение «Внутр.». Вставляют в гнездо высокочастотного разъема «5 МГц» на передней панели счетчика отрезок монтажного провода длиной порядка 0,1 м; длина его подбирается такой, чтобы сигналы, поступающие от радиостанции и от счетчика, были близки по амплитуде. Тогда биения между эталонной и проверяемой частотами будут слышны в телефоне приемника наиболее четко.

Если частота биений превышает 1 Гц, открывают крышку на задней стенке счетчика и отвинчивают колпачок с втулки разъема «5 МГц»; плавно поворачивая отверткой подстроечный конденсатор, добиваются, чтобы частота биений была менее 1 Гц, и навинчивают колпачок на место.

Эталонирование частоты  $f_2$  производят с использованием счетчика по установленной в номинал частоте  $f_1$ . Для этого на счетчике устанавливают тумблер «Измер.-Калибр.» в положение «Калибр.», а переключатели «Множитель» — в положение «11», «Единицы измерения» — в положение «ММ» и нажимают последовательно на кнопки «Сброс» и «Отсчет». На световом табло счетчика должно появиться число, близкое к 15 344 769. Если полученный отсчет отличается менее чем на 16 единиц последнего разряда, эталонирование частоты  $f_2$  можно не производить. При большом расхождении подстраивают частоту кварцевого генератора  $f_2$ : отвинчивают колпачок с втулки разъема «4 682 852 Гц», плавно поворачивают отверткой подстроечный конденсатор и, когда на табло появится число, отличающееся от 15 344 769 не более чем на 16 единиц, навинчивают колпачок на втулку.

**95. Установка величины модулирующего напряжения  $E_m$  на конденсаторах Керра\*** производится перед определением постоянной поправки. Подключают электроизмерительный прибор Ц4313 с пределом измерения « $-600 В$ » к конденсатору  $C_{20}$  ППБ. Устанавливают органы управления светодальномером в исходное для работы положение (рис. 18); на расстоянии порядка 2 км от ППБ размещают отражатель и взаимно ориентируют их.

Визуально наблюдая световой сигнал в поле зрения трубы ППБ и изменяя частоту модуляции ручкой «Плавно» основного генератора БУ, устанавливают минимум отраженного светового потока. Затем, поворачивая отверткой шлиц потенциометра «Компенс.  $E_m$ » на передней панели ППБ, добиваются наибольшей «глубины модуляции» и снимают показания прибора Ц4313. Эту операцию повторяют 10 раз, и из десяти отсчетов находят среднее арифметическое. Затем устанавливают потенциометр «Компенс.  $E_m$ » в положение, соответствующее этому среднему значению, контролируя величину напряжения по прибору Ц4313. В дальнейшем изменять установку потенциометра «Компенс.  $E_m$ » запрещается.

**96. Определение постоянной поправки светодальномера СГ-3** производят до начала полевых работ и после их окончания, а также в случаях замены конденсаторов Керра или ремонта ППБ.

Постоянную поправку определяют на контрольном базисе длиной 1—3 км, известном с точностью порядка  $1 \cdot 10^{-6}$ . Базис измеряют пятью приемами днем и пятью ночью. Расхождение между измеренными значениями базиса в приемах не должно превышать 10 мм.

Отдельные значения постоянных поправок для каждого приема вычисляют по формуле

$$\delta_{k_i} = d_{\text{от}} - d_i,$$

где  $d_{\text{от}}$  и  $d_i$  — соответственно известная и измеренная длина базиса, приведенные на плоскость в проекции Гаусса, в мм.

Окончательное значение постоянной поправки вычисляют по формуле

$$\delta_k = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{k_i}}{n},$$

где  $n=10$ .

Среднюю квадратическую погрешность определения постоянной поправки вычисляют по формуле

$$m_{\delta_k} = \sqrt{\frac{[v_i v_i]}{n(n-1)}},$$

где  $v_i$  — уклонения отдельных значений  $\delta_{k_i}$  от их среднего значения.

\* Величина напряжения  $E_m$  пары конденсаторов Керра светодальномера не должна отличаться от напряжения, указанного в паспорте, более чем на 100 В.

Если контрольного базиса нет, постоянную поправку светодальномера можно определять из измерений линии неизвестной длины целиком и по частям. Для этого на открытой и возможно более ровной местности выбирают линию  $AB$  (рис. 16) длиной 2—5 км, делят ее на три примерно равные части. Промежуточные точки 1 и 2 не должны уклоняться от створа линии более чем на 1 м. Превышения между закрепленными на местности точками линии определяют геометрическим нивелированием по программе IV класса.

Измерение отрезков и линии выполняют с каждой ее точки ( $A$ , 1, 2,  $B$ ) тремя приемами. В один день измеряют отрезки  $A-1$ ,  $A-2$ ,  $A-B$  или  $1-A$ ,  $1-2$ ,  $1-B$  или  $2-A$ ,  $2-1$ ,  $2-B$  или  $B-A$ ,  $B-1$ ,  $B-2$  только с одной точки стояния ППБ. Расхождение между приемами измерений каждого отрезка в прямом и обратном направлениях не должно превышать 25 мм. Приемы измерений, не удовлетворяющие допуску, повторяют.

За окончательное значение длины отрезков принимают среднее из шести приемов и по ним вычисляют отдельные значения постоянной поправки по формулам:

$$\delta_{k_1} = \frac{D_{AB} - (D_{A1} + D_{12} + D_{2B})}{2},$$

$$\delta_{k_2} = D_{A2} - (D_{A1} + D_{12}),$$

$$\delta_{k_3} = D_{1B} - (D_{12} + D_{2B}).$$

Расхождение вычисленных значений поправок  $\delta_{k_1}$ ,  $\delta_{k_2}$ ,  $\delta_{k_3}$  не должны превышать 10 мм. При большем расхождении выясняют причину и при необходимости производят дополнительные измерения.

Окончательное значение постоянной поправки вычисляют по формуле

$$\delta_k = 0,6\delta_{k_1} + 0,2\delta_{k_2} + 0,2\delta_{k_3}.$$

Среднюю квадратическую погрешность определения постоянной поправки вычисляют по формуле

$$m_{\delta_k} = \sqrt{\frac{[P_i v_i v_i]}{2[P_i]}},$$

где  $v_i$  — уклонение отдельного значения постоянной поправки от окончательного ее значения  $\delta_k$ ;

$P_i$  — вес соответствующей поправки ( $P_1 = 1$ ;  $P_2 = P_3 = 1/3$ ).

Величина погрешности  $m_{\delta_k}$  не должна превышать 3 мм.

Если полученное значение постоянной поправки (из измерения базиса или линии неизвестной длины) отличается от значения, указанного в паспорте прибора, менее чем на 6 мм, для вычисления используют паспортное; в противном случае — новое значение поправки, о чем делают запись в формуляре светодальномера.



97. Проверка метеорологических приборов производится не реже раза в три месяца при работе в равнинных районах и раза в месяц — в горных (п. 144—146).

### Измерение длин линий

98. Измерение длин линий светодальномером СГ-3 выполняют двумя приемами. Прием измерений включает следующие основные операции:

- подготовку прибора к измерениям;
- разрешение многозначности и получение «грубого» значения расстояния;
- точное измерение расстояния в режиме ручного наведения;
- точное измерение расстояния в режиме автоматического наведения;
- определение метеофакторов.

99. Подготовка прибора к измерениям. Устанавливают прибор на штатив или инструментальный столик геодезического знака, горизонтируют и устанавливают органы его управления в исходные положения (рис. 18):

на счетчике

- тумблер «Сеть» — «Выкл.»;
- тумблер «:3-:4» — «:4»;
- переключатель «Множитель» — «11»;
- тумблер «Измер.-Калибр.» — «Калибр.»;
- переключатель «Единицы измерения» — «М»;

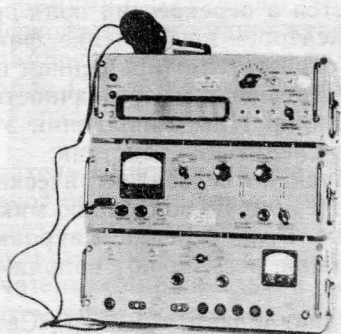


Рис. 18. Исходные положения органов управления на блоках светодальномера СГ-3 (слева — прямо-передающий блок, справа — счетчик, блок управления и блок питания)

- переключатель «Внутр.-Внешн.» — «Внутр.»;
- тумблер «Обогрев СЧ» — «Выкл.»,  
на блоке управления
- ручки «Грубо» основного и вспомогательного генераторов — в положения, при которых на шкалах будут отсчеты «0» при измерении расстояния до 15 км или «6» — свыше 15 км;
- ручку «Фиксатор» — на два оборота против часовой стрелки;
- ручку «Усиление» — в крайнее правое положение;
- тумблер «Наведение» — «Ручное»;
- переключатель «Измерение» — «Грубо»;
- ручку «Подстройка частоты» — в среднее положение;
- ручку «Девияция» — в среднее положение;
- в гнезда «Телефон» включить телефоны;
- на блоке питания
- тумблеры «Сеть», «12 В» и «Питание ФЭУ» — «Выкл.»;
- ручку «Напряжение ФЭУ» — в крайнее левое положение;
- тумблер «Питание ОКГ» — «Выкл.»;
- переключатель «Индикация» — «Сеть»;
- ручку «Ток ОКГ» — в крайнее правое положение;
- тумблер «Питания УМ» — «Выкл.»;
- на приемопередающем блоке
- тумблер «Обогрев конд. Керра» — «Выкл.»;
- ручку «Яркость подсвета» — в крайнее левое положение;
- ручку призмы, отклоняющей световой поток на ФЭУ, — влево до упора;
- ручку поляроида — против часовой стрелки до упора;
- рукоятку диафрагмы — в положение, устанавливающее максимальный размер диафрагмы;
- колпачок с окуляра приемной трубы снять;
- на отражателе
- отражатель — в положение, при котором изображение ППБ располагается в перекрестии поля зрения зрительной трубы;
- фиксатор — в положение, фиксирующее установленную ориентировку отражателя (вращением по ходу часовой стрелки).

**100. Разрешение многозначности и получение «грубого» значения расстояния.** При выполнении этой операции последовательно производят следующие действия:

- запускают бензоэлектрический агрегат;
- проверяют по показанию микроамперметра на БП величину напряжения. Если стрелка микроамперметра вышла за пределы 65—75 делений, регулируют напряжение бензоэлектрического агрегата;
- устанавливают тумблер «Сеть» на БП и СЧ в положение «Сеть»; при этом загораются сигнальные лампочки «Сеть» (на БП) и «Термостат» (на СЧ);
- проверяют по показаниям микроамперметра наличие напряжений при всех положениях переключателя «Индикация» на БП (кроме «Ток ОКГ» и «—1200 В») — показания должны быть в пределах 65—75 делений;

— прогревают светодалномер в течение 30—40 мин. При температуре воздуха ниже +5° С включают тумблеры «Обогрев СЧ» на СЧ и «Обогрев конд. Керра» на ППБ (при восстановлении прозрачности обогрев последнего выключают);

— поджигают лазер;

— наводят ППБ на ОТР так, чтобы в середине зазора конденсатора Керра наблюдался максимум света;

— уточняют ручкой поляроида установку поляроида приемной трубы по минимуму пропускания отраженного света;

— проверяют работу СЧ (п. 91);

— устанавливают ручкой «Ток ОКГ» стрелку микроамперметра на отсчет «100» и переводят тумблер «Питание УМ» на БП в положение «Питание УМ», затем устанавливают той же ручкой стрелку микроамперметра на отсчет в пределах 65—75 делений; если при этом лазер погаснет, повторяют операцию поджига;

— устанавливают переключатель «Единицы измерения» СЧ в положение «М», переключатель «Множитель» — «1», а тумблер «Измер.-Калибр.» — «Измер.»;

— переводят ручку «Девияция» в крайнее левое положение;

— настраивают основной генератор вращением ручки «Плавно» (в сторону увеличения показаний шкалы при измерении расстояния до 15 км или в сторону уменьшения — свыше 15 км) на частоту, соответствующую первому минимуму отраженного света (определяют визуальным наблюдением в окуляре приемной трубы ППБ);

— настраивают вспомогательный генератор на частоту основного генератора по нулевым биениям, прослушиваемым с помощью головных телефонов;

— фиксируют настройку вспомогательного генератора поворотом ручки «Фиксатор» по часовой стрелке;

— настраивают основной генератор ручкой «Плавно» на частоту, соответствующую второму минимуму отраженного света (одновременно следят за наличием высокочастотного напряжения на конденсаторах Керра по свечению лампочки «Индикация» на ППБ);

— снимают со светового табло СЧ результат измерения расстояния (в м) и записывают его в графу «Отсчеты «грубо» журнала (табл. 38);

— устанавливают переключатель «Множитель» на СЧ в положение «2», вращая ручку «Плавно» основного генератора, находят третий минимум отраженного света, снимают со светового табло СЧ и записывают в журнал результат измерения расстояния;

— устанавливают переключатель «Множитель» в положение «3», находят пятый минимум, затем в положение «4» и находят девятый минимум отраженного света (результаты записывают в журнал);

— устанавливают переключатель «Множитель» в положение «5», вращением ручки «Плавно» основного генератора в сторону увеличения отсчетов устанавливают на световом табло результат предыдущего измерения и, наблюдая в окуляр приемной трубы

ППБ, уточняют правильность настройки на минимум отраженного света, снимают результат измерения со светового табло СЧ и записывают в журнал;

— устанавливают переключатель «Множитель» поочередно в положения «6», «7» и «8» и повторяют те же операции, пока расхождения между отсчетами по световому табло СЧ при соседних положениях переключателя «Множитель» не будут меньше 3 м. Если это не удастся, выполняют измерения по методу измерения длин линий на четырех минимумах без использования вспомогательного генератора (п. 103). При измерении расстояний от 500 м до 30 км переключатель «Множитель» последовательно устанавливают до положения, соответствующего измеряемому расстоянию (табл. 32).

Таблица 32

**Предельное положение переключателя «Множитель»  
в зависимости от измеряемого расстояния**

Измеряемое расстояние, км	Предельное положение переключателя «Множитель»
0,5	3
1	4
2—3	5
4—7	6
8—16	7
17—30	8

**101. Точные измерения расстояния в режиме ручного наведения** выполняют в такой последовательности:

— устанавливают переключатель «Измерение» БУ в положение «Точно»;

— устанавливают переключатель «Множитель» и тумблер «3-4» в положения, соответствующие расстоянию, измеренному в режиме «Грубо» (табл. 33);

— воспроизводят (вращением ручки «Плавно» основного генератора) на световом табло последний результат измерения расстояния, полученного в режиме «Грубо» (одновременно следят за наличием высокочастотного напряжения на конденсаторах Керра по свечению лампочки «Индикация» на ППБ); уточняют, наблюдая в окуляр приемной трубы ППБ, правильность настройки на минимум отраженного света, снимают результат измерения со светового табло СЧ и записывают его в графу «Отсчеты «грубо» журнала; он не должен отличаться от последнего результата, полученного в режиме «Грубо», более чем на 3 м;

**Положение переключателя «Множитель» и тумблера «:3-:4»  
в зависимости от измеряемого расстояния**

Измеряемое расстояние, м	Положение переключателя «Множитель»	Положение тумблера «:3-:4»
480— 720	6	:4
720— 960	7	:3
960— 1 430	7	:4
1 430— 1 920	8	:3
1 920— 2 860	8	:4
2 860— 3 840	9	:3
3 840— 5 730	9	:4
5 730— 7 680	10	:3
7 680—11 460	10	:4
11 460—15 360	11	:3
15 360—22 920	11	:4
22 920—30 720	12	:3
30 720—44 850	12	:4

— устанавливают переключатель «Измерение» БУ в положение «Девияция», а переключатель «Единицы измерения» на СЧ — «СМ»;

— нажимают тумблер «Установка девиации» БУ влево, отпускают его и, последовательно нажимая кнопки «Сброс» и «Отсчет», снимают отсчет со светового табло СЧ;

— нажимают тумблер «Установка девиации» вправо и повторяют те же операции;

— вращая ручку «Девииции» БУ, воспроизводят на световом табло СЧ число, отличающееся от снятого перед этим на 100—200 см и переводят переключатель «Единицы измерения» в положение «М»;

— устанавливают диафрагму в среднее положение при ночных измерениях, наблюдая в окуляр приемной трубы ППБ, а при дневных — по ширине зазора конденсатора Керра;

— надевают на окуляр приемной трубы светозащитный колпачок;

— вводят призму, утапливая ее ручку, на оптическую ось приемной трубы ППБ;

— переводят переключатель «Измерение» БУ в положение «Точно»;

— устанавливают ручку «Усиление» БУ в крайнее левое положение;

— устанавливают стрелку микроамперметра на нуль ручкой «Установка нуля», а затем ручку «Усиление» — в крайнее правое положение;

— нажимают кнопку «Настройка фильтра» БУ и вращением ручки «Фильтр» ППБ добиваются максимального отклонения стрелки микроамперметра БУ (если стрелка выходит за пределы шкалы, уменьшают усиление ручкой «Усиление»). Затем, отпустив кнопку «Настройка фильтра», устанавливают ручку «Усиление» в крайнее правое положение;

— устанавливают тумблер «Питание ФЭУ» БП в положение «Питание ФЭУ» и вращением ручки «Напряжение ФЭУ» добиваются отклонения стрелки микроамперметра от нуля;

— устанавливают стрелку микроамперметра БУ на нуль вращением ручек «Плавно» и «Подстройка частоты» основного генератора — на табло высветится расстояние, близкое к измеренному в режиме «Грубо» (с точностью 2 м);

— устанавливают переключатель «Единицы измерения» на СЧ в положение «СМ»;

— уточняя установку стрелки микроамперметра на нуль ручками «Подстройка частоты» и «Плавно» основного генератора, последовательно нажимают и отпускают на СЧ кнопки «Сброс» и «Отсчет», трижды снимают со светового табло значение измеренного расстояния и записывают результат в графу «Отсчеты «грубо» журнала.

Если расхождение результатов не превышает  $(2+0,6 \cdot D_{к.м})$  см, приступают к точным измерениям расстояния в режиме автоматического наведения.

**102. Точные измерения в режиме автоматического наведения** на минимум сигнала выполняют двумя приемами в такой последовательности:

— устанавливают ручку «Усиление» на БУ в крайнее левое положение, а тумблер «Наведение» — в положение «Автомат»;

— вращая ручку «Плавно» основного генератора, добиваются в головных телефонах минимальной громкости «частоты мерцания»;

— устанавливают переключатель «Единицы измерения» в положение «ММ» (при измерении линии свыше 10 км переключатель оставляют в положении «СМ»);

— устанавливают стрелку микроамперметра БУ на нуль ручкой «Установка нуля», переводят ручку «Усиление» в крайнее правое положение, а затем снова устанавливают стрелку микроамперметра на нуль ручками «Подстройка частоты» и «Плавно» основного генератора;

— добиваются появления возбуждения тракта автоматической подстройки частоты вращением ручки «Напряжение ФЭУ» БП по часовой стрелке (наличие возбуждения определяют по колебаниям

стрелки микроамперметра на БУ и ритмичному изменению громкости «частоты мерцания» в головных телефонах с периодом колебаний 0,3—1,0 с);

— устраняют возбуждение плавным вращением ручки «Напряжение ФЭУ» против часовой стрелки; добиваются вращением ручек «Подстройка частоты» и «Плавно» основного генератора симметричного колебания стрелки микроамперметра относительно нуля;

— переводят тумблер «Измер.-Калибр.» на СЧ в положение «Калибр.», переключатель «Множитель» — «11», а тумблер «:3-:4» — «:4», нажимая последовательно кнопки «Сброс» и «Отсчет», снимают калибровочный отсчет и записывают его в графу «Калибровочный отсчет» журнала;

— переводят тумблер «Измер.-Калибр.» в положение «Измер.», а тумблер «:3-:4» и переключатель «Множитель» — в их положение до снятия калибровочного отсчета;

— проверяют симметричность колебаний стрелки микроамперметра БУ относительно нуля, при необходимости добиваются их симметричности вращением ручки «Подстройка частоты» БУ;

— нажимают поочередно на СЧ кнопки «Сброс» и «Отсчет», снимают со светового табло десять отсчетов расстояния и записывают их в графу «Режим автоматического наведения» журнала (одновременно следят за симметричностью колебания стрелки микроамперметра);

— снимают и записывают в журнал калибровочный отсчет. На этом заканчивается один прием измерений расстояния.

Второй прием выполняют не ранее чем через 3 ч.

**103. Метод измерения длин линий на четырех минимумах без использования вспомогательного генератора** применяют при измерении длин линий свыше 10 км для разрешения многозначности и измерения расстояния первым приемом. При этом последовательно производят следующие операции:

— устанавливают переключатель «Множитель» СЧ в положение «12», тумблер «:3-:4» — «:4», а переключатель «Единицы измерения» — «М»;

— находят первый минимум и смежный с ним второй, соответствующие началу шкалы основного генератора, а затем третий и смежный с ним четвертый минимумы. При этом разность отсчетов по табло для второго и третьего минимумов должна составлять ~700 м. Для каждого минимума снимают отсчеты  $Q_m$  и записывают в графу «Отсчеты  $Q$ » (табл. 34);

— вычисляют и записывают в графу «Девияция» (табл. 34) допустимую величину девиации по формуле

$$q_{\text{доп}} = (Q_{m_2} - Q_{m_1}) \cdot 10,$$

где  $Q_{m_1}$  и  $Q_{m_2}$  — отсчеты по табло СЧ при первом и втором минимумах;

**Образец записи и вычислений**  
**в журнале измерений длин линий светодальномером СГ-3**  
**(измерение длин линий на четырех минимумах без использования**  
**вспомогательного генератора)**

Измерения длины линий

$K_0 = 30\,689,54$

$K = 30\,689,52$

№ min	Отсчеты $Q$ (м)	Девияция (с.м)	Режим ручного наведения (с.м)	Режим автоматического наведения $Q_i$ (с.м)
1	30 340	$\begin{array}{r} 3\,034\,028 \\ 3\,033\,707 \\ \hline q=321 \end{array}$	3 034 046	$\begin{array}{r} 3\,034\,094 \\ 090 \\ \hline 3\,034\,092 \end{array}$
2	30 368	$q_{\text{доп}} = 28 \times 10 = 280$	3 036 735	$\begin{array}{r} 3\,036\,722 \\ 720 \\ \hline 3\,036\,721 \end{array}$
3	31 068		3 106 790	$\begin{array}{r} 3\,106\,780 \\ 778 \\ \hline 3\,106\,779 \end{array}$
4	31 096		3 109 556	$\begin{array}{r} 3\,109\,540 \\ 540 \\ \hline 3\,109\,540 \end{array}$

Обработка результатов измерений

$L = 3\,068\,954 \cdot 10^7$

$\frac{v}{2} = 149\,851\,265 \text{ м/с}$

№ min	Частота модуляции (Гц)		$\Delta F$ (Гц)	Число циклов $N_i$	Длина линии $D_i$ (м)	$v$ (мм)
1	$F_1$	10 114 901	8 757	1 154	17 096,396	+6
2	$F_2$	10 106 144		1 153	383	-7
3	$F_3$	9 878 250	8 771	1 127	386	-4
4	$F_4$	9 869 479		1 126	396	+6
$\Delta F_{\text{ср}} =$			8 764	$D_{\text{ср}} =$	17 096,390	
$d \Delta F =$			24	$\delta_v =$	187	
$d \Delta F_{\text{доп}} =$			34	$\delta_f =$	009	
				$\Sigma =$	17 096,586	+1

$F_i = \frac{L}{Q_{\text{см}}}$

$D_i = \frac{v}{2} \cdot \frac{N_i}{F_i}$

$v = D_{\text{ср}} - D_i$

$M = \sqrt{\frac{|vv|}{n(n-1)}}$

$M = 3 \text{ мм}$

Разность частот $F_i - F_j$ (Гц)		$\Delta N_{ij}$
$F_1 - F_3$	236,651	27,00
$F_2 - F_3$	227,894	26,00
$F_1 - F_4$	245,422	28,00
$F_2 - F_4$	236,665	27,00

$\Delta N_{ij} = \frac{F_i - F_j}{\Delta F_{\text{ср}}}$

$N'_1$	$N''_1$	$N'_2$	$N''_2$
1154,03	1154,00	1152,99	1152,96

$N'_1 = \frac{F_1 \cdot \Delta N_{13}}{F_1 - F_3}; \quad N''_1 = \frac{F_1 \cdot \Delta N_{14}}{F_1 - F_4};$

$N'_2 = \frac{F_2 \cdot \Delta N_{23}}{F_2 - F_3}; \quad N''_2 = \frac{F_2 \cdot \Delta N_{24}}{F_2 - F_4};$



— устанавливают вращением ручки «Плавно» основного генератора БУ на табло СЧ отсчет, соответствующий первому минимуму, и визуально уточняют наведение на него. Устанавливают переключатель «Единицы измерения» в положение «СМ» и определяют величину девиации  $q$  (п. 101). Снимают и записывают в графу «Девиация» (табл. 34) отсчеты при положении тумблера «Установка девиации» блока управления вправо и влево. Значение девиации  $q$ , равное разности полученных отсчетов, не должно отличаться от ранее вычисленного допустимого значения  $q_{доп}$  более чем на  $30\%$ .

После определения девиации переключатель «Единицы измерения» оставляют в положении «СМ» и последовательно производят следующие операции:

— выполняют измерения в режиме ручного наведения (п. 101) и записывают полученный по табло СЧ отсчет в графу «Режим ручного наведения»;

— переводят тумблер «Измер.-Калибр.» СЧ в положение «Калибр.», снимают и записывают в табл. 34 калибровочный отсчет  $K$ ;

— переводят тумблер «Измер.-Калибр.» СЧ в положение «Измер.» и выполняют два измерения в режиме автоматического наведения (п. 102). Полученные отсчеты по табло СЧ и их среднее значение записывают в графу «Режим автоматического наведения»;

— выполняют измерения в режиме ручного наведения при установке основного генератора на отсчеты, соответствующие 2, 3 и 4 минимумам, переводят тумблер «Измер.-Калибр.» СЧ в положение «Калибр.» (перед измерениями на 3 минимуме уточняют настройку фильтра) и записывают полученные отсчеты в соответствующие графы (табл. 34).

Вычисление измеренной длины линии  $D_i$  выполняют в самой таблице в следующем порядке:

— вычисляют и записывают в графу «Частота модуляции» полученную для каждого минимума частоту модуляции (в  $\Gamma$ ) по формуле

$$F = \frac{L}{Q_{см}},$$

где  $L = 3068954 \cdot 10^7$ ,

$Q_{см}$  — среднее из двух отсчетов при измерении в режиме автоматического наведения;

— вычисляют и записывают в графу « $\Delta F$ » абсолютные значения разностей частот модуляции  $\Delta F_1$ ,  $\Delta F_2$ , среднее значение разностей  $\Delta F_{ср}$  и разность разностей  $d\Delta F$  по формулам:

$$\Delta F_1 = |F_2 - F_1|;$$

$$\Delta F_2 = |F_4 - F_3|;$$

$$\Delta F_{ср} = \frac{\Delta F_1 + \Delta F_2}{2};$$

$$d\Delta F = \Delta F_2 - \Delta F_1;$$

— выбирают из табл. 35 по разности отсчетов  $Q_2 - Q_1$  значение  $d \Delta F_{\text{доп}}$  и записывают его в строку  $d \Delta F_{\text{доп}}$  графы « $\Delta F$ ». Если вычисленное значение  $d \Delta F$  превышает допустимое, то все измерения повторяют;

— вычисляют и записывают в графу «Разность частот  $F_i - F_j$ » значения разностей частот  $F_1 - F_3$ ,  $F_2 - F_3$ ,  $F_1 - F_4$  и  $F_2 - F_4$ ;

— вычисляют и записывают в графу « $\Delta N_{ij}$ » разности фазовых циклов по формуле

$$\Delta N_{ij} = \frac{F_i - F_j}{\Delta F_{\text{ср}}}.$$

Таблица 35

Таблица значений  $d \Delta F_{\text{доп}}$  и  $d N_{\text{доп}}$

$Q_2 - Q_1$ (м)	$d \Delta F_{\text{доп}}$ (Гц)	$d N_{\text{доп}}$
450	280	0,08
225	150	0,08
150	110	0,08
110	80	0,09
75	60	0,09
55	50	0,10
45	40	0,11
30	35	0,12
22	30	0,13
18	25	0,14
15	25	0,15

В дальнейшем используют вычисленные значения разностей фазовых циклов, округленные до целого числа;

— вычисляют фазовые циклы  $N_1$  и  $N_2$  для первых двух минимумов по формуле

$$N_i = \frac{F_i \cdot \Delta N_{ij}}{F_i - F_j};$$

каждое значение  $N_i$  вычисляют дважды, округляют до целого числа и записывают в графу «Число циклов  $N_i$ ».

Величина округления  $d N$  каждого значения  $N_i$  не должна превышать значения  $d N_{\text{доп}}$  (табл. 35) для каждого значения разностей отсчетов  $Q_{m_2}$  и  $Q_{m_1}$ . Если это условие не выполняется, измерение длины линии выполняется заново;

— вычисляют и записывают в графу «Число циклов  $N_i$ » значения циклов для 3-го и 4-го минимумов по формулам:

$$N_3 = N_1 - \Delta N_{13};$$

$$N_4 = N_1 - \Delta N_{14};$$

— вычисляют и записывают в графу «Длина линии  $D$ » значения длины линии для каждого минимума по формуле

$$D_i = \frac{v}{2} \cdot \frac{N_i}{F_i},$$

где  $v$  — значение скорости распространения света в воздухе, заложенное в счетчике светодальномера СГ-3;

— вычисляют среднюю квадратическую погрешность (по внутренней сходимости) измерения длины линии по формуле

$$M = \sqrt{\frac{|v_i v_i|}{n(n-1)}},$$

где  $v_i$  — уклонение измеренных значений длины линии от среднего:

$$D_{\text{ср}} = \Sigma D_i : n.$$

В среднее значение длины линии  $D_{\text{ср}}$  вводятся поправка  $\delta_v$  за изменение скорости распространения света в воздухе и поправка  $\delta_f$  за уход частоты  $f_2$  кварцевого генератора:

$$\delta_f = \frac{(30689,54 - K)}{30,690} \cdot D_{\text{км}},$$

где  $D_{\text{км}}$  — измеренное расстояние, в км;  
 $K$  — калибровочный отсчет.

**104. Метеорологические факторы** (температуру, давление и влажность воздуха) определяют на высоте установки ППБ и ОТР.

На пункте установки ППБ определяют температуру, давление и влажность воздуха в каждом приеме перед началом и после окончания измерений в режиме автоматического наведения, на пункте установки отражателя — только температуру и давление воздуха в начале измерений (с момента появления света) и далее через каждые 15 мин до конца.

Давление воздуха отсчитывают по шкале барометра-анероида с точностью 0,1 мм рт. ст. Для устранения влияния трения в его передаточном механизме перед снятием отсчета слегка стучат пальцем по стеклу. Для исключения ошибки от параллакса отсчет следует производить при видимом совмещении стрелки указателя с ее изображением на зеркале шкалы.

Температуру воздуха по первому (сухому) и второму (смоченному) термометрам психрометра отсчитывают с точностью 0,1°. На пункте установки отражателя второй термометр не смачивают, и его показания используют для контроля показаний первого термометра. Отсчет по термометрам производят на 4-й минуте после пуска вентилятора. Вначале отсчитывают десятые доли градуса, а затем целые градусы. При этом психрометр следует держать за верхнюю часть и стоять так, чтобы ветер дул со стороны психрометра к наблюдателю.

Результаты измерений метеорологических факторов, выполненных у ППБ и ОТР, записывают в журнал измерения длин линий (табл. 37) и в журнал метеорологических наблюдений (табл. 36)

соответственно. Одновременно в этих журналах фиксируют (с точностью до 1 мин) местное время наблюдений.

Таблица 36

Образец записи в журнале метеорологических наблюдений  
на пунктах установки отражателей

Название линии Петровка—Сидорово  
 Пункт установки отражателя Сидорово  
 Дата 28 августа 1970 г.  
 Отражатель одинарный № 1  
 (одинарный, двоянный)  
 Высота отражателя над центром пункта  $v =$  12,07 м  
 Отражатель совмещен с проекцией центра  
 (совмещен, не совмещен)

Метеорологические наблюдения

Психрометр № 2293 Барометр-анероид № 392

Время	Температура воздуха t°С	Давление воздуха P', мм рт. ст.	Примечание	Время	Температура воздуха t°С	Давление воздуха P', мм рт. ст.	Примечание
19 ч 00 мин	+18.5	751.7					
15	+18.3	751.8					
30	+18.0	751.8					

105. Выключение прибора производят в следующем порядке:

- переводят ручку «Напряжение ФЭУ» БП в крайнее левое положение, а тумблер «Питание ФЭУ» — в положение «Выкл.»;
- переводят тумблер «Наведение» БУ в положение «Ручное»;
- переводят переключатель «Единицы измерения» на СЧ в положение «М»;
- устанавливают переключатель «Измерение» БУ в положение «Грубо», а ручку «Девиация» — в среднее положение;
- переводят тумблеры «Питание УМ» и «Питание ОКГ» БП в положение «Выкл.»;
- вращают ручку «Фиксатор» БУ против хода часовой стрелки до упора;
- устанавливают отсчет по шкалам на «0» (на «6» при измерении длин линий свыше 15 км) вращением ручек «Плавно» и «Грубо» основного и вспомогательного генераторов; спустя 3 мин включают тумблер «Питание УМ» БП и проверяют наличие высококачественного напряжения по свечению лампочки «Индикация» ППБ (при необходимости добиваются свечения лампочки, вращая ручку «Грубо» основного генератора, а затем вновь устанавливают ручкой «Плавно» нулевой отсчет по шкале основного генератора);

— переводят тумблеры «Питание УМ» БП и «Сеть» СЧ и БП в положение «Выкл.».

## Обработка результатов линейных измерений

106. Обработка результатов линейных измерений производится непосредственно в журнале измерений (табл. 37, 38) и в специальной ведомости (табл. 39) и включает:

— оценку точности измерений по внутренней сходимости в каждом приеме;

— вычисление измеренного расстояния и контроль сходимости результатов измерений между приемами;

— вычисление длины линии на плоскости в проекции Гаусса.

Таблица 37

### Образец записи и вычислений в журнале измерений длин линий светодальномером СГ-3

Наименование линии Петровка—Сидорово

Наименование пункта Петровка

Прием № III

Дата измерения 28 августа 1977 г. Видимость 10 км

Время вкл. прибора 18.00 Время выкл. прибора 20.00

Высота над центром пункта: ППБ  $i = 10,13$  м отражателя  $v = 12,07$  м

ППБ не совмещен с проекцией центра пункта  
(совмещен, не совмещен)

Отражатель одинарный № 1  
(одинарный, сдвоенный)

### Метеорологические наблюдения

Психрометр № 2162

Барометр-анероид № 6626

$\lambda = 0,6328$  мкм

$N_0 = 300,2$

Место наблюдения	Время наблюдения	Температура		Давление (мм рт. ст.)			$N_{cp}$
		$t^{\circ}_c$	$t^{\circ}_m$	$P'$	$\Sigma\delta$	$P$	
ППБ	19.08	+17,5	+13,8	750,1	+0,2	750,3	$K_1 = 0,3754$
	19.23	+17,1	+14,0	750,3	+0,2	750,5	$K_2 = -0,0046$
	Ср.	+17,3	+13,9			750,4	$\Sigma K = 0,3708$
ОТР	19.00	+18,5		751,7	-0,4	751,3	$\Delta = -0,5$
	19.15	+18,3		751,8	-0,4	751,4	
	19.30	+18,0		751,8	-0,4	751,4	
	Ср.	+18,3				751,4	
Ср. по линии		+17,8	+13,9			750,9	$N_{cp} = 277,9$

$$N_{cp} = (K_1 + K_2) P_{cp} + \Delta$$

$$N_0 - N_{cp} = +22,3$$

## Линейные измерения

$K_0 = 15\,344,769$

$N_0 - N_{cp} = +223$

№ пп.	Отсчеты „грубо“	Калибровочный отсчет $K$	Режим автоматического наведения			Примечание
			время	отсчет $D, м$	$v, мм$	
1	8 495	15 344,753	19.10	8 394,584	+1	
2	455			589	-4	
3	405			584	+1	
4	8 396			586	-1	
5	394			584	+1	
6	8 394,58			579	+6	
7	59			588	-3	
8	60			580	+5	
9				582	+3	
10		15 344,753	19.21	589	-4	
$K_{cp} = 15\,344,753$ $K_0 - K_{cp} = +0,016$			$D_{cp} =$ $\delta_v =$ $\delta_f =$ $\Sigma =$	8 394,585 +0,187 +0,009 8 394,781	$\Sigma v = +5$ $[vv] = 115$ $M = 1,1 мм$ $M_{доп} = 8,4 мм$	

## Оценка результатов, полученных в приемах

$\Delta_{доп} = \frac{128}{мм}$

$1,25 \Delta_{доп} = \frac{135}{мм}$

Номер приема	$D_{cp} + \delta_v + \delta_f$	$ \Delta , мм$	Заключение о качестве измерений
1	8 394,798	32 (1-2)	
2	766	17 (1-3)	
3	781	15 (2-3)	
4			

$D_v = 8\,394,782 м$

Ф о р м у л ы

$$M_{(мм)} = \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}};$$

$$\delta_v = (N_0 - N_{cp}) D_{км} \cdot 10^{-3}; \quad M_{доп} = (D_{км})_{мм}$$

$$v_{(мм)} = D_{cp} - D_i;$$

$$\delta_f = \frac{K_0 - K_{cp}}{15,345} D_{км}; \quad \Delta_{доп} = (3,3 D_{км})_{мм}$$

$$D_{v(м)} = \frac{\Sigma (D_{cp} + \delta_v + \delta_f)}{n}$$

## Вычисление длин линий на плоскости в проекции Гаусса

Номер действия	Обозначения	Наименование линии	
		Петровка (1)	Сидорово (2)
1	$x_m$	5 925 км	
2	$y_1 \left. \vphantom{y_1} \right\} \text{(без номера зоны)}$	698,82	
3		$y_2 \left. \vphantom{y_2} \right\}$	702,03
14	$y_m = (y_1 + y_2 - 1\ 000 \text{ км}) : 2$	200,42	
15	$\Delta y = y_2 - y_1$	+ 3,21	
4	$H_{u_1}$	451,20 м	
10	$i$	10,13	
16	$H_1$	461,33	
5	$H_{u_2}$	460,93	
11	$v$	12,07	
17	$H_2$	473,00	
18	$H_m = (H_1 + H_2) : 2$	467,16	
19	$H_2 - H_1$	+ 11,67	
6	$A$	301°	
7	$\zeta_1$	+ 10 м	
8	$\zeta_2$	+ 11	
9	$D_v$	8 394,782	
12	$\delta_R$	+ 0,313	
20	$\Sigma_1 = D_1$	8 395,095	
13	$\delta_c$	- 0,003	
21	$\delta_r$	0,000	
22	$\delta'_h \left. \vphantom{\delta'_h} \right\} \delta_h$	- 0,008	
23		$c \left. \vphantom{c} \right\}$	0,000
24	$\Sigma_2 = D_2$	8 395,084	
25	$\delta'_\zeta \left. \vphantom{\delta'_\zeta} \right\} \delta_\zeta$	+ 0,001	
26		$\delta''_\zeta \left. \vphantom{\delta''_\zeta} \right\}$	- 0,014
27	$\delta_H$	- 0,616	
28	$\Sigma_3 = D_3$	8 394,455	
29	$\delta_L$	+ 4,139	
30	$\Sigma_4 = d$	8 398,594	

**107. Оценка точности измерений по внутренней сходимости в каждом приеме** производится по результатам измерений расстояния в режиме автоматического наведения.

Значение средней квадратической погрешности измеренного расстояния  $M$  вычисляют по формуле

$$M = \sqrt{\frac{[v_i v_i]}{n(n-1)}}$$

где  $v_i$  — отклонение отдельного результата от среднего значения в приеме;

$n$  — число измерений в приеме.

Значение  $M$  в приеме не должно превышать величины

$$M_{\text{доп}} = (D_{\text{км}}) \text{ мм},$$

где  $D$  — длина измеренной линии.

Если значение  $M$  превышает  $M_{\text{доп}}$ , прием бракуют и выполняют измерения вновь.

**108. Вычисление измеренного расстояния и контроль сходимости результатов измерений между приемами.** Измеренное значение расстояния в каждом приеме вычисляют по формуле

$$D_v = D_{\text{ср}} + \delta_v + \delta_f,$$

где  $D_{\text{ср}}$  — среднее значение расстояния в приеме;

$\delta_v$  — поправка за изменение скорости распространения света в воздухе;

$\delta_f$  — поправка за уход частоты кварцевого генератора светодальномера.

Поправку  $\delta_v$  (в  $m$ ) вычисляют по формуле

$$\delta_v = (N_0 - N_{\text{ср}}) D_{\text{км}} 10^{-3},$$

где  $N_{\text{ср}}$  — значение модуля показателя преломления воздуха, вычисляемое с помощью Таблиц 1 по средним метеорологическим данным, измеренным на конечных точках линии до начала и после окончания измерений (табл. 38);

$N_0$  — значение модуля показателя преломления воздуха, заложенное в счетчике светодальномера ( $N_0 = 300,2$ ).

Поправку  $\delta_f$  (в  $m$ ) вычисляют по среднему для приема калибровочному отсчету  $K_{\text{ср}}$  по формуле

$$\delta_f = \frac{(15\,344,769 - K_{\text{ср}})}{15,345} \cdot D_{\text{км}}$$

Расхождение результатов измерений, полученных по отдельным приемам, не должно превышать величины  $\Delta_{\text{доп}} = (3,3 \cdot D_{\text{км}}) \text{ мм}$ . В противном случае выполняют третий прием.



Если и этот результат отличается от результатов, полученных в первом и втором приемах, на величину не более чем 1,25  $\Delta_{\text{доп}}$ , для вычисления длины линии принимают среднее из трех приемов. При большой величине отклонения используют среднее из результатов тех двух приемов, расхождение между которыми не превышает  $\Delta_{\text{доп}}$ . Третий прием бракуют.

**109. Вычисление длины линии на плоскости в проекции Гаусса** выполняют в специальной ведомости (табл. 39) по формуле

$$d = D_{\sigma} + \delta_k + \delta_c + \delta_r + \delta_h + \delta_H + \delta_c + \delta_L,$$

где  $D_{\sigma}$  — среднее из всех приемов измеренное значение длины линии, исправленное поправками  $\delta_{\sigma}$  и  $\delta_f$ ;

$\delta_k$  — постоянная поправка светодальномера;

$\delta_c$  — поправка за центрировку ППБ;

$\delta_r$  — поправка за редукцию ОТР;

$\delta_h$  — поправка за наклон линии;

$\delta_H$  — поправка за приведение длины линии на уровень моря (геоида);

$\delta_c$  — поправка за приведение длины линии на поверхность референц-эллипсоида\*;

$\delta_L$  — поправка за приведение длины линии на плоскость в проекции Гаусса.

Значение  $D_{\sigma}$  берут из журнала измерения длин линий после проверки его во вторую «руку», постоянную поправку  $\delta_k$  светодальномера — из материалов ее определения или из формуляра прибора, а поправки  $\delta_c$  и  $\delta_r$  — из центрировочных листов после их проверки.

Значения поправок  $\delta_h$  и  $\delta_H$  вычисляют по высотам ППБ ( $H_1$ ) и ОТР ( $H_2$ ) над уровнем моря, используя Таблицы 1. При этом высоты  $H_1$  и  $H_2$  вычисляют по формулам:

$$H_1 = H_{ц_1} + i;$$

$$H_2 = H_{ц_2} + v,$$

где  $H_{ц_1}$  и  $H_{ц_2}$  — высоты центров пунктов начальной и конечной точек линии над уровнем моря;

$i$  — высота ППБ над центром пункта;

$v$  — высота ОТР над центром пункта.

При вычислении поправок  $\delta_h$  значения превышений  $h$  между конечными точками измеряемых линий необходимо знать с погрешностями, не превышающими величин, приведенных в табл. 40.

\* При вычислении поправки  $\delta_H$  разность ( $\zeta_2 - \zeta_1$ ) учитывается только в ГГС 1 и 2 классов.

**Допустимые погрешности определения превышения  
между конечными точками измеряемой линии (в м)**

$D, км$	0,5	1	3	5	10	20	30
$h, м$							
10	0,04	0,1	0,4	0,9	3	7	10
50	0,01	0,02	0,1	0,2	0,6	2	4
100		0,01	0,04	0,1	0,3	1	2
500				0,02	0,06	0,2	0,4

При вычислении поправок  $\delta_H$  значения средних высот измеряемых линий необходимо знать с погрешностями, не превышающими величин, приведенных в табл. 41.

Таблица 41

**Допустимые погрешности средней высоты  
измеряемой линии**

$D, км$	0,5	1	3	5	10	20	30
$m_H, м$	8	5	2,1	1,7	1,4	1,2	1,1

Значение поправки  $\delta_L$  вычисляют по рабочим координатам конечных точек измеряемой линии в проекции Гаусса по Таблицам 1. Точность рабочих координат должна быть порядка 10 м.

### Топографический светодальномер 2СМ2

**110.** Топографический светодальномер малый 2СМ2 предназначен для линейных измерений при развитии СГС. В отдельных случаях он может быть использован и при развитии (восстановлении) ГГС 4 класса.

Светодальномер 2СМ2 позволяет измерять расстояния в дневное и ночное время при благоприятных условиях погоды, вести измерения со штатива и со столиков сигналов. При неблагоприятных условиях погоды дальность действия прибора резко сокращается.

В состав комплекта 2СМ2 входят: приемопередатчик, электронный блок, два отражателя, три штатива, два аккумулятора КНГК-11Д, метеорологические приборы (барометр-анероид, термометр пращевой ртутный) и ЗИП.

Общий вид топографического светодальномера 2СМ2 показан на рис. 19.



Рис. 19. Светодальномер 2СМ2

### Поверки и исследования

111. Поверки и исследования светодальномера 2СМ2 выполняют с целью установления пригодности к эксплуатации, подготовки к полевым измерениям и контроля стабильности его рабочих параметров.

Перед проведением поверок и исследований оператор проверяет комплектность прибора, проводит внешний осмотр и убеждается в возможности работы с прибором.

112. Поверки светодальномера 2СМ2 производят до начала полевых работ и в ходе их выполнения. Поверяют работоспособность термостата генератора модулирующих частот и фильтра сигнального канала, правильность компенсации фазовых задержек сигналов в цепях прибора (поверка нулевых отсчетов), работоспособность счетного блока и состояние метеорологических приборов.

Перед поверками контролируют напряжение аккумуляторной батареи: подсоединяют кабель приемопередатчика к электронному блоку, который затем соединяют кабелем с источником питания; тумблеры «Питание», «Терм.» и «Подсвет» должны быть выключены (нижнее положение). Устанавливают переключатель режима работ в положение «АКК», тумблер «I—II» — в положение «I», включают тумблер «Питание» и, нажав кнопку «Пуск», снимают показания с контрольного прибора. При показаниях менее 40 делений работать запрещается. После контроля выключают тумблер «Питание».

**113. Поверка работоспособности термостата** осуществляется по показаниям контрольного прибора электронного блока. Устанавливают переключатель режима работ в положение «Терм.» и включают тумблер «Терм.». Показания прибора в режиме первоначального прогрева термостата должны находиться в пределах  $30 \div 40$  делений, а в дальнейшем с периодичностью  $0,1 \div 5$  мин (в зависимости от температуры окружающего воздуха) — изменяться в пределах  $0—25$  делений.

**114. Поверка работоспособности фильтра сигнального канала.** Устанавливают переключатель режима работ в положение «Настр.» и включают тумблер «Питание». При вращении ручки «Настр.» из крайнего левого в крайнее правое положение должны наблюдаться отклонения (возможно зашкаливание) стрелки контрольного прибора. Плавно вращая, находят такое положение ручки «Настр.», при котором направления ее вращения и отклонения стрелки контрольного прибора совпадают. После этого устанавливают стрелку прибора ручкой «Настр.» на отсчет 25 делений.

**115. Поверка нулевых отсчетов.** Устанавливают рукоятку ОКЗ на приемопередатчике в положение оптического короткого замыкания (флажком вниз), стрелку индикаторного прибора приемопередатчика рукояткой апертурной диафрагмы — на отсчет 30 делений, а переключатель режима работ — последовательно в положения «1», «2», «3», и каждый раз, нажимая кнопку «Пуск», снимают отсчет с электронного табло. Значения отсчетов должны быть в пределах, указанных в табл. 42.

Таблица 42

Допустимые значения нулевых отсчетов

Положение переключателя режима работ	min	max
$f_1$	9850	150
$f_2$	9850	150
$f_3$	50	150

В противном случае требуемые значения устанавливают с помощью подстроечных потенциометров нулевых отсчетов частот  $f_1$ ,  $f_2$  и  $f_3$ . Если и этого добиться не удается, эталонируют частоту  $f_3$ .

**116. Проверка работоспособности счетного блока** производится по показаниям электронного табло. Устанавливают переключатель режима работ в положение «3» и, нажав кнопку «Пуск», контролируют последовательное и синхронное высвечивание цифр от 0 до 9 во всех разрядах табло.

Затем устанавливают переключатель режима работ в положение «2» и, нажав кнопку «Пуск», снимают отсчет, который должен быть в пределах от 091,020 до 091,080. При выходе отсчета из указанного предела устанавливают требуемое значение с помощью подстроечного потенциометра « $\tau_a$ », а переключатель после этого — в положение «1». Нажав кнопку «Пуск», снимают отсчет, который должен быть в пределах 044,970 ÷ 045,030 (054,900 ÷ 055,100). Если это условие не выполняется, прибор отправляют в ремонт.

**117. Проверка метеорологических приборов** (термометра и барометра-анероида) выполняется в соответствии с требованиями раздела «Проверки метеорологических приборов» (п. 144—146).

**118. Исследования светодальномера 2СМ2** производят после проведения проверок. Исследования включают: эталонирование основной масштабной (измерительной) частоты, определение дальности действия и постоянной поправки светодальномера.

**119. Эталонирование** основной масштабной частоты  $f_3$  производят в начале и в конце полевого сезона с помощью частотомера ЧЗ—24 или ЧЗ—34 в следующем порядке:

— подключают частотомер к электрической сети и прогревают его в течение 45 мин;

— подключают аккумулятор и приемопередатчик к электронному блоку при выключенных тумблерах «Терм.» и «Питание»;

— подключают частотомер с помощью кабеля к специальному разъему электронного блока (в гнезде под крышкой вместе с калибровочным потенциометром частоты  $f_3$ );

— включают тумблеры «Терм.» и через 15—20 мин — «Питание», устанавливают переключатель режима работ в положение « $f_3$ »;

— измеряют частоту  $f_3$  частотомером.

Показания частотомера должны быть близкими к 14 985 000 Гц. Если отсчет отличается более чем на 10 единиц, устанавливают  $f_3 = 14\,985\,000 \pm 10$  Гц с помощью калибровочного потенциометра, расположенного под крышкой на передней панели электронного блока.

**120. Определение дальности действия светодальномера 2СМ2** производят в условиях хорошей видимости на ровном участке местности. Устанавливают отражатель (с 15 трипельпризмами) сначала

примерно в 2 км от приемопередатчика и измеряют расстояния одним приемом. Затем увеличивают расстояние примерно на 100 м и повторяют измерение и т. д., пока имеется возможность выполнять измерения. Предельную дальность действия исследуемого дальномера характеризует максимальное измеренное им расстояние, округленное до сотен метров.

Если начальное расстояние ( $\approx 2$  км) измерить невозможно, его уменьшают примерно на 500 м и вновь повторяют измерения, а если это не удается, отправляют прибор в ремонт.

**121. Определение постоянной поправки светодальномера 2СМ2** производят в начале и конце полевого сезона, а также после ремонта прибора.

Постоянную поправку определяют на контрольном базисе, известном с точностью 2 мм. Длина базиса должна примерно соответствовать подлежащим измерению расстояниям.

Для определения постоянной поправки на одном конце базиса (рис. 20) в его створе закрепляют временными центрами 4 точки на удалении  $2 \pm 0,1$  м одна от другой — внутри или на продолжении базиса в зависимости от условий местности.



Рис. 20. Схема геодезического базиса для определения постоянной поправки

Расстояния между точкой B (пунктом базиса) и точками 1, 2, 3 и 4 измеряют (рулеткой) с точностью 1 мм. Устанавливают приемопередатчик над точкой A, а отражатель — последовательно над точками B, 1, 2, 3 и 4. Каждое расстояние ( $d_{AB}, d_{A1}, \dots, d_{A4}$ ) измеряют светодальномером шестью приемами. Расхождения отсчетов в приемах и между приемами не должны превышать 50 мм. Измеренные расстояния исправляют поправками за метеоусловия, за приведение к горизонту и приводят на плоскость в проекции Гаусса.

Постоянную поправку  $\delta_k$  вычисляют по формуле

$$\delta_k = \frac{[(d_{эГ_{Ai}} - d_{Ai})]}{5},$$

где  $d_{эГ_{Ai}}$  — известное значение расстояния на плоскости в проекции Гаусса;

$d_{Ai}$  — измеренное светодальномером расстояние на плоскости в проекции Гаусса ( $i = B, 1, 2, 3$  и 4).

Среднюю квадратическую погрешность определения постоянной поправки находят по формуле

$$m_{\delta_k} = \sqrt{\frac{[v_i v_i]}{20}},$$

где  $v_i$  — уклонения отдельных значений постоянных поправок от их среднего значения.

Величина  $m_{\delta_k}$  не должна превышать 4 мм.

Постоянную поправку можно также определять, измеряя светодальномером линию неизвестной длины целиком и по частям. Для этого на ровном участке местности закрепляют (временными центрами) две точки, расстояние между которыми должно быть примерно равно расстояниям, планируемыми для последующих измерений. В створе точек  $A$  и  $B$  (рис. 21), примерно на  $1/3$  расстояния от одной из них, закрепляют вспомогательные точки 1, 2, 3, 4 и 5 на удалении  $2 \pm 0,1$  м одна от другой.



Рис. 21. Схема линии неизвестной длины для определения постоянной поправки

Выполняют измерение отрезков с каждой вспомогательной точки до точек  $A$  и  $B$  шестью приемами и затем измеряют расстояние  $AB$  также шестью приемами. Расхождения отсчетов в приемах и между приемами не должно превышать 50 мм. Измеренные расстояния исправляют поправками за метеоусловия и за приведение к горизонту.

Постоянную поправку  $\delta_k$  вычисляют по формуле

$$\delta_k = \frac{[D_{AB} - (D_{iA} + D_{iB})]}{5},$$

где  $D_{AB}$ ,  $(D_{iA} + D_{iB})$  — измеренное светодальномером расстояние целиком и по частям ( $i = 1, 2, 3, 4$  и  $5$ ).

Оценку точности определения поправки  $\delta_k$  выполняют по формуле  $m_{\delta_k} = \sqrt{\frac{[v_i v_i]}{20}}$ .

Полученную поправку записывают в паспорт светодальномера 2СМ2.

### Измерение расстояний

**122.** Измерение расстояний при развитии ГГС 4 класса светодальномером 2СМ2 выполняют тремя приемами, а при развитии СГС — одним.

Наводят приемопередатчик прибора на отражатель: грубо — визуально и точно — с помощью индикаторного прибора по максимальному уровню отраженного сигнала. Устанавливают показание стрелки индикаторного прибора на 30 делений ручкой «ФЭУ» или, если не удастся, рукояткой апертурной диафрагмы. Поочередным вращением наводящих винтов по азимуту и высоте вновь добиваются максимального отклонения стрелки индикаторного прибора и затем ручкой «ФЭУ» и рукояткой апертурной диафрагмы устанавливают стрелку прибора на показание 30 делений.

123. В одном приеме измерения расстояния выполняют следующие операции:

— контролируют наведение приемопередатчика на отражатель по максимальному уровню отраженного сигнала и проверяют настройку фильтра;

— устанавливают переключатель режима работ в положение «Дист.» и, нажимая кнопку «Пуск», снимают три отсчета с электронного табло, которые записывают в графу «Дист.» журнала (табл. 43). Расхождения между отсчетами не должны превышать 50 мм. В ту же графу записывают показания индикаторного прибора;

— устанавливают рукоятку «ОКЗ» в положение оптического короткого замыкания (флажком вниз) и стрелку индикаторного прибора приемопередатчика рукояткой апертурной диафрагмы — на отсчет около 30 делений; показание индикаторного прибора записывают в графу «ОКЗ» журнала;

— нажимая кнопку «Пуск», снимают три отсчета с электронного табло и записывают в графу «ОКЗ» журнала;

— снимают отсчеты по метеоприборам и записывают их в журнал (метеоданные у отражателя не определяют).

На этом прием измерений расстояния заканчивается.

При измерении расстояний до 200 м на объектив надевают специальную диафрагму, приемопередатчик наводят на центральную призму отражателя.

В ночных условиях для опознавания отражателей используют электрические фонари, входящие в комплект прибора. Для подсветки окружности сетки приемопередатчика включают тумблер «Подсветка».

Производить измерения расстояний при уровне сигнала менее 25 делений по индикаторному прибору или при колебаниях его стрелки более 8 делений не рекомендуется.

## Обработка результатов измерений

124. Обработка результатов измерений расстояния производится непосредственно в журнале (табл. 43).



**Образец записи и вычислений в журнале  
измерений расстояний светодальномером 2СМ2**

Название пункта Иваново, 4 кл. пир.Название линии Иваново—СоколовоПрием № IIIДата 27.7.76 г.Видимость хорошаяВремя вкл. прибора 19.00Время выкл. прибора 19.10Напряжение аккумулятора 27 делВысоты:  $i = 1,54 \text{ м}$  $v = 1,68 \text{ м}$ Метеоданные:  $t^{\circ} = +30^{\circ}$  $P = 712 \text{ мм рт. ст.}$  $D_{\text{прибл}} = 2 \text{ км}$ 

Измерение расстояния			Вычисление расстояния		
	отсчеты		обозначения	результаты	примечания
	дист.	ОКЗ			
Индикатор	26—30	28	$D$	1 842,201 м	$h = 40,24 \text{ м}$ (журнал № 117) $H_m = 151 \text{ м}$ $u_m = -214,6 \text{ км}$
1	842,364	0,160	$\delta_k$	-0,070	
2	358	0,161	$\delta_v$	+0,112	
3	362	0,158	$D_I$	1 842,243	
4			$\delta_c$	0	
5			$\delta_r$	0	
6			$\delta_h$	-0,440	
			$D_{II}$	1 841,803	
Ср.	842,361	0,160	$\delta_H$	-0,044	
			$D_{III}$	1 841,759	
			$\delta_L$	+1,044	
$D$	1 842,201 м		$d$	1 842,803 м	

Оценка точности

Номер приема	$d$	$v$	$v^2$
I	1 842,825 м	+10	100
II	818	+3	9
III	803	-12	144
Ср.	1 842,815	+1	253

$$M = \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{253}{6}} = 7 \text{ мм}$$

$$\frac{M}{D} = \frac{1}{263 \ 000}$$

Вычислял: Иванов 27.7.76 г.  
(подпись, дата)Проверял: Петров 28.7.76 г.  
(подпись, дата)

Вначале проверяют полноту и правильность записей в журнале. Затем в графах «Дист.» и «ОКЗ» получают средние значения из отсчетов и вычисляют как их разность («Дист.» — «ОКЗ») измеренное расстояние  $D$ . Впереди разности приписывают число целых километров (исходя из  $D_{\text{прибл.}}$ ).

Расстояние  $d$ , приведенное на плоскость в проекции Гаусса, вычисляют по формуле

$$d = D + \delta_k + \delta_v + \delta_c + \delta_r + \delta_h + \delta_H + \delta_L,$$

где  $D$  — расстояние, измеренное светодальномером;

$\delta_k$  — постоянная поправка;

$\delta_v$  — поправка за метеоусловия;

$\delta_c, \delta_r$  — поправки за центрировку и редукцию;

$\delta_h$  — поправка за приведение измеренного расстояния к горизонту;

$\delta_H$  — поправка за приведение расстояния на уровень моря;

$\delta_L$  — поправка за приведение расстояния на плоскость в проекции Гаусса.

Для вычисления, кроме того, используются следующие формулы:

$$D_I = D + \delta_k + \delta_v, \quad D_{II} = D_I + \delta_c + \delta_r + \delta_h,$$

$$D_{III} = D_{II} + \delta_H, \quad d = D_{III} + \delta_L.$$

Поправку  $\delta_k$  выписывают из паспорта прибора, поправку  $\delta_v$  (в мм) вычисляют по формуле

$$\delta_v = K \frac{D}{100},$$

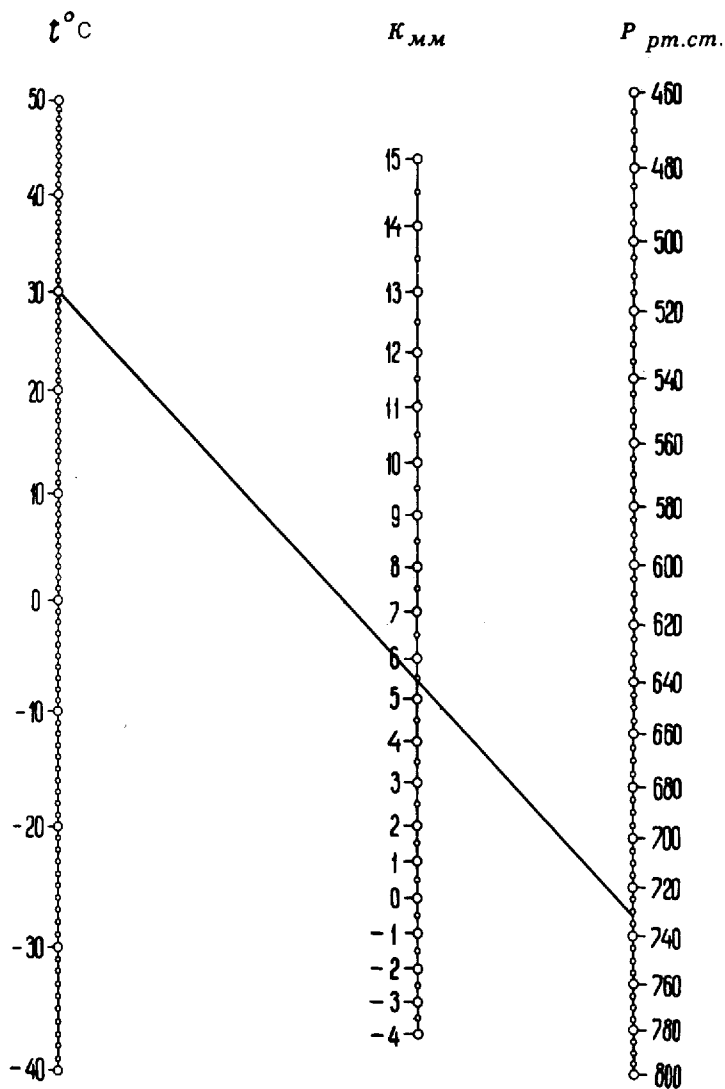
где коэффициент  $K$  берут из номограммы (рис. 22) с точностью до 0,1 по температуре воздуха  $t^\circ$  и атмосферному давлению  $P$ ;  $D$  — расстояние (в м).

Поправки  $\delta_c$  и  $\delta_r$  вычисляют по формулам (п. 79).

Поправку  $\delta_h$  (в мм) вычисляют по формуле

$$\delta_h = -h(K_1 + K_1^2) \cdot 10^3,$$

где коэффициент  $K_1$  получают по формуле  $K_1 = \frac{h}{2D_1}$  с точностью до пятого знака после запятой; величины  $D_1$  и  $h$  (в м) берут с погрешностью не более 0,1 м. Превышение  $h$  между приемоопередатчиком и отражателем в зависимости от наклона



Пример:  $t = +30^{\circ}\text{C}$   
 $K = 5.4$   $P = 731$  мм рт. ст.

Рис. 22. Номограмма для определения коэффициента  $K$

измеряемой линии необходимо знать с погрешностью ( $m_h$ ) не более приведенной в табл. 44.

Таблица 44

Допустимые погрешности определения разности высот концов линии в зависимости от ее наклона

$\frac{h}{D_1}$	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
$m_h$ , см	4	4	5	6	7	8	10	13	20	40

Поправку  $\delta_H$  (в мм) вычисляют по формуле

$$\delta_H = -(0,1567 \cdot H_m \cdot D_{II}) 10^{-3},$$

где  $H_m$  — средняя высота измеряемой линии; величины  $H_m$  и  $D_{II}$  берут в метрах.

Поправку  $\delta_L$  (в мм) вычисляют по формуле

$$\delta_L = K_2 \cdot D_{III},$$

где коэффициент  $K_2$  берут из табл. 45 по средней ординате измеряемой линии  $u_m$ , которую необходимо знать с точностью 0,1 км, а величину  $D_{III}$  берут в метрах.

Таблица 45

Поправки за приведение длин линий на плоскость в проекции Гаусса

$u_m$ , км	$K_2$	$\Delta$ , мм на 1 км	$u_m$ , км	$K_2$	$\Delta$ , мм на 1 км	$u_m$ , км	$K_2$	$\Delta$ , мм на 1 км
0	0,0000		120	0,1772		240	0,7088	
10	0,0012	1,2	130	0,2079	30,7	250	0,7706	61,8
20	0,0049	3,7	140	0,2412	33,3	260	0,8335	62,9
30	0,0111	6,2	150	0,2768	35,6	270	0,8989	65,4
40	0,0197	8,6	160	0,3150	38,2	280	0,9667	67,8
50	0,0308	11,1	170	0,3556	40,6	290	1,0370	70,3
60	0,0443	13,5	180	0,3987	43,1	300	1,1115	74,5
70	0,0603	16,0	190	0,4442	45,5	310	1,1869	75,4
80	0,0787	18,4	200	0,4922	48,0	320	1,2647	77,8
90	0,0997	21,0	210	0,5426	50,4	330	1,3450	80,3
100	0,1230	23,3	220	0,5955	52,5	340	1,4278	82,8
110	0,1489	25,9	230	0,6509	55,4	350	1,5130	85,2
120	0,1772	28,3	240	0,7088	57,9	360	1,6007	87,7

В примечании журнала указывают материалы, использованные при вычислении поправок, и полученные значения  $h$ ,  $H_m$  и  $u_m$ .

### Квантовый топографический дальномер КТД-1

125. Квантовый топографический дальномер КТД-1 представляет собой комбинированный прибор, предназначенный для измерения расстояний, горизонтальных и вертикальных углов, магнитных азимутов направлений при определении координат и высот пунктов СГС и точек планово-высотной подготовки аэроснимков для обеспечения топографических съемок масштабов 1 : 50 000 и 1 : 100 000. Он позволяет измерять без отражателей расстояния до местных предметов.

В комплект дальномера КТД-1 входят: приемопередатчик с угломерной частью, штатив, две аккумуляторные батареи и комплект ЗИП. Общий вид дальномера КТД-1 в рабочем положении показан на рис. 23.

#### Поверки

126. Поверки выполняются не реже раза в год с целью подготовки дальномера к работе. При этом проверяют: перпендикулярность оси цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга к вертикальной оси вращения прибора, правильность вращения алидады горизонтального круга, перпендикулярность горизонтальной оси вращения приемопередатчика к вертикальной оси вращения прибора, параллельность приемопередатчика тракта и визирной оси зрительной трубы, а также определяют место нуля вертикального круга и постоянной поправки дальномера.

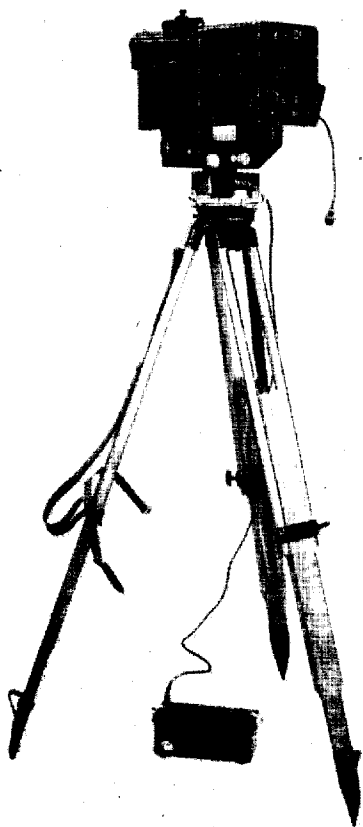


Рис. 23. Квантовый топографический дальномер КТД-1

127. Проверка перпендикулярности оси цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга к вертикальной оси враще-

ния прибора выполняется точно так же, как для оптических теодолитов (п. 17).

**128. Проверка правильности вращения алидады горизонтального круга** выполняется точно так же, как для оптических теодолитов (п. 18). Отклонение пузырька уровня от среднего положения при разных установках алидады не должно превышать одного деления. При больших отклонениях прибор отправляют в ремонт.

**129. Проверка перпендикулярности горизонтальной оси вращения приемопередатчика к вертикальной оси вращения прибора** выполняется с помощью накладного уровня, который входит в комплект прибора. Сначала проверяют сам накладной уровень. Снимают защитные крышки с левой и правой стоек угломерной части и после горизонтирования прибора устанавливают горизонтальную ось вращения приемопередатчика по направлению двух подъемных винтов. Устанавливают накладной уровень на выступы горизонтальной оси и подъемными винтами выводят его пузырек на середину. Затем перекаладывают (поворачивают) уровень на  $180^\circ$ . Если пузырек уровня сместился не более чем на 1,5 деления (от середины), ось уровня считается параллельной горизонтальной оси вращения приемопередатчика. В противном случае пузырек уровня приводят на середину: на половину отклонения — исправительными винтами накладного уровня и окончательно — подъемными винтами, после чего поверку повторяют.

Затем поворачивают алидадную часть прибора на  $90^\circ$ . С помощью третьего подъемного винта выводят пузырек накладного уровня на середину, снимают отсчет по горизонтальному кругу и поворачивают алидаду на  $180^\circ$ . Если пузырек сместится от среднего положения менее чем на 1,5 деления, горизонтальная ось вращения приемопередатчика считается перпендикулярной к вертикальной оси вращения прибора. Если отклонение пузырька превышает эту величину, его выводят на середину: на половину отклонения — подъемным винтом и окончательно — изменением положения горизонтальной оси во втулке правой стойки. С этой целью отпускают три винта, крепящие треугольную пластину втулки, и осторожно поворачивают пластину за хвостовик до выведения пузырька уровня на середину, после чего закрепляют винты. Эту часть поверки повторяют два-три раза. После выполнения поверки крышки стоек закрывают.

**130. Определение места нуля (МО) вертикального круга дальногомера** производят путем измерения контрольных вертикальных углов. Измеряют вертикальные углы теодолитом типа Т2 (двумя призмами) не менее чем на 6 визирных целей, удаленных не менее чем на 200 м. Затем на место теодолита устанавливают дальномер КТД-1 на той же высоте, что теодолит, с точностью 2 см\*.

---

\* За высоту установки дальногомера принимают расстояние по отвесной линии от центра пункта до середины выступов на стойках угломерной части прибора плюс 5 см.

Тщательно горизонтируют дальномер, измеряют на ранее выбранные визирные цели вертикальные углы и по результатам вычисляют для каждой визирной цели место нуля, пользуясь формулой

$$MO_i = \alpha_i^T - \alpha_i^k,$$

где  $\alpha_i^T$ ,  $\alpha_i^k$  — вертикальные углы, измеренные на одну и ту же визирную цель теодолитом и дальномером соответственно.

Вычисляют среднее значение места нуля вертикального круга по формуле

$$MO = \frac{[MO_i]}{n},$$

где  $n$  — число визирных целей, использованных при определении места нуля.

По отклонениям  $v_i$  каждого значения  $MO_i$  от среднего значения  $MO$  находят среднюю квадратическую погрешность определения места нуля по формуле

$$m_{MO} = \sqrt{\frac{[v_i v_i]}{n(n-1)}}.$$

Средняя квадратическая погрешность определения места нуля не должна превышать  $0,2'$ , а величина  $MO$  выходить за пределы  $\pm 3'$ .

Для установки  $MO$  в указанных пределах снимают крышку с левой стойки прибора и, выведя пузырек цилиндрического уровня на середину, наводят перекрестие сетки нитей дальномера на одну из визирных целей. Наблюдая в отсчетный микроскоп, устанавливают с помощью исправительных винтов вертикального круга значение угла, измеренное теодолитом, и повторяют поверку величины  $MO$ . Полученную величину  $MO$  записывают в формуляр прибора и в дальнейшем используют при измерении вертикальных углов. После поверки пазы крышек стоек прибора тщательно промазывают мастикой «герметик».

**131. Поверка параллельности приемо-передающего тракта и визирной оси** выполняется в условиях хорошей видимости. В качестве визирной цели используют фанерный щит размером  $0,5 \times 0,5$  м, устанавливаемый на удалении 4—5 км, который должен проектироваться на фон неба. На центр щита наводят перекрестие сетки нитей дальномера и измеряют расстояние до него. Если расстояние измеряется без сбоев, условие параллельности приемо-передающего тракта и визирной оси в приборе выполнено. Если же это не удается, то, изменяя положения прибора, снимают отсчеты  $M_r$  и  $M_d$  по горизонтальному и вертикальному кругам, а затем, последовательно переставляя прибор по азимуту вращением наводящего винта через  $0,5'$ , находят крайнее левое и крайнее правое положения — отсчеты  $M_d$  и  $M_n$  по горизонтальному кругу, при которых можно измерить расстояние до щита. По  $M_d$  и  $M_n$  находят средний отсчет  $M'_r$  и на него устанавливают

приемопередатчик. Затем последовательно переставляя его через 0,5' по высоте, так же находят крайнее верхнее и крайнее нижнее положения—отсчеты  $M_v$  и  $M_n$  по вертикальному кругу, при которых можно измерить расстояние до щита. По  $M_v$  и  $M_n$  находят средний отсчет  $M'_\alpha$ .

Угловые величины непараллельности визирной оси и приемопередающего тракта вычисляют по формулам:

$$v_\beta = M'_r - M_r, \quad v_\alpha = M'_\alpha - M_\alpha.$$

Если величина  $v_\beta$  или  $v_\alpha$  превосходит 3', дальномер отправляют для юстировки на завод. При меньших значениях  $v_\beta$  и  $v_\alpha$  их записывают в формуляр прибора и используют при измерении расстояния: для наведения приемопередатчика на цель производят его доворот на величину  $v_\beta$  и  $v_\alpha$  по азимуту и высоте.

**132. Определение постоянной поправки дальномера КТД-1** выполняют раз в год\* в условиях хорошей видимости на линиях длиной порядка 0,15; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 7,5 и 10,0 км, измеренных световыми радиодальномерами с точностью не ниже 0,2 м. Каждую линию измеряют дальномером КТД-1 32 приемами, используя щитовые отражатели.

Значения постоянных поправок  $\delta_{k_i}$  для каждой линии вычисляют по формуле

$$\delta_{k_i} = D - (D_{cp} + \delta_v),$$

где  $D$  — известная длина линии;

$D_{cp}$  — среднее значение измеренной длины линии;

$\delta_v$  — поправка за метеоусловия.

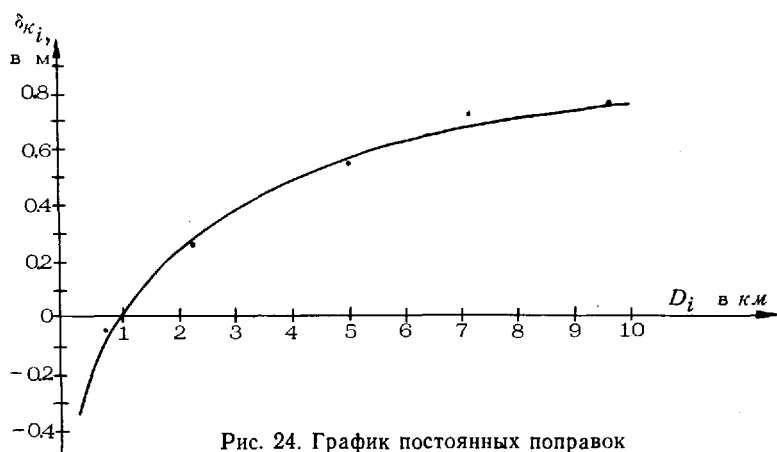


Рис. 24. График постоянных поправок

\* В случае ремонта электронной части дальномера постоянную поправку определяют заново.



Если полученные значения поправок  $\delta_{k_i}$  различаются не более чем на 0,5 м, вычисляют среднее значение постоянной поправки для всех расстояний. При больших расхождениях строят график постоянных поправок (рис. 24), который используют в дальнейшем для получения поправок  $\delta_{k_i}$  по аргументу  $D_i$ . Полученное среднее значение или график постоянных поправок заносят в формуляр прибора.

### Измерение расстояний, горизонтальных и вертикальных углов

133. Для измерений устанавливают дальномер на штатив (столк сигнала) и горизонтируют. Устанавливают тумблеры «Дальномер», «Угломер» и «Сетка» в нижнее положение, подсоединяют аккумуляторную батарею и кабель кнопки «Пуск».

Проверяют угломерную и дальномерную части прибора в следующем порядке:

— откидывают защитную крышку с объективов приемной и передающей труб;

— устанавливают переключатели на приемопередатчике в следующие положения: «Миним. дальность» — «95»; «Выбор цели» — «1»; «ЭОЗ» — в положение, соответствующее показанию термометра дальномера;

— включают тумблером «Угломер» освещение горизонтального и вертикального кругов и проверяют четкость изображения штрихов шкал и нониусов в поле зрения отсчетного микроскопа, после чего тумблер «Угломер» выключают;

— проверяют работу дальномерной части прибора: включают тумблер «Дальномер», через несколько секунд (после загорания красной сигнальной лампочки в контрольном окне окуляра) нажимают кнопку «Контроль» и, не отпуская ее, нажимают и сразу же отпускают кнопку «Пуск» — на световом табло в окуляре зрительной трубы высветится число в пределах 80—110. Аналогично выполняют поверку дальномерной части при положениях переключателя «Миним. дальность» «950» и «30250». Если числа на световом табло не высвечиваются или выходят за пределы 810—1090 и 25710—34790, прибор отправляют в ремонт.

При работе ночью дополнительно проверяют освещение сетки нитей включением тумблера «Сетка».

В целях экономии энергоресурса аккумуляторной батареи необходимо включать тумблеры «Угломер» и «Дальномер» только перед самыми измерениями, а «Сетка» — только при измерениях ночью.

**134. Измерение расстояний дальномером КТД-1** производят тремя приемами (основная методика). Образцы записи и вычислений в журнале определения пунктов СГС и точек полевой подготовки аэроснимков квантовым топографическим дальномером КТД-1 приведены в табл. 46 и 47.

Каждый прием выполняют в следующем порядке:

- наводят перекрестие сетки нитей на центр визирной цели;
- включают тумблер «Дальномер» и через 4—5 с нажимают и сразу же отпускают кнопку «Пуск»;
- снимают отсчет со светового табло и записывают его, а также положения переключателей «Миним. дальность», «Выбор цели» и «Усиление» в раздел «Измерение расстояний» журнала (табл. 46);
- выключают тумблер «Дальномер».

При выполнении второго и третьего приемов измерений уточняют наведение дальномера на цель.

Расхождение значений расстояний, измеренных отдельными приемами, не должны превышать 3 м. При больших расхождениях выявляют и устраняют причины, после чего измерения расстояний повторяют.

На пункте измеряют температуру воздуха с точностью до  $5^{\circ}\text{C}$  и атмосферное давление с точностью 10 мм рт. ст. и записывают в журнал (табл. 47).

В процессе работы с дальномером на каждом пункте записывают в журнал число измерений  $n$  (нарастающим итогом), а по заполнении журнала его заносят в формуляр дальномера КТД-1, в раздел «Учет работы».

**135. Методика измерения расстояний дальномером КТД-1 с повышенной точностью** — со средней квадратической погрешностью 1 м. Измеряют дальномером расстояние  $AB$  двумя приемами с основной точки  $A$  (рис. 25). Выбирают в створе измеряемой линии вспомогательную точку  $A'$  или  $A''$ , удаленные от точки

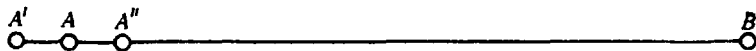


Рис. 25. Схема измерения расстояния с повышенной точностью

$A$  на 1,3 м, устанавливают дальномер над вспомогательной точкой  $A'$  с точностью 0,1 м и измеряют линию  $A'B$  двумя приемами. Результаты измерения исправляют поправкой за внецентренность установки дальномера относительно точки  $A$ . Образец записи результатов и их обработки в журнале приведены в табл. 48 и 49.

Образец записи результатов измерения расстояний,  
горизонтальных и вертикальных углов дальномером КТД-1

Название пункта Холм, СГС, пир.

Наблюдаемые пункты	Измерение горизон- тальных углов		Направления из полуприемов	
	$I_{\Gamma}$	$II_{\Gamma}$	$I_0$	$II_0$
<i>Иваново, 4 кл., сигн.</i>	$0^{\circ}04,2'$	$90^{\circ}06,6'$	$0^{\circ}00,0'$	$00,0'$
<i>Ручей, СГС-60, пир. (<math>A_m = 92^{\circ}34'</math>)</i>	$57\ 17,0$	$147\ 18,8$	$57\ 12,8$	$12,2$

Наблюдаемые пункты	Измерение расстояний					
	миним. даль- ность	выбор цели	уси- ление	$D_1, м$	$D_2, м$	$D_3, м$
<i>Иваново, сигн.</i>	950	1	1	6370	6372	6370
<i>Ручей, пир.</i>	950	1	1	2055	2055	2058

Наблюдаемые пункты	Измерение верти- кальных углов		$\frac{I_{\text{в}} + II_{\text{в}}}{2}$	МО	$\Delta\alpha$	МО+ $\Delta\alpha$
	$I_{\text{в}}$	$II_{\text{в}}$				
<i>Иваново, сигн.</i>	$0^{\circ}40,3'$	$0^{\circ}40,7'$	$0^{\circ}40,5'$	+1,5'	0,0'	+01,5'
<i>Ручей, пир.</i>	1 26,6	1 26,4	1 26,5	+1,5	0,0	+01,5

**Образец вычисления результатов измерения расстояний,  
горизонтальных и вертикальных углов дальномером КТД-1**

Высота  $H_0 =$  106,7 мДата 26.7.76 г. $l = 4,3 м$  $t^\circ = +20^\circ$  $P = 752 м.м рт. ст.$  $n = 1246$ 

Средние направ-ления	Поправки					Исправл. направ-ления	Схема
	$c$	$r$	$\Delta\beta$	$\Sigma$	$\Sigma_0$		
$0^\circ 00,0'$	$0,0'$	$-0,2'$	$0,0'$	$-0,2'$	$0,0'$	$0^\circ 00,0'$	
$57\ 12,5$	$0,0$	$+0,1$	$0,0$	$+0,1$	$+0,3$	$57\ 12,8$	

Средние расстояния $D_{ср}, м$	Поправки, м								Исправл. расст. $D, м$	Объект визирувания, на что проектируется
	$\delta_c$	$\delta_r$	$\delta_k$	$\delta_v$	$\delta_h$	$\delta_H$	$\delta_L$	$\Sigma\delta$		
$6\ 370,7$	$0,0$	$+0,3$	$+0,6$	$-1,7$	$-0,5$	$-0,2$	$+1,5$	$0,0$	$6\ 370,7$	В. ц*, на небо
$2\ 056,0$	$0,0$	$-0,1$	$+1,1$	$-0,5$	$-0,7$	$0,0$	$+0,5$	$+0,3$	$2\ 056,3$	В. ц., на землю.

Вертикальный угол $\alpha$	Вычисление высот пунктов, м								Объект визирувания
	$h'$	$l$	$-l$	$\Delta h_r$	$h_{пр}$	$h_{обр}$	$h_{ср}$	$H$	
$0^\circ 42,0'$	$+77,9$	$1,4$	$-11,2$	$+2,8$	$+70,9$	$-70,1$	$+70,5$	$177,2$	Верх в. ц.
$1\ 28,0$	$+52,6$	$1,4$	$-4,1$	$+0,3$	$+52,9$	$-53,6$	$+53,2$	$159,9$	Верх в. ц.

\* В. ц. — визирная цель.

Образец записи результатов измерения расстояний

Наблюдаемые пункты	Измерение расстояний					
	миним. даль- ность	выбор цели	усиле- ние	$D_1, м$	$D_2, м$	$D_3, м$
Иваново, 4 кл., сигн. (А) (А')	950	1	1	6370	6372	
				6372	6372	
Ручей, СГС-60, пир. (А) (А')	950	1	1	2055	2055	
				2058	2058	

Таблица 49

Образец вычисления результатов измерения расстояний

Средние расстояния $D_{ср}, м$	Поправки, м								Исправл. расстояния $D, м$	Объект визиро- вания, на что проекти- руется
	$\delta_c$	$\delta_r$	$\delta_k$	$\delta_v$	$\delta_n$	$\delta_H$	$\delta_L$	$\Sigma \delta$		
6371,0	0,0	+0,3	+0,6	-1,7	-0,5	-0,2	+1,5	0,0	6371,0	В. ц., на небо
6372,0	-1,3	+0,3	+0,6	-1,7	-0,5	-0,2	+1,5	-1,3	6370,7	
								Ср.	6370,8	
2055,0	0,0	-0,1	+1,1	-0,5	-0,7	0,0	+0,5	+0,3	2055,3	В. ц., на землю
2058,0	-1,3	-0,1	+1,1	-0,5	-0,7	0,0	+0,5	-1,0	2057,0	
								Ср.	2056,2	

**136. Измерение горизонтальных углов** производят двумя полуприемами: в первом—при вращении алидады по часовой стрелке, во втором—против. Перед выполнением второго полуприема производят перестановку лимба на  $90^\circ$ . Если используется более двух направлений, производят замыкание горизонта. Результаты измерения горизонтальных углов записывают в графы  $I_r$  и  $II_r$  журнала (табл. 46).

Замыкание горизонта в полуприемах и расхождение направлений между полуприемами, приведенными к нулю, не должны превышать  $0,8'$ .

Если расстояния  $D$  до визирных целей менее 900 м, в измеренные направления вводят поправку  $\Delta\beta$  за внецентренность трубы, которую берут из табл. 50 или вычисляют по формуле

$$\Delta\beta = -\frac{86'}{D_m}$$

Таблица 50

Поправки  $\Delta\beta$  и  $\Delta\alpha$

$D, м$	100	150	200	300	500	800
$\Delta\beta$	-0,9'	-0,6'	-0,4'	-0,3'	-0,2'	-0,1'
$\Delta\alpha$	1,8	1,2	0,9	0,6	0,4	0,2

Определение элементов центрировки и редукии производят один раз. При этом поправки за центрировку и редукию вводят в результаты измерений только в случае, если величины линейных элементов превышают  $(3 \cdot D_{км}) см$ , где  $D_{км}$  — минимальная сторона, измеряемая с данного пункта.

Приведение измеренных горизонтальных направлений к центрам пунктов производят в журнале (табл. 47).

Исправленные значения направлений получают сложением средних измеренных направлений с суммарными поправками  $\Sigma_0$ , приведенными к начальному направлению (табл. 47).

**137. Измерение вертикальных углов** производят двумя полуприемами. В каждом полуприеме перед снятием отсчетов контролируют положение пузырька уровня, а при необходимости уточняют горизонтирование прибора и наведение горизонтальной нити сетки поля зрения трубы на визирную цель. Если с пункта измеряют вертикальные углы на несколько визирных целей, в первом полуприеме измерение углов выполняют последовательно по ходу часовой стрелки. Измеренные значения вертикальных углов записывают в графы  $I_B$  и  $II_B$  журнала (табл. 46).

Расхождения измеренных вертикальных углов в полуприемах, не должны превышать 0,8'.

Вычисление вертикальных углов  $\alpha$  на визирные цели производят по формуле

$$\alpha = \frac{I_B + II_B}{2} + MO + \Delta\alpha,$$

где  $\Delta\alpha = \frac{179'}{D_m}$  — поправка за внецентренность трубы, выбираемая из табл. 50 (учитывают при расстояниях менее 900 м).

Высоту установки прибора  $i$  и высоту наружного знака пункта  $l$  измеряют (рулеткой) с точностью до 0,1 м.

138. Приведение измеренных расстояний на плоскость в проекции Гаусса выполняют в журнале (табл. 47 и 49) по формуле

$$d = D_{\text{ср}} + \delta_c + \delta_r + \delta_k + \delta_v + \delta_h + \delta_H + \delta_L,$$

где  $D_{\text{ср}}$  — среднее значение измеренного расстояния;  
 $\delta_c, \delta_r$  — поправки за центрировку и редукцию;  
 $\delta_k$  — постоянная поправка;  
 $\delta_v$  — поправка за метеоусловия;  
 $\delta_h, \delta_H, \delta_L$  — поправки за приведение измеренного расстояния к горизонту, на уровень моря и на плоскость в проекции Гаусса.

Поправки  $\delta_c$  и  $\delta_r$  вычисляют (определяют графически) непосредственно на центрировочных листах. Поправку за метеоусловия вычисляют по формуле

$$\delta_v = -(K_v \cdot D_{\text{км}}) \text{ м},$$

где  $K_v$  — коэффициент, который выбирают из таблицы (приложение 7) по температуре воздуха и атмосферному давлению.

Поправку  $\delta_k$  берут из формуляра прибора; поправки  $\delta_h, \delta_H$  и  $\delta_L$  для каждого расстояния  $D$  — из таблиц (приложение 7), соответственно по превышениям конечных точек измеряемых сторон  $h'$ , по средней высоте района работ над уровнем моря  $H_m$  и по средней для каждой стороны ординате  $y_m$ .

Все поправки вычисляют с точностью до 0,1 м.

139. Вычисление превышений (табл. 47) производят по формуле

$$h = h' + i - l + \Delta h_r,$$

где  $h' = D \sin \alpha$ ;

$\Delta h_r$  — поправка в превышение за кривизну Земли и рефракцию (табл. 51).

Таблица 51

Поправки  $\Delta h_r$

$D, \text{ км}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$K=0,13$										
$h_r, \text{ м}$	0,1	0,3	0,6	1,1	1,7	2,5	3,3	4,4	5,5	6,8

Расхождения между прямым  $h_{\text{пр}}$  и обратным  $h_{\text{обр}}$  превышениями не должны быть более  $(0,4 D_{\text{км}}) \text{ м}$ . Окончательные значения превышений  $h_{\text{ср}}$  вычисляют по формуле

$$h_{\text{ср}} = \frac{1}{2} (h_{\text{пр}} - h_{\text{обр}}).$$

Высоты определяемых пунктов вычисляют по формуле

$$H = H_0 + h_{\text{ср}},$$

где  $H_0$  — высота пункта наблюдения.

### Основные правила по технике безопасности при работе с радио- и светодальномерами

**140.** К обслуживанию радио-и светодальномеров допускаются лица, изучившие их устройство, правила эксплуатации и техники безопасности. Весь обслуживающий персонал должен периодически предупреждаться об опасности поражения электрическим током, проходить инструктаж по вопросам оказания первой помощи пострадавшему.

При работе с радио- и светодальномерами запрещается:

- применять для подъема приборов на сигналы механические средства (автомобили, тракторы и т. п.);
- стоять под аппаратурой во время подъема на сигнал и спуска;
- запускать без заземления бензоэлектрический агрегат, используемый для питания светодальномера СГ-3 или зарядки аккумуляторных батарей;
- курить вблизи бензоэлектрического агрегата;
- снимать крышки и кожухи блоков при включенном приборе;
- смотреть на излучение в передающую трубу при включенном лазере без специальных плотного светофильтра или зрительной трубки;
- направлять дальномеры на людей при работающем лазере;
- стоять перед антенным облучателем радиодальномера ближе 2—3 м и заменять смеситель и клистрон при включенном высоком напряжении СВЧ;
- свертывать прибор при включенных станциях радиодальномера и блоках светодальномера;
- приготавливать и заливать электролит в аккумуляторные батареи без защитных очков;
- курить и разжигать огонь в помещении, где производится зарядка аккумуляторов.

При приготовлении кислотного (щелочного) электролита необходимо остерегаться попадания серной кислоты (щелочи) на тело и одежду. Если же это случится, следует немедленно пораженное место смочить раствором соды (борной кислоты) и хорошо промыть водой, а при попадании электролита в глаза — немедленно промыть их водой и обратиться к врачу.

Замену конденсаторов Керра в светодальномере СГ-3 в случаях разгерметизации и других повреждений необходимо производить на открытом воздухе или в помещении с вытяжной вентиляцией, соблюдая предосторожность, чтобы нитробензол не попал на слизистые оболочки глаз и носоглотки, а также на тело. Даже пары нитробензола могут ухудшить самочувствие. В этом случае следует немедленно обратиться к врачу.



При малейшем подозрении на возможность попадания лазерного излучения, особенно от квантового топографического дальномера КТД-1, в глаза пострадавший должен быть немедленно обследован врачом и находиться под его наблюдением в течение нескольких дней, поскольку нарушение зрения может выявиться не сразу.

В случаях поражения электрическим током пострадавшему немедленно оказывается помощь, даже если у него нет дыхания и пульса. В первую очередь пострадавшего освобождают от воздействия тока. Для этого встают на сухую доску, одежду или другую изолирующую подкладку и, не касаясь корпуса бензоэлектрического агрегата, нажимают на кнопку, находящуюся на картере (со стороны карбюратора). Если сделать это достаточно быстро не удастся, пострадавшего освобождают от соприкосновения с токопроводящими частями, а затем оказывают ему первую помощь, обеспечивают полный покой, удобно укладывают, расстегивают одежду и, если нужно, дают понюхать ватку, смоченную нашатырным спиртом, обрызгивают лицо водой и растирают тело; в том случае, когда пострадавший потерял сознание, не дышит или дышит прерывисто, непрерывно производят искусственное дыхание и одновременно вызывают врача.

### Метеорологические приборы

141. Для измерения температуры, давления и влажности воздуха при радио- и светодальномерных измерениях с целью определения поправок за влияние внешних условий используют аспирационные психрометры типа МВ-4М и барометры-анероиды типа МД-49-2.

142. Аспирационный психрометр (рис. 26) предназначен для измерения температуры воздуха с помощью сухого и смоченного термометров, по значениям которых определяют влажность воздуха.

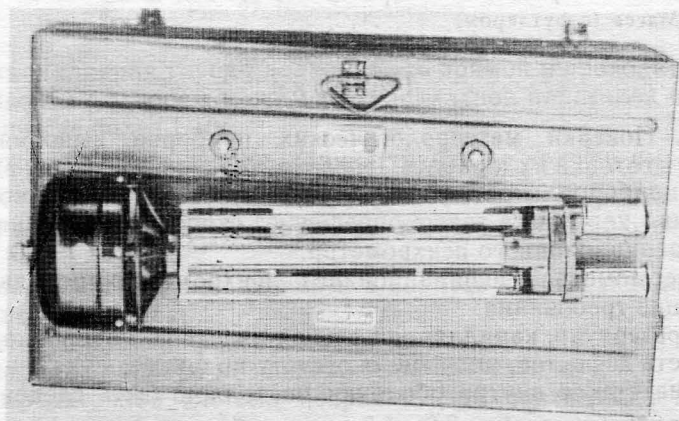


Рис. 26. Аспирационный психрометр

В состав комплекта аспирационного психрометра МВ-4М входят: собственно психрометр, резиновая груша с пипеткой и зажимом, винтовой стержень и ветровой щиток.

Психрометр МВ-4М состоит из двух одинаковых ртутных термометров. Резервуары термометров помещены в никелированные трубки, которые соединены с трубкой главного воздухопровода. Верхний конец воздухопровода сообщается с аспиратором (вентилятором), протягивающим воздух около резервуаров термометров. Механизм аспиратора приводится во вращение пружиной, заводимой ключом.

#### Основные технические характеристики

Диапазон рабочих температур . . . . .	от $-35$ до $+50^{\circ}\text{C}$
Цена деления шкалы термометра . . . . .	$0,2^{\circ}\text{C}$
Продолжительность вращения вентилятора после полной заводки пружины . . . . .	$8-10$ мин
Габариты . . . . .	$400 \times 90 \times 90$ мм
Масса . . . . .	$1,1$ кг

143. Барометр-анероид МД-49-2 (рис. 27) предназначен для измерения атмосферного давления. В основе лежат измерения деформации блока анероидных коробок: линейные перемещения мембран (стенок коробок) преобразуются передаточным механизмом во вращательное движение стрелки барометра.

#### Основные технические характеристики

Диапазон измерений атмосферного давления . . . . .	от $600$ до $790$ мм рт. ст.
Цена наименьшего деления шкалы . . . . .	$1$ " " "
Точность измерения разности атмосферного давления в пределах $\pm 25$ мм рт. ст. . . . .	$0,15-0,20$ " " "
Диапазон рабочих температур . . . . .	от $-10$ до $+40^{\circ}\text{C}$
Масса (с футляром) . . . . .	$3$ кг

#### Поверки

144. Поверки метеорологических приборов выполняются с целью подготовки их к работе. Предварительно производят внешний осмотр приборов, чтобы убедиться в отсутствии механических повреждений корпуса, а также определяют скорость вращения вентилятора аспирационного психрометра.

К термометрам аспирационного психрометра предъявляются следующие требования:

- резервуар, капилляр, шкальная пластина и оболочка не должны иметь дефектов, мешающих отсчету по шкале;
- на стекле внутри оболочки не должно быть следов влаги;
- деления и цифры шкалы должны быть четкими, а шкальная пластина надежно закреплена;

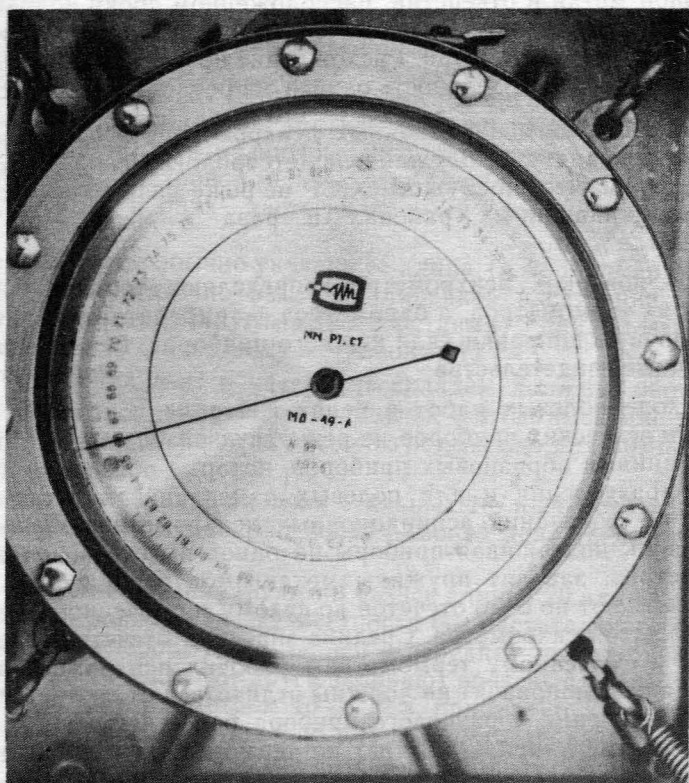


Рис. 27. Барометр-анероид

— капиллярная трубка должна быть прямой и проходить посередине шкалы с зазором между ней и шкальной пластиной на всем протяжении не более 1 мм;

— столбик ртути в капиллярной трубке не должен иметь разрывов, а на ее стенках не должно оставаться следов ртути.

При внешнем осмотре барометра-анероида убеждаются в том, что:

— механизм прочно закреплен в корпусе и при наклонах прибора не перемещается;

— стекло плотно прижато к корпусу;

— стрелка прибора не касается шкалы и стекла;

— передаточная система исправна (это подтверждается сохранностью отсчетов в пределах  $\pm 0,1$ — $0,2$  мм рт. ст. при легком постукивании по защитному стеклу).

**145.** Для определения скорости вращения вентилятора заводят пружину механизма аспиратора, измеряют с помощью секундомера время одного оборота барабана (между двумя прохождениями вертикальной метки в отверстие, расположенном сбоку колпака аспиратора) и сравнивают его со значением, приведенным в поверочном свидетельстве психрометра. Расхождение не должно превышать 5 с. В среднем продолжительность одного оборота барабана — 80—95 с.

**146. Поверки аспирационных психрометров и барометров-анероидов** производят на ближайшей метеорологической станции Гидрометеорологической службы СССР не реже раза в три месяца при работе в равнинных районах и раза в месяц — в горных районах.

При поверках психрометров определяют температурные поправки их термометров, а барометров — температурную, шкаловую и добавочную поправки (для каждого прибора), которые заносят в поверочные свидетельства.

В ходе полевых работ в целях контроля показания рабочих метеорологических приборов не реже двух раз в месяц сравнивают с показаниями образцовых приборов, которые обычно хранятся на базе подразделения и для полевых измерений не используются. Сравнение показаний аспирационных психрометров производят в помещении, подвесив приборы на одной высоте. Смочив батист термометров, заводят пружины механизмов аспираторов и через 4 мин снимают по 5—6 отсчетов по сухому и смоченному термометрам каждого психрометра. Средние значения отсчетов отдельно по сухому и смоченному термометрам рабочих психрометров (после введения всех поправок) не должны отличаться от соответствующих средних значений образцового прибора более чем на  $0,3^{\circ}$ . В противном случае заменяют батист на термометрах и вновь производят сверку. Если и это не дает должного результата, психрометры необходимо поверить на ближайшей метеорологической станции.

Сравнение показаний барометров-анероидов также производят в помещении; при этом все приборы размещают на одной высоте, предварительно выдержав их в течение часа в том же помещении. Последовательно снимают по 5 отсчетов температуры и давления по образцовому и рабочим барометрам и находят из них средние значения, каждое из которых исправляют шкаловой и температурной поправками, а среднее значение для образцового барометра, кроме того, — его добавочной поправкой (из поверочного свидетельства). Далее вычисляют разности между исправленными показаниями образцового и рабочих барометров, которые принимают за величины добавочных поправок рабочих барометров и записывают в графу «Поправка за поверку» паспорта-формуляра. Абсолютные значения добавочных поправок рабочих барометров-анероидов не должны превышать 3 мм рт. ст. Правильность определения добавочных поправок проверяют путем измерения давления одновременно всеми рабочими барометрами, установленными рядом на одной вы-

соте, но желательно, чтобы она отличалась от той, на которой выполнялись первоначальные определения. Расхождения между показаниями барометров после введения шкаловой, температурной и добавочной поправок не должны превышать 0,2 мм рт. ст.

### Землемерные стальные ленты

147. Стальные ленты применяют для измерения длин линий с относительными средними квадратическими погрешностями порядка 1:1000—1:1500 при развитии СГС. Комплект, как правило, состоит из 20- и 24-метровой мерных лент и наборов из одиннадцати стальных шпилек и двух застегивающихся колец для каждой из них.

На конце ленты обычно указана ее длина (в м) и номер. В противном случае достаточно измерить линейкой расстояние между соседними делениями (круглыми отверстиями): для 20-метровой ленты оно равно 10 см, а для 24-метровой — 12 см.

Кроме рабочих лент в части (на складе) должны быть две 20-метровые и две 24-метровые образцовые ленты, имеющие паспорта с уравнениями их длин. Их используют только для компарирования рабочих лент.

148. **Компарирование рабочих стальных 20- и 24-метровой лент** производят раз в три года или после ремонта лент (внеочередное компарирование).

Рабочие ленты компарируют на базисе длиной 20 или 24 м, расположенном на ровном участке местности без растительного покрова (вдоль дороги, тропы). На задней и передней точках базиса на расстоянии 20 и 24 м друг от друга забивают вровень с землей кольца длиной 30—40 см и диаметром 10—12 см, прибавляют к их верхним срезам шкалы (линейки длиной 15 см) с миллиметровыми делениями от 0 до 150, ориентированные в одном направлении. Расстояние между одноименными штрихами шкал является длиной базиса и не должно отличаться от 20 или 24 м более чем на 2 см. В журнале компарирования зарисовывают расположение точек базиса, шкал и подписей на них.

При компарировании длину базиса измеряют сначала двумя образцовыми, затем рабочими и вторично двумя образцовыми лентами.

При измерении образцовыми лентами каждую ленту поочередно укладывают на земле вдоль базиса нулевой отметкой к последней точке. При помощи динамометра натягивают ленту так, как при компарировании, и берут по шесть отсчетов по шкалам против штрихов на накладках в конце ленты — одновременно по переднему (П) и заднему (З) концам базиса. Перед каждым отсчетом сдвигают ленту относительно шкалы на 10—15 мм. Колебания разностей (П — З) не должны превышать 3 мм. Температуру ленты измеряют с точностью до 1° С термометром, который кладут на землю под ленту. Точно так же производят измерение длины базиса рабочими лентами.

Длину базиса  $B$  вычисляют отдельно для каждой образцовой ленты по формуле

$$B = l_0 - (\Pi - 3) + \alpha(t - t_0),$$

- где  $l_0$  — длина образцовой ленты при температуре  $t_0$ ;  
( $\Pi - 3$ ) — среднее значение разностей отсчетов по шкалам на переднем и заднем концах базиса, в *мм*;  
 $t_0$  — температура, к которой приведена длина образцовой ленты;  
 $t$  — температура при измерении длины базиса образцовой лентой;  
 $\alpha$  — коэффициент линейного расширения на всю длину ленты при изменении температуры на  $1^\circ\text{C}$  (для стальной 20-метровой ленты  $\alpha = 0,25$  *мм*, для 24-метровой  $\alpha = 0,30$  *мм*).

Величины  $l_0$  и  $t_0$  выписывают из паспорта образцовой ленты.

Колебания значений длины базиса из измерений разными образцовыми лентами не должны превышать 3 *мм*. За окончательную длину базиса принимают среднее значение  $B_0$  из всех измерений образцовыми лентами.

Длину рабочей ленты при температуре  $t_0$  вычисляют по формуле

$$l_0 = B_0 + (\Pi - 3) - \alpha(t - t_0),$$

- где ( $\Pi - 3$ ) — средняя разность отсчетов по шкалам на переднем и заднем концах базиса, в *мм*;  
 $t_0$  — температура, к которой приводят длину рабочей ленты (в летний период  $t_0$  принимают равной  $+20^\circ\text{C}$ );  
 $t$  — температура при компарировании рабочей ленты.

Уравнивание длины рабочей ленты записывают в паспорт:

$$l = l_0 + \alpha(t + t_0).$$

В табл. 52 приведен пример компарирования рабочей землемерной 20-метровой ленты.

**149. Измерение линий стальными 20- и 24-метровой лентами,** как правило, производят в одном направлении, по разу каждой. Как исключение разрешается измерять линии двумя лентами одинаковой длины или одной лентой, но в прямом и обратном направлениях. Расхождение между результатами двух измерений не должно превышать 1 : 1 000 длины линии; в противном случае одной из лент производят повторное измерение линии. Если расхождение между тремя измерениями не превышает 1 : 700 длины линии, за окончательную длину линии принимают среднее из всех измерений.

## Компарирование рабочей ленты № 5

Дата 9 июня 1976 г.Наблюдатели: П — ПетровЗ — ЛаринЗаписывающий: Иванов

Уравнения длин образцовых лент

Лента № 21  $l_{21} = 20 \text{ м} + 2,5 \text{ мм} + 0,25 (t - 20^\circ) \text{ мм}$  } При натяжении 10 кг  
 Лента № 17  $l_{17} = 20 \text{ м} + 4,0 \text{ мм} + 0,25 (t - 20^\circ) \text{ мм}$  }

Пролет базиса	Отсчеты по шкалам		(П-З), мм	Примечание
	П	З		
<b>Первое и второе измерение базиса образцовыми лентами</b>				
Лента № 21				
1-2	15	10	+5	$t = +18^\circ$
	31	25	+6	Натяжение 10 кг
	32	28	+4	Время 12 ч 30 мин
	21	18	+3	$B = 20 \text{ м} + 2,5 \text{ мм} - 0,5 \text{ мм} -$
	40	35	+5	$-4,8 \text{ мм} = 20 \text{ м} - 2,8 \text{ мм}$
	41	35	+6	
		(П-З) <sub>ср</sub>	+4,8	
Лента № 17				
1-2	14	7	+7	$t = +16^\circ$
	15	7	+8	Натяжение 10 кг
	20	15	+5	Время 12 ч 40 мин
	25	19	+6	$B = 20 \text{ м} - 3,3 \text{ мм}$
	21	15	+6	
	40	34	+6	
		(П-З) <sub>ср</sub>	+6,3	
Лента № 17				
1-2	60	55	+5	$t = 15^\circ$
	62	56	+6	Натяжение 10 кг
	10	5	+5	Время 15 ч 00 мин
	20	14	+6	$B = 20 \text{ м} - 3,4 \text{ мм}$
	17	10	+7	
	41	33	+8	
		(П-З) <sub>ср</sub>	+6,2	

Пролет базиса	Отсчеты по шкалам		(П-З), мм	Примечание
	П	З		
Лента № 21				
1-2	40	35	+5	$t = +15^\circ$
	42	37	+5	Натяжение 10 кг
	15	10	+5	Время 15 ч 10 мин
	20	14	+6	$B = 20 \text{ м} - 3,5 \text{ мм}$
	27	24	+3	$B_0 = 20 \text{ м} - 3,2 \text{ мм}$
	30	25	+5	
		(П-З) <sub>ср</sub>	+4,8	
Измерение базиса рабочей лентой № 5				
1-2	42	35	+7	$t = +25^\circ$
	37	30	+7	Натяжение 10 кг
	20	14	+6	Время 14 ч 30 мин
	22	14	+8	$l_0 = 20 \text{ м} - 3,2 \text{ мм} + 7,2 \text{ мм} - 1,2 \text{ мм} =$
	60	52	+8	$= 20 \text{ м} + 2,8 \text{ мм}$
	60	53	+7	
		(П-З) <sub>ср</sub>	+7,2	

#### Уравнение ленты № 5

$$l_5 = 20 \text{ м} + 2,8 \text{ мм} + 0,25 (t - 20^\circ) \text{ мм при натяжении 10 кг}$$

Концы уложенной ленты отмечают на земле шпильками. После того, как уложено десять лент, шпильки передают переднему мерщику. В светлое время суток измерение производят два мерщика, а ночью — три (один должен находиться у шпильки, оставляемой передним мерщиком, чтобы показать ее заднему). В журнал наблюдений записывают: число передач шпилек и число лент, уложенных при измерении линии после последней передачи, измеренную длину остатка линии (меньше длины ленты), а также температуру лент (измеряют два-три раза в день).

При измерениях ленту укладывают на глаз в створе вех, установленных на конечных точках линии. Линии длиннее 500 м должны предварительно провешиваться. Для приведения линий (отдельных участков) к горизонту измеряют теодолитом углы наклона.

**150. Вычисление длины линии, измеренной 20-метровой лентой, выполняют по формуле**

$$D = 200 N + 20 n + r + \delta_\alpha + \delta_H + \delta_L + \delta_t + \delta_l,$$



где  $N$  — число передач шпилек;

$n$  — число шпилек, находящихся у заднего мерщика после укладки последней ленты, не считая шпильки, воткнутой в землю;

$r$  — остаток линии, измеренный с точностью до 1 см;

$\delta_\alpha$  — поправка за приведение наклонной линии к горизонту (учитывают при  $\alpha > 1,5^\circ$ ), вычисляют по формуле  $\delta_\alpha = D' (1 - \cos \alpha)$ , где  $D' = 200N + 20n + r$  (в м);

$\delta_H$  — поправка за приведение длины линии к уровню моря (учитывают при высоте линии над уровнем моря более 600 м; выбирают из таблицы в приложении 5);

$\delta_L$  — поправка за приведение длины линии на плоскость в проекции Гаусса (учитывают при ординатах более 80 км, считая от осевого меридиана зоны; выбирают из таблицы в приложении 6);

$\delta_t$  — поправка за температуру (учитывают, если температуры при измерении линии и компарировании ленты различаются более чем на  $10^\circ$ ; выбирают из таблицы в приложении 8);

$\delta_l$  — поправка за длину ленты (учитывают, если длина ленты отличается от 20 м более чем на 2 мм).

Поправку  $\delta_l$  вычисляют по формуле  $\delta_l = K \cdot \Delta$ , где  $K = (10N + n)$  — число, показывающее, сколько раз лента уложена в измеренной линии;  $\Delta$  — уклонение длины ленты от 20 м, полученное в результате компарирования.

При измерении линии 24-метровой лентой ее длину, вычисленную по формуле  $D' = 200N + 20n$ , умножают на коэффициент 1,2.

### Определение длины недоступных линий

151. При геодезических измерениях иногда бывает невозможно непосредственно измерить длину линии. В этом случае используют способы косвенного определения, из которых наиболее распространен способ вспомогательной точки вне створа линии по двум схемам в зависимости от условий местности.

152. Схема 1 (рис. 28). Вспомогательную точку  $C$  выбирают в стороне от линии  $AB$  так, чтобы с нее были видны точки  $A$  и  $B$ . Измеряют стороны  $AC = b$  и  $BC = a$ , а также угол  $\gamma$  между ними.

Длину  $D$  линии  $AB$  вычисляют по формуле

$$D = \sqrt{a^2 + 2ab \cos \gamma + b^2}.$$

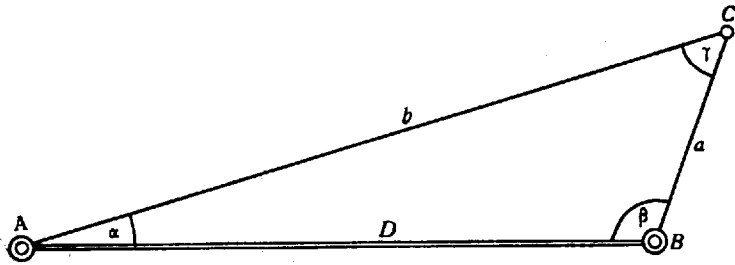


Рис. 28. Схема определения длины недоступной линии с одной вспомогательной точки

Стороны  $AC$  и  $BC$  измеряют с той же относительной точностью, что длину линии  $AB$ . Средняя квадратическая погрешность измерения угла  $\gamma$  в зависимости от его величины, отношения  $\frac{a}{b}$  и относительной погрешности определения длины линии  $AB$  не должна превышать следующего значения, вычисляемого по формуле

$$m''_{\gamma} = \frac{1}{5} \frac{D^2}{ab} \operatorname{cosec} \gamma \frac{m_D}{D} \rho''.$$

Значения средних квадратических погрешностей  $m_{\gamma}$ , с которыми следует измерять угол  $\gamma$  при относительной точности измерения сторон  $1:10\,000$ ,  $1:20\,000$ ,  $1:50\,000$  и  $1:100\,000$ , для некоторых отношений  $\frac{a}{D}$  приведены в табл. 53. При этом принято, что  $70^{\circ} < \gamma < 110^{\circ}$  ( $\operatorname{cosec} \gamma \approx 1$ ) и  $D \approx b$ .

Таблица 53

Требуемая точность измерения угла

Отношение длин сторон $\frac{a}{D}$	Угол $\alpha$	Средняя квадратическая погрешность $m_{\gamma}$ измерения угла при $\frac{m_D}{D}$			
		1:10 000	1:20 000	1:50 000	1:100 000
1:10	6°	40"	20"	8"	4"
1:8	7	32	16	6	3
1:6	10	24	12	5	2,5
1:5	12	20	10	4	2,0
1:4	14	6	3	1,2	0,6

153. Схема 2 (рис. 29) используется для случаев, когда из-за условий местности или конструкции инженерного сооружения для определения линии  $AB$  необходимы две вспомогательные точки. Вспомогательные точки  $C_1$  и  $C_2$  выбирают в стороне от линии  $AB$ , но при этом должны обеспечиваться взаимная видимость между ними и видимость с них конечных точек  $A$  и  $B$  определяемой линии. Измеряют стороны  $AC_1=a$ ,  $BC_2=b$  и  $C_1C_2=c$ , а также углы  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$ .

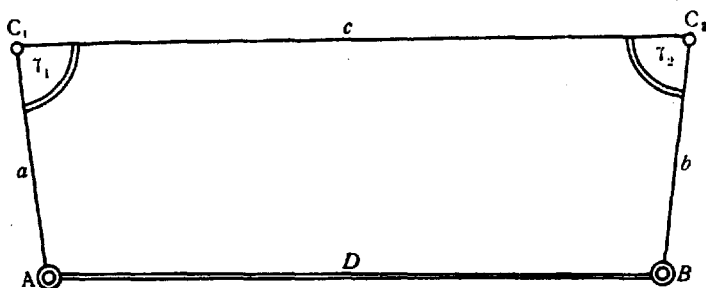


Рис. 29. Схема определения длины недоступной линии с двух вспомогательных точек

Длину  $D$  линии  $AB$  вычисляют по формуле

$$D = \sqrt{(c - a \cos \gamma_1 - b \cos \gamma_2)^2 + (b \sin \gamma_2 - a \sin \gamma_1)^2}.$$

Стороны  $AC_1$ ,  $BC_2$  и  $C_1C_2$  измеряют с той же относительной точностью, с какой определена линия  $AB$ . Допустимую среднюю квадратическую погрешность измерения углов  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  вычисляют по формуле

$$m''_{\gamma} = \frac{1}{7} \frac{D}{a} \operatorname{cosec} \gamma \frac{m_D}{D} \rho''.$$

Значения средних квадратических погрешностей  $m_{\gamma}$ , с которыми следует измерять углы  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  при относительной точности измерения сторон 1:10 000, 1:20 000, 1:50 000 и 1:100 000, для некоторых отношений  $\frac{a}{D}$  приведены в табл. 54, при этом принято, что  $70^\circ < \gamma < 110^\circ$  ( $\operatorname{cosec} \gamma \approx 1$ ), а  $a \approx b$ .

154. Стороны  $a$  и  $b$  в схеме 1, а также стороны  $a$ ,  $b$  и  $c$  в схеме 2 в зависимости от их длины измеряют с помощью светодальномера 2СМ2 или радиодальномера РДГВ.

Для контроля длину недоступной линии  $AB$  определяют независимо не менее двух раз, выбирая вспомогательные точки по обе стороны от ее направления. Если это не удастся, точки можно расположить по одну сторону от направления  $AB$ .

## Требуемая точность измерения углов

Отношение длин сторон $\frac{a}{D}$	Средние квадратические погрешности $m_{\gamma}$ измерения угла при $\frac{m_D}{D}$			
	1 : 10 000	1 : 20 000	1 : 50 000	1 : 100 000
1 : 10	29"	15"	6"	3"
1 : 8	23	12	4,5	2,3
1 : 6	17	8	3,5	1,7
1 : 5	14	7	3,0	1,4
1 : 4	11	6	2,2	1,1

Глава 3

**ПРИБОРЫ ДЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО  
И БАРОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ**

155. Для геометрического и барометрического нивелирования при топогеодезическом обеспечении войск могут применяться различные типы нивелиров и микробарометров (табл. 55).

Таблица 55

**Основные типы нивелиров и микробарометров**

Тип приборов	Наименование	Ср. кв. погрешность	
		определения превышения на 1 км двойного хода, мм	измерения разности атмосферного давления, мм рт. ст.
<b>Нивелиры</b>			
Н-3 (НЗ), НСЗ, НС4, Ні-ВЗ)	Нивелир точный	не более 3	—
Н-10 (НТ)	Нивелир технический	не более 10	—
<b>Микробарометры</b>			
МБ-63 (МБ-63-І, ІІ)	Микробарометр	—	0,05
МБЦ-1	Микробарометр с цифровым отсчетом	—	0,04

Основные технические характеристики нивелиров приведены в приложении 9.

**Приборы для геометрического  
нивелирования**

156. **Точный нивелир НЗ** по конструкции относится к типу глухих нивелиров с уровнем при трубе и элевационным винтом. В комплект прибора входят: нивелир в футляре, штатив и принадлежности для юстировки. Ему могут придаваться трехметровые двухсторонние цельные рейки шашечного типа с делениями через 1 см (тип РН-3). Общий вид нивелира НЗ и изображения концов пузырька уровня в поле зрения трубы показаны на рис. 30.

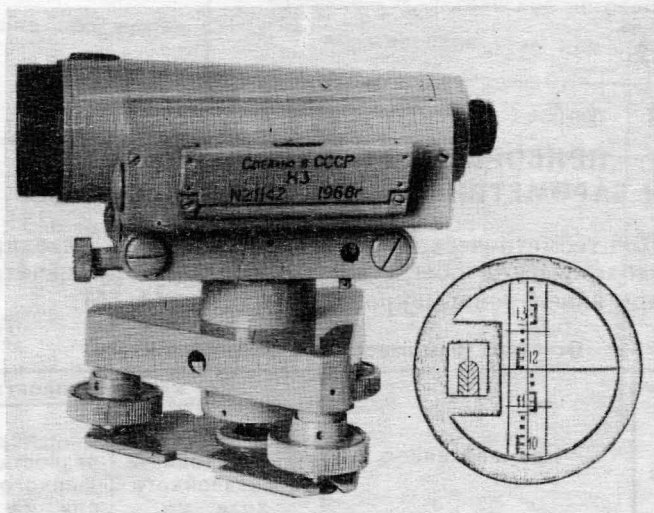


Рис. 30. Нивелир НЗ (справа — поле зрения трубы с изображением концов пузырька уровня и рейки)

**157. Точный нивелир НСЗ** имеет устройство автоматической установки горизонтальной линии визирования с помощью призменного компенсатора. В комплект прибора входят: нивелир в футляре, штатив и принадлежности для юстировки. Ему могут придаваться цельные рейки типа РН-3. Общий вид нивелира НСЗ и сетка нитей зрительной трубы показаны на рис. 31.

На базе нивелира НСЗ разработан нивелир НС4 (рис. 32) с аналогичными техническими характеристиками. Ему могут придаваться складные рейки типа РН-3.

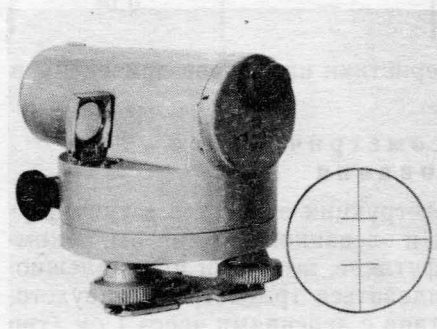


Рис. 31. Нивелир НСЗ (справа—сетка нитей зрительной трубы)

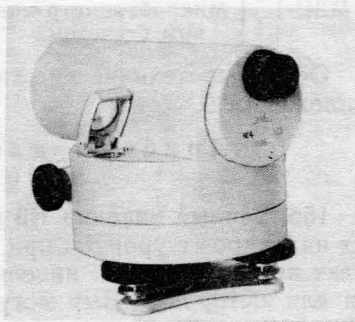


Рис. 32. Нивелир НС4

**158. Нивелир Ni-B3** имеет устройство автоматической установки горизонтальной линии визирования с помощью маятникового оптико-механического линзового компенсатора. Приспособлен для измерения горизонтальных углов. В комплект прибора входят: нивелир в футляре, штатив и принадлежности для юстировки. Нивелиру могут придаваться складные трех- или четырехметровые рейки шашечного типа с делениями через 1 см штриховые трех- или четырехметровые рейки с делениями через 0,5 см, а также оптический микрометр для отсчетов по штриховым рейкам, надеваемый на объективную часть зрительной трубы. Общий вид нивелира Ni-B3 показан на рис. 33; поле зрения трубы и отсчетного микроскопа горизонтального круга—на рис. 34.

Выпускаются модификации нивелира Ni-B3—нивелиры Ni-B4, Ni-B5 и Ni-B6. В нивелирах Ni-B4 и Ni-B6 нет горизонтального круга. В нивелирах Ni-B5 и Ni-B6 изображение круглого уровня оптически передается в поле зрения зрительной трубы, что позволяет во время снятия отсчета по рейке следить за положением нивелира; это особенно важно при работе на неустойчивом грунте.

**159. Технический нивелир НТ** относится к типу глухих нивелиров с уровнем при трубе: он имеет элевационный винт и горизонтальный круг. Подъемных винтов нет. Для установки прибора в рабочее положение используется шаровая пята, выполненная на головке штатива. В комплект прибора входят: нивелир в футляре, штатив и принадлежности для юстировки. Нивелиру могут придаваться четырехметровые двухсторонние складные рейки шашечного типа с делениями через 1 см (тип РН-10). Общий вид нивелира НТ показан на рис. 35.

### Проверки нивелиров

**160.** До выезда в поле с целью определения пригодности нивелира для работы производится проверка исправности уровней, подъемных, исправительных, закрепительных и наводящих винтов, штатива, а также комплектности прибора. Особое внимание уделяют чистоте оптики, четкости изображения сетки нитей и пузырька контактного уровня, плавности вращения вокруг вертикальной оси, исправности компенсатора.

#### Проверки глухих нивелиров с уровнем при трубе

**161. Проверка параллельности оси круглого уровня и вертикальной оси вращения нивелира.** Приводят подъемными винтами

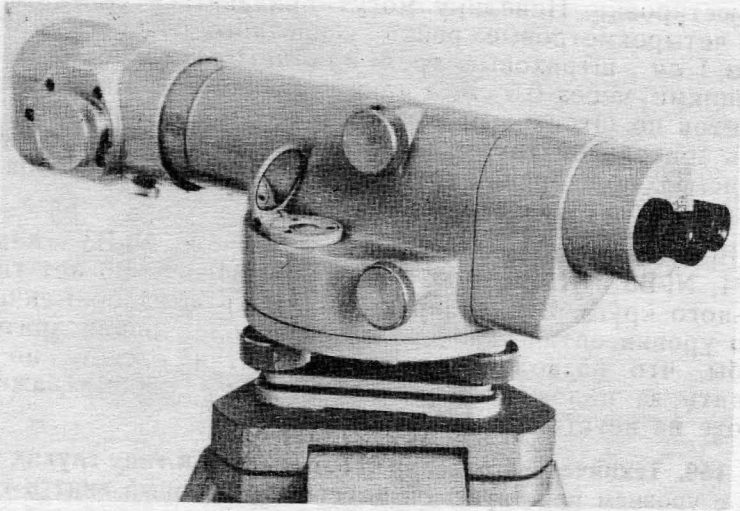


Рис. 33. Нивелир Ni-B3

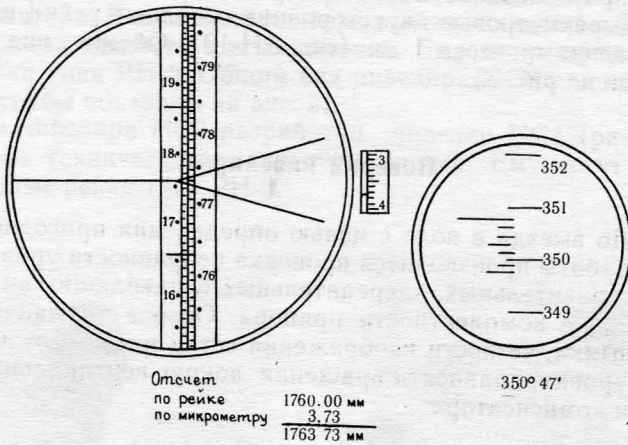


Рис. 34. Поле зрения трубы и отсчетного микроскопа горизонтального круга нивелира Ni-B3



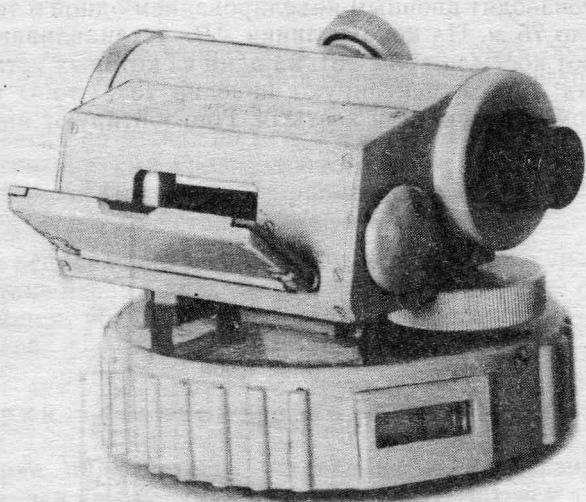


Рис. 35. Нивелир НТ

нивелира пузырек круглого уровня в центр ампулы и поворачивают верхнюю часть нивелира на  $180^\circ$ . Если пузырек сместился с центра ампулы, то перемещают его на половину дуги отклонения исправительными винтами уровня, а затем приводят на середину подъемными винтами.

Проверку и исправление повторяют до тех пор, пока пузырек уровня при вращении нивелира вокруг вертикальной оси не будет оставаться на середине.

Проверка выполняется ежедневно перед началом наблюдений.

**162. Проверка установки сетки нитей.** Первый способ. На расстоянии 30—50 м от нивелира подвешивают на нити отвес. С помощью круглого уровня устанавливают ось вращения нивелира в вертикальное положение, а вертикальную нить сетки нитей наводят на нить отвеса. При правильной установке сетки нитей ее вертикальная нить будет совпадать с изображением нити отвеса; в про-

тивном случае, ослабив исправительные винты, поворачивают оправу сетки так, чтобы вертикальная нить совпала с нитью отвеса или была параллельна ей.

Второй способ. Установив нивелир в горизонтальное положение, наводят среднюю нить трубы на какую-либо точку и, медленно вращая трубу наводящим винтом, следят, не сходит ли нить сетки с этой точки. Исправление достигается, как в первом способе, поворотом оправы сетки нитей.

Проверка выполняется перед началом полевых работ.

**163. Проверка параллельности оси цилиндрического уровня и визирной оси трубы (проверка установки цилиндрического уровня).** Проверку производят двойным нивелированием одной и той же линии длиной около 75 м. На концах линии  $AB$  устанавливают башмаки или забивают колышки (рис. 36), на один из которых устанавливают рейку, а над другим центрируют нивелир так, чтобы окуляр был над выступом башмака или колышка. Горизантируют нивелир и на-

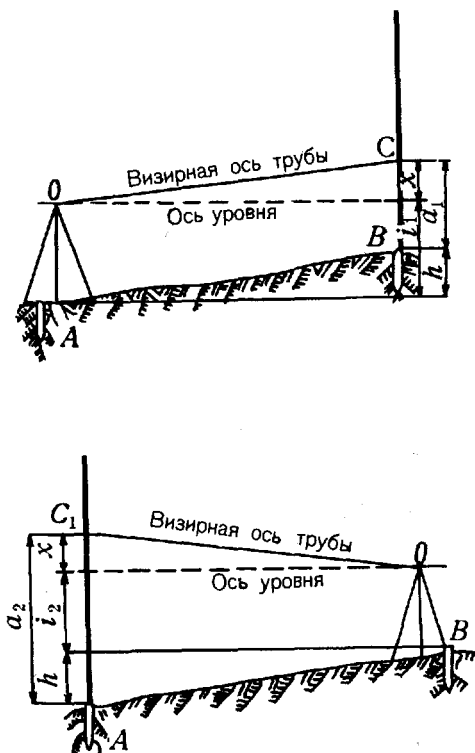


Рис. 36. Схема проверки параллельности оси цилиндрического уровня и визирной оси трубы

водят трубу на рейку. Вращая элевационный винт, совмещают изображения концов пузырька уровня. Производят отсчет  $a_1$  по рейке и с помощью рейки измеряют высоту  $i_1$  нивелира над точкой  $A$  (расстояние от центра окуляра до вершины башмака или костыля) с погрешностью не более 2 мм. Затем меняют местами нивелир и рейку, производят отсчет  $a_2$  по рейке и измеряют высоту  $i_2$  нивелира над точкой  $B$ .

По результатам двойного нивелирования вычисляют величину непараллельности оси уровня и визирной оси трубы по формуле

$$x = \frac{1}{2}(a_1 + a_2) - \frac{1}{2}(i_1 + i_2).$$

Абсолютное значение величины  $x$  не должно быть более 4 мм. В противном случае исправляют положение оси цилиндрического уровня. Для этого элевационным винтом наводят среднюю горизонтальную нить сетки на отсчет по рейке  $a'_2 = a_2 - x$  и вертикальными исправительными винтами уровня точно совмещают изображения концов его пузырька. Проверку и исправление уровня выполняют до тех пор, пока величина  $x$  не станет менее 4 мм.

Проверку и исправление установки цилиндрического уровня производят: в течение первых двух недель полевого сезона — ежедневно, а в дальнейшем, убедившись в постоянстве установки, — не реже раза в 15 дней.

### Проверки нивелиров с компенсаторами

**164. Проверка правильности установки линии визирования.** Угол между линией визирования нивелира, находящегося в рабочем положении, и горизонтальной плоскостью не должен превышать 10" (4 мм на 80 м). Устанавливают нивелир точно на середине и в створе между рейками, находящимися одна от другой на расстоянии 50—80 м, и производят отсчеты:  $a_1$  — по задней рейке и  $b_1$  — по передней. Затем устанавливают нивелир за передней рейкой в 3—5 м от нее и производят отсчеты:  $a_2$  — по дальней рейке и  $b_2$  — по ближней.

Предвычисленный отсчет по дальней рейке  $a'_2 = (a_1 - b_1) + b_2$  не должен отличаться от фактического  $a_2$  более чем на 4 мм. В противном случае перемещают сетку нитей зрительной трубы с помощью исправительных винтов так, чтобы отсчет  $a_2$  стал равен  $a'_2$ . Проверку повторяют после каждого исправления.

Определение и устранение ошибки в установке линии визирования производят: в течение первых двух недель полевого сезона — ежедневно, а в дальнейшем, убедившись в постоянстве установки, — не реже раза в 15 дней.

**165. Проверка диапазона работы компенсатора** выполняется перед началом полевых работ. Нивелир устанавливают в створе посередине между двумя рейками на расстоянии 100 м от каждой.

При положениях пузырька круглого уровня, показанных на рис. 37, измеряют пять серий превышений. Между сериями меняют высоту, а в серии — подъемными винтами наклон нивелира; наблюдения выполняют по одной стороне рейки. Рейки устанавливают на косты-

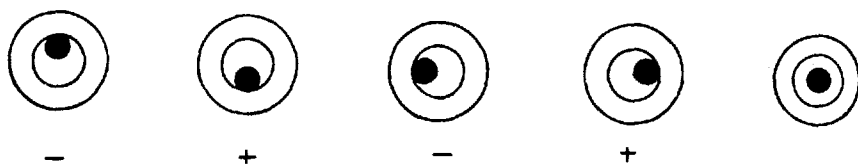


Рис. 37. Положение пузырька круглого уровня при исследовании компенсатора

лях или деревянных кольях с гвоздями. Средние значения превышений, полученных при продольных и поперечных наклонах нивелира, не должны отличаться от превышения, измеренного при положении пузырька уровня в середине кольца, больше чем на 5 мм.

Пример записи результатов поверки приведен в табл. 56. Регулировка компенсатора производится только в оптико-механической мастерской.

Таблица 56

Поверка диапазона работы компенсатора

Номер серии	Превышение, мм				
	пузырек уровня в середине кольца	продольный наклон		поперечный наклон	
		+	-	+	-
1	-751	-752	-750	-750	-752
2	-749	-752	-751	-754	-750
3	-753	-753	-748	-752	-748
4	-752	-754	-748	-748	-747
5	-748	-750	-750	-749	-753
Среднее	-751	-752	-749	-751	-750

Нивелирные рейки

166. При определении высот с точностью 0,5 и 1 м применяются двухсторонние трехметровые (цельные или складные) или четырехметровые (складные) деревянные рейки шашеч-

ного типа с сантиметровыми делениями (рис. 38, а). Разрешается использовать складные односторонние рейки длиной 4 м, но в этом случае, когда берут вторые отсчеты по рейкам, необходимо изменять высоту нивелира. Для привязок к нивелирным маркам служит подвесная рейка длиной 1,2 м (рис. 38, б).

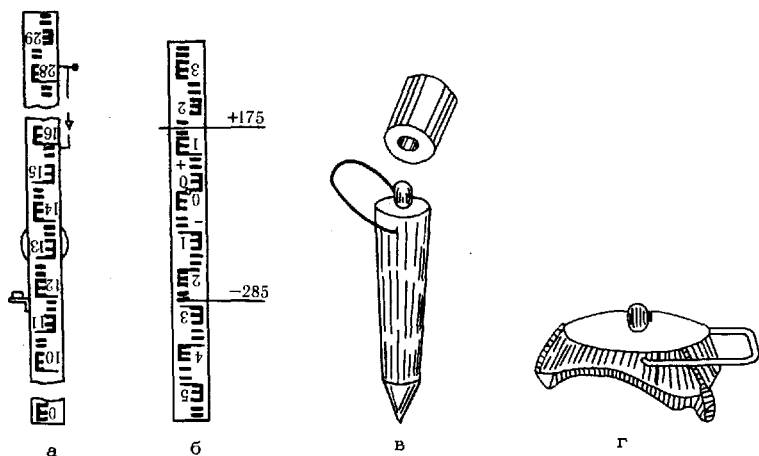


Рис. 38. Оборудование для нивелирования: нивелирная рейка (а), подвесная рейка (б), костыль с колпачком (в), башмак (г)

При нивелировании рейки устанавливают вертикально на прочно забитые в землю костыли или башмаки (рис. 38, в, г). Отвесное положение рейке придается при помощи круглого уровня с ценой деления 7—15', установленного на ее боковой грани.

### Поверки и исследования

**167. Поверку правильности установки круглого уровня на рейке** выполняют с помощью отвеса либо по вертикальной нити сетки зрительной трубы нивелира.

Первым способом поверку производят в безветренную погоду или в защищенном от ветра месте. Рейку устанавливают по отвесу в строго вертикальное положение и исправительными винтами уровня приводят пузырек на середину ампулы.

При втором способе устанавливают рейку на забитый в 50—65 м от нивелира костыль так, чтобы ее ребро совпало с вертикальной нитью сетки зрительной трубы нивелира; приводят исправительными винтами круглого уровня пузырек на середину ампулы, после чего поворачивают рейку на 90° и снова приводят пузырек на середину; затем вновь поворачивают рейку в первое и второе положения и при необходимости дополнительно исправляют установку круглого уровня.

**168. Определение разности высот нулей реек.** Примерно в 20 м от нивелира прочно забивают в землю четыре кола различной длины так, чтобы их высота различалась в пределах 10—15 см. В торцы кольев вбивают гвозди. Последовательно на каждый кол ставят первую рейку и делают отсчеты по красной и черной сторонам. Затем так же делают отсчеты по второй рейке. Далее, изменив высоту нивелира не менее чем на 30 мм, выполняют второй прием. Порядок записи отсчетов и вычислений приведен в табл. 57.

Таблица 57

Определение разности высот нулей реек

Номер приема	Номер кола	Отсчеты по рейке № 141 (1)			Отсчеты по рейке № 142 (2)		
		черная сторона	красная сторона	разность отсчетов	черная сторона	красная сторона	разность отсчетов
I	1	363	5150	4787	362	5051	4689
	2	412	5200	4788	411	5099	4688
	3	491	5277	4786	491	5178	4687
	4	592	5379	4787	591	5279	4688
II	1	409	5196	4787	410	5099	4689
	2	457	5245	4788	458	5147	4689
	3	538	5325	4787	539	5227	4688
	4	638	5426	4788	636	5325	4689
	Σ	3900	42198	38298	3898	41405	37507
Среднее		487,6	5274,8	4787,3	487,2	5175,6	4688,4

Разность высот нулей красной и черной сторон рейки 1—4787, рейки 2—4688 мм.

Разность высот нулей реек (1—2):

черных сторон  $487,6 - 487,2 = +0,4$  мм,

красных сторон  $5274,8 - 5175,6 = +99,2$  "

пары реек  $+0,4 - 99,2 = -98,8$  мм  $\approx -99$  "

С величинами  $-99$  мм в случае (1—2) и  $+99$  мм в случае (2—1) сравнивают разности значений превышения на станции, полученные по черным и красным сторонам реек.

**169. Определение средней длины одного метра рейки** выполняют между делениями 1—10, 10—20 и 20—29 дм — для черной стороны рейки и 48—57, 57—67 и 67—76 дм или им соответствующими — для красной в прямом и обратном направлениях.

Вносят рейки и контрольную линейку в закрытое помещение за 2—3 ч до начала исследований, кладут рейку на длинный стол, а на нее параллельно краям — контрольную линейку. Края шашечных делений, по которым будут производиться отсчеты, отмечают остро отточенным карандашом.

Каждую часть рейки измеряют, отсчитывая по контрольной линейке дважды. Между первой и второй парами отсчетов линейку немного сдвигают. Значения вычисленных разностей (П—Л) по каждой части рейки не должны различаться между собой более чем на 0,1 мм. В начале прямого и в конце обратного ходов берут отсчет температуры линейки по вмонтированному в нее термометру.

По разностям между отсчетами П (правым) и Л (левым) определяют длину каждой измеренной части рейки в прямом и обратном ходах и исправляют ее за длину и температуру контрольной линейки.

Пример определения средней длины одного метра рейки приведен в табл. 58. По результатам этих исследований выводят среднюю длину одного условного метра пары реек нивелирного комплекта и средний поправочный коэффициент для 1 м этой пары. Если, например, получены следующие средние значения длины метра (в мм):

	рейка № 142	рейка № 143
черная сторона	1000,14	1000,27
красная сторона	1000,25	1000,23,

то средняя длина метра пары реек этого комплекта будет равна

$$1000 + \frac{0,14 + 0,25 + 0,27 + 0,23}{4} = 1000,22 \text{ мм.}$$

Средний поправочный коэффициент для 1 м пары реек  $\Delta M = +0,22$  мм, т. е. поправка на 1 м превышения составляет +0,22 мм.

**170. Определение ошибок дециметровых делений** производится при получении новых или отремонтированных реек. По контрольной линейке в пределах каждого метра производят отсчеты соответственно дециметровым делениям рейки (табл. 59, графа 2), затем, несколько сместив контрольную линейку, повторяют отсчеты (графа 3). Определения выполняют на каждом метре по обеим сторонам рейки. Значения разностей отсчетов дециметровых штрихов (графа 4) в пределах каждого метра не должны различаться между собой более чем на 0,1 мм. Вычисляют среднее из отсчетов (графа 5). Разности между средними отсчетами двух смежных штрихов минус 1 дм (графа 6) являются ошибками дециметровых делений рейки. Сумма этих разностей, разделенная на их число, даст систематическую ошибку в длине 1 дм рейки. Вычитая эту ошибку из всех чисел графы 6, получают случайные ошибки дециметровых делений (графа 7), которые не должны превышать 1 мм.

Одновременно для каждой рейки проверяют совпадение нулевого деления черной стороны с плоскостью пятки рейки, измеряя контрольной линейкой расстояние от нее до оси нулевого деления основной шкалы рейки. Для этого к плоскости пятки прикладывают лезвие безопасной бритвы и совмещают с его острием нулевой штрих контрольной линейки. Если нулевое деление рейки стерто, то измеряют расстояние от пятки до ближайшего четкого штриха. Отклонение нулевого деления рейки от плоскости пятки не должно превышать 1 мм.

## Определение средней длины одного метра рейки № 142

11 мая 1976 г.

Контрольная линейка № 51796

Уравнение линейки:  $L = 1000 + 0,01 + 0,019(t - 20^\circ)$  мм

## Черная сторона

Части рейки	Отсчеты по линейке, мм		п—л	Среднее п—л, мм	Поправка за длину линейки и темпе- ратуру, мм	Длина ча- стей рейки, мм
	л	п				
Прямой ход $t = +16,6^\circ$						
1—10	0,08	900,18	900,10	900,11	-0,05	900,06
	0,22	900,34	900,12			
10—20	0,10	1000,34	1000,24	1000,23	-0,05	1000,18
	0,30	1000,52	1000,22			
20—29	0,26	900,44	900,18	900,19	-0,05	900,14
	1,10	901,30	900,20			
Обратный ход $t = +16,9^\circ$						
29—20	0,08	900,24	900,16	900,15	-0,04	900,11
	0,56	900,70	900,14			
20—10	0,42	1000,68	1000,26	1000,27	-0,05	1000,22
	0,16	1000,44	1000,28			
10—1	0,30	900,40	900,10	900,10	-0,04	900,06
	0,46	900,56	900,10			
	4,04	11206,14	11202,10	5601,05	-0,28	5600,77

Средняя длина одного метра =  $\frac{5600,77}{5,6} = 1000,14$  мм.



## Определение ошибок дециметровых делений рейки № 142

11 мая 1976 г.

Контрольная линейка № 51796

Уравнение линейки:  $L = 1000 + 0,01 + 0,019(t - 20,0^\circ)$  мм

Черная сторона

Номер дециметров	Отсчеты по линейке, мм		Разности II—I, в сотых долях, мм	Среднее из отсчетов	Ошибки дециметровых делений, мм	Случайные ошибки дециметровых делений рейки, мм
	I	II				
1	2	3	4	5	6	7
$t = 20^\circ$						
0	0,00	12	+12	06		
1	100,12	26	+14	19	+0,13	+0,12
2	200,20	36	+16	28	+0,09	+0,08
3	300,26	38	+12	32	+0,04	+0,03
4	400,28	40	+12	34	+0,02	+0,01
5	500,24	34	+10	29	-0,05	-0,06
6	600,20	32	+12	26	-0,03	-0,04
7	700,18	28	+10	23	-0,03	-0,04
8	800,10	22	+12	16	-0,07	-0,08
9	900,08	18	+10	13	-0,03	-0,04
10	1000,04	16	+12	10	-0,03	-0,04
10	0,00	08	+ 8	04		
11	100,02	12	+10	07	+0,03	+0,02
12	200,06	12	+ 6	09	+0,02	+0,01
13	300,08	18	+10	13	+0,04	+0,03
14	400,08	20	+12	14	+0,01	0,00
15	500,10	20	+10	15	+0,01	0,00
16	600,10	20	+10	15	0,00	-0,01
17	700,12	20	+ 8	16	+0,01	0,00
18	800,14	24	+10	19	+0,03	+0,02
19	900,16	24	+ 8	20	+0,01	0,00
20	1000,16	26	+10	21	+0,01	0,00
20	0,00	20	+20	10		
21	100,08	26	+18	17	+0,07	+0,06
22	200,08	28	+20	18	+0,01	0,00
23	300,12	30	+18	21	+0,03	+0,02
24	400,10	30	+20	20	-0,01	-0,02
25	500,16	36	+20	26	+0,06	+0,05
26	600,18	40	+22	29	+0,03	+0,02
27	700,12	32	+20	22	-0,07	-0,08
28	800,14	36	+22	25	+0,03	+0,02
29	900,16	36	+20	26	+0,01	0,00
30	1000,16	36	+20	26	0,00	-0,01
$\Sigma =$					+0,37	+0,07

Систематическая ошибка дециметрового деления =  $+\frac{0,37}{30} = +0,012$  мм.

Наибольшая случайная ошибка дециметрового деления = +0,12 мм.

## Основные правила обращения с нивелирами и рейками при эксплуатации и хранении

171. Нивелиры, являясь точными оптическими приборами, требуют строгого соблюдения правил обращения как при эксплуатации, так и при хранении, которые определены Руководством Р-69 (п. 38).

Прежде чем вынуть нивелир из футляра, устанавливают штатив и вдавливают его ножки в землю, затем вынимают прибор, предварительно отпустив все зажимы. Брать нивелир надо только за подставку.

Установленный на штатив прибор необходимо сразу же закрепить становым винтом и защитить от прямых солнечных лучей и атмосферных осадков. Для нивелиров с компенсаторами применение в солнечную погоду зонта не обязательно. Если во время дождя прибор остается на штативе, а измерения не производятся, его необходимо накрыть специальным чехлом, особенно нивелиры с компенсаторами, так как из-за попадания на них влаги происходит неполная компенсация наклона прибора. Если все же на компенсатор попала влага, его следует просушить.

Не рекомендуется пользоваться нивелиром с компенсатором при сильном ветре, а также устанавливать нивелир вблизи движущегося транспорта (во избежание вибрации компенсатора).

Наводящие и подъемные винты всегда надо держать в таком положении, чтобы они работали средней частью резьбы. Работа элевационным винтом всегда должна заканчиваться ввинчиванием. Если винт завернут более чем нужно, его следует несколько вывинтить и продолжать работать на ввинчивание, чтобы ликвидировать «мертвый ход» винта.

С одной станции на другую нивелир переносят в вертикальном положении вместе со штативом. Все зажимные винты должны быть закреплены. При переходе необходимо также следить за тем, чтобы не повредить ножки штатива и пятки реек. Во время работы и при переноске рейку следует держать за ручку или положить ребром на плечо и во всех случаях оберегать от ударов.

По окончании работы ножки штатива и пятки реек должны быть очищены от грязи.

Перед тем как уложить нивелир в футляр, надо отпустить закрепительный винт, а уложив, завернуть. Помещать в футляр посторонние предметы не разрешается. Все принадлежности должны быть уложены в свои гнезда и предохранены от выпадания.

Ящик с нивелиром, внесенный в теплое помещение с холода, следует открыть лишь спустя 2—3 ч. Выступившей на нивелире влаги надо дать высохнуть; вытирать ее нельзя.

Особую осторожность следует соблюдать при транспортировке нивелиров с компенсаторами, так как возможен обрыв их нитей.

## Приборы для барометрического нивелирования

172. При барометрическом нивелировании могут быть применены микробарометры МБ-63 и МБЦ-1. Основные технические характеристики этих приборов приведены в табл. 60.

Таблица 60

Основные технические характеристики

Характеристика	МБ-63	МБЦ-1
Диапазон измерения атмосферного давления, <i>мм рт. ст.</i>	150 или 300	120
Средняя квадратическая погрешность измерения разности атмосферного давления, <i>мм рт. ст.</i>	0,05	0,04
Точность отсчета, <i>мм рт. ст.</i>	0,01	0,01
Диапазон рабочих температур, °С	от -45 до +45	от -10 до +40
Напряжение источника питания, В	3,0	1,5
Габариты, <i>мм</i>	170×190×290	133×194×239
Масса, <i>кг</i>	4,0	5,5

173. Микробарометр МБ-63 выпускается в двух модификациях, отличающихся диапазоном измерения атмосферного давления: у МБ-63-I — 150, а у МБ-63-II — 300 *мм рт. ст.*

Внешний вид микробарометра МБ-63-II показан на рис. 39.

Датчиком давления служат два двухкоробочных анероидных блока 2 (рис. 40), жестко закрепленных на корпусе 1. Свободные центры их мембран жестко соединены двойной цилиндрической ленточной пружиной 3, несущей зеркало 4.

При изменении атмосферного давления происходит линейная деформация анероидных блоков и цилиндрической ленточной пружины (она растягивается или сжимается), а зеркало 4 разворачивается вокруг оси последней. Величину угла поворота зеркала измеряют с помощью окулярного микрометра 6. Изображение подвижной шкалы 10 проектируется в поле зрения окуляра 9 посредством объектива 5. В поле зрения окуляра наблюдаются также изображения неподвижной шкалы 8 и биссектора 7. Для освещения шкалы служат семь лампочек. Во время отсчета включается только одна лампочка, которая и освещает часть шкалы, наблюдаемую в поле зрения.

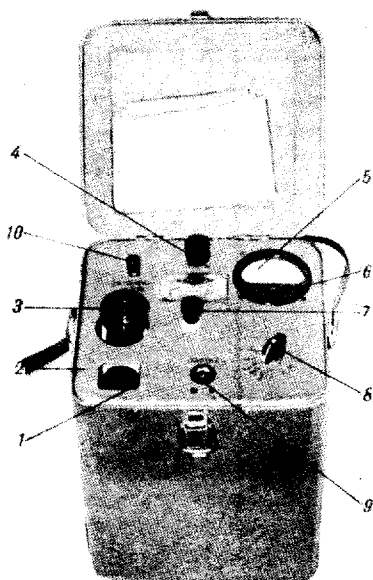


Рис. 39. Микробарометр МБ-63-II

1 — микрометрический винт; 2 — верхняя панель; 3 — окуляр; 4 — разъем для подключения источника питания; 5 — микроамперметр (электро-термометр); 6 — регулировочный винт; 7 — штуцер; 8 — переключатель источника питания; 9 — кнопочный микровыключатель; 10 — регулятор напряжения

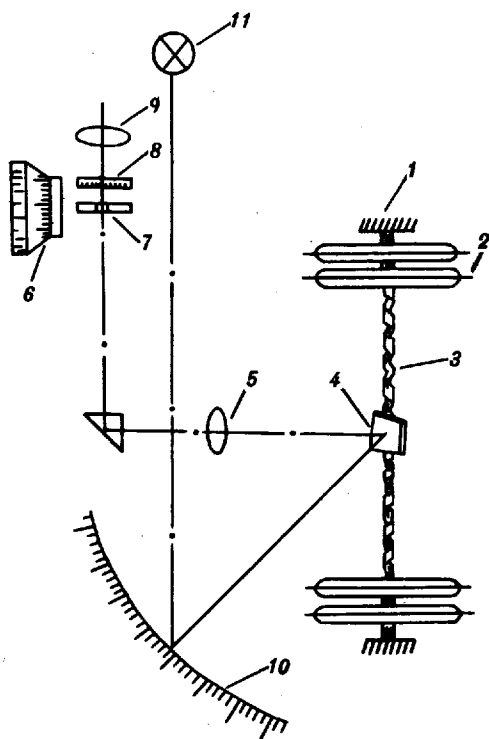


Рис. 40. Принципиальная схема микробарометра МБ-63-II

1 — корпус; 2 — блок анероидных коробок; 3 — двойная цилиндрическая ленточная пружина; 4 — зеркало; 5 — объектив; 6 — окулярный микрометр; 7 — биссектор шкалы; 8 — неподвижная шкала; 9 — окуляр; 10 — подвижная шкала; 11 — электролампочка

Для измерения температуры прибора применен электрический термометр, его датчик расположен в непосредственной близости от основных рабочих узлов. Все чувствительные элементы микробарометра помещены в герметичный корпус, имеющий штуцер для связи с атмосферой и подключения к контрольной аппаратуре при поверке. Прибор заключен в футляр, внутренние стенки и крышка которого имеют теплоизоляцию из поропласта. В качестве источника питания используются четыре сухих гальванических элемента типа 373, которые устанавливаются в нижней части корпуса микробарометра.

174. По прибытии на пункт наблюдений микробарометр извлекают из транспортировочного ящика и устанавливают в вертикальное положение. Открывают футляр и производят осмотр, чтобы убедиться в отсутствии внешних механических повреждений прибора.

Переводят переключатель  $\delta$  (рис. 39) в положение «Контр. напр.» и ручкой 10 устанавливают стрелку микроамперметра  $\delta$  на длинную черту шкалы. Затем устанавливают переключатель  $\delta$  в соответствующее окружающей температуре положение ( $0 - -45$  или  $0 - +45^\circ$ ) и снимают по шкале микроамперметра отсчет температуры  $t_{\text{пр}}^\circ$ : положительной—по наружной, отрицательной—по внутренней дугам.

Переводят переключатель источника питания  $\delta$  в положение 100. Нажав кнопку 9 микровыключателя, включают освещение шкалы и с помощью окуляра 3 фокусируют изображение биссектора и шкал в поле зрения окулярного микрометра. Если из-за большой яркости освещения и бликов не удается добиться вращением окуляра 3 четкости изображения шкал, то переводят переключатель  $\delta$  в положение 130 или 80.

Нажав кнопку 9 микровыключателя и вращая микрометрический винт 1, наводят биссектор на штрих между штрихами 4 и 5 шкалы микрометра. Из номера этого штриха и отсчета по шкале микрометрического винта 1 складывается отсчет атмосферного давления по прибору (рис. 41). После снятия отсчетов переключатель  $\delta$  (рис. 39) переводят в положение «Выкл.».

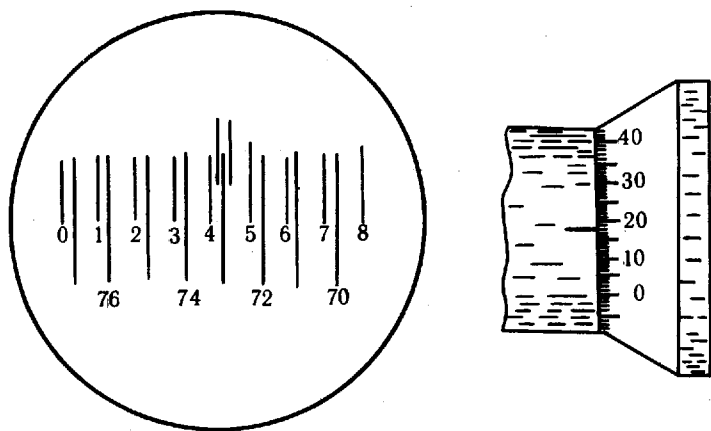


Рис. 41. Пример снятия отсчета по микробарометру МБ-63-II

Номер штриха, на который наведен биссектор — 73

Отсчет по шкале микрометрического винта — 18

Отсчет атмосферного давления — 73,18

Абсолютное атмосферное давление  $P$  вычисляется по формуле

$$P = P_{\text{табл}} + \Delta P_t + \Delta P_B + \Delta P_0,$$

где

$P_{\text{табл}}$  — атмосферное давление, вычисленное по значению отсчета  $u$  с помощью шкаловой таблицы поверочного свидетельства;

$\Delta P_t$ ,  $\Delta P_B$  и  $\Delta P_0$  — соответственно температурная поправка, поправка за изменение модуля упругости материала чувствительных элементов и добавочная поправка микробарометра, выбираемые из поверочного свидетельства.

**175. Микробарометр МБЦ-1** (рис. 42). В качестве чувствительного элемента в нем применен анероидный блок 1 (рис. 43), состоящий из четырех анероидных коробок. С ним соединен один конец рычага 3, на другом его конце установлен дифференциальный индуктивный нуль-индикатор 5. Рычажная система опирается на упругий крестообразный шарнир 2.

При равенстве моментов, развиваемых анероидным блоком 1 и пружиной 4, выходной сигнал нуль-индикатора равен нулю. Когда атмосферное давление изменяется, происходит деформация анероидного блока и указанное равенство моментов нарушается: на выходе нуль-индикатора появляется сигнал, который вызывает соответствующее отклонение стрелки микроамперметра. Выведя рукояткой стрелку микроамперметра на нулевую отметку шкалы, можно восстановить равенство моментов. Вращение рукоятки через редуктор передается отсчетному устройству (механическому счетчику), по показаниям которого и определяют изменение или абсолютное значение атмосферного давления.

Для измерения температуры элементов конструкции микробарометра используется термометр-атташе. Все элементы измерительной системы микробарометра установлены в герметичном теплоизолированном корпусе. В качестве источника питания используется сухой гальванический элемент типа 316, который крепится к съемной крышке в основании корпуса микробарометра.

**176.** По прибытии на пункт наблюдений микробарометр извлекают из транспортировочного ящика и устанавливают в горизонтальное положение так, чтобы передняя панель с индикаторными приборами располагалась сверху. Включают питание кнопкой 4 (рис. 42) — стрелка микроамперметра 1 должна отклониться от нулевого деления шкалы. На нулевое деление стрелку микроамперметра рукояткой 5 устанавливают: вращением по часовой стрелке — при отклонении стрелки влево и против — при отклонении вправо.

Для проверки чувствительности прибора рукояткой 5 изменяют показания счетчика на 0,5 мм рт. ст. При нормальной чувствительности прибора и номинальном напряжении питания стрелка микроамперметра должна отклониться не менее чем на 30 мкА. В противном случае необходимо заменить источник питания.

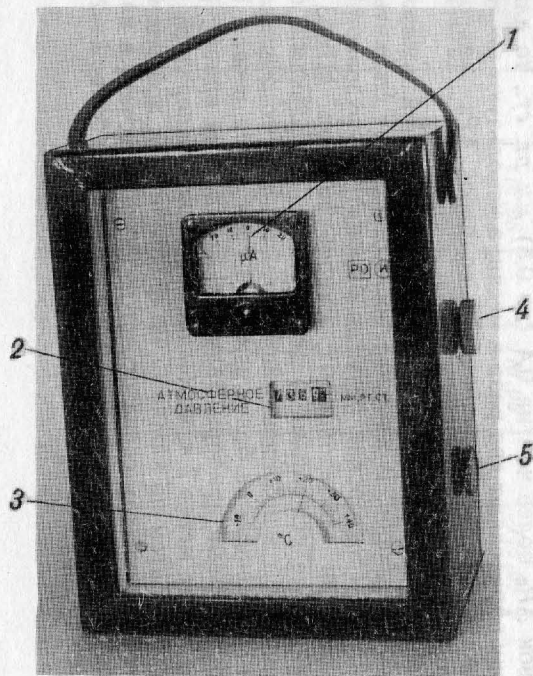


Рис. 42. Микробарометр МБЦ-1

1 — микроамперметр; 2 — шкала механического счетчика; 3 — термометр; 4 — кнопка для включения напряжения питания; 5 — рукоятка привода отсчетного устройства;

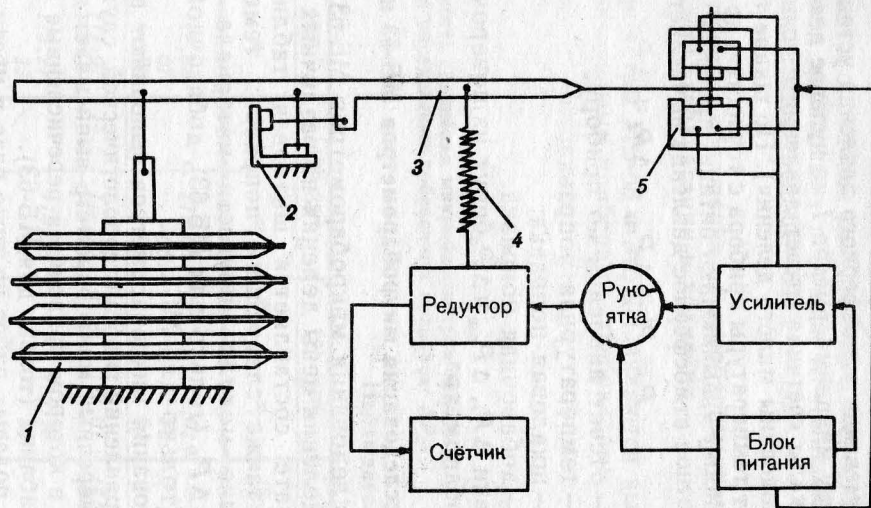


Рис. 43. Принципиальная схема микробарометра МБЦ-1

1 — анероидный блок; 2 — крестообразный шарнир; 3 — рычаг; 4 — пружина; 5 — индуктивный нуль-индикатор

При измерении атмосферного давления устанавливают рукояткой 5 стрелку микроамперметра 1 на нулевое деление шкалы. Снимают со шкалы счетчика отсчет давления с точностью до 0,01 мм рт.ст. (до половины малого деления). По шкале термометра 3 снимают отсчет температуры прибора с точностью до 0,1° С. После этого, нажав кнопку 4, выключают питание прибора.

Абсолютное атмосферное давление вычисляется по формуле

$$P = P' + \Delta P_{\text{шк}} + \Delta P_t + \Delta P_0,$$

где  $P'$  — отсчет давления по прибору;

$\Delta P_t$  — температурная поправка;

$\Delta P_{\text{шк}}$  — шкаловая поправка;

$\Delta P_0$  — добавочная поправка.

Поправки  $\Delta P_t$ ,  $\Delta P_{\text{шк}}$  и  $\Delta P_0$  берут из поверочного свидетельства микробарометра.

### Исследования микробарометров МБ-63 и МБЦ-1

177. Исследования микробарометров МБ-63 и МБЦ-1 включают определения цены деления на различных участках шкалы (в результате составляется шкаловая таблица только для МБ-63), а также следующих поправок: температурной  $\Delta P_t$ , за изменение модуля упругости материала чувствительных элементов  $\Delta P_v$  (только для МБ-63), добавочной  $\Delta P_0$  и шкаловой  $\Delta P_{\text{шк}}$  (только для МБЦ-1).

Исследования микробарометров выполняют раз в год в Бюро проверок Управлений гидрометеорологической службы (ГМС). На каждый поверенный микробарометр выписывается поверочное свидетельство, в котором приводятся перечисленные выше поправки и шкаловая таблица (только для МБ-63).

В ходе полевых работ не реже раза в месяц производят контрольные определения добавочных поправок  $\Delta P_0$ .

Если у отдельных микробарометров будет обнаружено изменение поправок  $\Delta P_0$  более чем на 0,4 (до 0,8) мм рт. ст., то для них эту поправку определяют два раза в месяц, а используют последнее ее значение. При больших изменениях поправок  $\Delta P_0$  микробарометры отправляют в ремонт.

Поправки  $\Delta P_0$  определяют сравнением показаний поверяемых и образцовых приборов. В качестве последних могут служить контрольный или инспекторский ртутные барометры, грузопоршневой барометр, два-три исследованных микробарометра МБ-63 или МБЦ-1 с наиболее стабильными добавочными поправками. Определение производят в помещении при устойчивом атмосферном давлении (при изменениях не более чем на 0,4 мм рт. ст. в час). Поверяемый и образцовый приборы размещают рядом на одном уровне и выдерживают не менее 2 ч, чтобы они приняли температуру окружающей среды. Затем по каждому микробарометру: поверяемым и образцовым снимают три серии отсчетов (по три отсчета в каждой серии). Продолжительность выполнения серии — не более 1—2 мин, интервал между сериями — 10—15 мин.



При измерении атмосферного давления устанавливают рукояткой 5 стрелку микроамперметра 1 на нулевое деление шкалы. Снимают со шкалы счетчика отсчет давления с точностью до 0,01 мм рт.ст. (до половины малого деления). По шкале термометра 3 снимают отсчет температуры прибора с точностью до 0,1° С. После этого, нажав кнопку 4, выключают питание прибора.

Абсолютное атмосферное давление вычисляется по формуле

$$P = P' + \Delta P_{\text{шк}} + \Delta P_t + \Delta P_0,$$

где  $P'$  — отсчет давления по прибору;

$\Delta P_t$  — температурная поправка;

$\Delta P_{\text{шк}}$  — шкаловая поправка;

$\Delta P_0$  — добавочная поправка.

Поправки  $\Delta P_t$ ,  $\Delta P_{\text{шк}}$  и  $\Delta P_0$  берут из поверочного свидетельства микробарометра.

### Исследования микробарометров МБ-63 и МБЦ-1

177. Исследования микробарометров МБ-63 и МБЦ-1 включают определения цены деления на различных участках шкалы (в результате составляется шкаловая таблица только для МБ-63), а также следующих поправок: температурной  $\Delta P_t$ , за изменение модуля упругости материала чувствительных элементов  $\Delta P_B$  (только для МБ-63), добавочной  $\Delta P_0$  и шкаловой  $\Delta P_{\text{шк}}$  (только для МБЦ-1).

Исследования микробарометров выполняют раз в год в Бюро проверок Управлений гидрометеорологической службы (ГМС). На каждый поверенный микробарометр выписывается поверочное свидетельство, в котором приводятся перечисленные выше поправки и шкаловая таблица (только для МБ-63).

В ходе полевых работ не реже раза в месяц производят контрольные определения добавочных поправок  $\Delta P_0$ .

Если у отдельных микробарометров будет обнаружено изменение поправок  $\Delta P_0$  более чем на 0,4 (до 0,8) мм рт.ст., то для них эту поправку определяют два раза в месяц, а используют последнее ее значение. При больших изменениях поправок  $\Delta P_0$  микробарометры отправляют в ремонт.

Поправки  $\Delta P_0$  определяют сравнением показаний поверяемых и образцовых приборов. В качестве последних могут служить контрольный или инспекторский ртутные барометры, грузопоршневой барометр, два-три исследованных микробарометра МБ-63 или МБЦ-1 с наиболее стабильными добавочными поправками. Определение производят в помещении при устойчивом атмосферном давлении (при изменениях не более чем на 0,4 мм рт.ст. в час). Поверяемый и образцовый приборы размещают рядом на одном уровне и выдерживают не менее 2 ч, чтобы они приняли температуру окружающей среды. Затем по каждому микробарометру: поверяемым и образцовым снимают три серии отсчетов (по три отсчета в каждой серии). Продолжительность выполнения серии — не более 1—2 мин, интервал между сериями — 10—15 мин.

Примеры записи и обработки результатов измерений при контрольном определении добавочных поправок  $\Delta P_0$  микробарометров МБ-63 и МБЦ-1 приведены в табл. 61—64.

### Основные правила обращения с микробарометрами при эксплуатации и хранении

178. Микробарометры МБ-63 и МБЦ-1 являются высокочувствительными измерительными приборами, требующими бережного обращения.

Таблица 61

Ведомость сравнения микробарометров МБ-63-II при определении добавочных поправок  $\Delta P_0$

Дата 20.10.76 г.

Наблюдатель: Красков

Тип и номер приборов	12 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>		12 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>		12 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>		Среднее	
	$t^{\circ}_{пр}$	$u$	$t^{\circ}_{пр}$	$u$	$t^{\circ}_{пр}$	$u$	$t^{\circ}_{пр}$	$u$
МБ-63-II № 114 (образцовый)		117,08 07 06		117,08 05 06		117,01 02 01		
	14,8	117,07	14,6	117,06	15,0	117,01	14,8	117,05
МБ-63-II № 201 (образцовый)		115,22 23 21		115,23 21 20		115,16 13 14		
	15,8	115,22	16,0	115,21	16,0	115,14	15,9	115,19
МБ-63-II № 78 (образцовый)		116,08 04 06		116,05 03 04		116,01 5,99 6,00		
	14,9	116,06	15,0	116,04	15,2	116,00	15,0	116,03
МБ-63-II № 171 (рабочий)		115,38 36 37		115,35 34 36		115,35 38 36		
	15,5	115,37	15,5	115,35	15,6	115,36	15,5	115,36
МБ-63-II № 123 (рабочий)		115,37 38 36		115,37 36 36		115,30 29 29		
	15,0	115,37	15,3	115,36	15,5	115,29	15,3	115,34

Вычисления проверил: Иванов

### Определение добавочной поправки $\Delta P_0$ микробарометров МБ-63-II

Дата 20.10.76 г.

Вычислял: Красков

Образцовые микробарометры					Рабочие микробарометры				
$P_{\text{табл.}}$ мб	$\Delta P_t$ мб	$\Delta P_b$ мб	$\Delta P_0$ мб	$P = P_{\text{табл.}} + \Delta P_t + \Delta P_b + \Delta P_0$ мб	$P_{\text{табл.}}$ мб	$\Delta P_t$ мб	$\Delta P_b$ мб	$P = P_{\text{табл.}} + \Delta P_t + \Delta P_b$ мб	$\Delta P_0 = P_{\text{ср}} - P$ мб
МБ-63-II № 114					МБ-63-II № 171				
332,43	-0,60	+0,20	688,32	1020,35	350,43	-0,40	+0,19	350,22	670,09
МБ-63-II № 201					МБ-63-II № 123				
310,64	-0,10	+0,05	709,66	1020,25	350,38	-0,38	+0,15	350,15	670,16
МБ-63-II № 78									
341,73	+0,18	-0,04	679,45	1020,32					

$$P_{\text{ср}} = 1020,31$$

Вычисления проверил: Иванов

Таблица 63

### Ведомость сравнения микробарометров МБЦ-1 при определении добавочной поправки $\Delta P_0$

Дата 25.6.76 г.

Наблюдатель: Красков

Названия и номера приборов	10 ч 10 мин		10 ч 21 мин		10 ч 35 мин		Среднее	
	$t^{\circ}_{\text{пр}}$	$P$ , мм рт. ст.	$t^{\circ}_{\text{пр}}$	$P$ , мм рт. ст.	$t^{\circ}_{\text{пр}}$	$P$ , мм рт. ст.	$t^{\circ}_{\text{пр}}$	$P$ , мм рт. ст.
МБЦ-1 № 100 (образцовый)		740,31 29 30		740,32 30 31		740,30 28 28		
	19,3	740,30	19,5	740,31	19,8	740,29	19,5	740,30
МБЦ-1 № 387 (образцовый)		740,39 41 41		740,40 40 41		740,39 39 41		
	19,3	740,40	19,4	740,40	19,7	740,40	19,5	740,40
МБЦ-1 № 453 (рабочий)		740,18 20 21		740,20 22 21		740,20 18 21		
	19,4	740,20	19,5	740,21	19,7	740,20	19,5	740,20

Вычисления проверил: Иванов

Определение добавочной поправки  $\Delta P_0$   
микробарометров МБЦ-1

Вычислял: Красков

Названия и номера образцовых приборов	$P'$ , мм рт. ст.	Поправки, мм рт. ст.			$P_0 = P' + \Delta P_t + \Delta P_{\text{шк}} + \Delta P_0$ , мм рт. ст.	Рабочий микробарометр МБЦ-1 № 453				
		$\Delta P_t$	$\Delta P_{\text{шк}}$	$\Delta P_0$		Поправки, мм рт. ст.		$P_t = P' + \Delta P_t + \Delta P_{\text{шк}}$ , мм рт. ст.	$\Delta P_0 = P - P_t$ , мм рт. ст.	
						$\Delta P_t$	$\Delta P_{\text{шк}}$			
МБЦ-1 № 100	740,30	+0,06	-0,03	+0,15	740,48	740,20	+0,06	+0,08	740,34	+0,06
МБЦ-1 № 387	740,40	+0,07	-0,05	-0,10	740,32					
				$\Delta P_{\text{ср}}$	740,40					

Вычисления проверил: Иванов

В процессе работы и при транспортировке приборы необходимо оберегать от резких толчков, ударов и тряски, а также предохранять от дождя и пыли. Микробарометры следует хранить в сухом отапливаемом помещении при температуре не ниже +5 и не выше +30°C и относительной влажности воздуха не более 80%. В окружающем воздухе не должно быть паров, вызывающих коррозию металла.

При хранении микробарометра МБЦ-1 его счетчик давления должен быть установлен на отсчет 730 мм рт. ст.

Порядок и периодичность технического обслуживания микробарометров МБ-63 и МБЦ-1 в процессе хранения и эксплуатации изложены в техническом описании и инструкции по их эксплуатации.

## Глава 4

### ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И РЕШЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

179. Для решения геодезических вычислительных задач в полевых условиях используются в зависимости от обстановки электронные вычислительные машины (ЭВМ) или клавишные электронные вычислительные машины (ЭКВМ)\*. Обработка результатов полевых измерений с использованием ЭКВМ и подвижных ЭВМ при развитии СГС выполняется, как правило, в районе полевых работ. Сведения об основных типах вычислительных машин, применяемых для геодезических вычислений при развитии СГС и определении координат отдельных объектов, приведены в табл. 65.

Таблица 65

**Вычислительные машины**

Тип	Характеристика	Способ решения геодезических задач	Модели
ЭВМ	Электронные вычислительные машины; специализированные; подвижные	Автоматический	ТЭМ-1
ЭКВМ	Электронные клавишные вычислительные машины; переносные; универсального назначения	Полуавтоматический	ЭДВМ-2П, ЭДВМ-3П, «Электроника БЗ-18»
Арифмометры	Механические вычислительные машины; переносные; универсального назначения	Ручной	«Феликс», ВК-1

#### Электронная вычислительная машина ТЭМ-1

180. ЭВМ ТЭМ-1 — специализированная цифровая электронная вычислительная машина, предназначенная для решения геоде-

\* В данной главе приведены правила подготовки исходной информации и примеры решения геодезических задач.

зических задач в стационарных и полевых условиях. ЭВМ размещена в спецкузове, установленном на шасси автомобиля Урал-375Е.

В комплект ЭВМ ТЭМ-1 входят: собственно ЭВМ, устройства ввода и вывода, ЗИП, система электропитания, система вентиляции и отопления, автомобиль Урал-375Е.

Обслуживание ТЭМ-1 и решение задач выполняется штатным составом вычислительного подразделения.

### Основные технические характеристики

Быстродействие . . . . .	около 2000 оп/с
Точность представления чисел . . . . .	9 десятичных знаков
Емкость запоминающих устройств:	
оперативного (МОЗУ) . . . . .	1024 слова
долговременного (ДЗУ) . . . . .	8192 слова (четыре съемных кассеты)
Скорость ввода исходной информации:	
автоматически с перфоленты аппаратом СП-3 . . . . .	220 зн/с
автоматически с перфоленты аппаратом СТА . . . . .	7 "
вручную с клавиатуры пульта управления или аппарата СТА . . . . .	2 "
Скорость вывода информации:	
на печать аппаратом МП16-2 . . . . .	25 строк/с
на печать и перфорацию аппаратом СТА . . . . .	7 зн/с
Система представления чисел . . . . .	двоичная с фиксированной запятой
Система кодирования инструкций . . . . .	одноадресная
Разрядность вводимых и выводимых десятичных чисел . . . . .	10
Переход от решения геодезических к другим задачам (смена матриц ДЗУ) . . . . .	2—3 мин
Диапазон рабочих температур . . . . .	от +5 до +40°С
Время подготовки ЭВМ к работе . . . . .	20 мин
Электропитание:	
сеть трехфазного промышленного тока . . . . .	380 В, 50 Гц
бензоэлектрический агрегат АБ-4 . . . . .	230 В, 425 Гц
Потребляемая мощность . . . . .	1,8 кВт
Масса . . . . .	1200 кг

На рис. 44 показан центр управления ЭВМ ТЭМ-1.

В ДЗУ ЭВМ ТЭМ-1 закомутированы программы ряда геодезических задач (табл. 66).

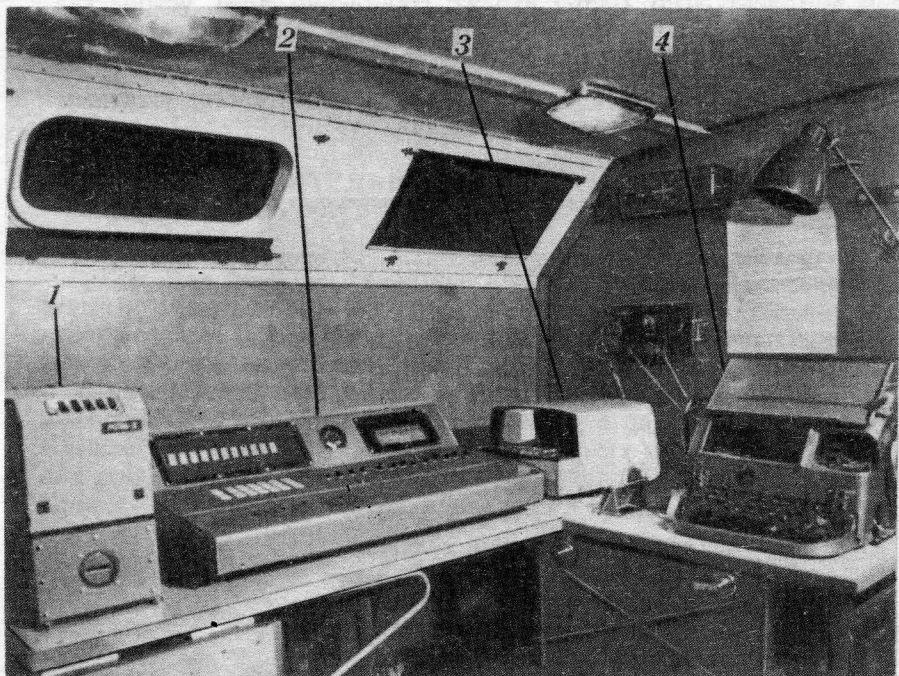


Рис. 44. Центр управления ЭВМ ТЭМ-1

1 — печатающий аппарат МП16-2; 2 — пульт управления; 3 — фотосчитывающее устройство СП-3; 4 — телеграфный аппарат СТА-2М

Таблица 66

Программы, закоммутированные в ДЗУ ЭВМ ТЭМ-1

С о д е р ж а н и е	Номера задач
Вычисление и уравнивание плановых, высотных сетей и систем угловых ходов (сетевая задача)	002
Обработка полигонометрических и угловых ходов	003
Приведение измеренных величин к центрам пунктов и на плоскость в проекции Гаусса	004
Обработка высотно-теодолитных ходов	005

С о д е р ж а н и е	Номера задач
Преобразование геодезических координат при переходе с одного эллипсоида на другой и решение пространственной и сфероидической геодезических задач	006
Решение обратных геодезических задач по плоским прямоугольным координатам	011
Преобразование геодезических координат в прямоугольные и обратно, в смежную зону проекции Гаусса и условную систему координат	012

Для автоматического ввода исходной информации заранее подготавливается перфолента. Каждое число сопровождается специальными служебными признаками в виде литер телеграфного аппарата СТА-2М (табл. 67). Исходные данные со своими служебными признаками заносятся в специальные бланки (табл. 68). При этом должны строго соблюдаться последовательность записи исходных чисел и их масштаб, обусловленные программой решения данной задачи. Заполненные бланки считываются с первоисточниками исходной информации.

Таблица 67

Служебные признаки информации

Обозначение	П о я с н е н и я
=	Десятичное число (прямоугольные координаты, длина линии, линейный элемент приведения и др.)
Э	Десятичное целое число (количество измеренных величин, число приемов наблюдений)
?	Восьмеричное число (название измеренной величины, признак варианта задачи)
/	Команда
(	Градусная величина (градусы, минуты и доли минуты)
)	Градусная величина (градусы, минуты, секунды и доли секунды)
X	Время (часы, минуты, секунды и доли секунды)
,	Двоично-десятичное число
:	Адрес
.	Число набрано правильно
'	Номер задачи
Ю	Конец ввода
Щ	Буква, заменяющая 000 (три нуля)
Ш	Буква, заменяющая 00 (два нуля)



Пример записи информации на бланках

Признак адреса	Адрес	Признак числа	Знак числа	Число	Пояснения
:	20030	?	+	00000000017 .	Количество определяемых пунктов $n = 17_{(8)} = 15_{(10)}$ в масштабе $8-11$
	1	,	+	05100000000 .	Дата: 5 октября, масштаб $10^{-4}$
	2	=	+	63000000000 .	$x = 6300000$ м, масштаб $10^{-7}$
	3	=	+	0701757990 .	$y = 0701757, 99$ м, масштаб $10^{-7}$
	4	=	+	0002355470 .	$S = 2355,47$ м, масштаб $10^{-7}$
	5	=	+	0026231500 .	$H = 262,315$ м, масштаб $10^{-5}$
	6	=	+	0153000000 .	$J = 1,53$ м, масштаб $10^{-2}$
	7	(	+	0645277000 .	$\beta = 64^{\circ}52,77'$
:	20040	)	+	2645246272 .	$\beta' = 264^{\circ}52'46,272''$
	1	X	+	1523558620 .	$T = 15^h23^m55,8620^s$
..	..	..	..	..	..
				Ю	Конец ввода

### Предварительные вычисления геодезических сетей

181. Математическая обработка геодезических измерений на ЭВМ ТЭМ-1 выполняется с помощью комплекса программ, позволяющих приводить измерения к центрам пунктов и на плоскость в проекции Гаусса, вычислять полигонометрические, высотные и угловые ходы, уравнивать плановые и высотные геодезические сети. Структура исходной информации для всех сетевых задач единая.

Плановые сети могут развиваться методами триангуляции, трилатерации, полигонометрии или их сочетанием; высотные — тригонометрическим нивелированием, выотно-теодолитными ходами, геометрическим нивелированием или сочетанием этих методов.

Программы сетевой задачи позволяют уравнивать сети объемом от 1 до 15 определяемых пунктов; а всего (вместе с исходными) до 30 пунктов. Геодезические сети больших размеров обрабатывают по частям.

Полигонометрические, угловые и выотно-теодолитные ходы обрабатывают с целью получения информации, необходимой для последующего уравнивания геодезической сети, или уравненных зна-

чений координат, высот или дирекционных углов сторон хода, опирающегося на исходные пункты.

Обработка геодезической сети включает весь комплекс вычислительных работ: приведение измеренных величин к центрам пунктов и на плоскость в проекции Гаусса, контроль качества полевых измерений, уравнивание по способу наименьших квадратов и оценку точности.

### Приведение измеренных величин к центрам пунктов и на плоскость в проекции Гаусса

182. Эта задача может решаться как самостоятельная (№ 004) с выдачей на печать приведенных величин и поправок, а также использоваться в качестве подпрограммы при решении сетевой задачи.

Программой задачи предусматриваются редуцирования измеренных направлений к центрам пунктов и на плоскость в проекции Гаусса, а также измеренных геодезических азимутов и длин линий с поверхности эллипсоида на плоскость в проекции Гаусса.

Угловые элементы приведения по реализованному в программе способу, в отличие от принятого при геодезических измерениях, определяются относительно линий координатной сетки, а не начального пункта (рис. 45). При этом вместо угла  $\theta_i$  вводится дирекционный угол  $\alpha_i^c$  направления  $J_i C_i$  (прибор-центр), а вместо угла  $\theta'_j$  — дирекционный угол  $\alpha'_j$  направления  $V_j C_j$  (визирный цилиндр—центр). Формулы для вычисления поправок за центрировку  $c_{ij}$  и редукицию  $r_{ij}$  в этом случае принимают следующий вид:

$$c_{ij} = -\frac{l_i}{D_{ij}} \sin(\alpha_{ij} - \alpha_i^c);$$

$$r_{ij} = -\frac{l'_j}{D_{ij}} \sin(\alpha_{ji} - \alpha'_j).$$

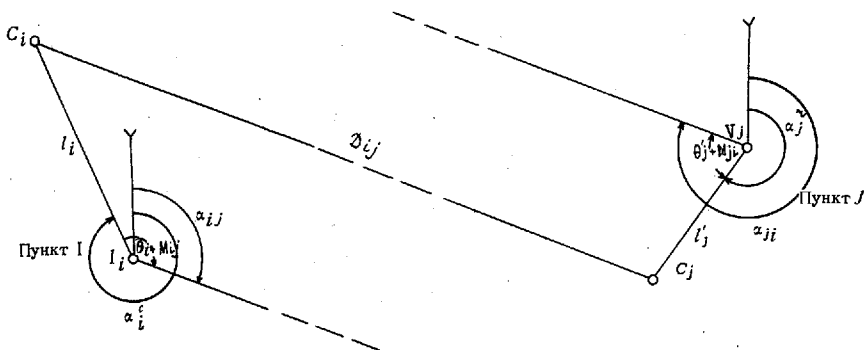


Рис. 45. Элементы приведения

Угловые элементы центрировки  $\alpha_i^c$  и редукции  $\alpha_j^r$  вычисляются по формулам:

$$\alpha_i^c = \alpha_{ij} - (\Theta_i + M_{ij});$$
$$\alpha_j^r = \alpha_{ji} - (\Theta'_j + M_{ji}),$$

где  $M_{ij}$ ,  $M_{ji}$  — значения начальных направлений на пунктах  $i$  и  $j$ ;

$\alpha_{ij}$ ,  $\alpha_{ji}$  — прямой и обратный дирекционные углы направления  $ij$ .

Для решения задачи № 004 необходимы следующие исходные данные:

- координаты исходных пунктов;
- рабочие координаты определяемых пунктов;
- названия измеренных величин (направлений, длин сторон, азимутов);
- значения измеренных величин;
- значения элементов приведения\*.

В результате решения на печать выводятся:

- для каждого направления — название, значение приведенного направления, поправки  $c$ ,  $r$ ,  $\delta M$ , сумма поправок  $\Delta_1 = c + r + \delta M$  и сумма поправок  $\Delta$ , приведенная к нулю;
- для измеренной стороны — название, значение редуцированной стороны, поправка  $\delta_L$  за редуцирование с эллипсоида на плоскость в проекции Гаусса;
- для азимута — название, значение редуцированного на плоскость азимута и поправка  $\delta A$ .

### Вычисление полигонометрических и угловых ходов

183. Задача может решаться с целью уравнивания хода, опирающегося на исходные пункты, или вычисления длины и направления замыкающей хода для последующего уравнивания геодезической сети. Первый вариант решается как № 003. Точки хода нумеруются двузначными числами в восьмеричной системе счисления. Для исходных пунктов рекомендуется сохранять нумерацию, принятую в общем проекте геодезической сети на район работ. Каждому ходу присваивается название, которое состоит из набора номеров исходных пунктов в начале и в конце хода:  $H'$ ,  $H$ ,  $K$ ,  $K'$  (рис. 46).

Программа обеспечивает возможность обработки ходов, содержащих до 60 точек поворота.

Исходная информация подразделяется на четыре группы:

- данные об условиях обработки хода;
- данные об исходных и примычных пунктах;
- исходные дирекционные углы и измеренные углы;
- измеренные длины сторон.

\* О порядке записи исходных данных см. п. 185.

Данные об условиях обработки хода записываются в ячейки 20034, 20650 — 20657 МОЗУ в последовательности:

- $n_{\text{ход}}$  — количество ходов,  
 $N_{H'KK'}$  — название хода,  
 $n$  — число измеренных в ходе поворотных углов,  
 $P_1$  — признак хода ( $P_1 = +1$  — полигонометрический,  $P_1 = -1$  — угловой),  
 $P_2$  — признак режима обработки хода ( $P_2 = +1$  — уравнивание разомкнутого хода,  $P_2 = -1$  — вычисление замыкающей),  
 $m_p$  — средняя квадратическая погрешность измерения углов поворота,  
 $m_S$  — случайная линейная погрешность на 1 км хода,  
 $m_\lambda$  — систематическая линейная погрешность на 1 км хода.

При обработке угловых ходов  $m_S$  и  $m_\lambda$  равны нулю.

Данные об исходных пунктах записываются в ячейки 20660—20677 МОЗУ в последовательности:

- $x'_H, y'_H, x_H, y_H,$   
 $x_K, y_K, x'_K, y'_K$  — координаты исходных пунктов в начале и конце хода;  
 $l^c_H, l^c_{H'}, l^c_K, l^c_{K'}$  — линейные элементы центрировки и редукции на исходных пунктах;  
 $\alpha^c_H, \alpha^c_{H'}, \alpha^c_K, \alpha^c_{K'}$  — угловые элементы центрировки и редукции на исходных пунктах.

При отсутствии на исходных пунктах элементов приведения в соответствующие ячейки записываются нули.

Если точные координаты примычных пунктов  $H'$  и  $K'$  неизвестны, то в соответствующие ячейки записываются их приближенные значения, снятые со схемы сети или крупномасштабной карты для обеспечения возможности редуцирования примычных направлений на плоскость.

Исходные дирекционные углы и измеренные углы записываются в ячейки 20700—20777 МОЗУ в последовательности:

- $\alpha_{HH'}$  — дирекционный угол начального исходного направления;  
 $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_n$  — измеренные левые по ходу углы;  
 $\alpha_{KK'}$  — дирекционный угол конечного исходного направления.

Если известны точные координаты примычных пунктов  $H'$  и  $K'$ , то дирекционным углам  $\alpha_{HH'}$  и  $\alpha_{KK'}$  придаются нулевые значения. Точные их значения будут вычислены машиной автоматически из решения обратной геодезической задачи.

Значения измеренных сторон записываются в ячейки 21000 — 21073 МОЗУ. При обработке угловых ходов эти значения получают приближенными методами, например снимают с карты.

Пример подготовки исходной информации для уравнивания полигонометрического хода (рис. 46) представлен в табл. 69.

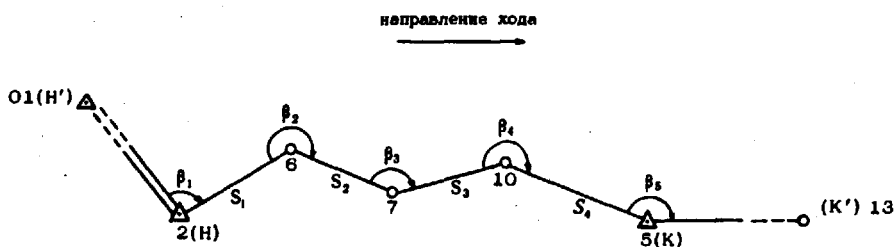


Рис. 46. Схема полигонометрического хода

Таблица 69

**Образец записи исходных данных  
для вычисления полигонометрических и угловых ходов**

Вид печати исходных данных на контрольной ленте	П о я с н е н и я		
<b>Условия обработки хода</b>			
: 20034 ? + Ш Ш Ш 01.	$n_{\text{ход}} = 1$	Число ходов	
: 20650 ? + 01020513.	$N_{Н'НKK'}$	Название хода 1—2—5—13	
? + Ш Ш Ш 05.	$n$	Число углов поворота (5)	
? + 1.	$\Pi_1$	Признак полигонометрического хода	
? + 1.	$\Pi_2$	Признак режима обработки	
? + Ш Ш Ш 03.	$C$	Коэффициент для вычисления допустимых невязок (3)—соответствует 3 м	
= + 04.	$m_{\beta}$	4"	
= + 003.	$m_S$	0,03 м	
= + 001.	$m_{\lambda}$	0,01 м	
<b>Исходные и примычные пункты</b>			
: 20660 = + 63.	$x_{Н'}$	$x_1 = 6300\ 000,00\ \text{м}$ $y_1 = 700\ 000,00\ \text{м}$	} Точные
= + 07.	$y_{Н'}$		
= + 630101498.	$x_{Н}$	$x_2 = 6301\ 014,98\ \text{м}$ $y_2 = 701\ 757,99\ \text{м}$	} Точные
= + 070175799.	$y_{Н}$		
= + 6302726774.	$x_{К}$	$x_5$ $y_5$	} Точные
= + 0702096398.	$y_{К}$		
= + 63032.	$x_{К'}$	$x_{13}$ $y_{13}$	} Приближенные
= + 07020.	$y_{К'}$		

Вид печати исходных данных на контрольной ленте	П о я с н е н и я	
: 20670 = + Щ Щ 04. = + Щ Щ 0244. = + 0. = + 0. ) + 0441. ) + 14612. ) + 0. ) + 0.	$l^c_H$ $l^r_{H'}$ $l^c_K$ $l^r_{K'}$ $\alpha^c_H$ $\alpha^r_{H'}$ $\alpha^c_K$ $\alpha^r_{K'}$	$l^c_2 = 0,4 \text{ м}$ $l^r_1 = 0,244 \text{ м}$ $l^c_5 = 0$ $l^r_{13} = 0$ $\alpha^c_2 = 44^\circ 10'$ $\alpha^r_1 = 146^\circ 12'$ $\alpha^c_5 = 0$ $\alpha^r_{13} = 0$
<b>Исходные дирекционные и измеренные углы</b>		
: 20700 ) + 0. ) + 11312335. ) + 21322535. ) + 15326084. ) + 20442344. ) + 15517204. ) + 00000067.	$\alpha_{HH'}$ $\beta_1$ $\beta_2$ $\beta_3$ $\beta_4$ $\beta_5$ $\alpha_{KK'}$	$\alpha_{2.1}$ (будет вычислен) $113^\circ 12' 33,5''$ $213 \ 22 \ 53,5$ $153 \ 26 \ 08,4$ $204 \ 42 \ 34,4$ $155 \ 17 \ 20,4$ $\alpha_{5.13} = 0^\circ 00' 06,7''$
<b>Измеренные стороны</b>		
: 21000 = + О Щ 48825. = + О Щ 447. = + О Щ 39982. = + О Щ 46956. Ю	$S_1$ $S_2$ $S_3$ $S_4$	$488,25 \text{ м}$ $447,0 \text{ м}$ $399,82 \text{ м}$ $469,56 \text{ м}$ Окончание ввода (с перфоленты)

В результате решения задачи на печать выдаются уравненные дирекционные углы сторон хода, допустимая  $w_{\alpha_{\text{доп}}}$  и полученная  $w_{\alpha}$  угловые невязки, а для полигонометрического хода, кроме того, — координаты точек хода, допустимая  $w_{s_{\text{доп}}}$  и полученная  $w_s$  линейные невязки, а также составляющие  $w_x$  и  $w_y$  линейной невязки.

Результаты уравнивания полигонометрического хода по исходным данным (табл. 69) приведены в табл. 70.

При недопустимом значении угловой невязки хода ( $w_{\alpha} > w_{\alpha_{\text{доп}}}$ ) уравнивание не производится, а на печать для анализа исходного материала выдается следующая информация: название полигонометрического хода, допустимая и полученная угловые невязки.

Образец печати результатов вычисления полигонометрических  
и угловых ходов

Вид печати	П о я с н е н и я	
+01020513000- +239-59-59672 +353-10-59866 +026-33-55883 +000-00-06844 +024-42-43791 +000-00-06700 ----- +000-00-26832 -000-00-14855 ----- +6299999998-- +0699999999-- +6301014978-- +0701757989-- +6301500008-- +0701699999-- +6301900004-- +0701899998-- +6302300014-- +0701900003-- +6302726772-- +0702096397-- +6303199998-- +0701999999-- ----- +0000000047-- +0000000036-- +0000000182-- +0000000060-- ----- -----	$N_{H'HK'}$ $\alpha_{HH'}$ $\alpha_{2-6}$ $\alpha_{6-7}$ $\alpha_{7-10}$ $\alpha_{10-5}$ $\alpha_{KK'}$  $w_{\alpha_{\text{доп}}}$ $w_{\alpha}$  $x_{H'}$ $y_{H'}$ $x_H$ $y_H$ $x_6$ $y_6$ $x_7$ $y_7$ $x_{10}$ $y_{10}$ $x_K$ $y_K$ $x_{K'}$ $y_{K'}$  $w_X$ $w_Y$ $w_{S_{\text{доп}}}$ $w_S$	Название хода 1--2--5--13 $\alpha_{2-1} = 239^{\circ}59'59,672''$ } Уравненные дирекционные углы сто- рон хода $\alpha_{5-13} = 0^{\circ}0'06,7''$  $\pm 26,832''$ $-14,855''$  $x_1$ } $y_1$ } Исходные данные $x_2$ } $y_2$ }  } Уравненные координаты определяе- мых точек  $x_5$ } $y_5$ } Исходные данные $x_{13}$ } $y_{13}$ }  $\pm 0,047 \text{ м}$ $\pm 0,036 \text{ м}$ $\pm 0,182 \text{ м}$ $0,060 \text{ м}$

При доброкачественных полевых измерениях углов недопустимая угловая невязка является следствием ошибок в подготовке исходной информации. В этом случае тщательно проверяют запись исходных данных и, исправив ошибки, вновь решают задачу.

При недопустимом значении линейной невязки полигонометрического хода ( $w_s > w_{s_{\text{доп}}}$ ) уравнивание координат не производится, а на печать для анализа исходного материала выдается следующая информация:

- название полигонометрического хода;
- уравненные дирекционные углы;
- допустимая и полученная угловые невязки;
- линейные невязки  $w_x$ ,  $w_y$ ,  $w_{s_{\text{доп}}}$ ,  $w_s$ .

Дирекционный угол  $\alpha_0$  ошибочно измеренной стороны можно определить по значениям  $w_x$  и  $w_y$  путем графических построений или аналитически по формуле

$$\alpha_0 = \arctg \frac{w_y}{w_x}.$$

Угловые ходы обрабатываются машиной аналогично полигонометрическим, но с некоторыми особенностями, о которых сказано выше:  $\Pi_1 = -1$ , длины сторон могут иметь приближенные (снятые с карты) значения. В результате уравнивания углового хода на печать выдаются:

- название;
- исходные и уравненные дирекционные углы;
- допустимые и полученные угловые невязки хода.

Результаты уравнивания хода (рис. 46) как углового с длинами сторон:  $S_1 = 500$  м,  $S_2 = 450$  м,  $S_3 = 390$  м,  $S_4 = 460$  м приведены в табл. 71.

Таблица 71

Результаты уравнивания углового хода

Вид печати	Пояснения	
+01020513000	$N$	ход 1—2—5—13
+239—59—59672	$\alpha_{2-1}$	239°59'59,672"
+353—11—02329	$\alpha_{2-6}$	
+026—33—57721	$\alpha_{6-7}$	
+000—00—08068	$\alpha_{7-10}$	
+024—42—44407	$\alpha_{10-5}$	
+000—00—06700	$\alpha_{5-13}$	
.....		
+000—00—26832	$w_{\alpha_{\text{доп}}}$	$\pm 26,832''$
—000—00—11765	$w_{\alpha}$	—11,765"
.....		
.....		



## Вычисление высотно-теодолитных ходов

184. Высотно-теодолитные ходы вычисляют по задаче № 005, которая предусматривает:

- вычисление прямых, обратных и средних превышений между смежными точками хода;
- уравнивание высот точек хода или вычисление суммы превышений для последующего уравнивания сети;
- оценку точности.

Программа обеспечивает возможность обработки ходов, содержащих не более 40 точек.

Исходная информация вводится в машину только с перфоленты и подразделяется на группы:

- общая информация о ходе;
- измеренные значения сторон;
- измеренные значения зенитных расстояний;
- высоты инструмента и визирных целей.

Общая информация о ходе записывается в ячейки 20034, 20644—20652 МОЗУ в последовательности:

- $K$  — число ходов;
- $N_{HK}$  — название хода;
- $P_2$  — признак уравнивания или вычисления  $\Sigma h$ ;
- $C_1$  — коэффициент для вычисления допустимой невязки;
- $m_z$  — средняя квадратическая погрешность измеренных зенитных расстояний;
- $H_N$  и  $H_K$  — абсолютные высоты начального и конечного пунктов;
- $n$  — количество сторон в ходе.

Измеренные стороны, приведенные к горизонту и на поверхность эллипсоида, записываются в ячейки 20654—20724; прямые зенитные расстояния — в 20725—20775, а обратные — в 20776—21046. Если зенитное расстояние измерено только в одном направлении, то в качестве обратного записывают нуль.

Высоты инструмента записывают в ячейки 21047—21120, а визирных целей — в 21121—21172. На пункте должно быть только по одному значению высот инструмента и визирной цели.

Образец записи исходной информации для вычисления высотно-теодолитного хода (рис. 46) приведен в табл. 72.

После вычисления и уравнивания хода на печать выдаются: уравненные высоты точек хода, полученная и допустимая невязки хода.

**Образец записи исходной информации для вычисления  
высотно-теодолитного хода**

Исходные данные	П о я с н е н и я	
<b>Общая информация о ходе</b>		
: 20034 ? + Щ Щ Щ 01.	<i>K</i>	1
: 20644 ? + 0205.	<i>N<sub>НК</sub></i>	ход 2—5
? + 0.	<i>П<sub>2</sub></i>	<i>П<sub>2</sub></i> = 0 — уравнивание хода ( <i>П<sub>2</sub></i> = -1 — вычисление $\Sigma h$ ).
=+ Ш3.	<i>C<sub>1</sub></i>	<i>C<sub>1</sub></i> = 3
) + Щ Ш Ш 15.	<i>m<sub>Z</sub></i>	± 15"
=+ Ш 2138.	<i>H<sub>2</sub></i>	213,80 м
=+ Ш 25381.	<i>H<sub>5</sub></i>	253,81 м
? + Щ Щ Щ 04.	<i>n</i>	4
<b>Измеренные стороны</b>		
: 20654 =+ Ш 48825.	<i>S<sub>2-6</sub></i>	488,25 м
=+ Ш 447.	<i>S<sub>6-7</sub></i>	447,00 м
=+ Ш 39982.	<i>S<sub>7-10</sub></i>	399,82 м
=+ Ш 46956.	<i>S<sub>10-5</sub></i>	469,56 м
<b>Измеренные зенитные расстояния</b>		
: 20725 ) + 0881747.	<i>Z<sub>2-6</sub></i>	88°17'47,0"
) + 0881305.	<i>Z<sub>6-7</sub></i>	
) + 087563.	<i>Z<sub>7-10</sub></i>	
) + 0874739.	<i>Z<sub>10-6</sub></i>	
: 20776 ) + 090482.	<i>Z<sub>6-2</sub></i>	
) + 0903057.	<i>Z<sub>7-6</sub></i>	
) + 0903146.	<i>Z<sub>10-7</sub></i>	
) + 0905131.	<i>Z<sub>5-10</sub></i>	
<b>Высоты инструментов и визирных целей</b>		
: 21047 =+ 014.	<i>I<sub>2</sub></i>	1,40 м
=+ 0144.	<i>I<sub>6</sub></i>	1,44 м
=+ 015.	<i>I<sub>7</sub></i>	1,50 м
=+ 0145.	<i>I<sub>10</sub></i>	1,45 м
=+ 014.	<i>I<sub>5</sub></i>	1,40 м
: 21121 =+ 049.	<i>V<sub>2</sub></i>	4,90 м
=+ 056.	<i>V<sub>6</sub></i>	5,60 м
=+ 072.	<i>V<sub>7</sub></i>	7,20 м
=+ 065.	<i>V<sub>10</sub></i>	6,50 м
=+ 074.	<i>V<sub>5</sub></i>	7,40 м
Ю		Признак окончания ввода информации с перфоленты

Результаты уравнивания высотно-теодолитного хода (рис. 46) по исходным данным (табл. 72) приведены в табл. 73.

Таблица 73

Результаты уравнивания высотно-теодолитного хода

Вид печати	П о я с н е н и я	
+02053000000	<i>N</i>	ход 2—5
+0022412545	<i>H<sub>6</sub></i>	224,13 м
.....		
+0023226268	<i>H<sub>7</sub></i>	232,26 м
.....		
+0024167120	<i>H<sub>10</sub></i>	241,67 м
.....		
+0025380998	<i>H<sub>5</sub></i>	253,81 м
.....		
-0000000712	<i>w<sub>h</sub></i>	— 0,01 м
+0000013959	<i>w<sub>h</sub><sup>доп</sup></i>	± 0,14 м
.....		
.....		

### Уравнивание плановых и высотных сетей и систем угловых ходов (сетевая задача)

185. Плановые и высотные сети, системы угловых ходов решаются как задача № 002 (сетевая задача). Предварительно на карте или листе бумаги составляют схему сети с расчетом, чтобы она обеспечивала графическое получение координат определяемых пунктов с погрешностью, не превышающей 0,1 длины наименьшей стороны и 2° в дирекционных углах сторон. Пункты (вначале исходные) нумеруют на схеме двухзначными восьмеричными числами.

При уравнивании системы угловых ходов нумеруют: сначала исходные пункты, на которых не производились наблюдения, затем — исходные и определяемые пункты с имеющимися наблюдениями и в конце — определяемые пункты, на которых не производились наблюдения. На схему наносят все геометрические связи, соответствующие полевым наблюдениям.

Программа сетевой задачи позволяет обрабатывать и различного рода (угловые, линейные, азимутальные и т. д.) засечки. Порядок подготовки информации тот же, что и при уравнивании геодезической сети. Исходную информацию записывают на бланке.

186. Исходная информация подразделяется на три группы: — общая информация о сети (данные об условиях уравнивания, координаты исходных пунктов и приближенные координаты

определяемых пунктов, названия, значения и средние квадратические погрешности измеренных величин);

— информация о полигонометрических (высотных или угловых) ходах;

— информация об элементах приведения.

Общая информация о сети записывается, начиная с ячейки 20026, в последовательности:

$P_{вз}$  — признак вида задачи (для плановых сетей — «? + 02.», высотных — «? + 04.», системы угловых ходов — «? + 03.»);

$n_{исх}$  — количество исходных пунктов в сети;

$n_{опр}$  — количество определяемых пунктов в сети (без точек поворота в ходах);

$n_{изм}$  — количество измеренных величин. При уравнивании высотных сетей — количество вычисленных до решения задачи (например, из геометрического нивелирования) превышений;

$m_{min}$  — третья часть минимальной средней квадратической погрешности измеренных величин в секундах — для угловых или в метрах — для линейных измерений;

$\epsilon$  — величина для определения окончания приближений (при уравнивании плановых и высотных сетей  $\epsilon = 1$  м, а системы угловых ходов  $\epsilon = 20''$ );

$n_{ход}$  — количество ходов в сети;

$P_c$  — признак необходимости редуцирования измеренных величин («? — 77.» — редуцировать, «? + 0.» — не редуцировать).

На ТЭМ-1 реализованы два варианта вычислений плановых сетей: первый, когда точность предварительных координат определяемых пунктов недостаточна для вычисления поправок в измеренные величины за центрировку и редуцицию, и второй, когда эта точность достаточна.  $P_c$  имеет вид «? + 0.» и «? — 77.» соответственно. При вычислении высотных сетей  $P_c$  является признаком наличия ( $P_c = «? — 77.»$ ) или отсутствия ( $P_c = «? + 0.»$ ) тригонометрического нивелирования;

$K$  — множитель для перехода к следующему приближению уравнивания (при обработке триангуляции  $K = 0,1$ , а плохо обусловленных сетей и сетей с неравноточными измерениями  $K = 0,2$ );

$\Delta x^{max}$  — удвоенная максимальная погрешность координат (для плановых сетей), высот (для высотных сетей), ориентирующих углов (для системы угловых ходов) определяемых пунктов;

$S^{min}$  — половина минимальной длины стороны при вычислении плановой сети. При вычислении системы угловых ходов в эту и следующую ячейки записываются соответственно:  $n_{и.б.}$  — количество исходных и  $n_{о.б.}$  — количество определяемых пунктов, на которых наблюдения не производились.

Координаты вводятся в порядке возрастания номеров пунктов в ячейки, начиная с 20050.

Ординаты используются условные, номер зоны при этом опускается.

Названия измеренных величин заносятся в ячейки, начиная с 20144, в следующем порядке: « $\rho + V_{ij}$ », где  $i$  и  $j$  — двузначные восьмеричные номера начальной и конечной точек, которые связаны этим измерением,  $V$  — ее вид.

В названиях превышений код вида  $V$  опускается (табл. 74).

Таблица 74

Виды и коды измеренных величин

Вид измеренной величины $V$	Код вида измеренной величины	Пример	
		обозначение	запись на бланке исходной информации
Направление	02	$M_{1-3}$	$\rho + 020103.$
Длина стороны	04	$S_{2-5}$	$\rho + 040205.$
Азимут	10	$A_{4-5}$	$\rho + 100405.$
Направление замыкающей полигонометрического хода	03	$MZ_{2-5}$	$\rho + 030205.$
Длина замыкающей полигонометрического хода	05	$DZ_{2-5}$	$\rho + 050205.$
Сумма левых по ходу углов	20	$\Sigma\beta_{3-5}$	$\rho + 200305.$
Превышение (зенитное расстояние)	—	$h_{2-5} (Z_{2-5})$	$\rho + 0205.$

При обработке сетей по программе задачи № 002 каждый полигонометрический ход заменяется длиной  $DZ$  и направлением  $MZ$  замыкающей, каждый угловой ход — суммой левых по ходу углов  $\Sigma\beta$ , каждый высотный ход — суммой превышений  $\Sigma h$  (или  $h$ ).

Названия измеренных величин записываются в таблицу в порядке возрастания номеров пунктов в такой последовательности: измеренные направления и направления замыкающих по ходу часовой стрелки, измеренные азимуты (геодезические) и длины сторон и в конце — название весовой функции и признак окончания ввода названий (« $\rho + 0.$ »); всего может быть записано 94 названия. Для вычисления весовой функции используют одну из величин (табл. 74), но со знаком минус. Например, при получении веса азимута стороны 2—5 название весовой функции будет иметь вид: « $\rho - 100205.$ ».

Значения измеренных величин вводятся в ЭВМ, начиная с ячейки 20304, в последовательности, точно соответствующей записи их названий. Поскольку значения длин и направлений замыкающих полигонометрических ходов, сумм левых по ходу углов в угловых ходах неизвестны, в соответствующие им ячейки заносятся нули. После обработки ходов вычисленные значения будут автоматически занесены в соответствующие ячейки МОЗУ.

Значения средних квадратических погрешностей измеренных величин записываются, начиная с ячейки 20444, в той же последовательности, что их названия. На местах средних квадратических погрешностей величин, вычисляемых при обработке ходов, записываются нули.

Высоты пунктов  $H$  (при обработке высотных сетей) и приближенные значения ориентирующих углов  $Z$  (при обработке системы угловых ходов) записываются в ячейки, начиная с 20120, в порядке номеров пунктов наблюдений.

В конце исходной информации записывают признак ее окончания — «Ю».

Далее записывают информацию о каждом ходе: в ячейку 20653 — признак режима обработки хода  $\Pi_2 = -1$ , а в ячейки 20660—20665 — нули, так как координаты исходных и определяемых пунктов записаны ранее в массив общей информации о сети. Из названия полигонометрического хода исключается номер привязочного пункта  $K'$ , а вместо его координат в ячейки 20666 и 20667 записываются нули.

Исходная информация по каждому ходу заканчивается знаком «Ю».

В заключение записывают: при обработке плановых сетей и систем угловых ходов — информацию об элементах приведения, а при обработке высотных сетей — о тригонометрическом нивелировании.

Информация об элементах приведения состоит из двух частей. Первая часть содержит:  $n_{\text{ход}}$  — количество ходов (чтобы машина не потребовала повторного ввода информации о полигонометрических ходах, в ячейку 20034 записывается «? + 0») и  $\Pi_c$  — признак необходимости приведения измеренных величин в ячейке 20035. В конце записывают признак окончания ввода «Ю».

Вторая часть информации записывается, начиная с ячейки 21510, для каждого исходного и определяемого пункта сети в порядке возрастания их номеров в последовательности —  $l^c$ ,  $\alpha^c$ ,  $l^r$ ,  $\alpha^r$ . В конце также записывают признак окончания ввода «Ю».

Информация о тригонометрическом нивелировании вводится в ЭВМ, начиная с ячейки 20604, в последовательности:

$m_z$  — средняя квадратическая погрешность измеренных зенитных расстояний;

$n_z$  — общее количество сторон сети, по которым измерены зенитные расстояния;

$NZ_{ij}$  — названия измеренных зенитных расстояний (вводятся с ячейки 21017); последним записывается признак «? + 0.»;

$Z_{ij}$  и  $Z_{ji}$  — значения прямых и обратных зенитных расстояний, вводятся с ячеек 20657 и 20737 соответственно, в той же последовательности, что и названия измеренных величин; если по какой-либо стороне зенитное расстояние измерено только в одном направлении, то обратному направлению придается нулевое значение;

$I_i$  — значения высот инструментов на пунктах сети — с ячейки 20607;

$V_i$  — значения высот визирных целей с ячейки 20633. На пункте может быть только по одному значению  $I$  и  $V$ ;

«Ю» — признак окончания ввода информации.

Программы сетевой задачи позволяют обрабатывать разновидности плановых, высотных сетей и систем угловых ходов.

Вычисление и уравнивание ходов, составленных из различного вида звеньев (гл. 8), также может быть выполнено по программе задачи № 002. Сначала уравниваются отдельные звенья, вычисляются длины и азимуты замыкающих звеньев, а затем уравнивается ход по программе той же задачи № 002 или № 003. В первом случае каждая из поворотных точек хода квалифицируется как определяемый пункт, а во втором левые по ходу поворотные углы предварительно вычисляются по дирекционным углам замыкающих.

Среди программ сетевой задачи нет программы вычисления гидродальномерного хода, но он может быть вычислен как частный случай плановой сети, в которой измерены только азимуты и длины сторон.

При обработке системы угловых ходов в ячейки 20040 записывается количество исходных пунктов, на которых ориентирующие углы не отыскиваются. При наличии таких пунктов в ячейку 20120 и последующие записываются точные значения ориентирующих углов на них, поскольку их значения равны дирекционным углам исходных направлений.

187. Задача по вычислению и уравниванию геодезических плановых, высотных сетей и систем угловых ходов решается как задача № 002. Рассмотрим это на примере небольшой сети (рис. 47), в которой выполнены все виды измерений.

Сеть содержит три исходных (1, 2, 3) и два определяемых (4, 5) пунктов. В ней проложены два хода (№ 1 и 2), измерены

сторона  $S_{4-5}$ , астрономический азимут этой стороны и несколько горизонтальных направлений. Исходная информация и результаты решения приведены в табл. 75—80.

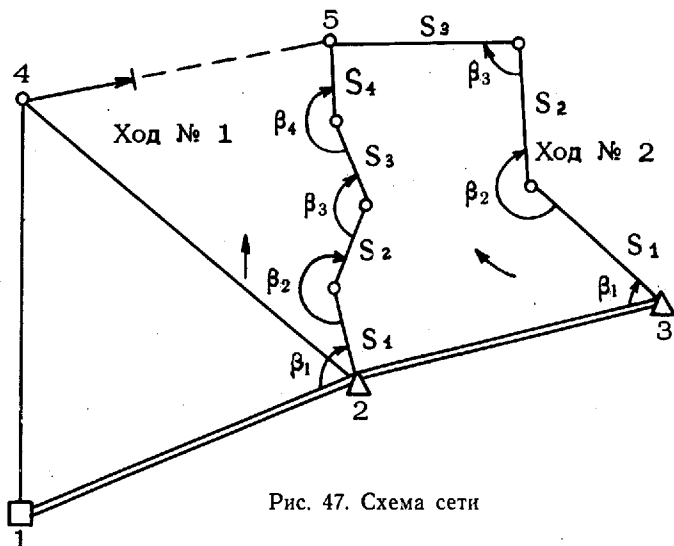


Рис. 47. Схема сети

Таблица 75

Исходные данные для вычисления и уравнивания  
плановой геодезической сети

Номера ячеек МОЗУ.	Исходные данные	Пояснения	Номера ячеек МОЗУ	Исходные данные	Пояснения
<b>Общая информация о сети</b>			: 20050	= +63.	$x_1 =$ = 6 300 000 м
: 20026	? +02.	$P_{вз}$ —план		= +07.	$y_1 =$ = 700 000 м
	? +ЩЩЩ 03.	$n_{исх} = 3$			
: 20030	? +ЩЩЩ 02.	$n_{опр} = 2$	: 20052	= +630101498.	$x_2$
	? +ЩЩЩ 17.	$n_{изм} = 15$		= +070175799.	$y_2$
	= +01.	$m^{мин} = 1''$		= +630163664.	$x_3$
	= +Щ Щ 1.	$\epsilon = 1 м$		= +070377296.	$y_3$
	? +ЩЩЩ 02.	$n_{ход} = 2$		= +63024.	$x_4^0$
	? +0.	$P_c = 0$		= +06998.	$y_4^0$
	= +2.	$K = 0,2$	: 20060	= +63027.	$x_5^0$
	= +Ш Ш 1.	$\Delta x^{max} = 100 м$		= +07021.	$y_5^0$
: 20040	= +Щ 1.	$S^{min} = 1 км$			



Номера ячеек МОЗУ	Исходные данные	Пояснения	Номера ячеек МОЗУ	Исходные данные	Пояснения
: 20144	? +020104. ? +020102. ? +020201. ? +020204.	$NM_{1-4}$ $NM_{1-2}$ $NM_{2-1}$ $NM_{2-4}$	: 20444	= +05. = +05. = +05. = +05.	$m_{M_{1-4}} = 5''$ $m_{M_{1-2}}$ $m_{M_{2-1}}$ $m_{M_{2-4}}$
: 20150	? +030205. ? +020203. ? +020302. ? +030305. ? +020405. ? +020402. ? +020401. ? +100405.	$NM_{3-5}$ $NM_{2-3}$ $NM_{3-2}$ $NM_{3-5}$ $NM_{4-5}$ $NM_{4-2}$ $NM_{4-1}$ $NA_{4-5}$	: 20450	= +0. = +05. = +05. = +0. = +05. = +05. = +05. = +07.	$m_{M_{2-5}}$ $m_{M_{2-3}}$ $m_{M_{3-2}}$ $m_{M_{3-5}}$ $m_{M_{4-5}}$ $m_{M_{4-2}}$ $m_{M_{4-1}}$ $m_{A_{4-5}} = 7''$
: 20160	? +050205. ? +050305. ? +040405. ? -100405. ? +0.	$ND_{3-5}$ $ND_{3-5}$ $NS_{4-5}$ $NFA_{4-5}$ Признак	: 20460	= +0. = +0. = +Ш 6 Ю	$m_{D_{3-5}}$ $m_{D_{3-5}}$ $m_{S_{4-5}} = 0.06 м$
: 20304	) +0. ) +06536501. ) +0. ) +06410122.	$M_{1-4}$ $M_{1-2} = 65^{\circ}36'50,1''$ $M_{2-1}$ $M_{2-4} = 64^{\circ}10'12,2''$	<b>Информация о полигометрических ходах</b>		
: 20310	) +0. ) +19251357. ) +0. ) +0. ) +0. ) +0. ) +04259438. ) +09312224. ) +08355481.	$M_{3-5}$ $M_{2-3}$ $M_{3-2}$ $M_{3-5}$ $M_{4-5}$ $M_{4-2}$ $M_{4-1}$ $A_{4-5}$	: 20304	Ход № 1 ? +ЩЩЩ02.	$n_{ход} = 2$
: 20320	= +0. = +0. = +Ш235547.	$D_{3-5}$ $D_{3-5}$ $S_{4-5} = 235547 м$	: 20650	? +010205. ? +ЩЩЩ05. ? +1. ? -1. ? +ЩЩЩ03. = +04. = +Ш3. = +Ш1. : 20660 = +0. = +0. = +0. = +0. = +0. = +0. = +0.	ход 1-2-5 $n = 5$ $P_1$ $P_2$ $C = 3$ $m_{\beta} = 4''$ $m_S = 0.03 м$ $m_{\lambda} = 0.01 м$ $x_1$ $y_1$ $x_2$ $y_2$ $x_5$ $y_5$ $x_{к'}$ $y_{к'}$

Номера ячеек МОЗУ	Исходные данные	Пояснения	Номера ячеек МОЗУ	Исходные данные	Пояснения
: 20670	= +ЩЩ04. = +ЩЩ0244. = +ЩЩ034. = +0. ) +0441. ) +14612. ) +10612. ) +0.	$l^c_2 = 0.40 \text{ м}$ $l^r_1 = 0.244 \text{ м}$ $l^c_5$ $l^r_{к'}$ $\alpha^c_2 = 44^\circ 10'$ $\alpha^r_1 = 146^\circ 12'$ $\alpha^c_5 = 106^\circ 12'$ $\alpha^r_{к'}$	: 20670	= +ЩЩ056. = +ЩЩ1125. = +ЩЩ034. = +0. ) +20415. ) +34407. ) +10612. ) +0.	$l^c_3 = 0.56 \text{ м}$ $l^r_2 = 1.125 \text{ м}$ $l^c_5$ $l^r_{к'}$ $\alpha^c_3 = 204^\circ 15'$ $\alpha^r_2 = 344^\circ 07'$ $\alpha^c_5$ $\alpha^r_{к'}$
: 20700	) +0. ) +11312335. ) +21322535. ) +15326084. ) +20442344.	$\alpha_{НН'}$ $\beta_1 =$ $= 113^\circ 12' 33,5''$ $\beta_2$ $\beta_3$ $\beta_4$	: 20700	) +0. ) +04039593. ) +24629056. ) +08959564.	$\alpha_{НН'}$ $\beta_1 =$ $= 40^\circ 39' 59,3''$ $\beta_2$ $\beta_3$
: 21000	= +Щ048825. = +Щ0447. = +Щ039982. = +Щ046956. Ю Ход № 2	$S_1 = 488.25 \text{ м}$ $S_2$ $S_3$ $S_4$	: 21000	= +Щ085366. = +Щ074882. = +Щ089308. Ю	$S_1 = 853.66 \text{ м}$ $S_2$ $S_3$
<b>Информация об элементах приведения</b>					
Первая часть					
: 20650	? +020305. ? +ЩЩЩ04. ? +1. ? -1. ? +ЩЩЩ03. = +04. = +Щ3. = +Щ1.	ход 2-3-5 $n = 4$ $П_1$ $П_2$ $C = 3$ $m_\beta$ $m_S$ $m_\lambda$	: 20034	? +0. ? -77. Ю	$n \text{ ход} = 0.$ $П_c$
Вторая часть					
: 20660	= +0. = +0. = +0. = +0. = +0. = +0. = +0. = +0.	$x_2$ $y_2$ $x_3$ $y_3$ $x_5$ $y_5$ $x_{к'}$ $y_{к'}$	: 21510	= +ЩЩ123. ) +3422. = +ЩЩ0244. ) +14612. = +ЩЩ04. ) +0441. = +ЩЩ1125. ) +34407.	$l^c_1 = 1.23 \text{ м}$ $\alpha^c_1 = 342^\circ 20'$ $l^r_1$ $\alpha^r_1$ $l^c_2$ $\alpha^c_2$ $l^r_2$ $\alpha^r_2$

Номера ячеек МОЗУ	Исходные данные	Пояснения	Номера ячеек МОЗУ	Исходные данные	Пояснения
: 21520	= +ЩЩ056. ) +20415. = +ЩЩ0906. ) +34223. = +ЩЩ024. ) +34218. = +ЩЩ0324. ) +12013.	$l_3^c$ $\alpha_3^c$ $l_3^r$ $\alpha_3^r$ $l_4^c$ $\alpha_4^c$ $l_4^r$ $\alpha_4^r$	: 21530	= +ЩЩ034. ) +10612. = +ЩЩШ83. ) +22033. Ю	$l_5^c$ $\alpha_5^c$ $l_5^r$ $\alpha_5^r$

Таблица 76

## Результаты решения плановой сетевой задачи

Вид печати	Пояснения	Вид печати	Пояснения
<b>После обработки хода № 1</b>		<b>После ввода информации об элементах приведения</b>	
+03020500000-	$NM_{3-5}$	+02010200000-	$NM_{1-2}$
+131-10-53929	$M_{3-5} = 131^\circ 10' 53.9''$	+065-36-16960	$M_{1-2} = 65^\circ 36' 16.96''$
+0555924334-	$m_{M3} = 5,6''$	+000-02-02147	$c_{1-2} = +2' 02.1''$
+05020500000-	$ND_{3-5}$	-000-01-50932	$r_{1-2} = -1' 50.9''$
+0001744980-	$D_{3-5} = 1744.98 \text{ м}$	-000-00-00517	$\delta M_{1-2} = -0.5''$
+0038902391--	$m_{D3} = 0.039 \text{ м}$	+000-00-10697	$\Delta_1 = +10.7''$
.....		-000-00-33140	$\Delta = -33.1''$
.....		.....	
<b>После обработки хода № 2</b>		+02020400000-	$NM_{2-4}$
+03030500000-	$NM_{3-5}$	+064-10-14986	$M_{2-4}$
+050-10-23101	$M_{3-5}$	-000-00-33807	$c_{2-4}$
+0556425508--	$m_{M3} = 5.6''$	+000-00-01915	$r_{2-4}$
+05030500000-	$ND_{3-5}$	-000-00-00690	$\delta M_{2-4}$
+0001999828--	$D_{3-5}$	-000-00-32582	$\Delta_1$
+0038902391--	$m_{D3} = 0.039 \text{ м}$	+000-00-02786	$\Delta$
.....		.....	
+6302366639--	$x_4^{(1)} = 6302366.64 \text{ м}$	+02020300000-	$NM_{2-3}$
+0699767257--	$y_4^{(1)} = 0699767.26 \text{ м}$	+192-51-00963	$M_{2-3}$
+6302726757--	$x_5^{(1)}$	+000-00-18803	$c_{2-3}$
+0702096167--	$y_5^{(1)}$	-000-01-28590	$r_{2-3}$
		-000-00-00319	$\delta M_{2-3}$

Вид печати	Пояснения	Вид печати	Пояснения
-000-01-10106	$\Delta_1$	+0002377464--	$S_{1-4} = 2377.464 \text{ м}$
-000-00-34736	$\Delta$	-----	
-----		+02010200000-	$NM_{1-2}$
+02040200000-	$NM_{4-2}$	-000-00-11383	$v_{M_{1-2}}$
+042-58-29893	$M_{4-2}$	+059-59-59671	$a_{1-2}$
+000-00-12691	$c_{4-2}$	+0002029951--	$S_{1-2}$
-000-01-01952	$r_{4-2}$	-----	
+000-00-00687	$\delta M_{4-2}$	+02020100000-	$NM_{2-1}$
-000-00-48572	$\Delta_1$	-000-00-01919	$v_{M_{2-1}}$
-000-01-13906	$\Delta$	+239-59-59672	$a_{2-1}$
-----		+0002029951--	$S_{2-1}$
+02040100000-	$NM_{4-1}$	-----	
+093-11-43898	$M_{4-1}$	+02020400000-	$NM_{2-4}$
-000-00-04354	$c_{4-1}$	+000-00-06195	$v_{M_{2-4}}$
-000-00-10014	$r_{4-1}$	+304-10-12739	$a_{2-4}$
+000-00-01201	$\delta M_{4-1}$	+0002405586--	$S_{2-4}$
-000-00-13167	$\Delta_1$	-----	
-000-00-38501	$\Delta$	+03020500000-	$NM_{3-5}$
-----		+000-00-09190	$v_{M_{3-5}}$
+10040500000-	$NA_{4-5}$	+011-10-57877	$a_{2-5}$
+083-55-47916	$A_{4-5}$	+0001744923--	$S_{2-5}$
-000-00-00183	$\delta A_{4-5}$	-----	
-----		+02020300000-	$NM_{2-3}$
+04040500000-	$NS_{4-5}$	-000-00-13466	$\delta M_{2-3}$
+0002356641--	$S_{4-5} = 2356.641 \text{ м}$	+072-51-14102	$a_{2-3}$
+0000001172--	$\delta S_{4-5} = +1.172 \text{ м}$	+0002108686	$S_{2-3}$
-----		-----	
-----		+02030200000-	$NM_{3-2}$
-----		+000-00-20759	$v_{M_{3-2}}$
+6302366085--	$x_4^{(2)} = 6302366.085 \text{ м}$	+252-51-14102	$a_{3-2}$
+0699767670--	$y_4^{(2)} = 0699767.670 \text{ м}$	+0002108686	$S_{3-2}$
+6302726774--	$x_5^{(2)}$	-----	
+0702096398--	$y_5^{(2)}$	+03030500000-	$NM_{3-5}$
-----		-000-00-20759	$v_{M_{3-5}}$
-----		+303-01-57963	$a_{3-5}$
+02010400000-	$NM_{1-4}$	+0001999810	$S_{3-5}$
+000-00-11383	$v_{M_{1-4}} = +11.4''$	-----	
+354-23-31328	$a_{1-4}$		

Вид печати	Пояснения	Вид печати	Пояснения
+02040500000- -000-00-01384 +081-11-44230 +0002356494-- -----	$NM_{4-5}$ $v_{M_{4-5}}$ $a_{4-5}$ $S_{4-5}$	+05030500000- -0000000018-- +303-01-57963 +0001999810-- -----	$ND_{3-5}$ $v_{D_{3-5}}$ $a_{3-5}$ $S_{3-5}$
+02040200000- +000-00-04583 +124-10-12739 +0002405586-- -----	$NM_{4-2}$ $v_{M_{4-2}}$ $a_{4-2}$ $S_{4-2}$	+04040500000- -0000000147-- +081-11-44230 +0002356494-- -----	$NS_{4-5}$ $v_{S_{4-5}}$ $a_{4-5}$ $S_{4-5}$
+02040100000- -000-00-03199 +174-23-31328 +0002377464-- -----	$NM_{4-1}$ $v_{M_{4-1}}$ $a_{4-1}$ $S_{4-1}$	----- ----- ----- ----- -----	Колич. припл. $n_y$ $n$ $n_v$
+10040500000- +000-00-10278 +081-11-44230 +0002356494-- -----	$NA_{4-5}$ $v_{A_{4-5}}$ $a_{4-5}$ $S_{4-5}$	+0000000001- +00000000017- +00000000017- +0000377541-- +0000377473-- +0018524508-- +00000000050- +00000000054- +0000072716--	$[PV^2]$ $[PV^2]_v$ $\mu = 1.8''$ $m_{x_5} = 0.050 \text{ м}$ $m_{y_5} = 0.054 \text{ м}$ $m_{A_{4-5}} = 7.3''$
+05020500000- -00000000056- +011-10-57877 +0001744923-- -----	$ND_{3-2-5}$ $v_{D_{3-2-5}}$ $a_{2-5}$ $S_{2-5}$		

Таблица 77

## Исходные данные для вычисления и уравнивания системы угловых ходов

Номера ячеек МОЗУ	Исходные данные	Пояснения	Номера ячеек МОЗУ	Исходные данные	Пояснения
Общая информация о сети			: 20030	?	
: 20026	? +03. ? +ЩЩЩ03.	$\Pi_{вз}$ -ориент.		? +ЩЩЩ03. ? +ЩЩЩ15. = +015. ) +000002. ? +ЩЩЩ02. ? 77. = +01. ) +010.	$m^{\min} = 1.5''$ $\epsilon = 20''$ $n_{ход}$ $\Pi_c$ $k = 0.01$ $\Delta Z^{\max} = 10^0$

Номера ячеек МОЗУ	Исходные данные	Пояснения	Номера ячеек МОЗУ	Исходные данные	Пояснения
: 20040	? +0.	$n_{\text{нбн.}} = 0$	: 20310	) +0.	$\Sigma\beta_{2-5}$
	? +ЩЩЩ01.	$n_{\text{обн.}} = 1$		) +19251357.	$M_{2-3}$
: 20050	= +63.	$x_1$		) +0.	$M_{3-2}$
	= +07.	$y_1$		) +0.	$\Sigma\beta_{3-5}$
	= +630101498.	$x_2$		) +0.	$M_{4-5}$
	= +070175799.	$y_2$		) +04259438.	$M_{4-2}$
	= +630163664.	$x_3$		) +09312224.	$M_{4-1}$
	= +070377296.	$y_3$		) +08355481.	$A_{4-5}$
	= +6302365.	$x_4$	: 20444	= +05.	$m_{M_{1-4}}$
	= +0699767.	$y_4$		= +05.	$m_{M_{1-2}}$
: 20060	= +6302726.	$x_5$		= +05.	$m_{M_{2-1}}$
	= +0702096.	$y_5$		= +05.	$m_{M_{2-4}}$
	= +6303226.	$x_6$	: 20450	= +0.	$m_{\Sigma\beta_{2-5}}$
	= +0702097.	$y_6$		= +05.	$m_{M_{2-3}}$
: 20144	? +020104.	$NM_{1-4}$		= +05.	$m_{M_{3-2}}$
	? +020102.	$NM_{1-2}$		= +0.	$m_{\Sigma\beta_{3-5}}$
	? +020201.	$NM_{2-1}$		= +05.	$m_{M_{4-5}}$
	? +020204.	$NM_{2-4}$		= +05.	$m_{M_{4-2}}$
: 20150	? +200205.	$N \Sigma\beta_{2-5}$		= +05.	$m_{M_{4-1}}$
	? +020203.	$NM_{2-3}$		= +07.	$m_{A_{4-5}}$
	? +020302.	$NM_{3-2}$	: 20120	) +354.	$Z_1 = 354^{\circ}$
	? +200305.	$N \Sigma\beta_{3-5}$		) +240.	$Z_2$
	? +020405.	$NM_{4-5}$		) +253.	$Z_3$
	? +020402.	$NM_{4-2}$		) +081.	$Z_4$
	? +020401.	$NM_{4-1}$		) +359.	$Z_5$
	? +100405.	$NA_{4-5}$		) +0.	$Z_6$
: 20160	? -020104.	$NF_{M_{1-4}}$		Ю	
	? +0.				
: 20304	) +0.	$M_{1-1}$	<b>Информация об элементах приведения</b>		
	) +06536501.	$M_{1-2}$	: 21510	= +ЩЩ123.	$l^c_1 = 1.23 \text{ м}$
	) +0.	$M_{2-1}$		) +3422.	$\alpha^c_1 = 342^{\circ}20'$
	) +06410122.	$M_{2-4}$		= +ЩЩ0244.	$l^c_1 = 0.244 \text{ м}$
				) +14612.	$\alpha^r_1$
				= +ЩЩ04.	$l^c_2$
				) +0441.	$\alpha^c_2$
				= +ЩЩ1125.	$l^r_2$
				) +34407.	$\alpha^r_2$

Номера ячеек МОЗУ	Исходные данные	Пояснение	Номера ячеек МОЗУ	Исходные данные	Пояснение
: 21520	= +ЩЩ056. ) +20415. = +ЩЩ0906. ) +34223. = +ЩЩ024. ) +34218. = +ЩЩ0324. ) +12013.	$l^c_3$ $\alpha^c_3$ $l^r_3$ $\alpha^r_3$ $l^c_4$ $\alpha^c_4$ $l^r_4$ $\alpha^r_4$	: 20670	= +ЩЩ04. = +ЩЩ0244. = +0. = +0. ) +0441. ) +14612. ) +0. ) +0.	$l^c_H = 0.4 \text{ м}$ $l^r_{H'}$ $l^c_K$ $l^r_{K'}$ $\alpha^c_H$ $\alpha^r_{H'}$ $\alpha^c_K$ $\alpha^r_{K'}$
: 21530	= +ЩЩ034. ) +10612. = +ЩЩШ83. ) +22033. Ю	$l^c_5$ $\alpha^c_5$ $l^r_5 = 0.083 \text{ м}$ $\alpha^r_5$	: 20700	) +23959567. ) +11312335. ) +21322535. ) +15326084. ) +20442344. ) +15517204. ) +00000067.	$\alpha_{HH'}$ $\beta_1$ $\beta_2$ $\beta_3$ $\beta_4$ $\beta_5$ $\alpha_{KK'}$
<b>Информация об угловых ходах</b> Ход № 1			: 21000	= +Щ048825. = +Щ0447. = +Щ039982. = +Щ046956. Ю	$S_1$ $S_2$ $S_3$ $S_4$
: 20650	? +01020506. ? +ЩЩЩ05. ? -1. ? -1. ? +ЩЩЩ03. = +04. = +003. = +Ш1.	Название хода $n=5$ $P_1$ +угловой $P_2$ +сеть $C=3$ $m \beta = 4''$ $m_s = 0.03 \text{ м}$ $m_\lambda = 0.01 \text{ м}$	: 20650	? +02030506. ? +ЩЩЩ04. ? -1. ? -1. ? +ЩЩЩ03. = +04. = +003. = +001...	$n$ $P_1$ $P_2$ $C$ $m_\beta$ $m_s$ $m_\lambda$
: 20660	= +0. = +0. = +0. = +0. = +0. = +0. = +0. = +0. = +0.	$x_{H'}$ $x_{H''}$ $x_H$ $x_{H'}$ $x_K$ $y_K$ $x_{K'}$ $y_{K'}$	: 20660	= +0. = +0. = +0. = +0. = +0. = +0. = +0. = +0. = +0. = +0.	$x_2$ $y_2$ $x_3$ $y_3$ $x_5$ $y_5$ $x_6$ $y_6$

Номера ячеек МОЗУ	Исходные данные	Пояснения	Номера ячеек МОЗУ	Исходные данные	Пояснения
: 20670	= +ЩЦ056.	$l^c_3$	: 20700	) +25251141.	$\alpha_{3-2}$
	= +ЩЦ1125.	$l^r_2$		) +04039593.	$\beta_1$
	= +0.	$l^c_5$		) +24629056.	$\beta_2$
	= +0.	$l^r_6$		) +08959564.	$\beta_3$
	) +20415.	$\alpha^c_3$		) +26959584.	$\beta_4$
	) +34407.	$\alpha^r_2$		) +00000067.	$\alpha_{5-6}$
	) +0.	$\alpha^c_5$	: 21000	= +Щ085366.	$S_1$
	) +0.	$\alpha^r_6$		= +Щ074882.	$S_2$
				= +Щ089308.	$S_3$
				Ю	

Таблица 78

**Результаты вычисления и уравнивания  
системы угловых ходов**

Вид печати	Пояснения	Вид печати	Пояснения
<b>После обработки хода № 1</b>		+354-23-20226	$\alpha_{1-4}^{yp}$
+20020500000	$N \Sigma \beta_{2-5}$	+02010200000	$N M_{1-2}$
+119-59-52156	$\Sigma \beta_{2-5}$	+000-00-04677	$v_{M_{1-2}}$
+0894427179	$m \Sigma \beta_{2-5} = 8.9''$	+059-59-41852	$\alpha_{1-2}^{yp}$
<b>После обработки хода № 2</b>		+02020400000	$N M_{2-4}$
+20030500000	$N \Sigma \beta_{3-5}$	+000-00-04677	$v_{M_{2-4}}$
+107-08-42108	$\Sigma \beta_{3-5}$	+304-10-01495	$\alpha_{2-4}^{yp}$
+07999999990	$m \Sigma \beta_{3-5}$	+20020500000	$N M_{\beta_{2-5}}$
<b>Ориентирующие углы из двух последних приближений</b>		-000-00-03746	$v_{\Sigma \beta_{3-5}}$
+354-23-22564	$Z_1$	+119-59-48410	$\Sigma \beta_{2-5}$
+239-59-44192	$Z_2$	+02020300000	$N M_{2-3}$
+252-50-47496	$Z_3$	+000-00-02341	$v_{M_{2-3}}$
+081-11-33988	$Z_4$	+072-50-46325	$\alpha_{2-3}^{yp}$
+359-59-32603	$Z_5$	+20030500000	$N \Sigma \beta_{3-5}$
<b>Поправки в измеренные величины и значения уравненных дирекционных углов</b>		+000-00-02997	$v_{\Sigma \beta_{3-5}}$
+02010400000	$N M_{1-4}$	+107-08-45106	$\Sigma \beta_{3-5}$
-000-00-04677	$v_{M_{1-4}}$	+10040500000	$N A_{4-5}$
		+000-00-00000	$v_{A_{4-5}}$
		+081-11-33988	$\alpha_{4-5}^{yp}$
		-----	



Вид печати	Пояснения	Вид печати	Пояснения
+00000000002	$n_u=2$	+0013988657	$\mu=1.39''$
+00000000007	$n=7$	+0000802233	$m_Z^{(n-1)}=0.08''$
+00000000007	$n_v$	+0001158588	$m_Z^{(n)}=0.12''$
+0000039112	[PV <sup>2</sup> ]	+0000000000	
+0000039137	[PV <sup>2</sup> ] <sub>v</sub>		

Таблица 79

**Исходные данные для вычисления и уравнивания  
высотной сети**

Номера ячеек МОЗУ	Исходные данные	Пояснения	Номера ячеек МОЗУ	Исходные данные	Пояснения
<b>Общая информация о сети</b>			: 20120	= +Ш2. = +Ш2. = +Ш2. = +Ш22. = +Ш26. Ю	$H_1=200.0 \text{ м}$ $H_0=200 \text{ м}$ $H_3$ $H_4$ $H_5$
: 20026	? +04.	$\Pi_{ВЗ}$ —высотн.			
	? +ЩЩЩ01.	$n_{исх}=1$			
: 20030	? +ЩЩЩ04.	$n_{опр}=4$			
	? +ЩЩЩ01.	$n_{изм}=1$			
	= +Щ25.	$m^{\min}=0.025 \text{ м}$			
	= +ШШ1.	$\epsilon=1 \text{ м}$			
	? +ЩЩЩ02.	$n_{ход}=2$			
	? -77.	$\Pi_c=-77$			
	= +1.	$k=0.1$			
	= +Ш1.	$\Delta H^{\max}=100 \text{ м}$	: 20644	? +0205. ? +1. = +Ш3. ) +ЩШ15.	$N_{2-5}$ $\Pi_2$ $C_1=3$ $m_Z=15''$
: 20050	= +63.	$x_1$	: 20650	= +Ш2. = +Ш26. ? +ЩЩЩ04.	$H_H=200 \text{ м}$ $Hk=260 \text{ м}$ $n=4$
	= +07.	$y_1$			
	= +630101498.	$x_2$	: 20654	= +Ш488. = +Ш447. = +Ш4. = +Ш47.	$S_1=488 \text{ м}$ $S_2$ $S_3$ $S_4$
	= +070175799.	$y_2$			
	= +630163664.	$x_3$	: 20725	) +0881747. ) +0881305. ) +087563. ) +0874739.	$Z^{np_1}$ $Z^{np_2}$ $Z^{np_3}$ $Z^{np_4}$
	= +070377296.	$y_3$			
	= +630236612.	$x_4$			
	= +069976772.	$y_4$			
: 20060	= +630272676.	$x_5$			
	= +070209638.	$y_5$			
: 20144	? +0104.	$Nh_{1-4}$			
: 20304	= +Щ231.	$h_{1-4}=+23.10 \text{ м}$			
: 20444	= +Щ12.	$m_h=0.12 \text{ м}$			

Номера ячеек МОЗУ	Исходные данные	Пояснения	Номера ячеек МОЗУ	Исходные данные	Пояснения
: 20776	) +090482. ) +0903057. ) +0903146. ) +0905131.	$Z_{обр_1}$ $Z_{обр_2}$ $Z_{обр_3}$ $Z_{обр_4}$	: 21121	= +038. = +072. = +064. = +059. Ю	$V_H = 3.80 \text{ м}$ $V_1$ $V_2$ $V_k$
: 21047	= +014. = +0144. = +015. = +0145. = +014.	$I_H = 1.40 \text{ м}$ $I_1 = 1.44 \text{ м}$ $I_2$ $I_3$ $I_k$	<b>Информация о тригонометрическом нивелировании</b>		
: 21121	= +049. = +056. = +072. = +065. = +074. Ю	$V_H = 4.90 \text{ м}$ $V_1$ $V_2$ $V_3$ $V_k$	: 20604	) +ЩЩ15. ? +ЩЩЩ05.	$m_Z = 15''$ $n = 5$
Ход 3-5			: 21017	? +0102.	$N_{Z_{1-2}}$
: 20644	? +0305. ? +1. = +Ш3. ) +ЩЩ15.	Название $\Pi_2$ $C_1 = 3$ $m_Z = 15''$	: 21020	? +0204. ? +0203. ? +0405.	$N_{Z_{2-4}}$ $N_{Z_{2-3}}$ $N_{Z_{4-5}}$
: 20650	= +Ш2. = +Ш26. ? +ЩЩЩ03.	$H_H = 200 \text{ м}$ $H_k = 260 \text{ м}$ $n = 3$	: 20657	) +0892412. ) +0894234. ) +0900706. ) +0890946.	$Z_{1-2}$ $Z_{2-4}$ $Z_{2-3}$ $Z_{4-5}$
: 20654	= +Ш854. = +Ш727. = +Ш19.	$S_1 = 854 \text{ м}$ $S_2 = 727 \text{ м}$ $S_3 = 900 \text{ м}$	: 20737	) +0901305. ) +0900254. ) +0893453. ) +0903933.	$Z_{2-1}$ $Z_{4-2}$ $Z_{3-2}$ $Z_{5-4}$
: 20725	) +0883615. ) +0882621. ) +0883426.	$Z_{пр_1}$ $Z_{пр_2}$ $Z_{пр_3}$	: 20607	= +0153.	$I_1 = 1.53 \text{ м}$
: 20776	) +0905206. ) +0904018. ) +0904959.	$Z_{обр_1}$ $Z_{обр_2}$ $Z_{обр_3}$	: 20610	= +0152. = +0125. = +0149. = +0145. = +0761. = +0896. = +0507. = +0521. = +056. Ю	$I_2$ $I_3$ $I_4$ $I_5$ $V_1 = 7.61 \text{ м}$ $V_2$ $V_3$ $V_4$ $V_5$
: 21047	= +0151. = +0153. = +015. = +0147.	$I_H = 1.51 \text{ м}$ $I_1$ $I_2$ $I_k$			

**Результаты вычисления и уравнивания  
высотной сети**

Вид печати	Пояснения	Вид печати	Пояснения
<b>После обработки хода 2—5</b>		+0021380838--	$H_2^{(2)} = +213.81 \text{ м}$
+0004001323--	$\Sigma h_{cp} = 40.01 \text{ м}$	-----	
+0004654555--	$m_{\Sigma h} = 0.047 \text{ м}$	+0020602699--	$H_3^{(2)} = +206.03 \text{ м}$
+02050000000-	$N_{h_{2-5}}$	-----	
<b>После обработки хода 3—5</b>		+0022303993--	$H_4^{(2)} = +223.04 \text{ м}$
+00000000001-	Номер точки	-----	
+0001497557--	$n_{1-2}^{np} = +14.98 \text{ м}$	-----	
-0001418688--	$n_{1-2}^{op} = -14.19 \text{ м}$	+0025379488--	$H_5^{(2)} = +253.79 \text{ м}$
+0000078869--	$\delta h = +0.79 \text{ м}$	-----	
+0000021145--	$\delta h_{\text{лоп}} = +0.21 \text{ м}$	-----	
+0004775885--	$\Sigma h_{cp} = +47.76 \text{ м}$	-----	
+0007395398--	$m_{\Sigma h} = 0.074 \text{ м}$	-----	
+03050000000-	$Nh_{3-5}$	+01040000000-	$Nh_{1-4}$
<b>После ввода информации о тригонометрическом нивелировании</b>		+0002303994--	$h_{1-4}^{yp} = +23.04 \text{ м}$
+0006584611--	$(c - \Delta c) =$ $= 0.000000066$	-0000006005--	$v_{h_{1-4}} = -0.06 \text{ м}$
-----		-----	
+0021380841--	$H_2^{(1)} = +213.81 \text{ м}$	+02050000000-	$Nh_{2-5}$
-----		+0003998650--	$h_{2-5}^{yp} = +39.99 \text{ м}$
-----		-0000002672--	$v_{h_{2-5}} = -0.03 \text{ м}$
+0020602700--	$H_3^{(1)} = 206.03 \text{ м}$	+03050000000-	$Nh_{3-5}$
-----		+0004776789--	$h_{3-5}^{yp} = +47.77 \text{ м}$
-----		+0000000904--	$v_{h_{3-5}} = +0.01 \text{ м}$
+0022303995--	$H_4^{(1)} = +223.04 \text{ м}$	+01020000000-	$Nh_{1-2}$
-----		+0001380838--	$h_{1-2}^{yp} = +13.81 \text{ м}$
-----		+0000004544--	$v_{h_{1-2}} = +0.05 \text{ м}$
+0025379491--	$H_5^{(1)} = +253.79 \text{ м}$	-----	
-----		+02040000000-	$Nh_{2-4}$
-----		+0000923155--	$h_{2-4}^{yp} = +9.23 \text{ м}$
-----		+0000022739--	$v_{h_{2-4}} = +0.23 \text{ м}$
-----		-----	

Вид печати	Пояснения	Вид печати	Пояснения
+02030000000-	$Nh_{2-3}$	+00000000002-	$n_{ii}=2$
-0000778138--	$h_{2-3}^{yp} = -7.78 \text{ м}$	+00000000007-	$n$
+0000001947--	$v_{2-3} = +0.02 \text{ м}$	+00000000007-	$n_0$
-----		+0000367122--	$[PV^2]_v = 0.37$
+04050000000-	$Nh_{4-5}$	+0000367064--	$[PV^2] = 0.37$
+0003075494--	$h_{4-5}^{yp} = +30.75 \text{ м}$	+0034979255--	$\mu = 0.35 \text{ м}$
+0000015691--	$v_{h_{4-5}} = +0.16 \text{ м}$	+0001264355--	$m_H^{(n-1)} = 0.13 \text{ м}$
-----		+0001290361--	$m_H^{(n)} = 0.13 \text{ м}$
-----		+0000000000--	
-----			
-----			

### Преобразование координат и решение обратных геодезических задач

188. В ДЗУ ЭВМ ТЭМ-1 закомутированы программы для решения трех групп задач:

1) преобразования геодезических координат в прямоугольные и обратно, в смежную зону проекции Гаусса и в условную систему координат, вычисление сближения меридианов  $\gamma$  (№ 012);

2) преобразование геодезических координат при переходе с одного эллипсоида на другой и решение пространственной и сферической обратных геодезических задач (№ 006);

3) решение обратных геодезических задач по плоским координатам (№ 011).

Преобразование геодезических координат в плоские прямоугольные и обратно.

Перевычисление плоских прямоугольных координат в смежную зону проекции Гаусса и в условную систему координат.

Вычисление сближения меридианов

189. Как задача № 012 решаются следующие три варианта преобразований:

— плоских прямоугольных координат в геодезические и вычисление сближения меридианов  $(x, y \rightarrow B, L, \gamma)$ ;

— геодезических координат в плоские  $(B, L \rightarrow x, y, \gamma)$ , а при необходимости и в условную систему координат  $(B, L \rightarrow x_{усл}, y_{усл}, \gamma)$ ;

— плоских прямоугольных координат из одной зоны в другую с задаваемым расстоянием между их осевыми меридианами  $(x, y \rightarrow x', y', \gamma')$ , а при необходимости и в условную систему координат с вычислением сближения меридианов в новой зоне  $(x, y \rightarrow x'_{усл}, y'_{усл}, \gamma')$ .

Исходная информация для всех вариантов имеет единую структуру (табл. 81) и записывается в ячейки 20030—20700 МОЗУ в последовательности:  $n, x, y, L_0, L'_0, \nabla x, B, L, П$ , где  $n$  — количество задач;

$x, y$  — плоские прямоугольные координаты пункта (номер зоны в значении ординат опускается);

$L_0$  — долгота осевого меридиана зоны;

$L'_0$  — долгота осевого меридиана смежной зоны;

$\nabla x$  — сдвиг начала координат по оси абсцисс;

$B, L$  — геодезические координаты пункта;

$П$  — признак варианта задачи.

Таблица 81

Образец записи исходных данных для решения задачи № 012

Обозначение исходных данных	Адрес МОЗУ	Варианты преобразований		
		1	2	3
		$x, y \rightarrow B, L, \gamma$	$B, L \rightarrow x, y, \gamma$ $B, L \rightarrow x_{усл}, y_{усл}, \gamma$	$x, y \rightarrow x', y', \gamma'$ $x, y \rightarrow x'_{усл}, y'_{усл}, \gamma'$
$n$	: 20027	? +ЩЩЩ01.	? +ЩЩЩ01.	? +ЩЩЩ01.
$x$	: 20030	= +6248 595 587.	= +0.	= +6248 595 587.
$y$	1	= +0654 620 395.	= +0.	= +0654 620 395.
$L_0$	2	) +039.	) +039.	) +039.
$L'_0$	3	) +039.	) +039.	) +045.
$\nabla x$	4	= +0.	= +0.	= +0.
$B$	5	) +0.	) +05620.	) +0.
$L$	6	) +0.	) +04130.	) +0.
$П$	7	? +0.	? +1.	? +0.

На печать выдаются исходные данные (для контроля), результаты решения и некоторые промежуточные результаты. Последовательность печати показана в табл. 82. При этом приняты следующие дополнительные обозначения:

$x', y'$  — плоские прямоугольные координаты пункта в смежной зоне;

$x_{усл}, y_{усл}$  — условные значения абсциссы пункта в основной и смежной зонах, которые вычисляются по формулам:

$$x_{усл} = x + \nabla x;$$

$$x'_{усл} = x' + \nabla x;$$

$\gamma, \gamma'$  — сближение меридианов в основной и смежной зонах.

Образец печати результатов решения задачи № 012

В а р и а н т ы п р е о б р а з о в а н и й					
1		2		3	
вид печати	пояснения	вид печати	пояснения	вид печати	пояснения
+039-00-00000	$L_0=39^\circ$	+056-20-00000	$B=56^\circ 20'$	+039-00-00000	$L_0=39^\circ$
+6248595586	$x=6248595,59$	+041-30-00000	$L=41^\circ 30'$	+6248595586	$x=6248595,59$
+0654620395	$y=7654620,40$	+039-00-00000	$L_0=39^\circ$	+0654620395	$y=7654620,40$
+056-20-00000	$B=56^\circ 20'$	+6248595587	$x=6248595,59$	+056-20-00000	$B=56^\circ 20'$
+041-29-59999	$L=41^\circ 30'$	+6248595587	$x_{\text{усл}}=6248595,59$	+041-29-59999	$L=41^\circ 30'$
+002-04-51960	$\gamma=+2^\circ 04' 51,96''$	+0654620395	$y=7654620,40$	+045-00-00000	$L'_0=45^\circ$
		+002-04-51960	$\gamma=+2^\circ 04' 51,96''$	+6251292224	$x'=6251292,224$
				+6251292224	$x'_{\text{усл}}=6251292,224$
				+0283556859	$y'=8283556,28$
				-002-54-50721	$\gamma'=-2^\circ 54' 50,72''$

Прямоугольные координаты Гаусса выдаются на печать в том виде, в каком они записываются в каталоги, только в значении ординаты опускается номер зоны  $N$ . Последний определяется по долготе осевого меридиана ( $L_0$ ) по формуле  $N = \frac{L_0 + 3^\circ}{6}$ . Результаты решения отдельных задач отделяются интервалами.

Преобразование геодезических координат при переходе с одного эллипсоида на другой и решение пространственной и сфероидической обратных геодезических задач (ОГЗ)

190. Как задача № 006 решается 6 вариантов преобразований (а, б, в, г, д, е). Содержание каждого показано в табл. 83.

Таблица 83

Варианты задачи № 006

Действия	а	б	в	г	д	е
Преобразование координат точек 1 и 2 на новый эллипсоид	+			+	+	+
Решение ОГЗ на эллипсоиде		+		+		+
Решение ОГЗ в пространстве			+		+	+

По варианту «е», например, решается пространственная и сфероидическая обратные геодезические задачи с предварительным преобразованием координат точек на новый эллипсоид.

Исходная информация для всех вариантов имеет единую структуру и подразделяется на две группы:

- общие данные для серии однотипных задач;
- данные о каждой задаче.

Общие данные записываются в ячейки 20200—20206 МОЗУ в последовательности:

$$a_{ст}, a_{ст}, a_n, a_n, \Delta X, \Delta Y, \Delta Z,$$

где  $a_{ст}, a_n$  — сжатие старого и нового эллипсоидов;  
 $a_{ст}, a_n$  — большие полуоси старого и нового эллипсоидов;  
 $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  — значения координат центра старого эллипсоида в системе координат нового эллипсоида.

Исходные данные о каждой задаче записываются в ячейки 20207—21777 МОЗУ в последовательности:

$$B_1, L_1, H_1, B_2, L_2, H_2, П,$$

где  $B_1, L_1, H_1$  — геодезические координаты первой точки (широта, долгота, высота над поверхностью эллипсоида);

$B_2, L_2, H_2$  — геодезические координаты второй точки;  
 $P$  — признак варианта задачи.

Если точка расположена на экваторе, ее широте придается значение  $B = 0^\circ 0' 0,01''$ . Иначе задача не будет решаться. Порядок записи исходной информации приведен в табл. 84.

Последовательность выдачи результатов решения на печать показана в табл. 85, где обозначены:

$\bar{B}, \bar{L}, \bar{H}$  — геодезические координаты точки на новом эллипсоиде;

$A_{1-2}$  — азимут нормального сечения;

$Z_{1-2}$  — зенитное расстояние;

$D_{1-2}$  — длина хорды;

$\alpha_{1-2}, \alpha_{2-1}$  — прямой и обратный азимуты геодезической линии;

$S_{1-2}, S_{2-1}$  — длина геодезической линии.

При решении обратной геодезической задачи между точками, расположенными на одном меридиане ( $L_1 = L_2$ ), долготу одной из них необходимо изменять на  $0,001''$ .

В вариантах б, г, е (табл. 85) значения результатов напечатаны дважды. Повторные данные выдаются на печать по результатам контрольного счета.

### Решение обратных геодезических задач по плоским прямоугольным координатам

191. Задачи решаются по № 011. Исходные данные для каждой задачи записываются в последовательности:

$$x_i, y_i, x_j, y_j,$$

где  $x_i, y_i$  — координаты начальной точки;

$x_j, y_j$  — координаты конечной точки.

На одну перфоленгу может быть записана информация в ячейки 20030—21717 для решения не более 238 задач. В конце всей информации записываются признаки окончания исходных данных «= +0.» и конца ввода «Ю».

При ручном вводе информации с пульта управления исходные данные набираются только для одной задачи. Решение начинается автоматически, как только будет набрана ордината конечной точки.

На печать в результате решения выдаются значения дирекционных углов  $\alpha_{ij}$  и длин сторон  $S_{ij}$ .

Примеры исходной информации и результатов решения приведены в табл. 86 и 87 (номер зоны у ординат не записывается).



Образец записи исходной информации для решения задачи № 006

Номера ячеек	Обозна- чения	В а р и а н т ы						пояснения
		а	б	в	г	д	е	
: 20200		<b>Общая информация</b>						
	$a_{ст}$	$=+00332447.$	$=+00335233.$	$=+00335233.$	$=+00335233.$	$=+003355705.$	$=+00332447.$	0.00332447
	$a_{ст}$	$=+06377300.$	$=+06378245.$	$=+06378245.$	$=+06378245.$	$=+06379.$	$=+063773.$	6377300 м
	$a_n$	$=+00335233.$	$=+0.$	$=+0.$	$=+00332447.$	$=+00335233.$	$=+00335233.$	0.00335233
	$a_n$	$=+06378245.$	$=+0.$	$=+0.$	$=+063773.$	$=+06378245.$	$=+06378245.$	6378245 м
	$\Delta X$	$=+ЩШ8334.$	$=+0.$	$=+0.$	$=-ЩШ8334.$	$=+ЩШ117.$	$=+ЩШ8334.$	+833.4 м
	$\Delta Y$	$=-ЩШ5532.$	$=+0.$	$=+0.$	$=+ЩШ5532.$	$=-ЩШ324.$	$=-ЩШ5532.$	-553.2 м
$\Delta Z$	$=+ЩШ290.$	$=+0.$	$=+0.$	$=-ЩШ29.$	$=+ЩШ216.$	$=+ЩШ29.$	+290.0 м	
		<b>Информация о каждой задаче</b>						
: 20207	$B_1$	) +034.	) +05545.	) +0562.	) +05545.	) +026345226.	) +0554459999.	+55°45'
: 20210	$L_1$	) -066.	) +0324612004.	) +0413.	) +0324612004.	) +047581617.	) +0324704537.	+32°47'04.537"
	$H_1$	=+Щ03.	=+0.	=+0.	=+0.	=+0.	=+0000035602.	+356.02 м
	$B_2$	) +0.	) -0332603052.	=+0554.	) -0332603052.	) +076354824.	) -0332547711.	-33°25'47.711"
	$L_2$	) +0.	) +1405912751.	) +0423.	) +1405912751.	) -03.	) +1405916419.	+140°59'16.419"
	$H_2$	=+0.	=+0.	=+0.	=+0.	=+0.	=+0000188101.	+1881.01 м
	$\Pi$	? +0.	? +2.	? +1.	? +2.	? +1.	? +3.	+3.
		и т. д. для всех задач						
		Ю						

Образец печати результатов решения задачи № 006

В а р и а н т ы												
а		б		в		г		д		е		
вид печати	обозн.	вид печати	обозн.	вид печати	обозн.	вид печати	обозн.	вид печати	обозн.	вид печати	обозн.	расшиф- ровка
+033-59-57914	$\bar{B}_1$	+096-36-08801	$\alpha_{1.2}$	+139-32-08314	$A_{1.2}$	+055-44-59999	$\bar{B}_1$	+026-35-00270	$\bar{B}_1$	+055-45-00000	$\bar{B}_1$	+ 55°45'00.000"
-065-59-39110	$\bar{L}_1$	+317-52-19522	$\alpha_{2.1}$	+0009696236	$D_{1.2}$	+032-47-04537	$\bar{L}_1$	+047-58-05192	$\bar{L}_1$	+032-46-12003	$\bar{L}_1$	+ 32°46'12.003"
+0000297359	$\bar{H}_1$	+1411240235	$S_{1.2}$	+090-26-06209	$Z_{1.2}$	+0000035602	$\bar{H}_1$	+0000070162	$\bar{H}_1$	-0000000004	$\bar{H}_1$	-0.04 м
		+317-52-19521	$\alpha_{2.1}$	.....		-033-25-47711	$\bar{B}_2$	+076-35-41243	$\bar{B}_2$	-033-26-03051	$\bar{B}_2$	- 33°26'03.051"
		+096-36-08801	$\alpha_{1.2}$	.....		+140-59-16419	$\bar{L}_2$	-030-00-30876	$\bar{L}_2$	+140-59-12750	$\bar{L}_2$	+140°59'12.750"
		+1411240235	$S_{2.1}$	.....		+0000188101	$\bar{H}_2$	+0000100336	$\bar{H}_2$	-0000000005	$\bar{H}_2$	-0.05 м
		.....				.....		.....		.....		
		.....				.....		+344-58-53659	$A_{1-2}$	+096-25-27913	$A_{1-2}$	+ 96°25'27.913"
		.....				+096-36-39706	$\alpha_{1-2}$	+0651578585	$D_{1-2}$	+1139143162	$D_{1-2}$	+11391431.62 м
		.....				+317-52-33854	$\alpha_{2-1}$	+120-44-48215	$Z_{1-2}$	+153-26-31803	$Z_{1-2}$	+153°26'31.803"
		.....				+1410935458	$S_{1-2}$	.....		.....		
		.....				+317-52-33854	$\alpha_{2-1}$	+096-36-08800		+096-36-08800	$\alpha_{1-2}$	+ 96°36'08.800"
		.....				+096-36-39706	$\alpha_{1-2}$	+317-52-19522		+317-52-19522	$\alpha_{2-1}$	+317°52'19.522"
		.....				+1410935458	$S_{2-1}$	+1411240235		+1411240235	$S_{1-2}$	+14112402.35 м
		.....				.....		+317-52-19522		+317-52-19522	$\alpha_{2-1}$	+317°52'19.522"
		.....				.....		+096-36-08800		+096-36-08800	$\alpha_{1-2}$	+ 96°36'08.800"
		.....				.....		+1411240235		+1411240235	$S_{2-1}$	+14112402.35 м
		.....				.....		.....		.....		
		.....				.....		.....		.....		

Исходная информация для решения задачи № 011

Номера ячеек МОЗУ	Вид печати	Пояснения
: 20030	= +603. = +02. = +607. = +024. = +607. = +024. = +6. = +024. = +0. Ю	$x_1 = 6030\ 000,00\ м$ $y_1 = 0200\ 000,00\ м$ $x_2 = 6070\ 000,00\ м$ $y_2 = 0240\ 000,00\ м$ $x_2 = 6070\ 000,00\ м$ $y_2 = 0240\ 000,00\ м$ $x_3 = 6000\ 000,00\ м$ $y_3 = 0240\ 000,00\ м$

Таблица 87

Результаты решения задачи № 011

Вид печати	Пояснения
+044-59-59999	$\alpha_{1-2} = 45^{\circ}00'00,00''$
+0056 568 540	$S_{1-2} = 56\ 568,540\ м$
+180-00-00000	$\alpha_{2-3} = 180^{\circ}00'00,00''$
+0069 999 999	$S_{2-3} = 70\ 000,000\ м$

### Электронная десятиклавишная вычислительная машина ЭДВМ-2П

192. Электронные десятиклавишные вычислительные машины предназначены для выполнения геодезических вычислений как в стационарных, так и в полевых условиях. Наиболее распространенными машинами данного типа являются ЭДВМ-2П и ЭДВМ-3П. В ЭДВМ-3П применена индикация на цифровых газоразрядных лампах, а в ЭДВМ-2П — электролюминесцентный индикатор. В остальном устройство этих машин и порядок вычислений на них одинаковы, поэтому описание дается применительно к одной из них — ЭДВМ-2П. Это — счетно-цифровая машина дискретного действия с ручным вводом исходных данных и выдачей результатов вычислений на световой индикатор, на печать и перфоленту. В комплект



Для приема, временного хранения и выдачи чисел с их знаком и запятой машина имеет четыре электронных блока — регистра: регистр сумматора (РгС), регистр клавиатуры (РгК), регистр памяти (РгП) и регистр-накопитель (РгН).

РгС и РгК — оперативные регистры: они служат для выполнения четырех арифметических действий (табл. 88).

Таблица 88

Операции, выполняемые ЭДВМ-2

Операции	Скорость выполнения (не более)	Число верных цифр результата	
<b>Автоматические</b>			
Сложение (вычитание)	0,06 <sup>s</sup>	16	
Умножение (деление)	0,3	13	
Извлечение квадратного корня	2,2	13	
Перевод часов, минут и секунд в секунды времени и обратно; перевод градусов, минут, секунд в секунды дуги и обратно	1,0	13	
Перевод радиан в градусы, минуты, секунды	1,0	13	
Набор числа	0,5	16	
Вычисление тригонометрических функций $\sin x$ ( $\cos x$ ) $x \leq 90^\circ$ $90^\circ < x \leq 360^\circ$	3,2 3,2	13 10	
Вычисление тригонометрических функций $\operatorname{arctg} x$	7,0	Точность результата не грубее 0,013 <sup>o</sup>	
Умножение (деление) на постоянный множитель (делитель)	0,3		13
Накопление попарных произведений (частных)	0,3		13
<b>Полуавтоматические</b>			
Возведение в $n$ -ю степень		не менее 13	
Извлечение корня $n$ -й степени		" " 13	
Вычисление тригонометрических функций $\operatorname{tg} x$ ( $\operatorname{ctg} x$ ) и $\operatorname{sec} x$ ( $\operatorname{cosec} x$ )		" " 10	
Перевод градусов, минут и секунд в радианы		" " 13	

В машине, кроме чисел, участвующих в операциях, могут храниться:

— два числа (в РгП и РгН) при сложении, вычитании, умножении и делении;

— два числа (в РгП и РгК) при накоплении;

— одно число (в РгН) при извлечении корня, переводах и вычислении синуса и косинуса.

В вычислении арктангенса участвуют все четыре регистра.

В машине контролируется точность выполнения каждой операции. Если результат приближенный, на индикаторе загорается знак «Н» (неточно). Младшие разряды в этом случае получаются округленными. При отсутствии знака «Н» результат точен в пределах всей разрядной сетки (16 десятичных разрядов). При переполнении разрядной сетки на индикаторе загорается знак «П» (переполнение). Например, после операции умножения на индикаторе высвечено: «П» 19,0550122577358, что соответствует числу 190550122577358000.

Если в процессе вычислений одновременно вырабатываются сигналы «Н» и «П», то на индикаторе высвечивается знак «А».

На панели управления машины расположена клавиатура из 32 клавиш: 13 клавиш набора чисел (0, 00, запятая, 1—9, /—/), 7 клавиш операций (—, +, ÷, x, ПД перевод, ТФ [тригонометрические функции], √ [корень квадратный]) и 12 клавиш управления (рис. 49).

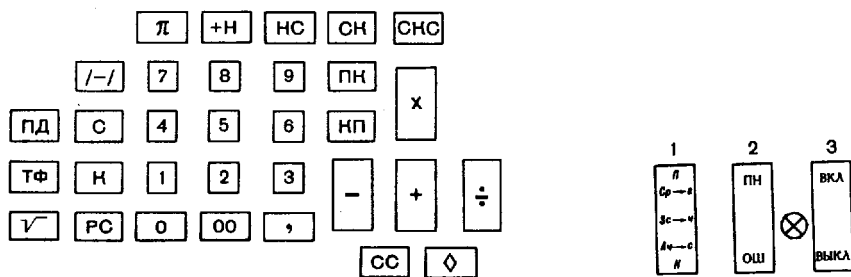


Рис. 49. Панель управления ЭДВМ

Клавиши управления имеют следующее назначение:

- ◇ — вывод на печать или перфорацию исходных данных и результатов вычислений;
- СС — сброс (очистка) сумматора;
- РС — поразрядный сброс числа, хранящегося в регистре клавиатуры при исправлении набора, начиная с младшего разряда;

- К — вывод на индикатор содержимого регистра клавиатуры;  
 С — вывод на индикатор содержимого регистра сумматора;  
 + Н — сложение содержимого регистра сумматора с содержимым накопителя и передача в накопитель;  
 НС — передача содержимого регистра накопителя в регистр сумматора с очисткой накопителя;  
 СК — передача содержимого регистра сумматора в регистр клавиатуры с сохранением содержимого регистра сумматора;  
 СКС — обмен информацией между регистром клавиатуры и регистром сумматора;  
 ПК — передача содержимого регистра памяти в регистр клавиатуры с сохранением содержимого регистра памяти;  
 КП — передача содержимого регистра клавиатуры в регистр памяти с сохранением содержимого регистра клавиатуры;  
 $\pi$  — набор константы  $\pi$  в регистре клавиатуры.

Клавиши набора чисел — белые, клавиши сброса (РС и СС) — красные, остальные — черные.

На передней панели машины, кроме того, расположены два клавишных переключателя рода работы (с тремя и с двумя фиксированными положениями соответственно) и один клавишный выключатель машины (с двумя фиксированными положениями «ВКЛ. — ВЫКЛ.»).

Сокращенные надписи на переключателе 1 (рис. 49) означают:

- П — постоянный множитель (делитель);  
 С — косинус;  
 S — синус;  
 А — арктангенс;  
 Н — накопление произведений (частных);  
 р → г — перевод радиан в градусы;  
 с → ч — перевод секунд времени в часы, минуты и секунды или секунд дуги в градусы, минуты и секунды;  
 ч → с — перевод часов, минут и секунд в секунды времени или градусов, минут и секунд в секунды дуги.

Верхнее положение переключателя 1 — «Ср → г» обеспечивает:

- умножение и деление на постоянное число;
- вычисление значения косинуса угла при нажатии клавиши «ТФ»;
- перевод значения угла, заданного в радианной мере, в градусы при нажатии клавиши «ПД».

Нейтральное положение переключателя 1 — «Sc → ч» обеспечивает:

- вычисление значения синуса угла при нажатии клавиши «ТФ»;
- перевод секунд времени в часы, минуты и секунды или секунд дуги — в градусы, минуты и секунды, при нажатии клавиши «ПД».

Нижнее положение переключателя 1—«Ач→с» обеспечивает:

- вычисление значения арктангенса угла при нажатии клавиши «ТФ»;
- перевод часов, минут и секунд времени в секунды или градусов, минут и секунд дуги в секунды при нажатии клавиши «ПД»;
- умножение (деление) с накоплением произведений (частных).

При выполнении на машине арифметических действий и извлечения квадратного корня переключатель 1 устанавливают в нейтральное положение.

Сокращенные надписи на переключателе 2 означают:

ПН — печать набора исходных чисел;

ОШ — печать символа «?» при обнаружении ошибочно отпечатанного результата.

При установке переключателя 2 в положение «ПН» можно контролировать вводимую в ЭДВМ исходную информацию, поскольку она будет автоматически выдаваться на печать. Установкой переключателя в положение «ОШ» и нажатием клавиши «◇» обеспечивается выдача на печать символа «?», используемого обычно для сигнализации о неправильно отпечатанном числе.

Выдача на печать (перфорацию) промежуточных и конечных результатов вычислений осуществляется путем нажатия клавиши «◇». В отличие от печати исходных чисел печать результата снабжается символом равенства «=».

В случае необходимости печать номера решаемой задачи может снабжаться символом «Ш» при установке переключателя 2 в положение «ОШ». Для этого на клавиатуре набирается номер задачи и нажимается клавиша «◇». Например, задача № 25 будет отпечатана как «Ш25».

В ЭДВМ предусмотрена блокировка клавиатуры. При одновременном нажатии двух и более клавиш выполняется только одна операция — вся клавиатура заблокирована; при нажатии одной клавиши все остальные блокируются.

УУПП предназначено для управления телетайпом (СТА-2М) или перфоратором (ПЛ-20) и для согласования их работы с работой машины. Комплект ЭДВМ-П (—2П, —3П) обеспечивает вывод на печать и перфорацию во втором международном телеграфном коде (МТК) как исходных данных, так и результатов счета со скоростью около 7 зн/с для СТА-2М или только на перфорацию со скоростью 20 зн/с для ПЛ-20.

Общий вид УУПП показан на рис. 48.

На панели УУПП расположены следующие органы управления: переключатели «ТОЧНОСТЬ» и «ГРАФЫ», тумблеры «ПЛ-20-СТА-



2М» и «КОНТРОЛЬ-ВЫКЛ.», а также контрольная лампа «ОШИБКА» и кнопка «ГАШЕНИЕ ОШИБКИ» (рис. 50).

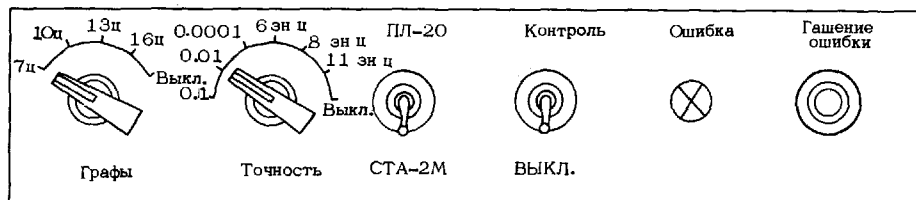


Рис. 50. Панель устройства управления печатью и перфорацией

Переключатель «ТОЧНОСТЬ» предназначен для вывода на печать определенного количества значащих цифр — 6, 8, 11, а также для ограничения количества значащих цифр после запятой — одна (0,1), две (0,01) или четыре (0,0001).

Переключатель «ГРАФЫ» предназначен для установления ширины граф по максимальному количеству цифр в числе печатаемого материала (7, 10, 13 и 16). Ширина граф всегда одинакова. Если число короче ширины графы, то вместо цифр оставляются пробелы.

Тумблер «ПЛ-20-СТА-2М» используется при подключении к УУПП перфоратора или телеграфного аппарата.

Тумблер «КОНТРОЛЬ-ВЫКЛ.» используется для контроля работы машины путем автоматического извлечения квадратного корня из 0,5. Для этого тумблер ставится в положение «КОНТРОЛЬ» сразу после нажатия клавиши «√». При наличии неисправности в машине на печать выдается символ «?» и на панели УУПП загорается сигнальная лампочка «ОШИБКА». Гашение ее производится нажатием кнопки «ГАШЕНИЕ ОШИБКИ».

### Подготовка к работе и основные правила решения геодезических задач

193. Для подготовки ЭДВМ к работе необходимо:

- установить переключатель, расположенный на задней стенке машины, в положение, соответствующее напряжению 127 или 220 В (при питании от промышленной сети частотой 50 Гц) или 12 В (при питании от аккумуляторов);

- проверить наличие предохранителей и соответствие их номиналам (при питании от сети — 0,5 А, а от аккумулятора — 2 А);

— подключить машину к сети при помощи специального кабеля или к аккумулятору (на задней панели машины устанавливается заглушка и соединяются одноименные клеммы аккумулятора и ЭДВМ);

— установить выключатель 3 в положение «Вкл.» (рис. 49);

— проверить исправность ЭДВМ путем решения контрольного теста или двух-трех примеров. Последовательность действий при решении контрольного теста показана в табл. 89.

Таблица 89

Контрольный лист

Последовательность выполнения операций	Показания индикатора
I. Включить машину и установить переключатель 1 в нейтральное положение Нт (Sc→ч)	0,
1. Набрать на клавиатуре число $x = -1,234567890009$ , а затем последовательно нажимать клавиши	а
2. +	а
3. КП	а
4. ÷	1
5. К	а
6. С	1
7. +Н	1
8. ПК	а
9. ТФ	Н-0,024168899798518
10. СК	-0,024168899798518
11. НС	1
12. —	1,024168899798518
13. СКС	-0,024168899798518
II. Переключатель 1 в положение Ср→г (верх)	
1. ТФ	Н 0,999833707188404
2. ПК	0,999916853594202
3. ×	Н 0,999750574609244
4. √	Н 0,99987527952695
5. СК	0,99987527952695

Последовательность выполнения операций	Показания индикатора
III. Переключатель 1 в положение Ач→с (низ)	
1. ТФ	Н 44,59471339861
2. СК	44,59471339861
3. ПД	161987,1339861
4. +Н	161987,1339861
5. П	3,141592653589793
IV. Переключатель 1 в положение Ср→г (верх)	
1. ПД	Н 179,59599999998
2. СК	179,59599999998
V. Переключатель 1 в положение Ач→с (низ)	
1. ПД	647999,9999998
2. +Н	809987,1339859
3. НС	809987,1339859
4. СК	809987,1339859
5. РС	809987,133985
VI. Переключатель 1 в нейтральном положении	
1. ПД	224,5947133985
2. ◇ (печать)	224,5947133985

Для более эффективного использования ЭДВМ при решении задач предварительно составляют вычислительные схемы (программы), отражая в них последовательность действий оператора, который должен уяснить порядок обмена информацией между регистрами ЭДВМ (рис. 51).

При нажатии клавиш управления (обозначены буквами в кружках) происходит передача информации из регистра в регистр. Строчкой ниже показан порядок этой передачи; в скобках указана остающаяся в исходном регистре информация. Например, при нажатии клавиши НС содержимое РгН передается в РгС, а РгН очищается ( $\text{РгН} = 0$ ), или при нажатии клавиши ПК содержимое РгП передается в РгК ( $\text{РгП} \rightarrow \text{РгК}$ ), а передаваемое число остается в РгП.

194. При вычислениях на ЭДВМ надлежит руководствоваться следующими основными правилами:

1. Решение задачи начинают с очистки накопителя и сумматора нажатием клавиш сначала «НС», а затем «СС» (сброс сумматора), либо дважды «НС».

2. Число, набираемое на клавиатуре, помещается в регистре клавиатуры. Содержимое этого регистра может быть передано: в регистр сумматора — нажатием клавиши «+» или в регистр памяти — нажатием клавиши «КП». В свою очередь в регистр клавиатуры могут быть вызваны числа из регистра сумматора или регистра памяти нажатиями клавиш «СК» и «ПК» соответственно. Возможен также обмен информацией между регистрами клавиатуры и сумматора путем нажатия клавиши «СКС».

Вводимые в машину числа и результаты вычислений представляются в обычной форме. Запятая вводится нажатием клавиши запятой после набора цифры того разряда, за которым она стоит.

После выполнения вычислений запятая автоматически высвечивается в нужном месте. При введении угловых величин запятой отделяются градусы. Например, угол  $312^{\circ}15'48,34''$  вводится числом 312,154834.

3. При передаче в РгК и РгП нового числа хранящаяся в них информация автоматически стирается. РгС сбрасывается на нуль нажатием клавиши «СС», а РгК — при наборе любой клавиши цифровой клавиатуры, кроме клавиши запятой.

4. При выполнении арифметических операций над двумя числами на клавиатуре набирают\* со своим знаком и запятой первое

\* Операцию набора числа в программах (схемах) вычислений обозначают «Н6».

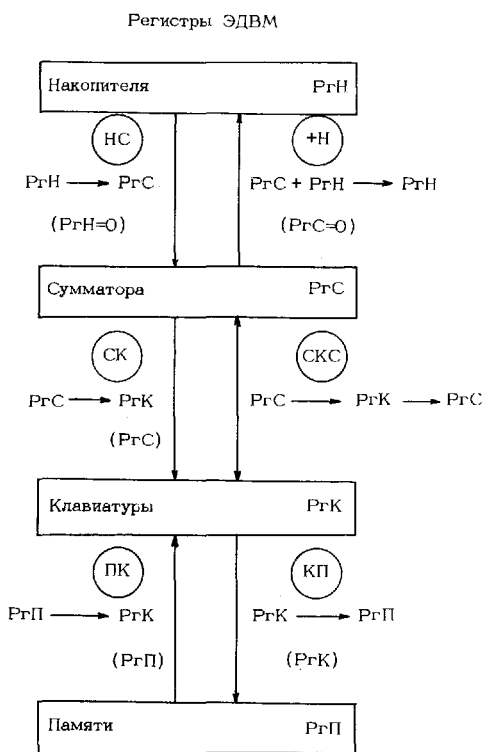


Рис. 51. Схема обмена информацией между регистрами ЭДВМ

исходное (слагаемое, уменьшаемое, множимое, делимое) число, которое автоматически высвечивается на табло. В случае ошибочного набора цифр в середине или в конце числа для стирания пользуются клавишей поразрядного сброса «РС» числа, хранящегося в РгК. Ошибочную запись стирают, начиная с младшего разряда, и производят новый набор. Если ошибка допущена в первом знаке числа, запятой или первых цифрах, стирается все число путем нового набора всего числа. При этом автоматически производится сброс числа из РгК.

Затем нажимают клавишу «+» и пересылают набранное число в сумматор; набирают второе исходное число (слагаемое, вычитаемое, множитель, делитель) и нажимают соответствующую операции клавишу (+, —, ×, ÷). Результат вычислений помещается в РгС и высвечивается на индикаторе со знаком и запятой. Последнее выбранное число сохраняется в РгК со своим знаком и запятой. Если полученный результат необходимо использовать для дальнейших арифметических действий, на клавиатуре набирают второе число (слагаемое, вычитаемое, множитель, делитель) и нажимают клавишу нужной операции. На индикаторе высвечивается результат вычислений. Так решаются задачи типа:  $y = a + v - c$ ;  $y = a \times v \div c$ ;  $y = (a - v) \times v + c$ .

При делении на нуль операция не выполняется и на табло выводится знак «Н» без числовой информации.

Задачи типа  $y = a \times v + c \times d$ ;  $y = a + v \times c + d$ ;  $e$  решаются с использованием РгН. Получив в первой задаче значение произведения « $a \times v$ », нажимают клавишу «+Н» и переводят его в РгН. При этом РгС автоматически очищается. Получают произведение « $c \times d$ » и нажимают клавишу «+Н»: содержимое сумматора передается в накопитель и складывается с его содержимым, а сумматор автоматически очищается; результат высвечивается на индикаторе. Накопление — это специфическая операция сложения.

5. Сложение, вычитание, умножение, деление и возведение в степень осуществляются на двух регистрах — сумматора и клавиатуры, а свободные регистры памяти и накопителя можно использовать для запоминания двух промежуточных результатов. При извлечении квадратного корня, вычислении тригонометрических функций синуса и косинуса, операциях перевода свободен только регистр накопителя. Для вычисления арктангенса используются все четыре регистра.

При выполнении арифметических операций переключатель *1* рода работ должен находиться в нейтральном положении.

6. При подключении к ЭДВМ внешних устройств результат может быть выдан на печать нажатием клавиши «◇».

**195. Извлечение квадратного корня.** Набирают на клавиатуре подкоренное выражение и нажатием клавиши «+» или «СКС» переводят его в РгС. Нажимают клавишу «√». Результат высвечивается на индикаторе. Переключатель *1* рода работ устанавливается при этом в нейтральное положение. После

извлечения квадратного корня в РгП хранится подкоренное выражение.

**196. Вычисление натуральных значений тригонометрических функций.** Машина автоматически вычисляет значения  $\sin x$ ,  $\cos x$  и  $\operatorname{arctg} x$ . Для этого набирают значение угла  $x$  и нажимают клавишу «ТФ». На табло высвечивается значение функции. Положение переключателя  $I$  рода работ при вычислениях синуса—нейтральное, косинуса—верхнее, арктангенса—нижнее.

При вычислениях синуса и косинуса значения функций определяются со своим знаком и запятой, приводить значение угла к первой четверти не требуется. При высвечивании арктангенса значения функции в градусной мере определяются только в первой четверти при любом знаке аргумента.

Тригонометрические функции  $\operatorname{tg} x$ ,  $\operatorname{ctg} x$ ,  $\operatorname{sec} x$  и  $\operatorname{cosec} x$  вычисляются полуавтоматически. Так, значение  $\operatorname{tg} x$  ( $\operatorname{ctg} x$ ) может быть вычислено по формулам:

$$\operatorname{tg} x = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 x} - 1};$$
$$\operatorname{ctg} x = \sqrt{\frac{1}{\sin^2 x} - 1}.$$

При этом следует обращать внимание на величину аргумента. Если угол находится в I или III четверти, результат берется со знаком «плюс», в других случаях — со знаком «минус».

**197. Перевод единиц измерений.** Набирают на клавиатуре аргумент и нажимают клавишу «ПД», при этом в зависимости от положения переключателя  $I$  рода работ выполняется один из трех переводов: при верхнем — радиан в градусы, минуты и секунды дуги; при нейтральном — секунд дуги в градусы, минуты и секунды или секунд времени в часы, минуты и секунды; при нижнем — градусов, минут и секунд в секунды дуги или часов, минут и секунд в секунды времени.

**198.** Для реализации программы решения задачи разрабатывается вычислительный бланк, на котором показывается последовательность набора исходных чисел и нажатия клавиш, а также записываются промежуточные и окончательные результаты.

В табл. 90 приведены варианты программ решения геодезических задач.

При пользовании вычислительными схемами необходимо иметь в виду следующее:

1. Если операция умножения (деления) на постоянное число предшествовала операции перевода единиц измерений «р → г» или вычисления косинуса, то переключатель  $I$  рода работ переводят из верхнего положения в нейтральное, а затем снова в верхнее. Аналогично этот же переключатель переводится из нижнего положения в нейтральное, а затем снова в нижнее в том случае, когда операции накопления произведений (частных) предшествовала операция перевода единиц измерений («ч → с») или вычислялся арктангенс.

**Варианты программ  
решения геодезических задач на ЭДВМ**

Название задачи	Номер действия	Положение переключателя рода работ	Последовательность действий оператора	Пояснение
<b>Прямая геодезическая задача на плоскости</b>	1	Верх	НС	Очистка PrC
	2	"	СС	
	3	"	Нб $\alpha_{1-2}$	
<b>Расчетные формулы</b> $x_2 = d \cos \alpha + x_1 = \Delta x + x_1$ $y_2 = d \sin \alpha + y_1 = \Delta y + y_1$	4	"	+	$\alpha \rightarrow PrC$ $\cos \alpha = -0,2491339$
	5	"	+Н	
<b>Исходные данные</b> $x_2 = 5\ 650120,20\ м$ $y_2 = 6\ 470222,75\ м$ $d_{1-2} = 5045,7\ м$ $\alpha_{1-2} = 104^\circ 25' 34,56''$	6	"	ТФ	$\Delta x = -1257,05\ м$ $x_2 = 5648863,15\ м$ $\alpha_{1-2} \rightarrow PrC$ $d_{1-2} \rightarrow PrK$ $\alpha_{1-2} \rightarrow PrK, d_{1-2} \rightarrow PrC$ $d_{1-2} \rightarrow PrH$ $\sin \alpha = 0,9684690$ $\sin \alpha \rightarrow PrK$ $d_{1-2} \rightarrow PrC$ $\Delta y = 4886,60\ м$ $\Delta y \rightarrow PrK$ $\Delta y \rightarrow PrH$ $y_2 = 6475109,35\ м$
	7	Нейтр.	Нб $d$	
	8	"	КП	
	9	"	×	
	10	"	Нб $x_1$	
	11	"	+	
	12	"	НС	
	13	"	ПК	
	14	"	СКС	
	15	"	+Н	
<b>Результат</b> $x_2 = 5\ 648863,15\ м$ $y_2 = 6\ 475109,35\ м$	16	"	ТФ	
	17	"	СК	
	18	"	НС	
	19	"	×	
	20	"	СК	
	21	"	КП	
	22	"	Нбу <sub>1</sub>	
	23	"	+	
	<b>Контроль</b>	<b>Контроль</b>		
		24	Нейтр.	СС
25		"	ПК	$\Delta y \rightarrow PrK$
26		"	+	$\Delta y^2$
27		"	×	
28		"	+Н	
29		"	Нб $\Delta x$	

Название задачи	Номер действия	Положение переключателя рода работ	Последовательность действий оператора	Пояснение
$d' = 5045,70 \text{ м}$	30	Нейтр.	+	
	31	"	×	$\Delta x^2$
	32	"	+Н	$\Delta x^2 + \Delta y^2 = d'^2$
	33	"	НС	
	34	"	√	$d' = 5045,699 \text{ м}$
Вычисление поправки за центрировку	1	Нейтр.	СС	
	2	"	Н6 ( $M+\theta$ )	
	3	"	ТФ	$\sin(M+\theta) = 0,98223$
Расчетная формула	4	"	Н6 S	
	5	"	÷	
$C'' = \rho'' \frac{l \cdot \sin(M+\theta)}{S}$	6	"	Н6 l	
Исходные данные	7	"	×	$C_{\text{рад}} = 0,000066$
	8	"	СК	$C_{\text{рад}} \rightarrow \text{РГК}$
	9	"	+Н	
	10	Верх.	ПД	$C'' = 0,001363$
Результат				
$C'' = 13,63''$				
Контроль		Контроль		
	11	Нейтр.	Н6206265	
	12	"	НС	
	13	"	×	$C'' = 13,6252''$

2. При вычислении арктангенса в машину вводится значение тангенса по его модулю. После выполнения этой операции на индикаторе будет выдано главное значение аргумента, приведение которого к нужной четверти осуществляется оператором исходя из анализа решаемой задачи.

### Электронная клавишная вычислительная машина «Электроника БЗ-18»

199. ЭКВМ «Электроника БЗ-18» предназначена для выполнения инженерных расчетов и может быть использована для геодезических вычислений. Это — электронная вычислительная машина дискретного действия с ручным вводом исходных данных и выводом результатов вычислений на индикаторное устройство. В комплект входит собственно ЭКВМ и блок питания для работы машины от сети переменного тока.



### Основные технические характеристики

Максимальное время выполнения операции . . .	менее 3 с
Разрядность . . . . .	8
Электропитание:	
электросеть (при помощи блока питания) . . .	220 В, 50 Гц
аккумуляторная батарея, состоящая из четырех аккумуляторов типа Д-0.55С . . .	5 В
Время непрерывной работы от аккумуляторной батареи . . . . .	не менее 3 ч
Потребляемая мощность . . . . .	не более 1 Вт
Габариты . . . . .	160×90×46 мм
Масса машины . . . . .	0,4 кг
Рабочий диапазон температур . . . . .	от +10 до +35°C

Общий вид ЭКВМ «Электроника БЗ-18» показан на рис. 52.



Рис. 52. Электронная клавишная вычислительная машина «Электроника БЗ-18»

ЭКВМ выполняет автоматически арифметические операции, извлечение квадратного корня, вычисление логарифмических функций ( $\lg X$ ,  $\ln X$ ), тригонометрических ( $\sin X$ ,  $\cos X$ ,  $\operatorname{tg} X$ ,  $\arcsin X$ ,  $\arccos X$ ,  $\operatorname{arctg} X$ ) и некоторых других ( $1/X$ ,  $X^2$ ,  $e^X$ ).

Для хранения данных и накопления результатов имеется регистр памяти, а для хранения промежуточных результатов — рабочий регистр; предусмотрен показатель переполнения разрядной сетки.

На передней панели машины расположены клавиатура, переключатель питания, индикатор разряда аккумуляторов, индикаторное устройство, переключатель «Рад./Град.». Клавиатура содержит 20 клавиш: ввода, операционные и сброса. Клавиша совмещенной функции «F» позволяет использовать каждую клавишу для выполнения двух операций.

Клавиши ввода предназначены:

$\boxed{0}$  —  $\boxed{9}$  — для ввода цифровых данных;

$\boxed{,}$  — для ввода запятой.

Операционные клавиши имеют следующее назначение:

$\boxed{+}$ ,  $\boxed{-}$ ,  $\boxed{\times}$ ,  $\boxed{\div}$  — выполнение операции с последующей подготовкой к выполнению арифметической операции над числом на индикаторе и числом, набираемым после нажатия одной из указанных клавиш;

$\boxed{=}$  — выполнение ранее подготовленного действия и установка режима «константы», в котором постоянными будут число, находящееся на индикаторе перед нажатием клавиши  $\boxed{=}$ , и арифметическая операция, непосредственно предшествовавшая операции  $\boxed{=}$ ;

$\boxed{/-/}$  — изменение знака числа на индикаторе;

$\boxed{\leftrightarrow}$  — замена числа на индикаторе числом, находящимся в рабочем регистре.

Клавиша сброса «С» предназначена для очистки индикатора и сброса рабочего регистра, что осуществляется ее двукратным нажатием: первым очищается индикатор, вторым — рабочий регистр. Если ЭКВМ находилась в режимах совмещенной функции или переполнения, необходимо трехкратное нажатие клавиши «С»: первым снимается режим совмещенной функции или переполнения, остальными очищаются индикатор и рабочий регистр. Клавишей «С» можно выполнить очистку регистра памяти. С этой целью в память последовательным нажатием клавиш «С», «F», «ЗАП» записывается ноль.

При работе ЭКВМ в режиме совмещенной функции используется второе функциональное значение каждой клавиши (обозначено

над клавишей). Перевод ЭКВМ в режим совмещенной функции выполняется после нажатия клавиши «F», что обязательно перед выполнением следующих операций:

$\boxed{ДВ}$  — сброс последней набранной цифры;

$\boxed{CF}$  — устранение режима совмещенной функции (используется только после операций «ДВ» и «ArC»);

$\boxed{П+}$  — прибавление к содержимому памяти числа на индикаторе;

$\boxed{П-}$  — вычитание из содержимого памяти числа на индикаторе;

$\boxed{ИП}$  — вывод на индикатор содержимого памяти;

$\boxed{ЗАП}$  — запись числа на индикаторе в память;

$\boxed{X \leftrightarrow П}$  — обмен между содержимым индикатора и памяти;

$\boxed{П+X^2}$  — прибавление к содержимому памяти квадрата числа на индикаторе;

$\boxed{\pi}$  — высвечивание числа  $\pi=3,1415926$ ;

$\boxed{1/X}$  — высвечивание величины, обратной числу на индикаторе;

$\boxed{\sqrt{X}}$  — вычисление квадратного корня;

$\boxed{X^y}$  — возведение в степень;

$\boxed{\text{arc}}$  — вычисление обратных тригонометрических функций;

$\boxed{\ln}$ ,  $\boxed{e^x}$ ,  $\boxed{\lg}$ , — вычисление соответствующих функций от числа на индикаторе.

$\boxed{10^x}$ ,  $\boxed{\sin}$ ,  $\boxed{\cos}$ ,

$\boxed{\text{tg}}$

Переполнение возникает в тех случаях, когда результат вычислений имеет больше восьми десятичных разрядов и выполнение математической операции с данными числами невозможно. При переполнении на индикаторе горит знак «●».

Индикатор ЭКВМ предназначен для контроля вводимой информации и вывода результатов вычислений.

Переключатель питания предназначен для включения и выключения машины и имеет два соответствующих положения; переключатель «Рад./Град.» — для обеспечения ввода угловых величин соответственно в радианах или градусах.

При напряжении аккумуляторов ниже 4 В красная точка на индикаторе разряда аккумуляторов сигнализирует о необходимости их заряда.

### Подготовка ЭКВМ к работе и основные правила решения задач

200. При работе от аккумуляторов необходимо:

- поставить переключатель питания в положение «ВКЛ.» — на табло высвечивается произвольная комбинация цифр;
- нажать клавишу сброса «С» — на индикаторе высвечивается 0. Если на индикаторе разряда аккумуляторов высвечивается красная точка, машину необходимо выключить и перейти на работу от сети.

При работе от сети переменного тока необходимо:

- поставить выключатель питания в положение «ВЫКЛ.»;
- подсоединить ЭКВМ к блоку питания с помощью разъема;
- подключить блок питания к сети;
- поставить переключатель питания в положение «ВЫКЛ.»;
- нажать клавишу сброса «С» — на индикаторе высвечивается ноль.

При вычислениях на ЭКВМ соблюдают следующий порядок.

Последовательным нажатием клавиш 0—9 производят ввод чисел в порядке следования цифр. При этом цифры на индикаторе появляются справа налево. Число вводится с естественной запятой. При неправильном вводе числа нажимается клавиша сброса «С» и ввод повторяется. В ЭКВМ предусмотрена блокировка ввода: после ввода восьми цифр нажатие цифровых клавиш не изменяет состояния ЭКВМ.

Все операции в ЭКВМ выполняются автоматически. Для сложения, вычитания, умножения и деления последовательно выполняют следующие действия:

- нажимают дважды клавишу  $\boxed{C}$ ;
- набирают на клавиатуре первое число;
- нажимают клавишу операции;
- набирают на клавиатуре второе число;
- нажимают любую из клавиш  $\boxed{+}$ ,  $\boxed{-}$ ,  $\boxed{\times}$ ,  $\boxed{\div}$  или  $\boxed{=}$ ;
- считывают результат с индикатора.

Остальные операции выполняют в таком порядке

- нажимают дважды клавишу  $\boxed{C}$ ;
- набирают на клавиатуре аргумент функции;
- устанавливают при необходимости переключатель «Рад./Град.» в соответствующее положение;
- нажимают клавишу  $\boxed{F}$ ;
- нажимают одну или две клавиши операции;
- считывают результат с индикатора.

При вычислении прямых тригонометрических функций  $\sin x$ ,  $\cos x$ ,  $\operatorname{tg} x$  аргумент в ЭКВМ может задаваться как в радианах, так

и в градусах. В последнем случае угловая величина должна вводиться с клавиатуры в виде целых градусов и его долей. При вычислении обратных тригонометрических функций результат также может быть получен как в радианах, так и в градусах. Точность вычислений тригонометрических функций равна единице шестого разряда результата.

ЭКВМ имеет два регистра памяти, порядок их использования показан на следующих примерах:

Вид функции	Порядок работы на ЭКВМ
1. $Y=A-B+D$	$\boxed{C}$ $\boxed{A}$ $\boxed{F}$ $\boxed{ЗАП}$ $\boxed{B}$ $\boxed{П-}$ $\boxed{D}$ $\boxed{F}$ $\boxed{П+}$ $\boxed{F}$ $\boxed{ИП}$
2. $Y=A \times B$ (с записью результата в память)	$\boxed{C}$ $\boxed{A}$ $\boxed{\times}$ $\boxed{B}$ $\boxed{=}$ $\boxed{F}$ $\boxed{ЗАП}$
3. $Y = \sqrt{A^2+B^2}$	$\boxed{C}$ $\boxed{F}$ $\boxed{ЗАП}$ $\boxed{A}$ $\boxed{F}$ $\boxed{П+X^2}$ $\boxed{B}$ $\boxed{F}$ $\boxed{П+X^2}$ $\boxed{F}$ $\boxed{ИП}$ $\boxed{F}$ $\boxed{\sqrt{X}}$

### Решение геодезических задач

201. Рассмотрим вычисление поправки за центрировку и решение прямой геодезической задачи на плоскости:

Вычисление поправки за центрировку

Расчетная формула:  $C = \sin(M + \Theta) \cdot l/S$ .

Исходные данные:  $(M + \Theta) = 100^\circ 49'$ ,  $S = 4104$  м,  $l = 0,276$  м

- |                                  |   |   |
|----------------------------------|---|---|
| 1. $\boxed{C}$                   | } очистка: регистра,<br>клавиатуры,<br>памяти | 14. $\boxed{П+}$                                  |
| 2. $\boxed{\leftarrow}$          |   | 15. $\boxed{F}$                                   |
| 3. $\boxed{C}$                   |   | 16. $\boxed{=}$                                   |
| 4. $\boxed{F}$                   |   | 17. $\boxed{F}$                                   |
| 5. $\boxed{ЗАП}$                 |   | 18. $\boxed{\sin}$ (на индикаторе число 0,982233) |
| 6. Н6 100 (набор целых градусов) |   | 19. $\boxed{\times}$                              |
| 7. $\boxed{F}$                   |   | 20. Н6 0,276                                      |
| 8. $\boxed{ЗАП}$                 |   | 21. $\boxed{\div}$                                |
| 9. Н6 49 (набор целых минут)     |   | 22. Н6 4104                                       |
| 10. $\boxed{\div}$               |   | 23. $\boxed{\times}$                              |
| 11. Н6 60                        |   | 24. Н6 206265                                     |
| 12. $\boxed{=}$                  |   | 25. $\boxed{=}$ (на индикаторе число 13,61349").  |
| 13. $\boxed{F}$                  |   |   |

## Решение прямой геодезической задачи на плоскости

Расчетные формулы  $x_2 = S \cos \alpha + x_1$ ;  $y_2 = S \sin \alpha + y_1$ .

Исходные данные:  $\alpha = 107^\circ 35' 40,55''$ ,

$x_1 = 5648595,7$  м,

$S = 5093,03$  "

$y_1 = 6485079,9$  "

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| 1. $\boxed{C}$           | 22. $\boxed{F}$   |
| 2. $\boxed{\rightarrow}$ | 23. $\boxed{=}$ (на индикаторе число 107,59459)                 |
| 3. $\boxed{C}$           | 24. $\boxed{F}$   |
| 4. $\boxed{F}$           | 25. $\boxed{\sin}$ (на индикаторе число 0,953219)               |
| 5. $\boxed{ЗАП}$         | 26. $\boxed{\times}$  |
| 6. $\boxed{C}$           | 27. Н6 5093,0303  |
| 7. Н6 $107^\circ$        | 28. $\boxed{=}$ (на индикаторе число 4854,7732 = $\Delta y_1$ ) |
| 8. $\boxed{F}$           | 29. $\boxed{+}$   |
| 9. $\boxed{ЗАП}$         | 30. Н6 $y_1$ (6485079,9)  |
| 10. Н6 $35'$             | 31. $\boxed{=}$ (на индикаторе число 6489934,6 = $y_2$ )        |
| 11. $\boxed{\div}$       | 32. $\boxed{F}$   |
| 12. Н6 60                | 33. $\boxed{ИП}$  |
| 13. $\boxed{=}$          | 34. $\boxed{F}$   |
| 14. $\boxed{F}$          | 35. $\boxed{\cos}$ (на индикаторе число — 0,30228)              |
| 15. $\boxed{П+}$         | 36. $\boxed{\times}$  |
| 16. Н6 $40,55''$         | 37. Н6 5093,0303  |
| 17. $\boxed{\div}$       | 38. $\boxed{=}$ (на индикаторе число — 1539,5 = $\Delta x_1$ )  |
| 18. Н6 3600              | 39. $\boxed{+}$   |
| 19. $\boxed{=}$          | 40. НБ $x_1$ (5648595,7)  |
| 20. $\boxed{F}$          | 41. $\boxed{=}$ (на индикаторе число 5647056,2 = $x_2$ )        |
| 21. $\boxed{П+}$         |   |

### Арифмометры «Феликс» и ВК-1

202. Арифмометры «Феликс» и ВК-1 предназначены для выполнения инженерных расчетов и могут быть использованы для геодезических вычислений. Они представляют собой механические

счетные машины с ручным вводом исходных данных и выдачей результатов на механический счетчик.

Арифмометры позволяют выполнять операции сложения, вычитания, умножения и деления чисел, возведения их в степень и извлечение квадратного корня\*.

**203. Подготовка арифмометра к работе и решение задач.** Перед началом работы механизмы арифмометра приводят в исходное положение, при котором:

— каретка счетного механизма установлена так, что рычаг 12 (рис. 53) ее поразрядного перемещения своим уступом входит в одну из прорезей зубчатой планки 10;

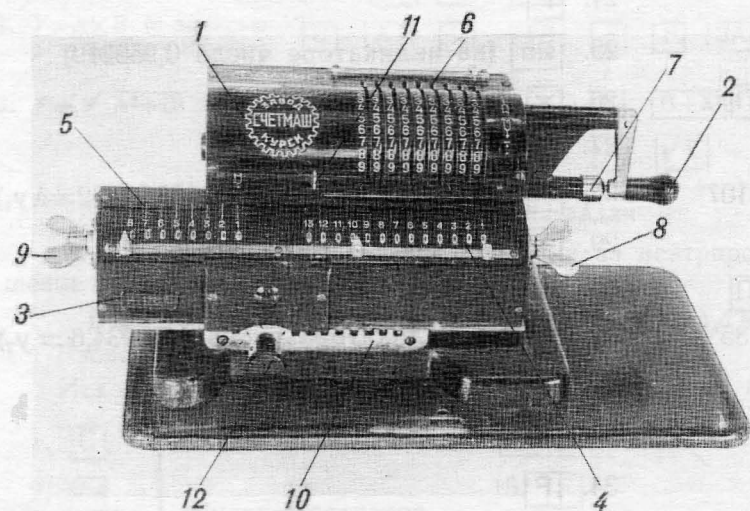


Рис. 53. Арифмометр «Феликс»

1 — корпус; 2 — рукоятка для вращения барабана; 3 — подвижная каретка; 4 — счетчик результатов; 5 — счетчик оборотов; 6 — рычаги установочного барабана; 7 — кронштейн рукоятки; 8 — барашек гашения счетчика результатов; 9 — барашек гашения счетчика оборотов; 10 — зубчатая планка для фиксации подвижной каретки; 11 — кнопка гасительной гребенки; 12 — рычаг подразрядного перемещения каретки

— рукоятка 2 для вращения барабана застопорена штифтом, входящим в углубление ее кронштейна 7;

— показания счетчиков (оборотов и результатов) погашены;

— гасительные барашки 8 и 9 обоих счетчиков горизонтальны и защелкнуты;

— кнопка 11 гасительной гребенки занимает крайнее правое положение, а рычаги 6 установочного барабана отведены на нули.

\* Арифмометр имеет ряд блокировочных приспособлений, исключающих его поломку.

Для проверки исправности арифмометра выполняют последовательное умножение числа 123456789 на числа, кратные 9 (9, 18, 27...). На счетчике результатов должны получаться соответственно числа: 1 111 111 101, 2 222 222 202, 3 333 333 303... Кроме того, арифмометр проверяют последовательным умножением числа 987 654 321 на числа, кратные 9, обратным вращением барабана. На счетчике результатов должны получаться числа 9901 111 111 111, 8801 111 111 111...

При выполнении операций на арифмометре соблюдается следующий порядок.

При сложении набирают на барабане с помощью установочных рычагов первое слагаемое и поворотом рукоятки на один оборот в направлении стрелки со знаком + (сложение) и × (умножение) переносят его на счетчик результатов 4; отводят кнопку 11 гасителя в левое положение и поворотом рукоятки до упора сбрасывают показания с барабана (приводят рычаги барабана в исходное положение); набирают на барабане второе слагаемое и поворачивают рукоятку на один оборот по ходу часовой стрелки. Сумму чисел считывают со счетчика результатов. Точно так же прибавляют к полученной сумме третье слагаемое, четвертое и т. д.

При вычитании набирают на барабане уменьшаемое и переносят его на счетчик результатов; приводят рычаги барабана в исходное положение; устанавливают на барабане вычитаемое и поворачивают рукоятку 2 на один оборот в обратном направлении. Разность чисел считывают со счетчика результатов. Если уменьшаемое меньше вычитаемого, то при вычитании арифмометр даст звонок и на счетчике результатов слева от уменьшаемого появятся девятки. Тогда абсолютную величину разности вычисляют как арифметическое дополнение числа, полученного на счетчике результатов, до единицы с тринадцатью нулями. Например, на счетчике результатов получено 9 999 999 97 284, тогда искомая разность 2716 будет отрицательной. На арифмометре можно получать алгебраическую сумму нескольких чисел. Для этого при суммировании вращают барабан в сторону положительного или отрицательного действия в зависимости от знака числа.

При сложении и вычитании чисел, содержащих десятичные дроби, все слагаемые приводят к одинаковому числу десятичных знаков (путем приписывания недостающих нулей) и далее действуют как с целыми числами.

Умножение чисел выполняют в следующем порядке. С помощью рычага 12 приводят каретку в крайнее левое положение; устанавливают на барабане первый сомножитель; вращая рукоятку 2 по ходу часовой стрелки, набирают на счетчике оборотов 5 второй сомножитель. Значение произведения чисел считывают со счетчика результатов.

При умножении целого числа на десятичную дробь или десятичной дробью на десятичную оперируют как с целыми числами. В



произведении отделяют запятой столько цифр с правой стороны, сколько десятичных знаков в обоих сомножителях, вместе взятых.

Деление чисел выполняют в следующем порядке. На барабане устанавливают делимое и переносят его на счетчик результатов; поворотом барашка 9 гасят единицу на счетчике оборотов; устанавливают на барабане делитель так, чтобы его первая цифра находилась против первой цифры делимого; вращают рукоятку 2 против хода часовой стрелки до появления звонка или цифры 9 в старших разрядах счетчика оборотов, после чего поворачивают рукоятку 2 на один оборот назад и на счетчике оборотов получают первую цифру частного; затем переводят каретку на один разряд влево и повторяют указанные выше действия, пока на счетчике оборотов не появится необходимое число цифр частного. При делении десятичных дробей делимое и делитель предварительно приводят к целым числам.

Возведение в степень сводится к операции умножения. Извлечение квадратного корня производится путем последовательных приближений по формуле

$$\sqrt{A} = \frac{1}{2} \left( \frac{A}{A_0} + A_0 \right),$$

где  $A$  — подкоренное число;

$A_0$  — приближенное значение квадратного корня, вычисленное на логарифмической линейке или выбранное из таблицы квадратов чисел.

Пример.  $A = 2\,186\,455\,980$ ;  $A_0 = 46800$ ;  $\sqrt{A} = 46759,5$ .

**204. Вычислительная машина ВК-1** (рис. 54) относится к типу арифмометров с клавишной установкой чисел.

Перед началом вычислений механизмы машины ВК-1 должны быть приведены в исходное положение:

— рукоятка вращения установочного барабана 7 зафиксирована в кронштейне;

— показания счетчиков (оборотов 12 и результатов 11) погашены;

— установочный барабан находится в крайнем правом положении.

Проверка исправности ВК-1 выполняется так же, как арифмометра «Феликс». Машина имеет ряд блокировочных приспособлений, исключающих ее поломку.

При вычислениях на машине соблюдается следующий порядок выполнения операций.

При сложении нажатием клавиш 3 набирают первое слагаемое и поворотом на один оборот по ходу часовой стрелки рукоятки 7 переносят его на счетчик результатов 11; нажимают рычаг 6 и гасят тем самым число на установочном барабане; набирают второе слагаемое, поворачивают рукоятку 7 на один оборот по ходу часовой стрелки и считывают сумму чисел со счетчика результатов 11. Так же к полученной сумме прибавляют третье слагаемое, четвертое и т. д.

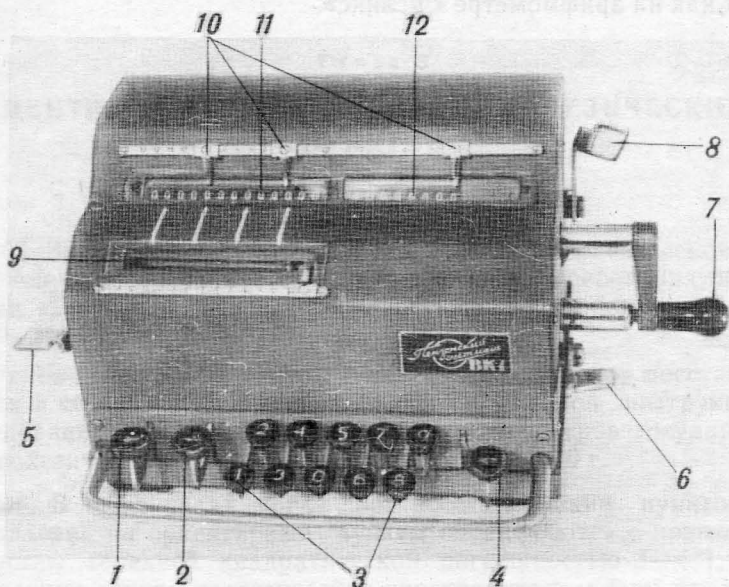


Рис. 54. Вычислительная машина ВК-1

1 и 2 — клавиши поразрядного перемещения установочного барабана; 3 — клавиатура набора чисел; 4 — клавиша полного освобождения каретки установочного барабана; 5 — рычаг гашения счетчика результатов; 6 — рычаг гашения набора; 7 — рукоятка вращения установочного барабана; 8 — рычаг гашения счетчика оборотов; 9 — окно установочного барабана; 10 — указатели запятых; 11 — счетчик результатов; 12 — счетчик оборотов

При вычитании нажатием клавиш 3 набирают уменьшаемое и поворотом на один оборот по ходу часовой стрелки рукоятки 7 переносят его на счетчик результатов 11; гасят число на установочном барабане; набирают вычитаемое и поворачивают рукоятку 7 на один оборот против хода часовой стрелки; считывают разность чисел со счетчика результатов 11.

При умножении нажатием клавиш 3 набирают первый сомножитель и вращением по ходу часовой стрелки рукоятки 7 набирают на счетчике оборотов 12 второй сомножитель; произведение чисел считывают со счетчика результатов.

При делении нажатием клавиш 3 набирают делимое, нажимают клавишу 4 и поворотом на один оборот по ходу часовой стрелки рукоятки 7 переносят делимое на счетчик результатов 11; нажимают рычаги 5 и 6; набирают делитель и нажимают клавишу 4; вращают рукоятку 7 против хода часовой стрелки до звонка или до появления девяток впереди делимого на счетчике результатов; пово-

рачивают на один оборот по часовой стрелке рукоятку 7 и получают на счетчике оборотов первую цифру частного; нажимают клавишу 2 и повторяют указанные действия, пока на счетчике оборотов не появится необходимое число цифр частного.

Возведение числа в степень, извлечение квадратного корня выполняют, как на арифмометре «Феликс».

---

## ЦЕНТРЫ И НАРУЖНЫЕ ЗНАКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПУНКТОВ

### Центры геодезических пунктов

**205.** Закрепление пунктов государственной геодезической и нивелирной сетей выполняется в соответствии с требованиями инструкции «Центры и реперы государственной геодезической сети СССР» 1973 г.

Ранее заложенные центры геодезических пунктов восстанавливаются в соответствии с требованиями «Временной инструкции по обследованию и восстановлению пунктов и реперов государственной геодезической и нивелирной сетей СССР» 1970 г.

**206.** В тех случаях, когда при восстановлении пунктов ГГС направления на ориентирные пункты определяются с повышенной точностью (средней квадратической погрешностью 3—4"), ранее заложенные центры геодезических пунктов должны быть приведены в соответствие требованиям «Инструкции о построении государственной геодезической сети СССР» 1966 г. или инструкции «Центры и реперы государственной геодезической сети СССР» 1973 г.

Ориентирные пункты, направления на которые определяются с повышенной точностью, закрепляются железобетонными пилонными или железобетонными свайными или стальными трубчатыми центрами.

Пилонные и свайные центры устанавливаются в зоне сезонного промерзания грунтов, трубчатые — в труднодоступных районах с глубоким промерзанием грунта, в зоне многолетней мерзлоты и в районах подвижных песков.

**207.** В верхний торец центра ориентирного пункта монтируют заподлицо чугунную марку (рис. 55) с надписью «ОРП» и отверстием диаметром 2 мм посередине.

В 1—1,5 м от ориентирного пункта устанавливается опознавательный знак с охранной плитой (рис. 56).

Центры ориентирных пунктов и опознавательные знаки должны выступать над грунтом на 0,15 и 1,1 м соответственно.

**208.** Пилонные центры состоят из железобетонного пилона квадратного сечения 16×16 см или асбоцементной трубы диамет-

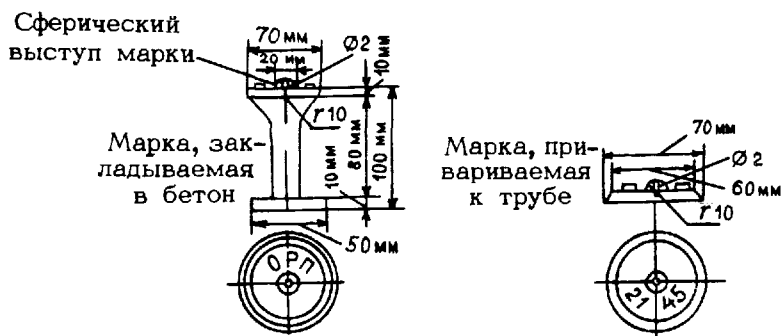


Рис. 55. Марки центров геодезических и ориентирных пунктов



Рис. 56. Охранная плита для центров геодезических и ориентирных пунктов

ром 14—16 см, заполненной бетоном, и бетонного якоря (рис. 57). Якорь имеет в средней части сквозное отверстие, в которое устанавливается основание пилона или асбоцементной трубы и заливается цементный раствор. Для лучшего скрепления асбоцементной трубы и якоря до заполнения трубы бетоном вставляют в просверленные в ее нижней части отверстия два стальных стержня сечением 10 мм и длиной 25 см.

209. Для каркаса пилона применяют арматурную сталь: диаметром 10—12 мм — для продольных стержней и 5—6 мм — для поперечных хомутиков (рис. 57). Для скрепления арматурных каркасов используют электрическую или газовую сварку или проволоку диаметром 1 мм. Поперечные хомутики устанавливаются через 20—25 см вдоль продольных стержней. К одной из граней каркаса, предназначенного для опознавательного знака, на верхнем конце приваривается стальная пластинка с резьбовыми отверстиями для крепления охранной плиты. Поперечное сечение каркаса должно быть таким, чтобы его защитный бетонный слой снаружи мог иметь толщину 2—3 см. Каркас должен быть закрыт слоем бетона и с торцов.

210. Перед установкой якоря пилона в котлован заливают слой цементного раствора толщиной 3—5 см. Тот же раствор заливают в отверстие якоря (до половины) и вставляют в него пилон или асбоцементную трубу. Устанавливают верхнюю часть пилона с помощью

распорок или растяжек в вертикальное положение, после чего заполняют котлован (скважину) местным грунтом и послойно утрамбовывают. Заполнение котлована грунтом должно производиться сразу после установки пилона до того, как цементный раствор между пилоном и якорем начнет затвердевать. Центр пункта закладывается на глубину не менее 1,5 м, а его основание должно располагаться на 0,5 м ниже границы наибольшего промерзания грунта.

211. В скальных грунтах высота пилона выбирается в зависимости от глубины залегания скальной породы. Нижняя часть пилон (асбоцементной трубы) цементируется в выемке в скальной породе или в бетонном якоря, скрепленном со скалой цементным раствором (рис. 58). При выходе скальной породы на поверхность земли или залегании ее на глубине до 0,2 м центр представляет собой марку, зацементированную в ненарушенный скальный грунт (рис. 59).

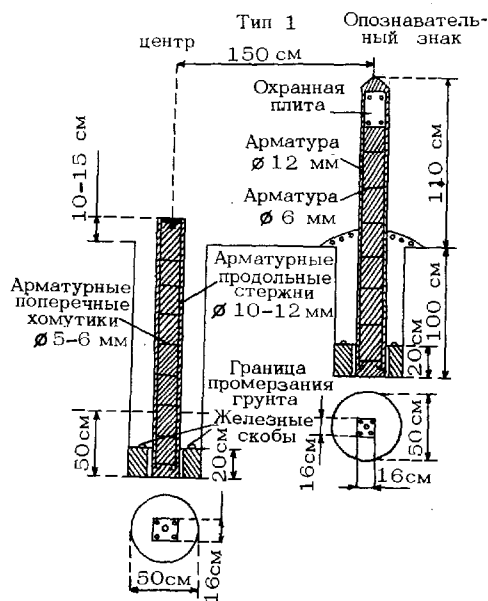


Рис. 57. Пилонный центр для области сезонного промерзания грунта

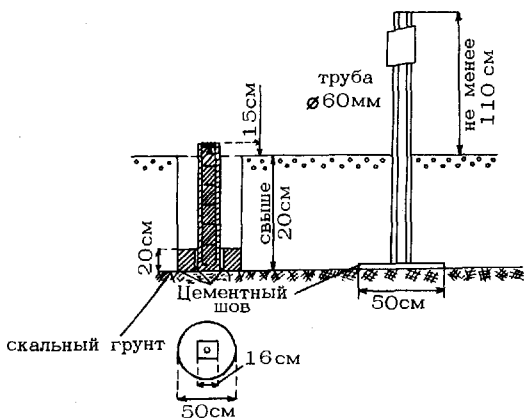


Рис. 58. Пилонный центр для скальных грунтов

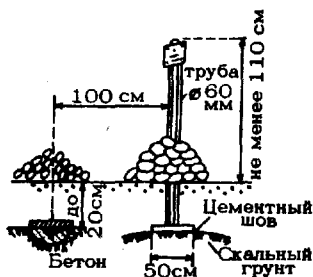


Рис. 59. Центр, закладываемый в скальную породу, выходящую на поверхность или залегающую на глубине до 20 см

**212. Свайные центры.** Свайный центр и сопровождающий его опознавательный знак представляют собой железобетонные сваи квадратного сечения  $20 \times 20$  см и длиной 3 или 4 м (рис. 60). В южной части зоны сезонного промерзания грунтов (к югу от линии Ужгород, Харьков, Актюбинск, Караганда, оз. Зайсан) применяются стандартные железобетонные сваи СУЗ-20, а в северной ее части — сваи СУ4-20, масса которых соответственно составляет 310 и 410 кг.

Если сваи изготавливаются на заводе железобетонных конструкций, то заказом предусматривают, чтобы в их торцах было сформировано гнездо для установки стандартной чугунной марки, а в верхней части одной из граней вмонтирована стальная пластина

для крепления охранной плиты. При приемке свай от завода-изготовителя проверяют их соответствие техническим условиям.

Все операции, связанные с погрузкой и выгрузкой свай, а также с переводом их из горизонтального в вертикальное положение должны производиться плавно, без рывков и ударов. Сваи должны захватываться одновременно за две петли. Во время транспортировки должны быть приняты меры по предохранению свай от ударов. Перетаскивание свай волоком не допускается.

Свайные центры и сопровождающие их свайные опознавательные знаки забиваются в грунт сваебойными установками.

**213. Стальные трубчатые центры и опознавательные знаки** изготавливаются из стальных труб диаметром не менее 60 мм с толщиной стенок не менее 3 мм.

С одного конца трубы приваривается марка, другой конец трубы заваривается для исключения коррозии в ее полости.

Трубчатый центр в зависимости от грунта и способа погружения снабжается стальным или бетонным якорем, а трубчатый опознавательный знак — охранной плитой.

Трубчатые центры для труднодоступных районов с глубоким промерзанием грунта и зоны многолетней мерзлоты показаны на рис. 61—63.

**214.** В районах подвижных песков применяются трубчатые центры, которые закладываются в грунт с помощью бурения самой трубой (рис. 64). Это должна быть обязательно оцинкованная труба; ее нижняя часть имеет однолопастный винт диаметром 15—20 см, а верхняя несет марку и охранную плиту. Опознавательный знак при таком центре не устанавливается.

На все виды стальных трубчатых центров, кроме тех, которые закладываются с помощью бурения перед погружением, наносится антикоррозийное покрытие.

Скважина или котлован после установки центров (рис. 61 и 62) заполняется местным грунтом, который послойно утрамбовывают. Скважина центра, приведенного на рис. 63, заполняется цементным раствором.

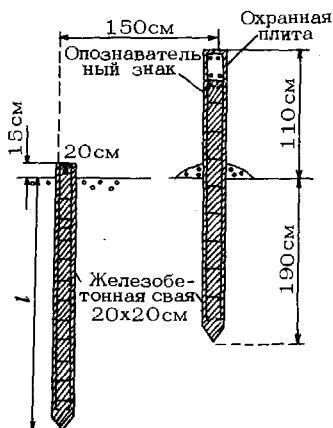


Рис. 60. Свайный центр для области сезонного промерзания грунта (в южной зоне  $l=300$  см, в северной зоне  $l=400$  см)



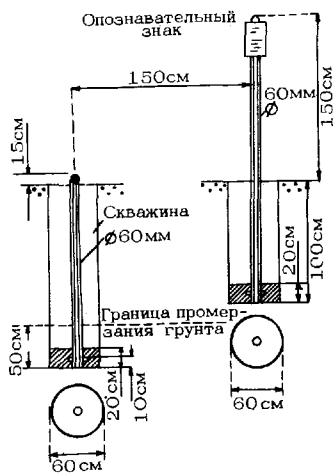


Рис. 61. Трубчатый центр для труднодоступных районов с глубоким промерзанием грунта

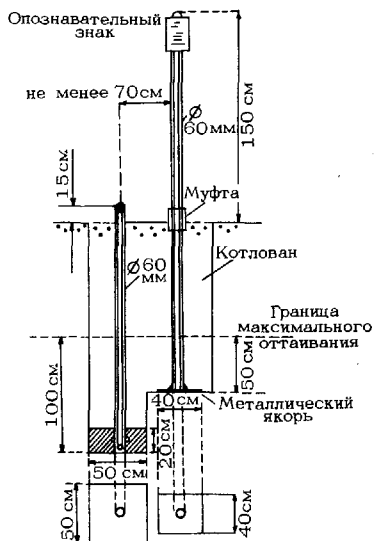


Рис. 62. Трубчатый центр для зоны многолетней мерзлоты, устанавливаемый в котлован

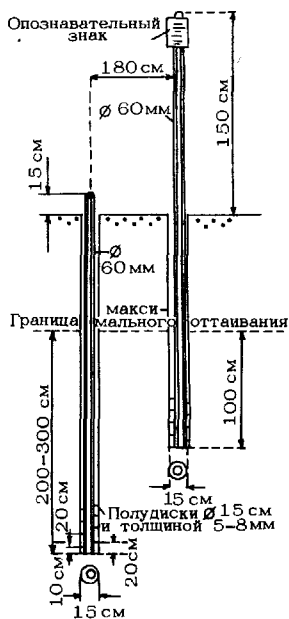


Рис. 63. Трубчатый центр для зоны многолетней мерзлоты, устанавливаемый в скважину

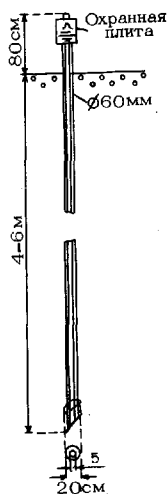


Рис. 64. Трубчатый центр для районов подвижных песков

215. Для обеспечения долговременной сохранности пунктов СГС закрепление их на местности производится пилонными и свайными, а также стальными трубчатыми центрами. В зоне сезонного промерзания закладываются пилонные центры на глубину не менее 1 м (рис. 65), а также центры в виде монолита с металлической трубой (рис. 66).

216. При закреплении пунктов СГС охранная плита и опознавательный знак не устанавливаются. Вместо марок разрешается применять кованые гвозди или металлические стержни с крестообразными насечками на шляпках или верхних гранях.

Пункты СГС окапываются квадратной канавой и около центра пункта насыпается курган. Внутренний край канавы должен проходить на расстоянии 1 м от столбов наружного знака. Размеры канавы и кургана показаны на рис. 65 и 66.

В районах вечной мерзлоты пункты не окапываются, а курганы вокруг центра сооружаются из торфа или мха и покрываются дерном.

В районах сыпучих песков вместо внешнего оформления пункта на площадке, где он расположен, устраивается защита из ветвей и кустарника.

В горных районах со скалистым грунтом, где окопка пункта невозможна, вокруг центра пункта сооружается курган из камней.

217. При выполнении работ в сокращенные сроки на пунктах и ориентирных пунктах СГС разрешается закладывать центры, изготовленные из местных подручных материалов, например: деревянных столбов, рельсов, металлических труб и т. п., а в лесистой местности использовать в этих целях прочные пни.

Длина деревянного столба, рельса, трубы должна быть не менее 1,0 м, толщина деревянного столба — не менее 10—15 см. В верхний срез столба забивается гвоздь или стреляная гильза. В верхней части рельса делается крестообразная насечка, а к верхней части трубы крепится марка. Центр обязательно снабжается якорем.

При закладке центров этого типа в мягком грунте для ускорения земляных работ рекомендуется использовать ручные бурофрезы БФ-150 или БФ-300 (табл. 91).

Таблица 91

Основные технические характеристики

Характеристика	БФ-150	БФ-300
Диаметр, мм	150	300
Глубина бурения, м	до 4	до 1,5
Средняя скорость бурения в мягком грунте, м/ч	4	3
Масса, кг	15	8

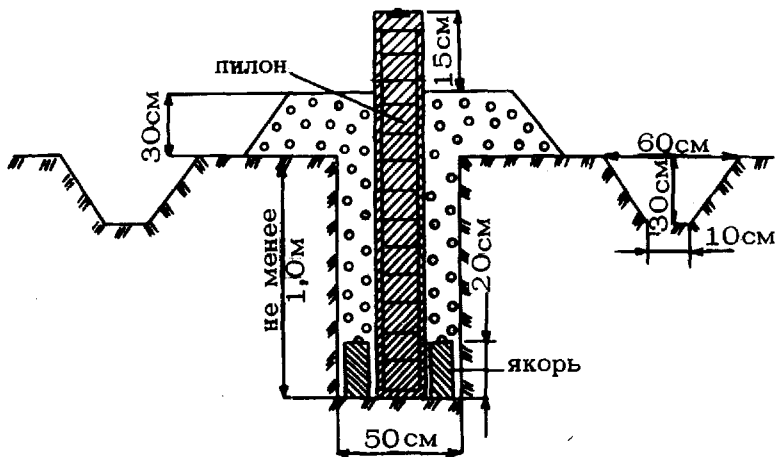


Рис. 65. Пилонный центр пункта СГС

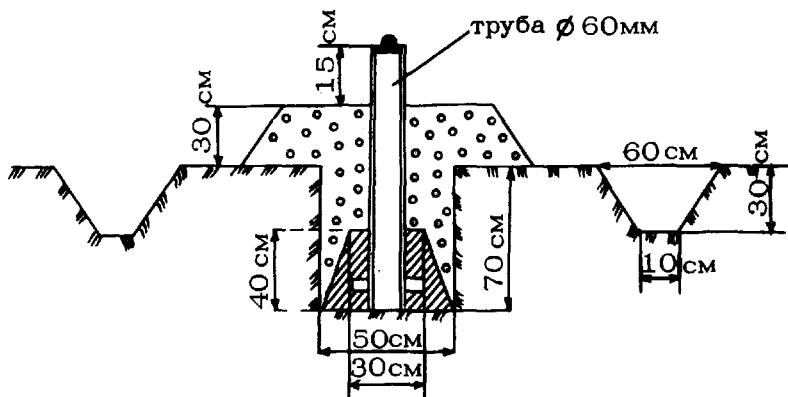


Рис. 66. Трубчатый центр пункта СГС

При выполнении работ в сокращенные сроки внешнее оформление пунктов, как правило, не производится.

**218.** На ориентирных пунктах СГС закладываются такие же центры, как и на пунктах СГС в условиях данного района работ. Ориентирные пункты окапываются круглой канавой диаметром 90 см по внутреннему краю; размеры канавы и кургана указаны на рис. 65, 66.

**219.** Фундаментальные железобетонные столбовые центры используются для закрепления геодезических пунктов, к стабильности которых предъявляются повышенные требования.

В зоне сезонного промерзания грунта с этой целью используется железобетонная четырехгранная правильная усеченная пирамида, которая составляет одно целое с мощной опорной плитой, лежащей ниже горизонта промерзания грунта (рис. 67). Верхняя часть столбового центра с маркой может располагаться на уровне поверхности грунта или значительно возвышаться над ним, выполняя роль штатива для измерительного прибора. В последнем случае для уменьшения приземной боковой рефракции столб иногда выводят на 2—3 м над грунтом, устраивая на высоте 1—2 м площадку для наблюдателя.

Столбовые центры закладывают в грунт котлованным способом. Закладку, как правило, производят при температуре выше нуля. Если же такая необходимость возникает при температуре ниже нуля, ни в коем случае нельзя допускать промерзания грунта в основании центра. Не допускается также нарушение естественной целостности грунта под будущим основанием центра. Дно котлована должно быть обработано как горизонтальная плоскость вручную.

Заблаговременно вне котлована изготавливают каркас, сваривая его из прутьев арматурной стали диаметрами 16, 12 и 8 мм (рис. 68) и сборно-разборную опалубку из струганых досок для формирования столба. Цемент для столба должен иметь марку не ниже 200 и морозостойкость не ниже 150. Если грунтовые воды в месте закладки обладают общекислотной или выщелачивающей реакцией по отношению к бетону, то для сооружения столбового центра используется сульфатостойкий портландцемент или пуцолановый цемент.

Дно котлована заливают бетонной смесью следующего состава: цемент — 1 часть, песок крупнозернистый (речной или морской) и мелкая галька или щебень — по 2 части и вода — 1 часть.

Затем в котлован на бетонную подушку вертикально устанавливают каркас из арматурной стали и последовательно окружают его опалубкой так, чтобы расстояние между выступающими элементами каркаса и опалубкой было не менее 10 мм. Опалубку непрерывно заполняют раствором и через каждые 30 см утрамбовывают бетон — до появления на его поверхности влаги. Приостановка заливки раствора более чем на 30 мин недопустима. После того, как столб сформирован, в его торец закладывается марка или деревян-



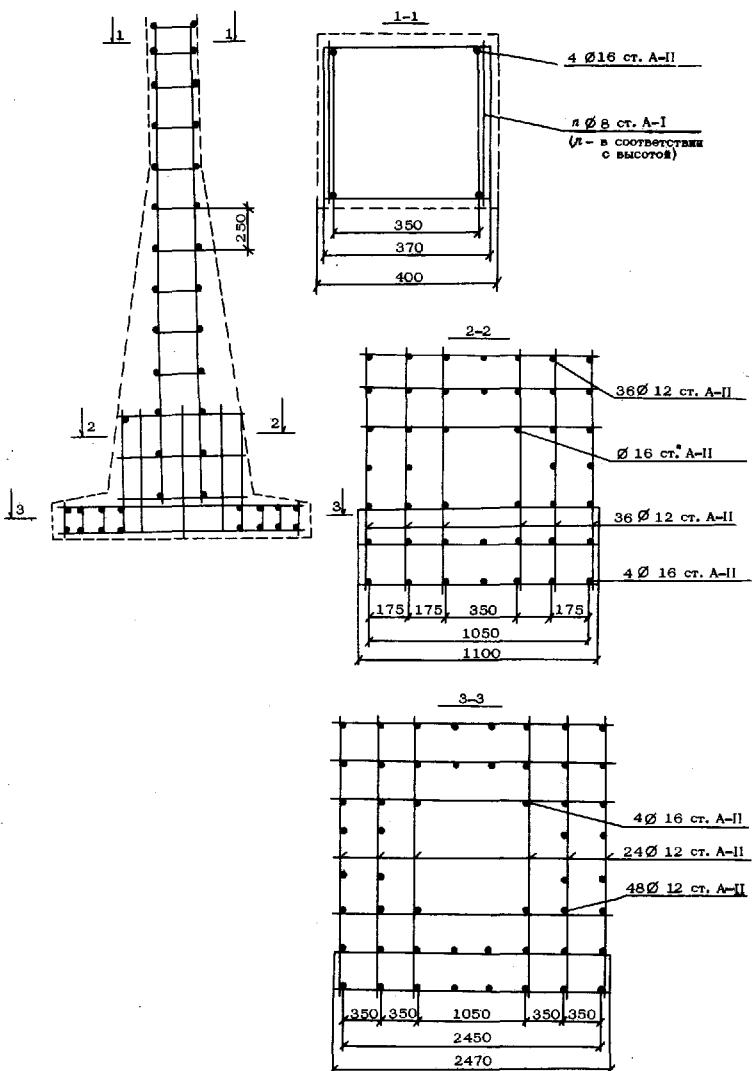


Рис. 68. Конструкция стального каркаса фундаментального центра

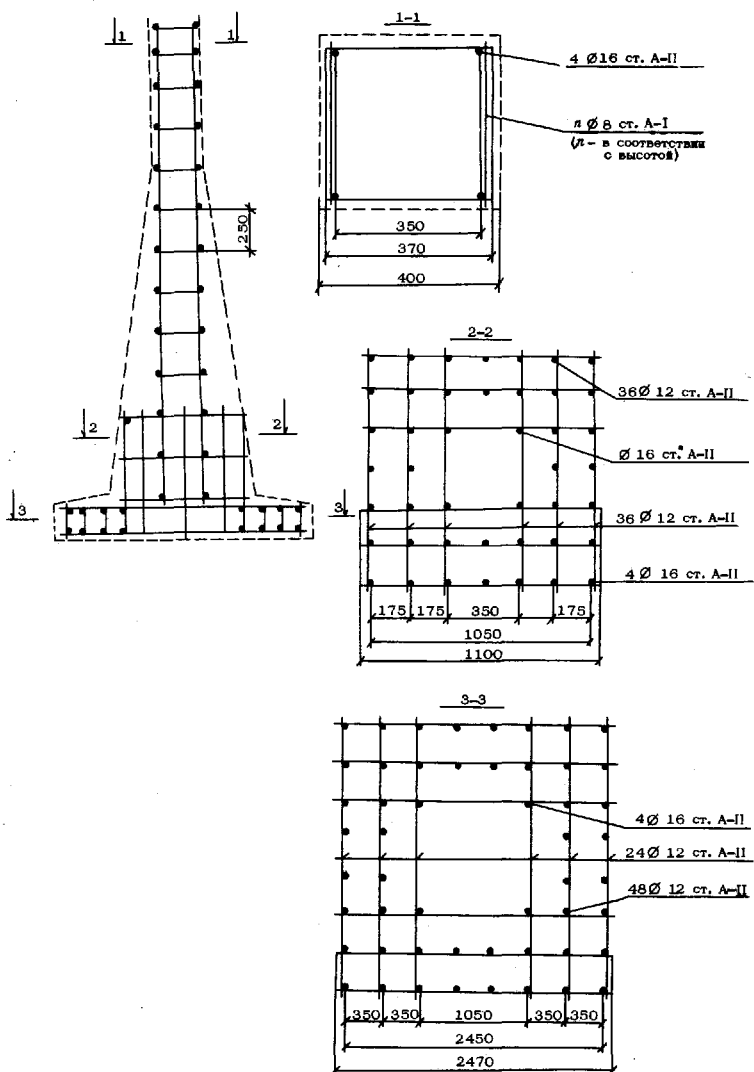


Рис. 68. Конструкция стального каркаса фундаментального центра

ный брусок для гнезда марки. Опалубку снимают через трое суток, в течение которых столб периодически поливают водой. Затем столб штукатурят цементным раствором, а перед засыпкой котлована покрывают дважды битумным составом.

Котлован засыпается двумя видами породы: область, прилегающая к столбу, — песчано-гравийной смесью, которая для уплотнения поливается водой, а окружающая ее область — грунтом, извлеченным при рытье котлована; он послойно утрамбовывается.

### **Сваебойная установка «Стрела» и порядок работ при забивке свайных центров и опознавательных знаков**

220. Для забивки свай СУЗ-20 и СУ4-20, используемых в качестве центров и опознавательных знаков геодезических пунктов, применяется сваебойная установка «Стрела» (рис. 69). Она смонтирована на базовом автомобиле ЗИЛ-131 и включает следующие основные агрегаты: копер для установки и удержания сваи над местом забивки, кран для укладки сваи на борт автомобиля или подачи ее к копру, трубчатый дизель-молот для забивки сваи, компрессор с гидроприводами копра и крана и пульт управления.

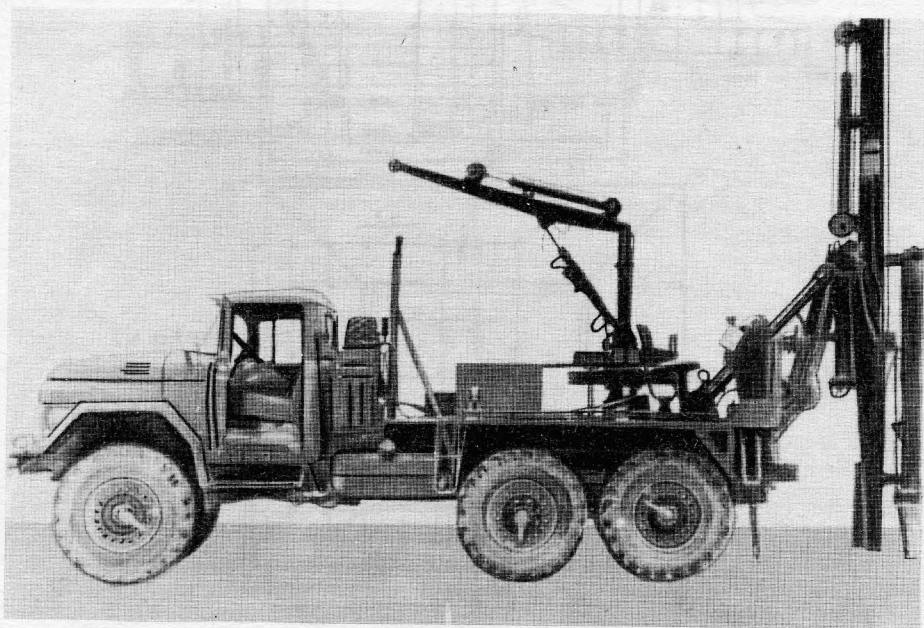


Рис. 69. Сваебойная установка «Стрела»



### Основные технические характеристики

Максимальная длина забиваемой сваи . . . . .	4 м
Время забивки сваи . . . . .	20 мин
Грузоподъемность укладчика (крана) . . . . .	650 кг
Грузоподъемность мачты копра . . . . .	950 „
Установочные продольный и поперечный углы наклона мачты . . . . .	15°
Перемещение мачты в продольном и поперечном направлениях . . . . .	0,5 м
Габариты установки:	
в походном положении . . . . .	8,7×2,4×3,4 м
в рабочем положении . . . . .	7,6×2,4×6,7 „
Масса установки . . . . .	9 100 кг
Время приведения установки в рабочее положение . . . . .	32 мин

221. Забивку сваи установкой «Стрела» производят в следующем порядке:

— располагают установку так, чтобы точка забивки сваи находилась в зоне перемещения мачты копра;

— открывают пульт управления, освобождают крепление копра, молота и укладчика свай, включают коробку отбора мощности, проверяют наличие давления в гидравлической системе и дизельного топлива в молоте;

— поднимают и устанавливают вертикально мачту копра;

— берут стропами стрелы укладчика сваю с борта автомобиля и укладывают ее на земле перпендикулярно к продольной оси сваебойной установки, при этом верхний конец сваи должен находиться в 0,5 м от точки забивки и быть приподнятым над землей на 15—20 см (рис. 70);

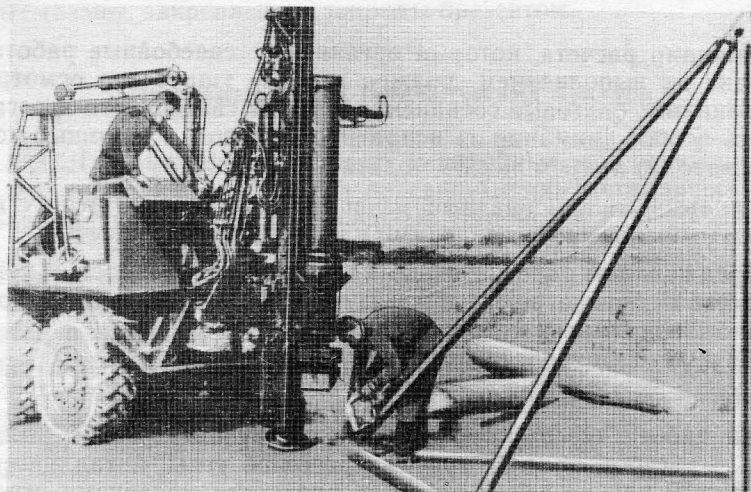


Рис. 70. Подготовка сваи для забивки в грунт

### Основные технические характеристики

Максимальная длина забиваемой сваи . . . . .	4 м
Время забивки сваи . . . . .	20 мин
Грузоподъемность укладчика (крана) . . . . .	650 кг
Грузоподъемность мачты копра . . . . .	950 „
Установочные продольный и поперечный углы наклона мачты . . . . .	15°
Перемещение мачты в продольном и поперечном направлениях . . . . .	0,5 м
Габариты установки:	
в походном положении . . . . .	8,7×2,4×3,4 м
в рабочем положении . . . . .	7,6×2,4×6,7 „
Масса установки . . . . .	9 100 кг
Время приведения установки в рабочее положение . . . . .	32 мин

221. Забивку сваи установкой «Стрела» производят в следующем порядке:

— располагают установку так, чтобы точка забивки сваи находилась в зоне перемещения мачты копра;

— открывают пульт управления, освобождают крепление копра, молота и укладчика свай, включают коробку отбора мощности, проверяют наличие давления в гидравлической системе и дизельного топлива в молоте;

— поднимают и устанавливают вертикально мачту копра;

— берут стропами стрелы укладчика сваю с борта автомобиля и укладывают ее на земле перпендикулярно к продольной оси сваебойной установки, при этом верхний конец сваи должен находиться в 0,5 м от точки забивки и быть приподнятым над землей на 15—20 см (рис. 70);

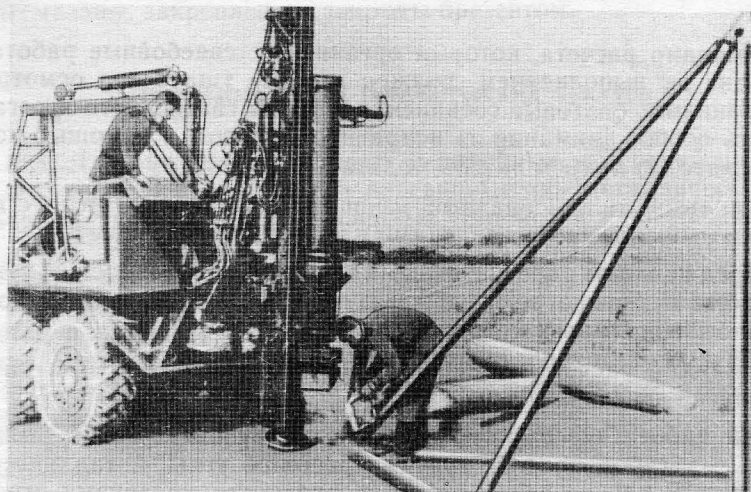


Рис. 70. Подготовка сваи для забивки в грунт

— обхватывают сваю петлей троса рамки и насаживают рамку на верхнюю часть сваи так, чтобы петля троса зашла за верхнюю монтажную петлю сваи;

— поднимают молот со сваей до ее свободного повисания;

— закрепляют захватами нижний конец сваи и устанавливают ее над точкой забивки;

— устанавливают выносные опоры и пята мачты в рабочее положение;

— контролируют вертикальность установки мачты и сваи по нитяному отвесу;

— заводят дизель-молот и начинают забивку сваи.

В процессе забивки сваи следят за правильностью ее погружения в грунт и исправностью молота. При подходе верхней монтажной петли к поверхности грунта останавливают молот, вешают петлю троса и рамку на крюки наголовника молота и после этого забивают сваю на требуемую глубину.

Сваю опознавательного знака при забивке разворачивают вокруг оси так, чтобы пластина для крепления охранной плиты была повернута в сторону центра пункта.

По окончании забивки сваи центра и опознавательного знака в торец сваи центра ставят на цементном растворе марку, а к пластине сваи опознавательного знака привертывают охранную плиту.

**222. Правила по технике безопасности при сваебойных работах.** К выполнению свайных работ допускаются лица, которые изучили по специальной программе материальную часть сваебойных установок, технологию забивки свай и правила по технике безопасности.

Командир расчета, который организует сваебойные работы и руководит их выполнением, должен заранее тщательно осмотреть все механизмы, болтовые соединения и тросы сваебойного агрегата, обратить особое внимание на исправность тросов, с помощью которых производят подъем дизель-молота и сваи.

Использовать неисправные, изношенные стальные тросы с петлеобразными заломами, вмятинами и коррозией запрещается.

Перед началом работ необходимо обеспечить прочность и устойчивость сваебойных агрегатов. Автомобиль при сваебойных работах должен быть поставлен на ручной тормоз.

Командир расчета обязан предупредить личный состав расчета о запуске дизель-молота.

При работе дизель-молота нельзя допускать резких рывков, крутых перегибов тросов, трения тросов об углы металлических предметов. В случае какой-либо неисправности механизма агрегат должен быть немедленно остановлен и введен в действие только после ее устранения.

— обхватывают сваю петлей троса рамки и насаживают рамку на верхнюю часть сваи так, чтобы петля троса зашла за верхнюю монтажную петлю сваи;

— поднимают молот со сваей до ее свободного повисания;

— закрепляют захватами нижний конец сваи и устанавливают ее над точкой забивки;

— устанавливают выносные опоры и пята мачты в рабочее положение;

— контролируют вертикальность установки мачты и сваи по нитяному отвесу;

— заводят дизель-молот и начинают забивку сваи.

В процессе забивки сваи следят за правильностью ее погружения в грунт и исправностью молота. При подходе верхней монтажной петли к поверхности грунта останавливают молот, вешают петлю троса и рамку на крюки наголовника молота и после этого забивают сваю на требуемую глубину.

Сваю опознавательного знака при забивке разворачивают вокруг оси так, чтобы пластина для крепления охранной плиты была повернута в сторону центра пункта.

По окончании забивки сваи центра и опознавательного знака в торец сваи центра ставят на цементном растворе марку, а к пластине сваи опознавательного знака привертывают охранную плиту.

**222. Правила по технике безопасности при сваебойных работах.** К выполнению свайных работ допускаются лица, которые изучили по специальной программе материальную часть сваебойных установок, технологию забивки свай и правила по технике безопасности.

Командир расчета, который организует сваебойные работы и руководит их выполнением, должен заранее тщательно осмотреть все механизмы, болтовые соединения и тросы сваебойного агрегата, обратить особое внимание на исправность тросов, с помощью которых производят подъем дизель-молота и сваи.

Использовать неисправные, изношенные стальные тросы с петлеобразными заломами, вмятинами и коррозией запрещается.

Перед началом работ необходимо обеспечить прочность и устойчивость сваебойных агрегатов. Автомобиль при сваебойных работах должен быть поставлен на ручной тормоз.

Командир расчета обязан предупредить личный состав расчета о запуске дизель-молота.

При работе дизель-молота нельзя допускать резких рывков, крутых перегибов тросов, трения тросов об углы металлических предметов. В случае какой-либо неисправности механизма агрегат должен быть немедленно остановлен и введен в действие только после ее устранения.

### Запрещается:

- оставлять без присмотра работающий дизель-молот;
- допускать посторонних лиц к работающему дизель-молоту;
- находиться у работающего молота ближе чем в 3 м;
- находиться в кабине автомобиля при погрузке (выгрузке) свай и установке молота на мачту;
- выполнять сваебойные работы при ветре силой более 20 м/с;
- обслуживать и ремонтировать сваебойную установку при поднятом и незастопоренном молоте;
- забивать сваи при боковых колебаниях наголовника или молота;
- производить резкое торможение при подъеме (спуске) свай или молота, а также резкое переключение управления с прямого хода на обратный;
- надевать во время работы на блок соскочивший трос;
- производить во время забивки свай ремонт, чистку или смазку частей механизма;
- загружать лебедку (стрелу подъемника) сверх ее номинальной грузоподъемности;
- исправлять во время забивки положение свай или наголовника.

Во время перерыва или по окончании работы молот должен быть опущен в нижнее положение до упора или переведен в положение для перевозки. Оставлять молот висющим на тросе запрещается. В нерабочее время все рабочие механизмы установки должны быть смазаны, закреплены и закрыты брезентом.

## Наружные знаки геодезических пунктов

223. Для выполнения угловых и линейных измерений на пунктах геодезических сетей строят деревянные или металлические геодезические знаки, имеющие визирные устройства и приспособления для установки геодезических приборов. В зависимости от условий местности, возможностей и вида предстоящих работ выбирается тип геодезических знаков: вежа, тур, простая и двойная пирамиды, простой и сложный сигналы\*, сборно-разборный металлический сигнал. При выборе типа и высоты знака исходят из того, чтобы при визировании на наблюдаемые пункты луч проходил не менее чем в 2 м над подстилающей поверхностью.

---

\* Постройка деревянных пирамид и сигналов выполняется в соответствии с требованиями действующего Руководства по постройке геодезических знаков.

224. Вехи допускается устанавливать на пунктах СГС-60. Простая веха представляет собой жердь с визирным приспособлением из подручного материала (рис. 71), которую устанавливают вертикально над центром пункта, укрепляя тремя подпорами. Вокруг вехи насыпают земляной курган.

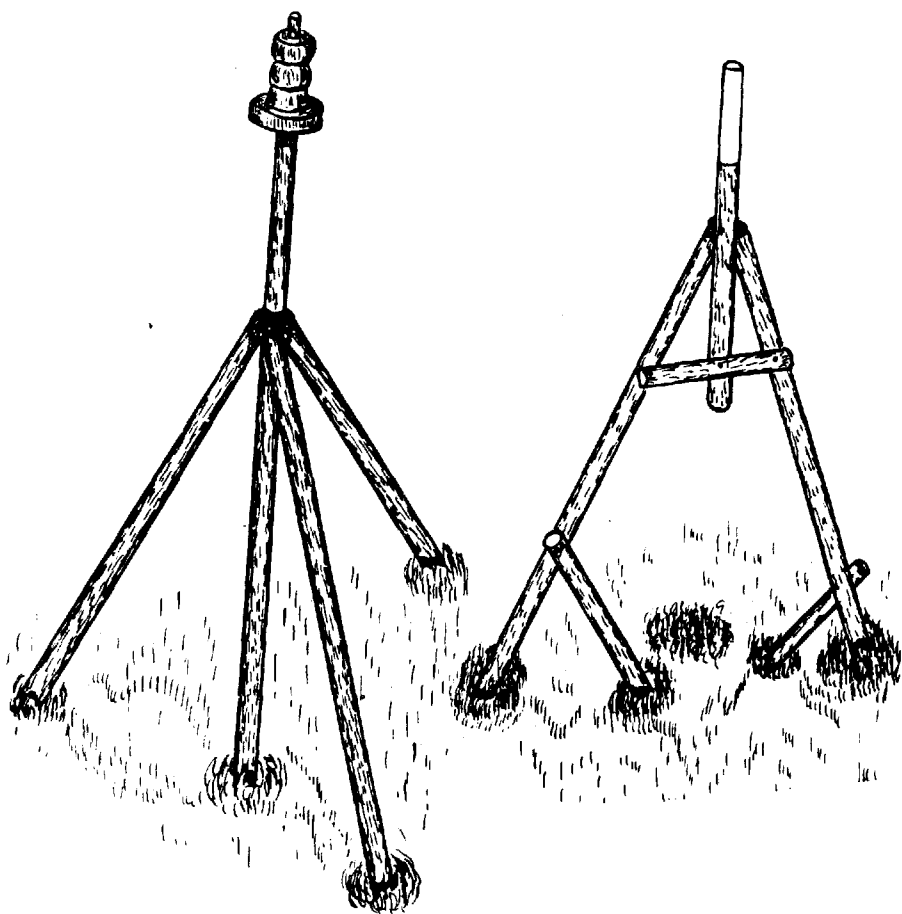


Рис. 71. Веха

225. Тур (рис. 72) устанавливают на пунктах геодезической сети в горных районах над центрами скального типа. Это — столб длиной 2—3 м и диаметром 8—12 см с курганом из камней высотой 1 м вокруг. В нижней части столба делается якорь в виде двух взаимно перпендикулярных планок, в верхней — визирный цилиндр. При постройке туров следует с особой тщательностью совмещать по вертикали визирный цилиндр с центром пункта.

224. Вехи допускается устанавливать на пунктах СГС-60. Простая веха представляет собой жердь с визирным приспособлением из подручного материала (рис. 71), которую устанавливают вертикально над центром пункта, укрепляя тремя подпорами. Вокруг вехи насыпают земляной курган.

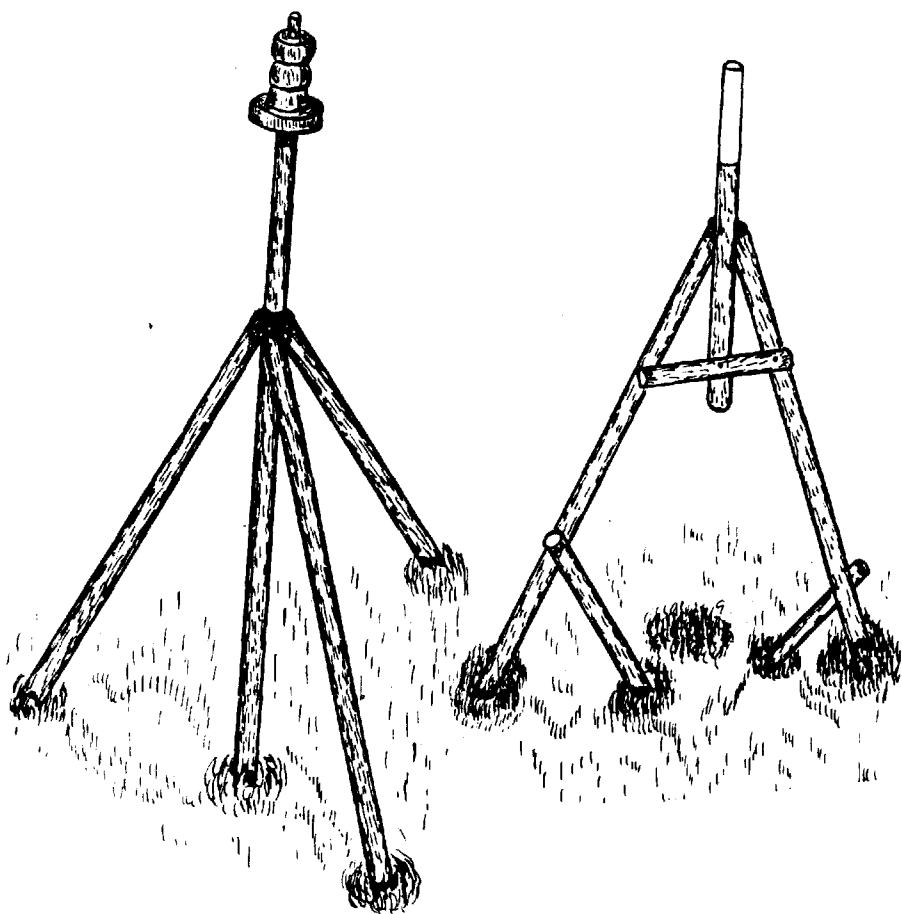


Рис. 71. Веха

225. Тур (рис. 72) устанавливают на пунктах геодезической сети в горных районах над центрами скального типа. Это — столб длиной 2—3 м и диаметром 8—12 см с курганом из камней высотой 1 м вокруг. В нижней части столба делается якорь в виде двух взаимно перпендикулярных планок, в верхней — визирный цилиндр. При постройке туров следует с особой тщательностью совмещать по вертикали визирный цилиндр с центром пункта.

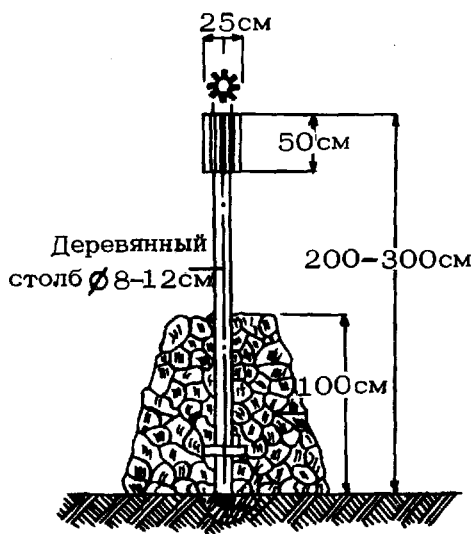


Рис. 72. Тур

**226. Простая трехгранная металлическая пирамида** (рис. 73) собирается из заводских деталей: треноги, состоящей из болванки и патрубков, визирного барабана и трех стоек. К болванке под углами  $25^\circ$  приварены три патрубка, внутренний диаметр которых на 1—2 мм больше внешнего диаметра трубчатых стоек. Угол между патрубками —  $120^\circ$ . Патрубки и стойки имеют сквозные отверстия, совмещающиеся при стыковке, в которые при сборке пирамиды вставляются болты для крепления стоек к треноге. К нижним концам стоек приварены или вставлены в отверстия якоря из стержней арматурной стали. На болванку надевается стальной визирный барабан, который закрепляется шпилькой или приваривается.

Для установки пирамиды над центром пункта делают разбивку ее основания и отрывают три ямы глубиной не менее 110 см. Дно ям заливают 10-сантиметровым слоем бетона.

Нижние части стоек пирамиды оснащают пригрузкой. Это может быть асбоцементная труба диаметром 100—120 мм, которая, после того как в нее продета стойка пирамиды, заполняется цементным раствором; при этом якорь должен выходить за пределы трубы. Если такой трубы нет, изготавливают из толя или рубероида форму пригрузки и заполняют цементным раствором.



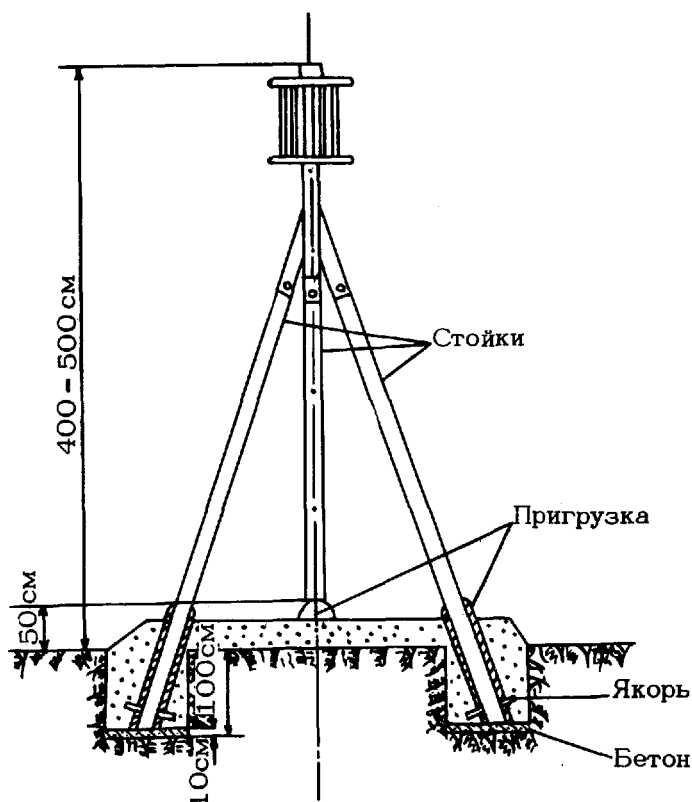


Рис. 73. Простая трехгранная металлическая пирамида

Болванка пирамиды должна занимать строго вертикальное положение и находиться над центром пункта.

При рытье ям и установке пирамиды следует предусматривать, чтобы направления визирования на смежные пункты проходили не ближе чем в 20 см от стоек пирамиды.

227. **Сборно-разборный металлический знак «Вышка»** (рис. 74) состоит из трех шарнирных опор, двух скрепляемых трехгранных пирамид и головной надстройки.

Знак собирается на земле в горизонтальном положении на месте его установки. Детали знака для удобства сборки промаркированы (рис. 75 и табл. 92).

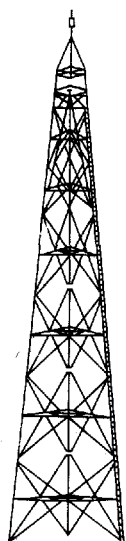


Рис. 74. Металлический сборно-разборный знак «Вышка»

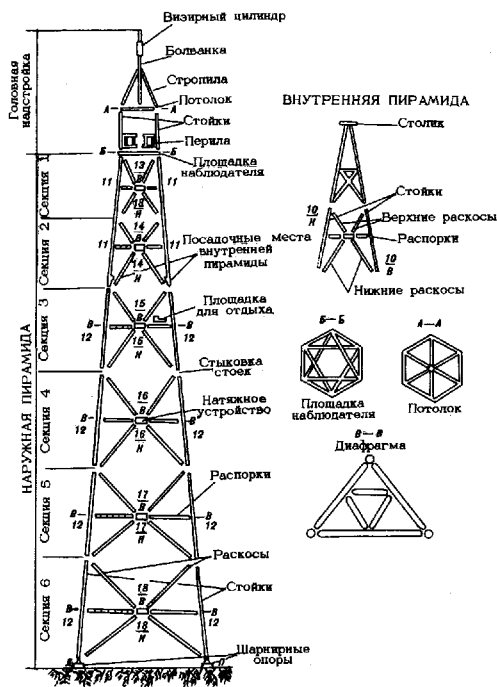


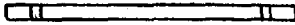


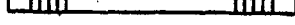



Рис. 75. Монтажная схема знака «Вышка»

Наружная пирамида знака служит опорой для внутренней пирамиды, головной надстройки и площадки для наблюдателя. Она состоит из трех сборных стоек, которые скрепляются между собой распорками и раскосами, образующими ромбическую решетку, и диафрагмами.

Могут быть построены знаки высотой 28,5; 23,3; 18,1 и 12,9 м до площадки наблюдателя. Для этого используются 6, 5, 4 или 3 секции соответственно. Наибольшая высота знака до верха визирного цилиндра составляет 34,8 м.

Маркировка деталей сборно-разборного знака «Вышка»

Наименование деталей	Маркировка	
Распорки внутренней пирамиды		
Распорки наружной пирамиды:		
секция 1		
секция 2		
секция 3		
секция 4		
секция 5		
секция 6		
Стойки секции 1—2	11	
Стойки секций 3, 4, 5 и 6		12
Раскосы внутренней пирамиды:		
нижние	$\frac{10}{H}$	
верхние		$\frac{10}{B}$
Раскосы наружной пирамиды		
нижние	$\frac{13}{H}$	
секция 1		$\frac{13}{B}$
верхние		
нижние	$\frac{14}{H}$	
секция 2		$\frac{14}{B}$
верхние		
нижние	$\frac{15}{H}$	
секция 3		$\frac{15}{B}$
верхние		
нижние	$\frac{16}{H}$	
секция 4		$\frac{16}{B}$
верхние		
нижние	$\frac{17}{H}$	
секция 5		$\frac{17}{B}$
верхние		
нижние	$\frac{18}{H}$	
секция 6		$\frac{18}{B}$
верхние		

Наименование деталей	Маркировка
Шарнирные опоры:	
средняя	С
левая	Л
правая	П

Стойки секций заканчиваются стыковочными элементами (рис. 76): втулкой — снизу и стержнем — сверху. При сборке стойки секции стыкуются друг с другом и фиксируются стыковочными клиньями, которые удерживаются от самопроизвольного выпадания стопорными болтами. Секции 1 и 2 имеют общие стойки, снабженные снизу посадочными местами для стоек внутренней пирамиды.

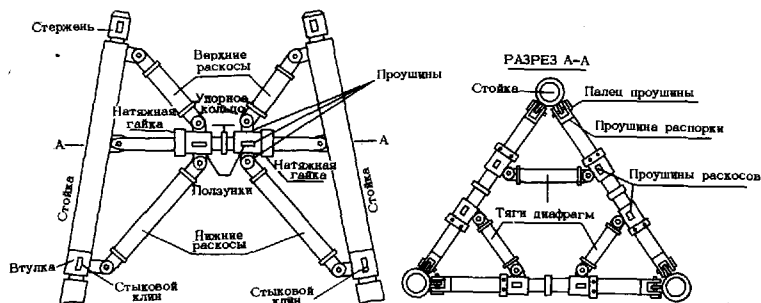


Рис. 76. Монтаж деталей секции знака «Вышка»

На концах распорок, раскосов и тяг диафрагм имеются проушины в виде вилки; при монтаже они обхватывают приваренные к стойкам знака и ползункам натяжного устройства проушины в виде пластин. Проушины шарнирно соединяются посредством пальцев, которые имеют на одном конце головку, а на другом — отверстие под шплинт. Натяжное устройство, смонтированное на распорке, состоит из двух ползунков, с тремя проушинами каждый; под давлением двух натяжных гаек ползунки могут перемещаться по распорке к ее середине (до упорного кольца). При разворачивании натяжных гаек раскосы и тяги диафрагмы натягиваются, а распорки сжимаются.

К верхней части наружной пирамиды крепится шестигранная металлическая рама с настилом из досок — площадка для наблюдателя.

Нижние концы нижней секции наружной пирамиды при установке стыкуются со стержнями верхних балансиров шарнирных опор и фиксируются стыковыми клиньями (рис. 77).

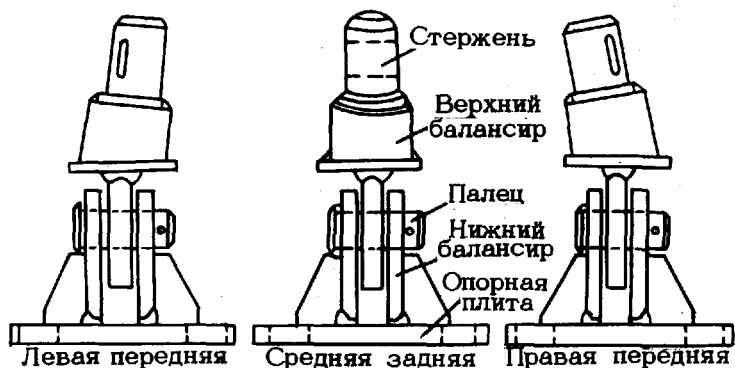


Рис. 77. Шарнирные опоры (вид со стороны передней грани знака «Вышка»)

Для подъема на площадку наблюдателя с наружной стороны стойки, опирающейся на среднюю шарнирную опору, с помощью хомутов и болтов крепится пятисекционная лестница, а на распорках третьей секции — площадка для отдыха.

Внутренняя пирамида служит подставкой для прибора и состоит из двух частей: верхней (треножника) — сварной и нижней — сборной. Треножник стыкуется со стойками верхней части внутренней пирамиды. Внутренняя пирамида устанавливается нижними концами стоек в посадочные места — стержни, приваренные к нижним концам стоек секции (1—2), и фиксируется с помощью стыковых клиньев.

Головная надстройка несет на себе перила площадки наблюдателя и визирный цилиндр. Надстройка состоит из шести стоек, потолка (в виде шестиугольника с диагональными связями), болванки с визирным цилиндром и шести стропил крыши. Болванка с визирным цилиндром и стропила смонтированы в один узел, который складывается при транспортировке как зонтик. Три стойки головной надстройки стыкуются с верхними концами стоек секций (1—2) наружной пирамиды, а другие три стойки — с площадкой наблюдателя. Все они фиксируются стыковыми клиньями. Стропила крыши стыкуются с верхними концами стоек головной надстройки. К стойкам крепятся шесть секций перил.

Шарнирные опоры (рис. 77) служат для связи стоек наружной пирамиды с фундаментами. Шарнирная опора состоит из верхнего и нижнего балансиров, связанных пальцем шарнира, имеющим с одной стороны головку, а с другой — отверстие для шплинта. Верхний балансир заканчивается стержнем с отверстием для стыкового клина; стержень стыкуется с втулкой стойки внешней пирамиды. Нижний балансир жестко связан с опорной плитой, имеющей отверстия для анкерных болтов фундамента. В комплект знака входят три шарнирные опоры: средняя задняя, левая передняя и правая передняя, отличающиеся наклоном стержня верхнего балансира к геометрической оси пальца.

**228. Фундаменты сборно-разборных металлических знаков** обеспечивают их закрепление в грунте; они препятствуют проседанию стоек, опрокидыванию знака и коррозии его основания. В качестве фундаментов знаков используют железобетонные блоки (рис. 78), закладываемые котлованным способом, или сваи СУЗ-20, погружаемые в грунт с помощью сваебойной установки. Для свайных фундаментов нужны специальные переходники, связывающие верхнюю часть свай с плитой, несущей анкерные болты для крепления шарнирных опор стоек знака (рис. 79).

Железобетонный блок представляет собой правильную четырехгранную усеченную пирамиду со сварным каркасом, несущим четыре анкерных болта с резьбой М-12. Сварной каркас монтируется из арматурной стали диаметром 10—12 мм. Размеры блока и каркаса определяются высотой знака (рис. 78, табл. 93).

Таблица 93

Высота знака до столика, м	Размеры элементов конструкции железобетонных блоков, см							Масса блока, кг
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	
28,5	40	100	120	100	40	80	80	2000
23,3	40	90	105	90	35	70	70	1700
18,1	40	80	90	75	30	60	65	1300
12,9	40	70	80	55	25	45	60	1000

Для готовых блоков котлованы роют по разметке; при этом дно всех котлованов должно находиться в одной горизонтальной плоскости, а блоки — возвышаться над грунтом на 15 см. Устанавливая в котлованы, блоки ориентируют так, чтобы две стороны квадрата, образованного осями анкерных болтов, были параллельны монтажной оси знака, а две другие — перпендикулярны к ней; центры их торцов должны располагаться: в плане — как вершины

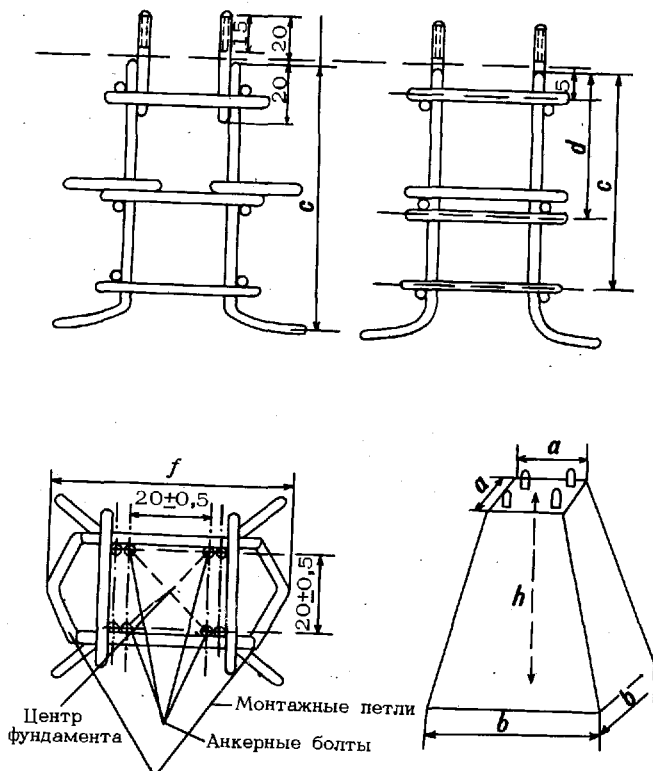


Рис. 78. Железобетонный блок (размеры в см)

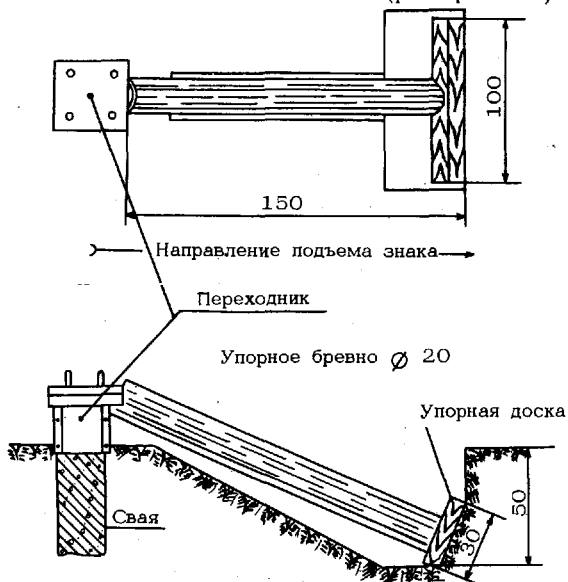


Рис. 79. Устройство упора свайного фундамента под стойку знака при его подъеме и спуске (размеры в см)

равностороннего треугольника с ошибкой не более 5 см (табл. 94, рис. 80), по высоте относительно друг друга — с ошибкой не более 0,5 см.

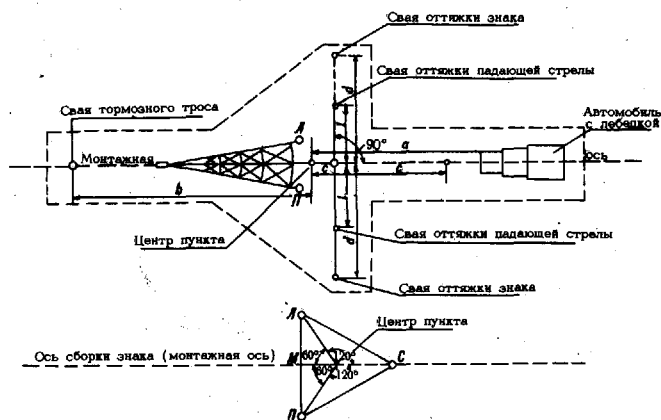


Рис. 80. Разметка строительной площадки

Таблица 94

Монтажные размеры

Высота знака, м	Количество секций	Расстояние от центра пункта до центра фундамента, м	Расстояние между фундаментами, м	Расстояния до элементов подъемной системы, м				
				a	b	c	d	e
28,5	6	4,04	7,00	60-70	60-70	40-50	45	18
23,3	5	3,51	6,04	50-60	50-60	30-40	37	18
18,1	4	2,96	5,12	40-50	40-50	—	30	18
12,9	3	2,40	4,16	30-35	30-35	—	22	18

При наличии автокрана блоки могут изготавливаться на базе части. В противном случае их формуют непосредственно в котловане. Дно вырытых по размеру блока и отнивелированных котлованов заливают бетоном слоем 10 см. Устанавливают по разметке каркасы и опалубку, как для готовых блоков. Проверяют положение анкерных болтов в плане и по высоте. Закрепляют опалубку относительно каркаса. Засыпают котлован на одну треть грунтом. Опалубку заполняют раствором цемента так, чтобы верхние по-



верхности блоков находились на одном уровне. Как фундаменты знака блоки могут использоваться через пять суток после изготовления.

Сваи СУЗ-20 в качестве фундамента для знака «Вышка» забивают в грунт так, чтобы после погружения центры их торцов располагались в плане как вершины равностороннего треугольника (рис. 80, табл. 94) с ошибкой не более 5 см, по высоте относительно друг друга — с ошибкой не более 0,5 см и возвышались над грунтом на 15 см. Две грани свай должны быть параллельны монтажной оси знака. Переходник надевается на торец свай и закрепляется на ней посредством обоймы. Опорная плита переходника с анкерными болтами может перемещаться относительно обоймы в пределах 5 см. Установленные опорные плиты затягиваются болтами.

При подъеме и спуске знака фундаменты стоек испытывают значительные боковые нагрузки, которые могут привести к смещению блоков или излому свай. Для предупреждения аварий в этих случаях под левую и правую сваю со стороны средней сваи обязательно ставятся упоры — бревна между переходником и задними стенками специально вырытых траншей (рис. 79).

При закладке фундаментов под стойки знака следует предусматривать, чтобы после подъема знака стойки его не закрывали видимость с центра пункта на смежные геодезические и ориентирные пункты.

Перечень оборудования и инструментов, необходимых для эксплуатации сборно-разборных знаков, приведен в табл. 95.

Таблица 95

Перечень оборудования и инструментов, необходимых для эксплуатации сборно-разборных металлических знаков

Наименование	Единица измерения	Количество	Примечание
Автомобиль ЗИЛ-131 с лебедкой и прицепом	шт.	1	
Автомобиль ГАЗ-66	„	1	
Теодолит со штативом	компл.	1	
Рейка нивелирная	шт.	1	
Бур геолога или ручной шуп	компл.	1	
Бинокль	шт.	1	
Рулетка стальная 20-метровая	„	1	
Топор плотницкий	„	2	
Пила поперечная	„	1	
Лопата штыковая	„	3	
Лопата совковая	„	1	
Кувалда весом 2 кг	„	2	

Наименование	Единица измерения	Количество	Примечание
Кувалда весом 5 кг	шт.	1	
Молоток слесарный весом 0,5 кг	"	3	
Лом	"	2	
Ключи гаечные разные	"	4	
Трос стальной $\varnothing$ 17,5 мм	м	100	Подъемный Тяги
Трос стальной $\varnothing$ 17,5 мм	"	65	
Трос стальной или канат $\varnothing$ 30 мм	"	90	Тормозной Оттяжки
Канат пеньковый $\varnothing$ 25 мм	"	200	
Малый монтажный одношквивный блок	шт.	1	Грузоподъемность 0,5 т, марки М
Большой монтажный одношквивный блок	"	2	Грузоподъемность 4,0 т, марки М
Предохранительный (монтерский) пояс	"	3	
Рабочая форма и рукавицы	компл.	7	
Зубило	шт.	2	
Мягкая проволока $\varnothing$ 4—6 мм	кг	20	
Ножовка по металлу	шт.	2	
Контрольный стыковой клин	"	2	
Падающая стрела	"	1	
Узел крепления шарнирной опоры к свае	"	3	Для свайных фундаментов

229. Сборка и установка знака «Вышка» включает: выбор и подготовку монтажной площадки, сборку знака, подъем знака.

Часть площадки, на которой будет производиться сборка знака, должна быть по возможности ровной. С помощью теодолита и стальной рулетки намечают положения: осевой линии сборки (относительно заложенных опор знака), колея оттяжек, тормозного якоря и лебедки. В створе правого «П» и левого «Л» фундаментов посередине между ними намечают место установки падающей стрелы (рис. 80, табл. 94).

Сборка знака начинается с крепления анкерными болтами на фундаментах опорных плит шарнирных опор. При этом пальцы шарнирных опор должны быть перпендикулярны к монтажной оси.

Стойки 12 (рис. 75, табл. 92) стыкуют со стержнями верхних балансиров шарнирных опор «Л» и «П» и крепят стыковыми клиньями, которые вставляют только со стороны маркировочной пластинки; клинья забивают до отказа и фиксируют стопорными болтами.

Стойки 12 связываются между собой распорками и раскосами 18, объединенными в один узел. Гайки натяжного устройства при креплении узла к стойкам должны быть отпущены. Проушины стоек соединяют с проушинами распорок и раскосов с помощью пальцев, которые после забивки шплинтуются.

В такой же последовательности стыкуют стойки и монтируют узлы распорок и раскосов всех секций лежащей грани наружной пирамиды. При сборке упорные кольца натяжных устройств всех секций должны располагаться по осевой линии грани знака.

Собранная нижняя грань знака выравнивается в плоскость с помощью подставок; при этом верхняя часть секции 1 должна быть приподнята над землей на 30—50 см для удобства монтажа головной надстройки.

Далее собирается внутренняя пирамида. Две стойки 10 стыкуются в посадочных местах со стержнями, расположенными в нижних частях стоек 11 наружной пирамиды. Верхние концы укрепленных стоек 10 стыкуются с двумя стойками треножника. Третья стойка треножника стыкуется с третьей стойкой 10. Места стыковки крепятся стыковыми клиньями и фиксируются болтами. Под нижние стойки 10 и треножник устанавливаются подпорки для предохранения от поломки посадочных мест стоек 11. Стойки внутренней пирамиды «связываются» по трем ее граням распорками и раскосами, объединенными в три одинаковых узла. На этом сборка внутренней пирамиды заканчивается.

Сборка третьей (средней) стойки и прилегающих к ней граней наружной пирамиды выполняется по секциям в направлении от верха пирамиды к ее основанию.

Свободный конец стойки 10 внутренней пирамиды стыкуется со стойкой 11 наружной пирамиды (со стержнем посадочного места). К этой стойке крепятся распорки секции 1, а затем секции 2 наружной пирамиды. Противоположные концы распорок «связываются» со стойками 11, лежащими на земле. Сборка секции 1—2 заканчивается креплением свободных концов раскосов 13 и 14 к стойкам 11 и верхнего звена лестницы (с помощью хомутов) к средней стойке 11.

Затем производится сборка секции 3 наружной пирамиды. Средняя стойка 12 соединяется двумя распорками со стойками 12 собранной грани. К обоим концам стойки 12 привязываются канаты длиной около 10 м. Конец каната, привязанный к верхней части стойки 12, перебрасывают через нижний раскос 14 при средней стойке 11. Подталкивая собранную конструкцию за распорки, подтягивают ее канатом до стыковки средних стоек 12 и 11. Вторым канатом обеспечивается боковое смещение стойки 12 и тем самым облегчается их стыковка. Место стыковки крепится стыковым клином и фиксируется болтом. После этого отвязывают канаты, устанавливают раскосы 15, а также прикрепляют очередное звено лестницы к средней стойке 12. С земли звено поднимается с помощью

двух канатов, середины которых привязаны к краям лестницы. Один конец каждого каната перебрасывается через среднюю стойку, а другой конец служит оттяжкой. На распорках секции 3 крепится площадка для отдыха.

Секции 4, 5 и 6 собираются в том же порядке, что и секция 3.

С секции 2 до секции 6 на распорки устанавливаются диафрагмы и закрепляются пальцами со шплинтами.

После сборки всех секций наружной пирамиды приступают к сборке головной надстройки знака. К верхним концам стоек 11 секции 1—2 крепится шестиугольная рама площадки наблюдателя. Далее устанавливаются стойки головной надстройки: неразъемные стойки стыкуются со стойками 11 наружной пирамиды и являются их продолжением, составные стойки крепятся к свободным углам шестиугольной рамы площадки наблюдателя. На стойки головной надстройки устанавливаются и крепят шестиугольный потолок головной надстройки. В отверстие потолка вставляют и закрепляют болтами нижнюю сторону визирной болванки, а затем к шести вершинам шестиугольника потолка крепят стропила крыши. Монтируют перила площадки наблюдателя.

По окончании сборки знака командир расчета тщательно проверяет крепление пальцев проушин шплинтами и фиксацию стыковых клиньев болтами. Для придания знаку жесткости в элементах его конструкции создаются механические напряжения с помощью натяжного устройства распорок. Натяжные гайки завинчивают с помощью ключей, входящих в комплект знака, в два приема, каждый раз начиная с секции 6 и кончая секцией 1. После второго приема ползуны всех распорок (за исключением секции 1—2) должны быть плотно поджаты к упорным кольцам. При этом стойки каждой секции несколько выгибаются наружу. Сборка знака заканчивается тугой затяжкой гаек анкерных болтов левого и правого фундаментов.

**230.** Подъем знака в вертикальное положение производится с помощью падающей А-образной стрелы, состоящей из двух звеньев (верхнего — длиной 7 м и нижнего — 5 м), которые соединяются болтами. Для подъема знаков высотой 12,9 м используют лишь верхнее звено стрелы.

Для подъема падающей стрелы и знака используется лебедка автомобиля ЗИЛ-131. Автомобиль с лебедкой устанавливают вдоль монтажной оси знака. Передние колеса упирают в стенку специально вырытой траншеи глубиной 0,5 м. Стрелу укладывают вдоль монтажной оси так, чтобы ее основание находилось в створе левого и правого фундаментов знака на одинаковом удалении от каждого (рис. 80).

Для подъема стрелы в вертикальное положение к концу средней стойки 12 лежащего знака крепят хомутом малый монтажный блок 0,5 м. Через этот блок пропускают подъемный трос от лебедки автомобиля и привязывают его к верхней части стрелы (рис. 81).

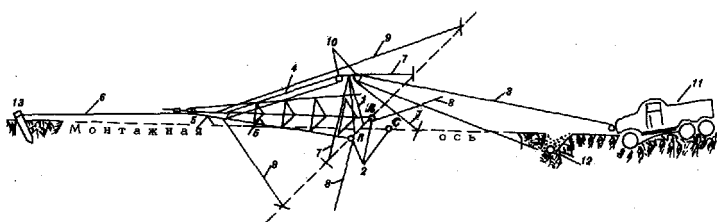


Рис. 81. Схема подъема знака

1 — падающая стрела; 2 — фундаменты стоек знака; 3 — подъемный трос; 4 — трос тяги; 5 — подставки; 6 — тормозной канат; 7 — верхние оттяжки стрелы; 8 — нижние оттяжки стрелы; 9 — оттяжки знака; 10 — блоки 4М; 11 — автомобиль с лебедкой; 12 — якорь подъемного троса; 13 — кол тормозного троса

Для подъема знака к верхней части стрелы крепят хомутом большой одношківный блок 4М. Через этот блок пропускают трос тяги длиной 60 м. При подъеме знаков высотой 23,3 и 28,5 м к верхней части стрелы привязывают еще один одношківный блок 4М. В этом случае с помощью струбцин (не менее трех) удлиняют трос лебедки автомобиля, но так, чтобы место соединения при подъеме не доходило до блока. Ниже блоков привязывают четыре каната — оттяжки стрелы, а к стойкам стрелы у ее основания — два каната длиной по 30 м для удержания стрелы в рабочем положении в начале подъема и отвода ее в сторону от знака в конце подъема.

При подъеме стрелы в вертикальное положение предохраняют ее от опрокидывания с помощью оттяжек, захлестывая их вокруг оттяжных колец. Подняв стрелу, оттяжки закрепляют на кольях. Ослабляют подъемный трос, отвязывают от средней стойки пирамиды блок 0,5М и опускают его по подъемному тросу. Подъемный трос слегка натягивают. Оба конца троса тяги крепят под натяжением к стойкам лежащей грани пирамиды, выше посадочных мест внутренней пирамиды.

При привязке тросов обводят (три-четыре раза) их концы вокруг стоек знака и закрепляют за эти витки с помощью не менее чем трех зажимов. Чтобы облегчить отвязку тросов, под них вдоль стоек помещают деревянные прокладки (толщиной 10—12 см и длиной около 0,5 м), которые предварительно прикручивают к стойкам мягкой проволокой (диаметром 5—6 мм).

Один конец тормозного каната привязывают к верхней части средней стойки 12 или треножника, другой укладывают в виде бухты у свай тормозного троса так, чтобы при подъеме знака его было удобно травить. Далее на том же уровне привязываются (только в ветреную погоду) боковые оттяжки знака.

При подъеме знаков высотой 12,9 и 18,1 м трос тяги привязывают непосредственно к верхней части стрелы, а высотой 23,3 и 28,5 м — к якорю, предварительно пропустив через дополнительный

блок 4М на вершине стрелы. Отвязывают все оттяжки падающей стрелы от оттяжных колец. У средней шарнирной опоры кладут стыковой клин, кувалду и лом, необходимые при стыковке стойки знака с шарнирной опорой.

Командир расчета перед подъемом знака проверяет готовность подъемной системы, надежность крепления тросов и забивки оттяжных свай; инструктирует и расставляет расчет: двух человек — у тормозного троса, двух — у боковых оттяжек и одного — для наблюдения за движением знака в плоскости, перпендикулярной к направлению подъема, и подачи команды «Отпустить боковую (левую, правую) оттяжку». Затем подается команда на пробный подъем знака. Когда вершина знака поднимается на 1—2 м от земли, подъем останавливают и командир расчета проверяет всю подъемную систему (положение блока, стрелы, устойчивость фундамента). При необходимости знак плавно опускают, устраняют обнаруженные недостатки и повторяют пробный подъем и проверку. Во время проверки работы подъемной системы подходить к знаку без разрешения командира расчета запрещается. Убедившись в исправности и правильности работы подъемной системы, командир расчета подает команду на подъем знака, а сам располагается в стороне от поднимаемого знака и оттуда ведет наблюдения и подает необходимые команды.

Подъем следует производить плавно, без рывков, с одновременным ослаблением тормозного троса. Когда действие сил подъемного и тягового тросов на падающую стрелу прекратится, ее основание отводят (посредством оттяжек) в сторону с тем, чтобы стрела не повредила центра пункта и среднюю опору знака.

Когда угол возвышения знака будет около  $80^\circ$ , знак под действием собственного веса будет стремиться к вертикальному положению, поэтому останавливают лебедку и устанавливают знак травлением тормозного троса. При приближении нижней части стойки к средней шарнирной опоре (0,1—0,2 м) травление тормозного троса прекращают и проверяют возможность стыковки с пальцем шарнирной опоры. В случае необходимости плиту шарнирной опоры перемещают в нужном направлении с помощью кувалды или ломика. Затем, травя тормозной трос, стыкуют стойку знака с шарнирной опорой.

**231. Спуск знака** производится тем же расчетом в обратной подъему последовательности (рис. 82). Чтобы перевести знак из вертикального в наклонное положение, необходимы еще один автомобиль (ГАЗ-66) или лебедка грузоподъемностью не менее 3 т, надежно прикрепленная к свае.

Падающую стрелу в собранном виде укладывают вдоль монтажной оси; нижний ее конец привязывают тросом к среднему фундаменту, а верхний ставят на подпорку высотой 2 м. К вершине стрелы крепят хомутом блок 4М для троса тяги, а в случае спуска знаков высотой 23,3 или 28,5 м — и второй блок 4М для троса лебедки автомобиля. К верхней части стоек стрелы привязывают две оттяжки, с помощью которых стрела удерживается в плоскости спуска знака.

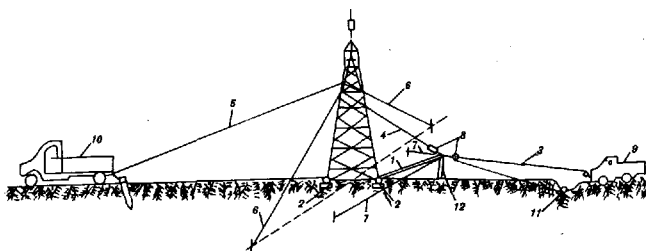


Рис. 82. Схема спуска знака

1 — падающая стрела; 2 — фундамент стоек знака; 3 — тормозной трос; 4 — трос тяги; 5 — опрокидывающий канат; 6 — оттяжки знака; 7 — оттяжки стрелы; 8 — блок троса тяги и тормозного троса; 9 — автомобиль для тяги; 10 — автомобиль для опрокидывания знака; 11 — якорь тормозного троса; 12 — подпорка

Через блок 4М пропускают трос тяги и под натяжением крепят его к левой и правой стойкам 11 наружной пирамиды выше посадочных мест внутренней пирамиды (как при подъеме знака). К вершине стрелы крепят трос лебедки автомобиля, который при спуске знака становится тормозным, или пропускают через блок 4М на вершине стрелы трос лебедки, конец которого крепится к якорю (при спуске знаков высотой 23,3 и 28,5 м).

На 0,5 м ниже крепления тросов тяги привязывают канат для вывода знака из состояния равновесия. Там же, при необходимости, привязывают и закрепляют на оттяжных кольях два каната — оттяжки длиной по 50 м.

Автомобиль ЗИЛ-131 с лебедкой устанавливают передними колесами в траншею (как при подъеме). Механизм лебедки переключают на травление троса. Вспомогательный автомобиль устанавливают вдоль монтажной оси за сваей тормозного троса; к буксирному крюку автомобиля крепят канат для вывода знака из состояния равновесия.

Для удобства разборки на место, где опустится нижняя грань знака, ставят подставки, чтобы головная надстройка была приподнята над землей на 1 м.

Командир расчета проверяет правильность выполнения всех подготовительных работ и разрешает вынуть стыковой клин между средней стойкой и шарнирной опорой, после чего приступают к спуску знака.

Знак выводят из равновесия плавным, без рывков, натяжением каната с помощью вспомогательного автомобиля (или лебедки). Чтобы предупредить рывок, тормозной трос травится без провисания. Спуск знака производится без остановки. Далее, ослабив тормозной трос и пользуясь оттяжками, опускают стрелу на землю; отвязывают основание стрелы от фундамента, снимают блоки, тро-

сы и канаты. Отвязывают тросы и канат от знака. Освобождают площадку вдоль знака от такелажного оборудования.

**232. Разборка знака** производится в обратном сборке порядке. Головная надстройка должна быть приподнята над землей на 1 м, а знак не должен иметь заметных прогибов. Натяжные гайки натяжного устройства должны быть отвернуты, чтобы между гайкой и ползунком образовался просвет.

Стропила крыши головной надстройки отсоединяют от стоек, а болванку — от потолка. Снимают потолок и перила. Расстыковывают стойки головной надстройки и наружной пирамиды. Снимают площадку наблюдателя и приступают к разборке стоящих граней пирамиды, начиная с нижней секции. К верхнему концу ее средней стойки привязывают канат (длиной 10 м), а другой его конец закрепляют за стойку предыдущей секции. Снимают детали диафрагмы. Освобождают со стороны стоек четыре верхних раскоса и два нижних, примыкающих к левой и правой стойкам. Расстыковывают средние стойки, отвязывают канат и с его помощью спускают на землю среднюю стойку с распорками. Отделяют два последних нижних раскоса от средней стойки и две распорки от стоек. Так же разбирают секции (кроме секции 1—2) наружной пирамиды. Далее отсоединяют раскосы и распорки стоящих граней секции 2 наружной пирамиды и приступают к разборке внутренней пирамиды. Расстыковывают треножник и стойки. Отсоединяют сначала четыре раскоса и две распорки от стоек внутренней пирамиды, а затем четыре оставшихся раскоса и одну распорку от левой и правой ее стоек. Расстыковывают стойки внутренней и наружной пирамид. Отсоединяют сначала раскосы, а затем распорки стоящих граней наружной пирамиды от стоек и приступают к разборке лежащей грани наружного знака, начиная с секции 1. Заканчивают разборку знака снятием с фундамента шарнирных опор и переходников «свая—шарнирный упор». При разборке знака весь крепеж собирают в ящик, не допуская потерь.

**233.** Все узлы и детали сборно-разборного металлического знака перед укладкой в кузов автомобиля и на прицеп группируются по секциям и связываются мягкой проволокой (диаметром 4—6 мм). Ползунки и натяжные гайки должны быть свинчены настолько, чтобы резьба на распорке была предохранена от повреждения. Весь крепеж и мелкие детали упаковываются в инвентарные ящики.

Перед упаковкой должна быть восстановлена поврежденная маркировка.

Затем приступают к погрузке узлов и упакованных деталей знака в кузов автомобиля. К бортовым крюкам кузова у переднего борта крепят установленные на ребро площадку наблюдателя и потолок головной надстройки. На пол кузова последовательно укладывают: звенья лестницы, звенья падающей стрелы, стойки знака, распорки, смонтированные с раскосами, детали диафрагм, болванку со стропилами, треножник.

Перила, шарнирные опоры и инвентарный ящик с крепежом вкладывают в треножник. Все узлы связывают проволокой.



Тросы и канаты укладывают в кузов свернутыми в бухты. Тросы предварительно протирают и смазывают канатной мазью.

При транспортировке необходимо следить за тем, чтобы детали знаков не прогибались и не возникало трения о них каната и троса.

**234. Основные правила по технике безопасности при эксплуатации сборно-разборных знаков «Вышка».** Командир расчета обязан четко знать правила по технике безопасности, обучать им подчиненных и постоянно проверять их знания, чтобы предупредить несчастные случаи, производственные травмы, поломку и порчу материальных ценностей. В этих целях командир расчета должен постоянно проверять состояние строительного комплекта, не допускать использования неисправного оборудования и инструментов, осуществлять непосредственное руководство и наблюдение за всеми процессами при сборке, установке и эксплуатации знаков.

Командир расчета и его подчиненные обязаны перед началом работ сдать зачеты по технике безопасности.

Основные требования техники безопасности сводятся к следующему:

- постройка знака должна производиться на месте, расположенном не ближе чем его двойная высота от строений, железных и автомобильных дорог, телеграфных и телефонных воздушных линий, а также не ближе 120 м от высоковольтных линий электропередачи;

- лагерь строительного расчета должен располагаться от центра пункта на расстоянии, не меньшем чем двойная высота знака;

- доступ на строительную площадку посторонним лицам запрещается;

- строительное оборудование, инвентарь и снаряжение должны быть исправны, рабочие части инструментов — не иметь трещин, заусенцев и подсечек, а их деревянные рукоятки быть гладкими и надежно закрепленными;

- при работе на высоте более 2 м необходимо применять предохранительные пояса, а инструменты и крепежные детали держать в специальных застегивающихся сумках. Инструменты должны иметь петли для прикрепления их к руке или к деталям знака;

- все крепежные детали (пальцы и стыковые клинья) должны быть в процессе сборки зашплинтованы и застопорены болтами;

- тросы (канаты) должны иметь соответствующие поперечные сечения (табл. 95). Тросы, используемые для подъема, не должны иметь изломов, задиrow, изгибов, петель, коррозии. На тросах должны быть бирки с указанием их длины и срока эксплуатации. Концы тросов должны быть заделаны. Для предохранения от коррозии один раз в месяц тросы смазывают канатной мазью;

- вязать концы тросов (канатов) и хомуты следует так, чтобы они не затягивались и не развязывались; надежность их закрепления проверяется. Работать с тросами (канатами) разрешается только в брезентовых рукавицах;

— при работе с лебедкой на ее барабанах должно всегда оставаться не менее 2,5 витка троса; конец троса должен быть надежно закреплен. Лебедки для подъема знака должны иметь зубчатую передачу и автоматические тормоза;

— шкивы блоков должны быть без трещин и зазубрин, плавно вращаться; особо следует проверять на износ оси шкивов;

— командир расчета перед подъемом (спуском) знака должен лично осмотреть все подъемное оборудование и убедиться в его пригодности (отсутствии поломок или превышающего норму износа). Особенно тщательно осматриваются блоки и трос лебедки автомобиля; перед подъемом знака подъемная система проверяется под нагрузкой — знак отрывается от земли (от подмостков) и осматривается. Если подъемная система исправна, подается команда на подъем;

— при подъеме (спуске) знака или падающей стрелы всему составу расчета следует находиться на расстоянии не менее полуторной высоты знака (стрелы) и быть максимально внимательным, осторожным, дисциплинированным и исполнительным;

— категорически запрещается находиться под знаком или падающей стрелой при остановках подъема (спуска), производить какие-либо работы под знаком или на нижних его секциях, когда ведутся работы на верхних секциях.

---

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИРЕКЦИОННЫХ УГЛОВ НАПРАВЛЕНИЙ

### Методы определения дирекционных углов с точностью 1—60"

235. Дирекционные углы (геодезические азимуты) направлений могут определяться геодезическим, астрономическим или гироскопическим методом\*. Геодезическим методом дирекционные углы определяются посредством угловой передачи от исходных направлений.

Дирекционные углы со средними квадратическими погрешностями 1 и 2" определяются астрономическим методом.

Дирекционные углы со средней квадратической погрешностью 3" могут определяться из астрономических наблюдений, а также геодезическим методом от сторон ГГС 1 и 2 классов или от направлений, дирекционные углы которых получены из астрономических наблюдений со средней квадратической погрешностью 1 и 2".

Дирекционные углы со средними квадратическими погрешностями 5, 10, 15, 30 и 60" определяются из астрономических и гироскопических наблюдений или геодезическим методом от сторон ГГС 1—4 классов и от направлений с известными дирекционными углами требуемой точности (табл. 96). При определении дирекционных углов со средней квадратической погрешностью 15—60" в качестве исходных могут использоваться направления с пунктов ГГС на ориентирные пункты.

Дирекционные углы со средними квадратическими погрешностями 15, 30 и 60" могут определяться совместно с координатами при развитии СГС (гл. 7).

### Определение дирекционных углов геодезическим методом с точностью 3—60"

236. Для определения дирекционных углов геодезическим методом прокладываются угловые ходы или развиваются сети треугольников.

При определении дирекционных углов со средними квадратическими погрешностями 3—10" прокладываются не менее трех уг-

\* Астрономический метод определения азимутов изложен в части 2, а гироскопический — в части 3 Руководства.

ловых ходов от трех исходных пунктов (рис. 83) или развивается сеть треугольников, опирающихся не менее чем на три исходных пункта (рис. 84), на каждом из которых наблюдаются два исходных направления. Дирекционные углы со средними квадратическими погрешностями 15, 30 и 60" разрешается определять проложением одного разомкнутого хода между двумя исходными направлениями, не являющимися взаимнообратными.

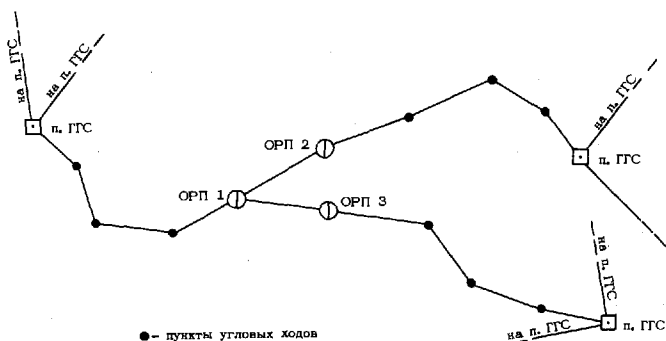


Рис. 83. Определение дирекционных углов направлений от сторон ГГС методом проложения угловых ходов

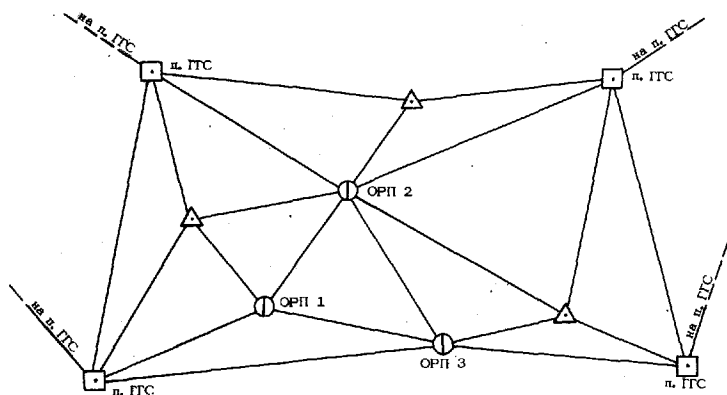


Рис. 84. Определение дирекционных углов направлений от сторон ГГС методом триангуляции

При определении дирекционных углов со средними квадратическими погрешностями 3—10" угловые ходы прокладываются по трехштативной системе. При этом, если длины сторон более 500 м, наблюдения могут выполняться на визирные цели. Для проложения ходов по трехштативной системе используются теодолит и комплект из двух визирных марок.

Требования к точности исходных направлений и точности измерения углов при определении дирекционных углов геодезическим методом, а также максимальное число угловых передач между исходными направлениями приведены в табл. 96. Количество приемов измерения горизонтальных углов в зависимости от требуемой точности дано в табл. 16. Методики измерения углов изложены в п. п. 39—44.

Таблица 96

Точность исходных направлений и горизонтальных углов

Средняя квадратическая погрешность определения дирекционного угла	Средняя квадратическая погрешность дирекционного угла исходного направления, не более	Средняя квадратическая погрешность измерения угла, не более	Максимальное число измеряемых углов между исходными направлениями
3"	2"	1,5"	10
5	3	2	15
10	5	3	20
15	7	5	25
30	15	10	30
60	30	15	40

При наличии ЭВМ ТЭМ-1 дирекционные углы вычисляются по программам геодезических задач, закомутированным в долговременном запоминающем устройстве.

Дирекционные углы, определяемые со средней квадратической погрешностью 5" и менее, вычисляются с точностью до 0,1", а с погрешностью 10" и более — с точностью до 1".

В отдельных случаях разрешается определять дирекционные углы направлений с точностью 10 и 15" от двух исходных направлений, полученных с той же точностью. Точность измерения углов приведена в табл. 96. Число угловых передач в ходе должно быть не более шести при точности 10" и восьми — при точности 15".

Невязку такого углового хода вычисляют по формуле

$$W = \alpha_1 - \alpha_2 + \sum_1^n \beta_i - (n - 1) 180^\circ,$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  — дирекционные углы начальной и конечной исходных сторон хода;

$\sum_1^n \beta_i$  — сумма левых по ходу углов поворота, приведенных на плоскость в проекции Гаусса;

$n$  — количество точек поворота хода.

Допустимая угловая невязка хода

$$W_{\text{доп}} = 2 m_\alpha + 2 m_\beta \sqrt{n},$$

где  $m_\alpha$  — средняя квадратическая погрешность дирекционного угла исходной стороны;

$m_\beta$  — средняя квадратическая погрешность измерения углов.

Уравнивание углового хода, в котором дирекционные углы направлений определяют с той же точностью, что и на исходных сторонах, заключается в вычислении поправок  $v_\alpha$  в дирекционные углы исходных сторон и поправок  $v_\beta$  в левые по ходу углы так, чтобы

$$v_{\alpha_1} - v_{\alpha_2} + n v_\beta = -W.$$

Значения поправок вычисляют по формулам:

$$v_{\alpha_1} = -v_{\alpha_2} = -\frac{\lambda}{2\lambda + n} W; \quad v_\beta = -\frac{1}{2\lambda + n} W,$$

где

$$\lambda = \frac{m_\alpha^2}{m_\beta^2}.$$

### Уравнивание разомкнутого углового хода

**237.** Уравнивание разомкнутого углового хода (рис. 85) выполняется в следующем порядке.

1. Выполняется уравнивание измеренных направлений на исходных пунктах (при наблюдении двух исходных направлений). Угол  $\beta_0$ , вычисленный как разность дирекционных углов исходных направлений, не должен отличаться от измеренного (приведенного к центрам пунктов и на плоскость в проекции Гаусса) угла  $\beta$  между теми же направлениями на величины более указанных в табл. 97.

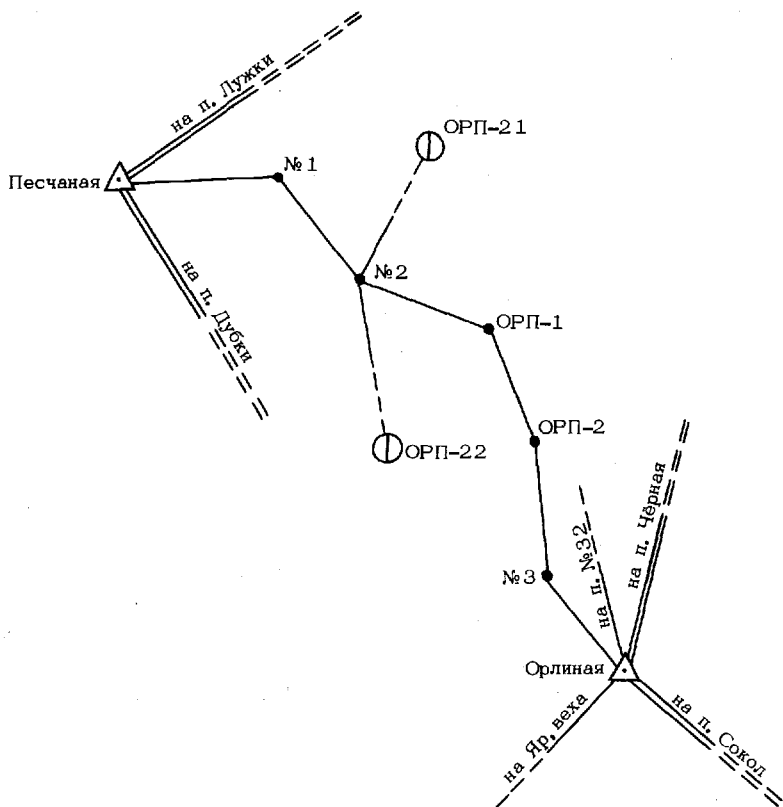


Рис. 85. Разомкнутый угловой ход

Таблица 97

Предельные значения разностей  $\beta - \beta_0$

Средняя квадратическая погрешность определения дирекционного угла	Разность углов $\beta - \beta_0$ , не более
3"	4"
5	5
10	10
15	15
30	25
60	45

Поправки в измеренные на исходном пункте направления по исходным сторонам вычисляются по формуле

$$\Delta_i = (\alpha_i - M_i) - \frac{(\alpha_1 - M_1) + (\alpha_2 - M_2) + \dots + (\alpha_n - M_n)}{n},$$

где  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  — дирекционные углы исходных направлений;

$M_1, M_2, \dots, M_n$  — измеренные направления.

При двух исходных направлениях поправки вычисляются по формуле

$$\Delta_1 = -\Delta_2 = \frac{(M_2 - M_1) - (\alpha_2 - \alpha_1)}{2}.$$

Пример уравнивания направлений на исходных пунктах (рис. 85) приведен в табл. 98.

Таблица 98

Уравнивание направлений на исходных пунктах

Название пункта	Плоские направления, приведенные к центрам	Поправка	Дирекционный угол исходного направления	Уравненное направление, приведенное к начальному
Песчаная, пир.				
Лужки, пир.	0°00'00"	+2"	76°24'42"	0°00'00"
№ 1	15 18 08	—		15 18 06
Дубки, пир.	88 52 40	-2"	165 17 18	88 52 36
	88 52 40		88 52 36	
Орлиная, пир.				
Сокол, пир.	0 00 00	-3"	166 06 14	0 00 00
Яр, веха	90 28 16	—		90 28 19
№ 3	155 18 32	—		155 18 35
№ 32	202 47 36	—		202 47 39
Черная, пир.	221 10 12	+3"	27 16 32	221 10 18
	221 10 12		221 10 18	



При последующем уравнивании углового хода используется одно исходное направление.

2. Вычисляется дирекционный угол исходного направления на конечном пункте (табл. 99) по формуле

$$\alpha_{\text{выч}} = \alpha_n + \Sigma\beta - 180^\circ n,$$

где  $\alpha_n$  — обратный дирекционный угол исходного направления на начальном пункте;

$\Sigma\beta$  — сумма значений левых по ходу углов;

$n$  — число углов поворота в ходе.

Таблица 99

Уравнивание разомкнутого углового хода

Название пункта	Угол поворота $\beta$ , левый по ходу	Дирекционный угол, $\alpha$
Лужки, пир.		<u>256°24'42"</u>
Песчаная, пир.	+3 15°18'06"	91 42 51
№ 1	+2 224 21 43	136 04 36
№ 2	+2 158 01 37	114 06 15
ОРП-1	+2 216 38 54	150 45 11
ОРП-2	+2 201 25 14	172 10 27
№ 3	+2 149 14 18	141 24 47
Орлиная, пир.	+2 204 41 25	<u>166 06 14</u>
Сокол, пир.		
	$\Sigma\beta = 1169^\circ 41' 17''$	$\alpha_{\text{выч}} = 166^\circ 05' 59''$
	$180^\circ n = 1260$	$W = -15$
	$\Sigma\beta - 180^\circ n = 269 41 17$	$W_{\text{доп}} = 8\sqrt{7} = 21$

3. Вычисляются уравненные значения дирекционных углов сторон в угловом ходе, а для этого вычисляется угловая невязка хода по формуле

$$W = \alpha_{\text{выч}} - \alpha_k,$$

где  $\alpha_k$  — прямой дирекционный угол исходного направления на конечном пункте.

Значение невязки углового хода не должно превышать величин, приведенных в табл. 100.

Предельные значения невязки разомкнутого углового хода

Средняя квадратическая погрешность определения дирекционного угла	3"	5"	10"	15"	30"	60"
Предельное значение невязки	$4'' \sqrt{n}$	$5'' \sqrt{n}$	$8'' \sqrt{n}$	$12'' \sqrt{n}$	$25'' \sqrt{n}$	$40'' \sqrt{n}$

Невязка углового хода распределяется с обратным знаком поворну на все углы поворота (табл. 99). Если величина невязки точно не делится на число углов, то большие поправки распределяются на углы с короткими сторонами.

Уравненные значения дирекционных углов сторон хода вычисляются с уравненными значениями углов поворота по формулам:

$$\alpha_{01} = \alpha_0 \pm 180^\circ + \beta_0;$$

$$\alpha_{12} = \alpha_{01} \pm 180^\circ + \beta_1;$$

$$\alpha_{23} = \alpha_{12} \pm 180^\circ + \beta_2;$$

.....

Для вычисления дирекционных углов односторонних направлений используются в качестве исходных уравненные значения дирекционных углов сторон хода. Поправки в измеренные направления вычисляются по той же формуле, что и на исходных пунктах. Пример вычисления дирекционных углов односторонних направлений — направлений на два ориентирных пункта с точки хода (рис. 85) показан в табл. 101.

Таблица 101

Вычисление дирекционных углов односторонних направлений

Название пункта	Измеренное направление	Поправка	Уравненное направление, приведенное к начальному	Дирекционный угол
	№ 2			
№ 1	0°00'00"	—1	0°00'00"	316°04'36"
ОРП-21	80 07 16		80 07 17	36 11 53
	+2			
ОРП-1	158 01 37	+1	158 01 39	114 06 15
ОРП-22	192 18 45		192 18 46	148 23 22

## Уравнивание системы угловых ходов с одним связующим направлением

238. Уравнивание системы угловых ходов с одним связующим направлением (рис. 86) выполняется в следующем порядке:

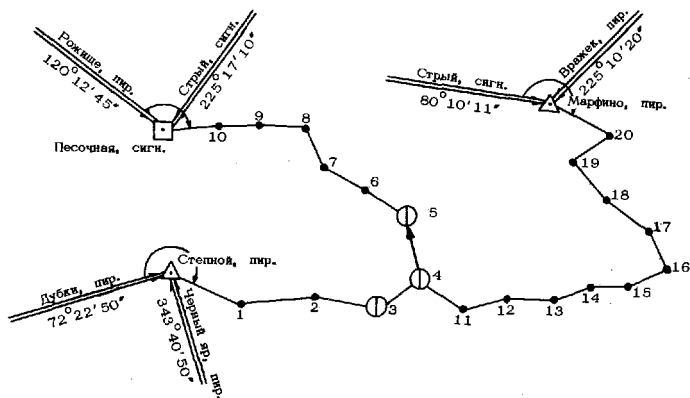


Рис. 86. Система угловых ходов с одним связующим направлением

1. Выбирается одно из направлений, измеренных на узловой точке, в качестве связующего. Выполняется уравнивание измеренных направлений на исходных пунктах и по каждому ходу вычисляются значения дирекционного угла связующего направления, как в разомкнутом угловом ходе дирекционный угол  $\alpha_{\text{вмч}}$  (табл. 99) исходного направления на конечном пункте.

2. Вычисляется уравненное значение дирекционного угла связующего направления (табл. 102) по формуле

$$\alpha = \alpha_0 + \frac{\sum p_l \delta_l}{\sum p_l},$$

где  $\alpha_0$  — приближенное значение дирекционного угла связующего направления;

$p_l$  — вес дирекционного угла  $\alpha_{\text{вмч}}$ ;

$\delta_l = \alpha_{\text{вмч}} - \alpha_0$ ;

$\alpha_{\text{вмч}}$  — вычисленное значение дирекционного угла связующего направления по отдельному угловому ходу.

Уравнивание системы угловых ходов с одним связующим направлением

Название исходного пункта	Число углов поворота, $n$	Вес, $p$	Дирекционный угол связующего направления, $\alpha_{\text{выч}}$	$\delta$	$p\delta$	$W$	$pW$
Степной, сигн.	5	2,0	357°47'36"	+25	+50	+9	+18
Марфино, пир.	12	0,8	32	+21	+17	+5	+4
Песочная, сигн.	7	1,4	11	0	0	-16	-22
		4,2	$\alpha_0=357\ 47\ 11$ +16		+67		0
			$\alpha=357\ 47\ 27$				

Весы вычисленных значений дирекционных углов принимаются обратно пропорциональными числу углов поворота  $n$ , в частности могут быть получены по формуле

$$p_i = \frac{10}{n}.$$

Вычисляются невязки ходов по формуле

$$W_i = \alpha_{i \text{ выч}} - \alpha$$

и проверяется их соответствие допускам (табл. 100).

Для контроля вычисления уравненного дирекционного угла связующего направления проверяется условие

$$\sum p_i W_i = 0.$$

3. Вычисляются (при необходимости) уравненные значения дирекционных углов направлений в отдельных ходах, как в разомкнутом угловом ходе (табл. 99). При этом вместо дирекционного угла исходного направления на конечном пункте  $\alpha_k$  используется уравненное значение дирекционного угла связующего направления  $\alpha$ . Невязки  $W_i$  распределяются по каждому ходу (от исходного до связующего направления).

Вычисляются дирекционные углы односторонних направлений (табл. 101), если они не были приняты в качестве связующих.

## Уравнивание системы угловых ходов с несколькими связующими направлениями

239. Уравнивание системы угловых ходов с несколькими связующими направлениями выполняется в такой последовательности.

1. Составляется схема угловых ходов, на которой подписываются названия исходных пунктов, дирекционные углы исходных направлений, названия узловых точек и ориентирных пунктов (рис. 87).
2. Выполняется уравнивание направлений на исходных пунктах (табл. 98) в случае наблюдения двух исходных направлений.

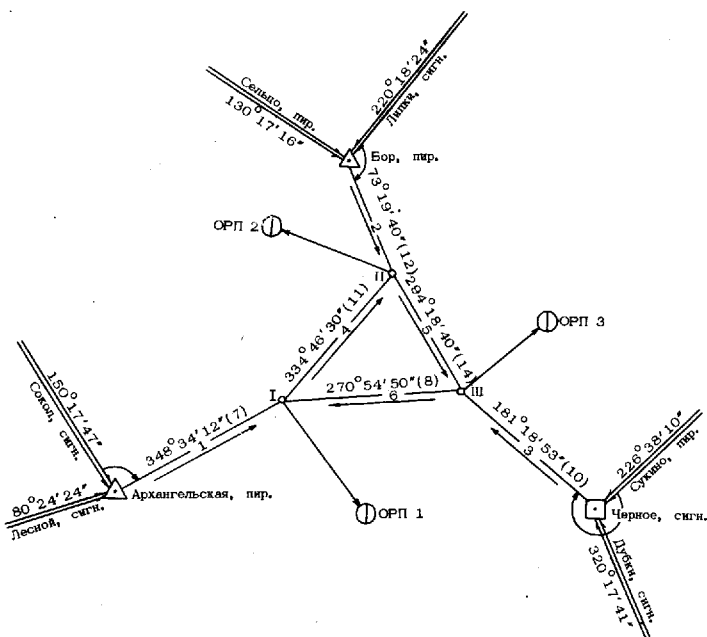


Рис. 87. Система угловых ходов с тремя связующими направлениями

На каждой узловой точке одно из направлений выбирается в качестве связующего. Вычисляются значения дирекционных углов связующих направлений  $\alpha_{\text{свч}}$  в ходах, опирающихся на исходное направление (табл. 99). Для ходов между двумя узловыми точками вычисляются суммы  $(\Sigma\beta - 180^{\circ}n)$  левых по ходу углов поворота (табл. 99).

На схему выписываются суммы и число углов поворота; стрелками показывается направление подсчета левых из них.

3. Методом последовательных приближений вычисляются уравненные значения дирекционных углов связующих направлений (табл. 103), а для этого вычисляются приведенные веса значений дирекционного угла каждого связующего направления по формуле

$$p' = \frac{p}{\sum p},$$

где  $p$  — вес дирекционного угла связующего направления, обратно пропорциональный числу углов поворота.

Вес может быть получен по формуле

$$p = \frac{10}{n}.$$

Для контроля вычисления проверяется условие

$$\sum p' = 1.$$

В первом приближении дирекционный угол связующего направления вычисляется как среднее арифметическое из дирекционных углов  $\alpha_{\text{выч}}$ , вычисленных по отдельным ходам, причем для первого связующего направления — только по ходу от исходного направления, а для последующих — по ходам от исходного направления и от предыдущих связующих направлений или только от последних.

Во втором и последующих приближениях уравненные дирекционные углы связующих направлений вычисляются по формуле

$$\alpha = \alpha_0 + \sum p' \delta,$$

где  $\alpha_0$  — приближенное значение дирекционного угла;  
 $\delta = \alpha_{\text{выч}} - \alpha_0$ ;  
 $\alpha_{\text{выч}}$  — значения дирекционных углов, вычисленные от исходных и связующих направлений, полученных в предыдущем приближении.

За приближенное значение дирекционного угла  $\alpha_0$  принимается наименьшее из значений  $\alpha_{\text{выч}}$ , округленное до  $1'$  с таким расчетом, чтобы значения  $\delta$  были положительными. В этом случае величины  $\delta$  равны значениям секунд вычисленных дирекционных углов  $\alpha_{\text{выч}}$ .

Приближения выполняют до тех пор, пока значения  $\delta$  не будут повторяться.

4. Вычисляются уравненные значения дирекционных углов направлений (при необходимости) и угловые невязки отдельных ходов, как в разомкнутом угловом ходе (табл. 99) и в ходе с одним связующим направлением. Вычисляются дирекционные углы односторонних направлений, если они не были в качестве связующих (табл. 101).

Уравнивание системы угловых ходов с тремя связующими направлениями

Название начального пункта хода	Веса		$\alpha_{исх}$	$\Sigma\beta - 180^\circ n$	Приближения			W	$p'W$
	p	p'			I	II	III		
<b>Связующее направление I—ОРП1 <math>\alpha_{ур}=138^\circ51'54''</math></b>									
Архангельская, пир. 4 кл.	1,4	0,40	150°17'47"	348°34'12"	138°51'59"	59	59	+ 5	+2,0
II	0,9	0,26		25 13 30		46	47	- 7	-1,8
III	1,2	0,34		270 54 50		53	52	- 2	-0,7
	3,5	1,00			$\alpha_{ср}=138\ 51\ 59$ $\alpha_0=138\ 51\ 00$	54	54		-0,5
<b>Связующее направление II—ОРП2 <math>\alpha_{ур}=293^\circ38'17''</math></b>									
Бор, пир. 3 кл.	0,8	0,33	220 18 24	73 19 40	293 38 04	04	04	-13	-4,3
I	0,9	0,38		334 46 30	29	24	24	+ 7	+2,7
III	0,7	0,29		65 41 20		23	22	+ 5	+1,4
	2,4	1,00			$\alpha_{ср}=293\ 38\ 16$ $\alpha_0=293\ 38\ 00$	17	17		-0,2
<b>Связующее направление III—ОРП3 <math>\alpha_{ур}=47^\circ57'02''</math></b>									
Черное, сигн. 2 кл.	1,0	0,35	226 38 10	181 18 53	47 56 63	63	63	+ 1	+0,4
I	1,2	0,42		89 05 10	69	64	64	+ 2	+0,8
II	0,7	0,23		294 18 40	56	57	57	- 5	-1,2
	2,9	1,00			$\alpha_{ср}=47\ 56\ 63$ $\alpha_0=47\ 56\ 00$	62	62		0

## Уравнивание сети треугольников

240. Уравнивание сети треугольников методом приближений выполняется в такой последовательности.

1. Составляется схема сети (рис. 88), на которой подписыва-

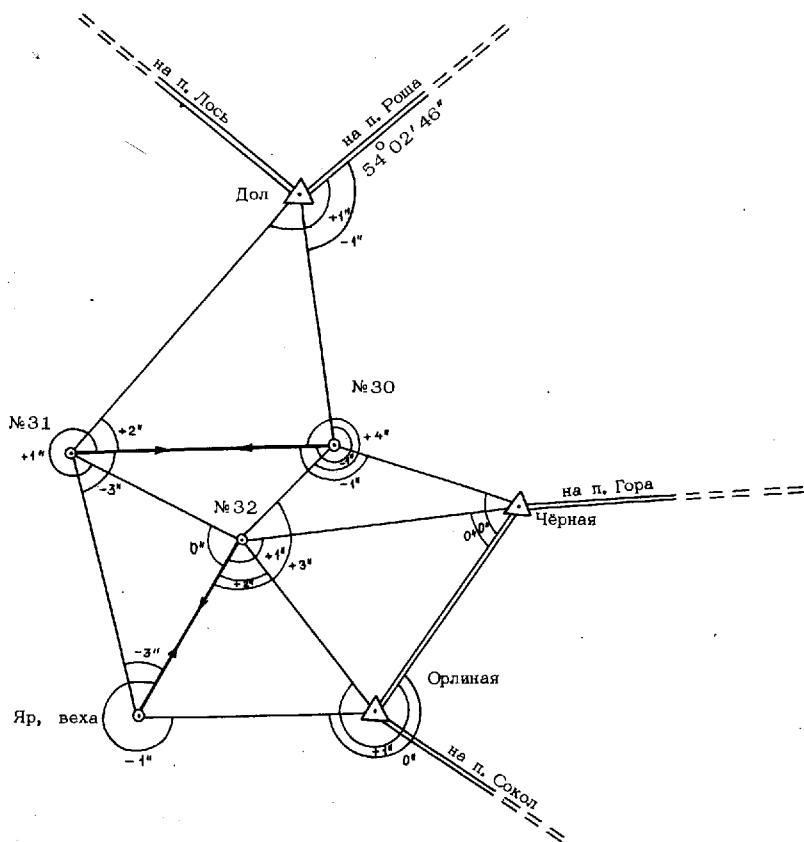


Рис. 88. Схема сети треугольников

ются названия пунктов и дирекционные углы исходных направлений, и вычисляются невязки треугольников по формуле

$$W_{\beta} = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3) - 180^{\circ},$$

где  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  и  $\beta_3$  — внутренние углы треугольника.



Допустимые величины невязок треугольников даны в табл. 104.

Таблица 104

Предельные невязки треугольников

Средняя квадратическая погрешность определения дирекционного угла	Предельная невязка треугольника
3"	6"
5	8
10	12
15	20
30	40
60	60

Пример вычисления невязок треугольников показан в табл. 105.

Таблица 105

Вычисление невязок треугольников

Название пункта	Угол	Название пункта	Угол
Орлиная, пир.	112°19'20"	№ 30	58°40'16"
Яр, веха	34 23 18	№ 32	61 37 15
№ 32	33 17 18	№ 31	59 42 37
	179 59 56		180 00 08
	$W = -4''$		$W = +8''$
Орлиная, пир.	18 22 36	№ 31 .	21 34 57
№ 32	85 16 26	№ 32	141 25 02
Черная, пир.	76 20 57	Яр, веха	17 00 06
	179 59 59		180 00 05
	$W = -1''$		$W = +5''$
Черная, пир.	31 17 16	№ 31	79 17 35
№ 32	38 23 59	№ 30	70 25 28
№ 30	110 18 40	Дол, пир.	30 16 52
	179 59 55		179 59 55
	$W = -5''$		$W = -5''$

2. Выполняется уравнивание направлений на исходных пунктах (табл. 98) в случае наблюдения двух исходных направлений на

одном пункте. Уравненные направления вписываются в ведомость вычисления уравненных дирекционных углов (табл. 106).

Таблица 106

Вычисление уравненных дирекционных углов

Название пункта	Направление	Поправка в направление	Уравненный дирекционный угол
	Черная, пир.		
Орлиная, пир.	0°00'00"	0"	<u>207°16'32"</u>
№ 32	76 20 57	0	283 37 29
№ 30	107 38 13	0	314 54 45
Гора, пир.	257 15 02	0	<u>104 31 34</u>
	Орлиная, пир.		
Сокол, пир.	0 00 00	0	<u>166 06 14</u>
Яр, веха	90 28 19	0	256 34 33
№ 32	202 47 39	+1	8 53 54
Черная, пир.	221 10 18	0	<u>27 16 32</u>
	Дол, пир.		
Роша, пир.	0 00 00	0	<u>54 02 46</u>
№ 30	140 16 24	-1	194 19 09
№ 31	170 33 16	+1	224 36 03
Лось, сигн,	268 15 37	0	<u>322 18 23</u>
	№ 32		
Орлиная, пир.	0 00 00	-2	188 53 54
Яр, веха	33 17 18	0	<u>222 11 14</u>
№ 31	174 42 20	0	3 36 16
№ 30	236 19 35	-3	65 13 28
Черная, пир.	274 43 34	-1	103 37 29
	Яр, веха		
№ 31	0 00 00	+3	25 11 11
№ 32	17 00 06	0	<u>42 11 14</u>
Орлиная, пир.	51 23 24	+1	76 34 33
	№ 30		
Черная, пир.	0 00 00	+1	134 54 45
№ 32	110 18 40	+4	245 13 28
№ 31	168 58 56	0	<u>303 53 40</u>
Дол, пир.	239 24 24	+1	14 19 09
	№ 31		
Дол, пир.	0 00 00	-2	44 36 03
№ 30	79 17 35	0	<u>123 53 40</u>
№ 32	139 00 12	-1	183 36 16
Яр, веха	160 35 09	-3	205 11 11

3. Выбирается связующее направление по схеме сети для каждого определяемого пункта, на котором проводились угловые измерения. В качестве связующих могут быть приняты как односторонние, так и двусторонние определяемые направления.

Дирекционные углы связующих направлений вычисляются от соседних исходных и определяемых пунктов (табл. 107). Если при этом используются два угла поворота, то дирекционный угол вычисляется по формуле

$$\alpha_{\text{выч}} = \alpha_{\text{исх}} + \Sigma\beta - 180^\circ,$$

где  $\alpha_{\text{исх}}$  — прямой дирекционный угол исходного или другого связующего направления;

$\Sigma\beta$  — сумма двух левых углов поворота.

Если используется один угол поворота, то дирекционный угол вычисляется по формуле

$$\alpha_{\text{выч}} = \alpha_{\text{исх}} + \beta,$$

где  $\beta$  — левый угол поворота.

4. Вычисляются урвненные значения дирекционных углов связующих направлений (табл. 107). Если для получения всех значений связующего направления использовалось по два угла поворота, то урвненный дирекционный угол вычисляется по формуле

$$\alpha = \frac{\Sigma\alpha_{\text{выч}}}{n},$$

где  $n$  — число значений дирекционного угла.

Таблица 107

Уравнивание дирекционных углов связующих направлений

Название пункта	$\alpha_{\text{исх}}$	$\Sigma\beta - 180^\circ$ или $\beta$	Приближения			W
			I	II	III	
<b>Связующее направление № 31—30 (№ 30—31) <math>\alpha = 123^\circ 53' 40''</math></b>						
Дол, пир. № 32	54°02'46"	69°50'51"	123°53'37"	37		-3
Яр, веха		261 42 25		39		-1
Дол, пир. Черная, пир. № 32	54 02 46	81 42 20	303 53 42	34		-6
	207 16 32	249 50 56	303 53 41	42		+2
		96 37 09		41		+1
		81 42 33		47		+7
			$\alpha = 123 53 40$	40		0

Название пункта	$\alpha_{исх}$	$\Sigma\beta-180^\circ$ или $\beta$	Приближения			$W$
			I	II	III	
<b>Связующее направление № 32—Яр, вежа (Яр, вежа—№ 32) <math>\alpha=222^\circ 11' 14''</math></b>						
Черная, пир.	207°16'32"	14°54'41"	222°11'13"	13		-1
Орлиная, пир.	27 16 32	194 54 39	222 11 11	11		-3
№ 31		98 17 35	222 11 15	15		+1
№ 30		278 17 27	222 11 07	07		-7
Орлиная, пир.	27 16 32	14 54 43	42 11 15	15		+1
№ 31		278 17 40	42 11 20	20		+6
			$\alpha=222 11 14$	14		-3

Если несколько значений связующего направления получены с одним углом поворота, а остальные с двумя, то уравненный дирекционный угол вычисляется по формуле

$$\alpha = \alpha_0 + \frac{\Sigma p_i \delta_i}{\Sigma p_i},$$

где  $\alpha_0$  — приближенное значение дирекционного угла связующего направления;

$p_i$  — вес вычисленного значения дирекционного угла  $\alpha_{i_{выч}}$ ;

$\delta_i = \alpha_{i_{выч}} - \alpha_0$ .

Веса вычисленных значений дирекционных углов принимаются равными 2 при одном угле поворота и 1 — при двух углах. В случае разных весов уравненный дирекционный угол связующего направления вычисляется, как в системе угловых ходов с узловыми точками (табл. 103).

5. Вычисляются уравненные значения дирекционных углов сторон треугольников, а для этого — угловые невязки (табл. 107) по формуле

$$W = \alpha_{выч} - \alpha.$$

Поправки в левые углы вычисляются по формуле

$$\Delta\beta = -\frac{W}{n}$$

и вписываются на схему сети.

Поправки в направления на пункте принимаются равными: в исходные и связующие направления — нулю, в остальные — поправкам в угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от исходного или связующего до данного направления. Поправки в направления записываются в ведомость вычисления уравненных дирекционных углов (табл. 106).

Уравненные значения дирекционных углов сторон треугольников вычисляются по формуле

$$\alpha_{i_{\text{уп}}} = \alpha + (N_i + v_i) - N_0,$$

где  $\alpha$  — дирекционный угол исходного или связующего направления;

$N_i$  — значение уравниваемого направления;

$v_i$  — поправка к уравниваемому направлению;

$N_0$  — значение исходного или связующего направления.

Дирекционные углы односторонних направлений, если они не были приняты в качестве связующих, вычисляются, как в угловом ходе (табл. 101).

### Уравнивание системы из угловых ходов и треугольников

241. Система из угловых ходов и треугольников уравнивается в такой последовательности.

1. Составляется схема сети (рис. 89). Вычисляются невязки треугольников (табл. 105) и проверяется их соответствие предъявляемым требованиям (табл. 104).

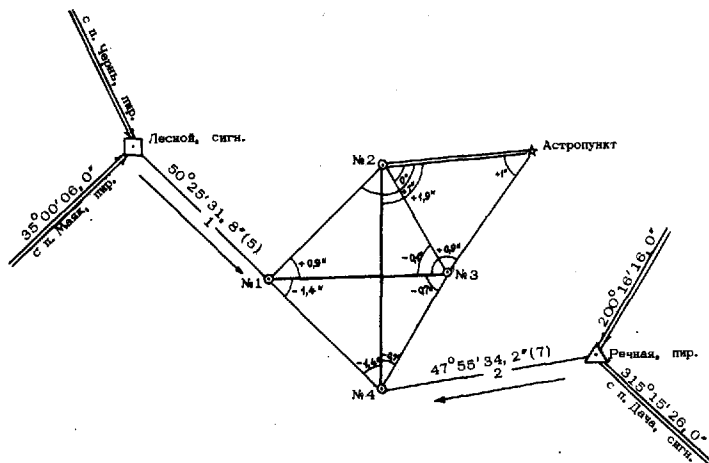


Рис. 89. Схема сети из угловых ходов и треугольников

2. Выполняется уравнивание направлений на исходных пунктах (табл. 98) в случае наблюдения двух исходных направлений на одном пункте. Уравненные направления вписываются в ведомость вычисления уравненных дирекционных углов (табл. 108).

Вычисление уравненных дирекционных углов

Название пункта	Направление	Поправка в направление	Уравненный дирекционный угол
	№ 1		
№ 3	0°00'00,0"	0	85°25'33,7"
№ 4	43 43 16,0	-1,4	129 08 48,3
№ 2	319 59 59,5	-0,9	45 25 32,3
	Астропункт		
№ 2	0 00 00,0	0	267 09 33,6
№ 3	292 48 17,0	-1,0	199 57 49,6
	№ 2		
Астропункт	0 00 00,0	0	87 09 33,6
№ 3	54 16 36,0	0	141 26 09,6
№ 4	96 01 17,2	+1,9	183 10 52,7
№ 1	138 15 57,7	+1,0	225 25 32,3
	№ 3		
№ 1	0 00 00,0	0	265 25 33,7
№ 2	56 00 36,0	-0,1	321 26 09,6
Астропункт	114 32 15,0	+0,9	19 57 49,6
№ 4	316 13 19,0	+0,7	221 38 53,4
	№ 4		
№ 1	0 00 00,0	+1,4	309 08 48,3
№ 2	54 02 05,8	0	3 10 52,7
№ 3	92 30 07,2	-0,7	41 38 53,4

3. В узловых точках угловых ходов и вершинах треугольников выбираются связующие направления. Вычисляются значения дирекционных углов связующих направлений  $\alpha_{вч}$  из угловых ходов, опирающихся на исходное направление (табл. 99). Для угловых ходов между двумя узловыми точками вычисляются суммы  $(\Sigma\beta - 180^\circ n)$  левых по ходу углов поворота (табл. 99). На схему сети вписываются суммы и число углов поворота, стрелками показывается направление подсчета сумм левых углов.

4. Методом последовательных приближений вычисляются уравненные значения дирекционных углов связующих направлений (табл. 109). В первом приближении дирекционный угол связующего направления вычисляется как среднее арифметическое из дирек-

Уравнивание дирекционных углов связующих направлений

Название начального пункта хода	Весы		$\alpha_{исх}$	$\Sigma\beta-180 л$	Приближения				$W$	$p'W$
	$p$	$p'$			1	$\delta_2$	$\delta_3$	$\delta_4$		
<b>Связующее направление № 1—№ 3 (№ 3—№ 1) <math>\alpha=85^\circ 25' 33,7''</math></b>										
Лесной, сигн. № 2	2,00	0,07	35°00'06,0"	50°25'31,8"	85°25'37,8"	37,8"	37,8"	37,8"	+4,1	+0,29
№ 2	5,00	0,19	267 09 33,6	178 15 58,2	85 25 31,8	31,8	31,8	31,8	-1,9	-0,36
№ 4	5,00	0,18		262 14 38,2		33,2	31,2	30,9	-2,8	-0,50
Астропункт № 4	5,00	0,19	87 09 33,6	178 16 02,0	265 25 35,6	35,6	35,6	35,6	+1,9	+0,36
№ 4	5,00	0,18		82 14 42,4		37,4	35,4	35,1	+1,4	+0,25
№ 2	5,00	0,19	267 09 33,6	358 16 00,0	265 25 33,6	33,6	33,6	33,6	-0,1	-0,02
	27	1,00			$\alpha=85 25 34,7$ $\alpha_0=85 25 00,0$	34,5	33,8	33,7		+0,02
<b>Связующее направление № 4—№ 2 <math>\alpha=3^\circ 10' 52,7''</math></b>										
Речная, пир. № 1	1,4	0,07	315 15 26,0	47 55 34,2	3 10 60,2	60,2	60,2	60,2	+7,5	+0,52
№ 1	5,00	0,23		97 45 21,8	3 10 56,5	56,3	55,6	55,5	+2,8	+0,64
№ 3	5,00	0,23		277 45 17,6	3 10 52,3	52,1	51,4	51,3	-1,4	-0,32
№ 2	10,00	0,47	267 09 33,6	96 01 17,2	3 10 50,8	50,8	50,8	50,8	-1,9	-0,89
	21,4	1,00			$\alpha= 3 10 55,0$ $\alpha_0= 3 10 00,0$	53,0	52,7	52,7		-0,05

ционных углов, вычисленных по отдельным угловым ходам и сторонам треугольников, во втором и последующих приближениях — по формуле

$$\alpha = \alpha_0 + \Sigma p' \delta,$$

где  $\alpha_0$  — приближенное значение дирекционного угла;

$$p' = \frac{p}{\Sigma p};$$

$p$  — вес дирекционного угла, обратно пропорциональный числу углов поворота;

$$\delta = \alpha_{\text{выч}} - \alpha_0;$$

$\alpha_{\text{выч}}$  — значения дирекционных углов, вычисленные от исходных и связующих направлений, полученных в предыдущем приближении.

Вес может быть получен и по формуле

$$p = \frac{10}{n}.$$

Пример уравнивания дирекционных углов связующих направлений приведен в табл. 109.

5. Вычисляются уравненные значения дирекционных углов направлений и невязки отдельных угловых ходов, как в разомкнутом угловом ходе (табл. 99) и в ходе с одним связующим направлением. Вычисляются уравненные значения дирекционных углов сторон треугольников, как при уравнивании сети треугольников. Пример уравнивания приведен в табл. 108.

Дирекционные углы односторонних направлений, если они не были приняты в качестве связующих, вычисляются, как в угловом ходе (табл. 101).

### Определение дирекционных углов направлений на ориентирные пункты со средней квадратической погрешностью 3—4" при восстановлении пунктов ГГС

242. Определению дирекционных углов ориентирных направлений должно предшествовать восстановление пунктов геодезической сети и ориентирных пунктов.

При восстановлении пунктов производятся следующие работы:

— ремонт центров пунктов геодезической сети (при частичном разрушении);

— закладка центров ориентирных пунктов;

— строительство наружных знаков;

— внешнее оформление центров пунктов геодезической сети и ориентирных пунктов\*.

В случае разрушения верхней части центра, состоящего из нескольких монолитов с марками, закладывается новый верхний центр. Марки нового и старого центров в плане совмещаются с погрешностью менее 2 мм.

\* О закладке и внешнем оформлении пунктов см. гл. 5.



Если центр восстанавливаемого геодезического пункта имеет марку с грубым крестом, исключаяющим возможность точного центрирования, то в марке сверлят отверстие диаметром 2 мм.

На каждом восстанавливаемом геодезическом пункте 1—3 классов устанавливается три ориентирных пункта (ОРП). На пунктах 4 класса их, как правило, не устанавливают. Если центры ОРП не типовые, их закладывают вновь. Внешние признаки старых центров — деревянный столб и окопку уничтожают, а сами центры считают утраченными.

При выборе места для закладки ОРП учитывают, что:

— расстояния между геодезическим и ориентирным пунктами должны быть не менее 500 и не более 1000 м;

— лучи визирования на ОРП при установке теодолита на штативе над центром геодезического пункта должны проходить не ниже 1 м над подстилающей поверхностью и не ближе 1 м от препятствий.

На открытой местности рекомендуется устанавливать ОРП так, чтобы направления на них с геодезического пункта составляли углы, близкие к  $120^\circ$ . Если не представляется возможным установить ОРП в местах, видимых с центра геодезического пункта со штатива, то над таким центром устанавливается постоянный знак, со столика которого должна открываться видимость на ОРП. В лесистой местности ОРП устанавливают на существующих просеках и, как исключение, — два ОРП на одной просеке на расстоянии не менее 50 м один от другого. Нельзя устанавливать ОРП на пашне, вблизи строительных площадок, карьеров и в других местах, где не обеспечивается их длительная сохранность. В горных районах, где имеется видимость с земли не менее чем на два геодезических пункта, а закладка центров затруднена, ОРП не устанавливают.

Результаты работ по восстановлению центров геодезических и ориентирных пунктов вносятся в «Карточки (журналы) обследования и восстановления геодезических пунктов» (приложение 10).

243. При определении дирекционных углов ориентирных направлений от сторон геодезической сети со средней квадратической погрешностью 3—4" должна быть обеспечена видимость с данного геодезического пункта на два других пункта 1—3 классов.

Ориентирные направления на пунктах ГГС могут быть получены со средней квадратической погрешностью 3" из астрономических наблюдений.

Измерение горизонтальных углов ориентирной группы производится в два периода видимости теодолитами типа Т1 со средней квадратической погрешностью 1,5" (табл. 16). Теодолиты подвергаются обязательным исследованиям. Кроме того, обязательно определяется цена деления уровня при алидаде горизонтального круга. В качестве визирных целей на ОРП используются угломерные марки, которые также подлежат проверке\*.

\* О методике измерения углов и проверки приборов см. гл. 1.

При наблюдении углов ориентирной группы со столика знака элементы центрировки определяют до и после наблюдений в каждый период видимости. Время между определением элементов центрировки и началом (окончанием) наблюдений не должно превышать 15 мин. Стороны треугольников погрешностей при проектировании вертикальной оси теодолита и центра пункта на центрировочный лист не должны быть более 3 мм.

Расхождение в определении линейного элемента центрировки до и после наблюдений в один период видимости не должно превышать 5 мм. За окончательное значение принимают среднее арифметическое из двух определений. Если указанный допуск не выдержан, данные наблюдения бракуют и выполняют новые.

Если значения линейного элемента центрировки при наблюдениях в разные периоды видимости различаются между собой не более чем на 5 мм, направления ориентирной группы приводят к центру геодезического пункта по их среднему арифметическому значению из всех определений. Если же указанный допуск не выдержан, то измеренные направления приводят к центру пункта отдельно по наблюдениям в каждый период видимости, после чего вычисляют из них среднее весовое значение, принимая за вес число приемов измерений.

В тех случаях, когда наблюдения производились со столика сигнала, кроме основных измерений ориентирной группы выполняется контрольное измерение направлений на ОРП с центра пункта шестью круговыми приемами. При этом над центрами ОРП устанавливают и центрируют заново визирные марки. Расхождения в значениях углов между направлениями на ОРП, вычисленных по контрольным и основным измерениям, не должны превышать 5". Если же они больше 5", контрольные измерения повторяют. Если и повторные контрольные измерения не укладываются в допуск, причем с тем же знаком, что и первые, наблюдения ориентирной группы выполняются заново.

Расстояния от центра геодезического пункта до центра ОРП определяют со средней квадратической погрешностью не более 1 м.

После окончания полевых работ по восстановлению пунктов к сдаче предъявляются следующие материалы:

— карточки обследования и восстановления геодезических пунктов (приложение 10);

— журналы измерения горизонтальных направлений;

— центрировочные листы;

— журналы измерения углов наклона направлений ориентирных групп;

— журналы определения геодезических азимутов на ОРП из астрономических наблюдений;

— журналы измерения расстояний до ОРП;

— материалы полевых вычислений;

— схема восстановленных пунктов (на карте масштаба 1 : 200 000);

— список обследованных и восстановленных геодезических пунктов (приложение 11).

Перечисленные материалы должны быть систематизированы отдельно по каждому листу карты масштаба 1 : 200 000.

### Угловая передача ориентировки коллиматорным методом

244. Коллиматорный метод применяется для передачи ориентировки по коротким сторонам, когда погрешности центрирования теодолита и визирных целей не позволяют обеспечить заданную точность передачи обычными способами. Применяя коллиматорный метод, предполагают, что начальное и конечное направления хода образованы длинными сторонами или закреплены коллиматорами, а направления промежуточных коротких сторон не определяются.

На рис. 90а показана схема передачи ориентировки от направления  $KA$  на направление  $BM$  через одну короткую сторону  $AB$ . При необходимости передачи ориентировки более чем через две короткие стороны следует выбирать промежуточное направление с удаленной визирной целью или использовать коллиматор (рис. 90б).

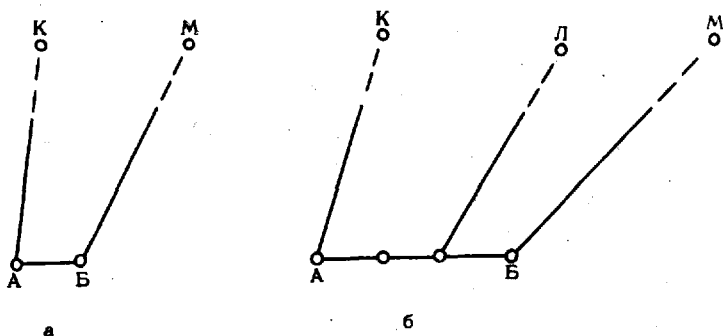


Рис. 90. Передача ориентировки коллиматорным методом

Теодолиты должны иметь устройства для подсветки сетки нитей или автоколлимационные окуляры. В последнем случае конечным и начальным направлениями могут служить нормали к плоским зеркалам (призмам).

Измерение углов выполняется в следующем порядке:

— центрируют над пунктами, горизонтируют и устанавливают в положение КЛ теодолиты  $A$  и  $B$  (рис. 90а);

— фокусируют трубы на бесконечность по удаленному местному предмету или длиннофокусному коллиматору, а если теодолит снабжен автоколлимационным окуляром, то с помощью плоского зеркала;

— выполняют взаимное визирование теодолитов, добиваясь, чтобы изображения перекрестий сеток нитей были видны в центре поля зрения труб;

— устанавливают по горизонтальным кругам отсчеты, примерно равные нулю, и записывают установочные отсчеты до 10";

— выполняют при КЛ точное наведение сетки нитей теодолита *А* на сетку нитей теодолита *Б* и записывают отсчеты по горизонтальному кругу;

— выполняют при КЛ точное наведение сетки нитей теодолита *Б* на сетку нитей теодолита *А* и записывают отсчеты;

— теодолитом *А* при КЛ измеряют направление на местный предмет *К* и записывают отсчет;

— теодолитом *Б* при КЛ измеряют направление на местный предмет *М* и записывают отсчет;

— теодолитами *А* и *Б* при КП измеряют направления на местные предметы *К* и *М* соответственно;

— выполняют при КП взаимное визирование теодолитов; используя установочные отсчеты;

— выполняют при КП точное наведение сетки нитей теодолита *А* на сетку нитей теодолита *Б* и записывают отсчеты по горизонтальному кругу;

— выполняют при КП точное наведение сетки нитей теодолита *Б* на сетку нитей теодолита *А* и записывают отсчеты по горизонтальному кругу.

Последовательность визирования на станциях при передаче ориентировки одной и двумя короткими сторонами приведена в табл. 110.

Таблица 110

Последовательность визирования при передаче ориентировки одной и двумя короткими сторонами

Положение круга	Одна сторона		Две стороны		
	станции		станции		
	<i>А</i>	<i>Б</i>	<i>А</i>	<i>Б</i>	<i>В</i>
КЛ	<i>Б</i>	<i>А</i>	<i>Б</i>	<i>А</i>	<i>М</i>
	<i>К</i>	<i>М</i>	<i>К</i>	<i>В</i>	<i>Б</i>
КП	<i>К</i>	<i>М</i>	<i>К</i>	<i>В</i>	<i>Б</i>
	<i>Б</i>	<i>А</i>	<i>Б</i>	<i>А</i>	<i>М</i>

Пример вычисления суммы углов при передаче ориентировки короткой стороной коллиматорным методом приведен в табл. 111.

**Вычисление суммы углов  
при передаче ориентировки короткой стороной**

Станции	Положение круга	Приемы наблюдений		
		I	II	III
А	КЛ	85°11'37,5"	85°10'39,8"	85°11'05,1"
	КП	11 59,4	10 12,1	10 53,2
Б	КЛ	92 16 15,4	92 17 16,7	92 16 50,0
	КП	15 43,0	17 30,1	16 50,6
А+Б	КЛ	177 27 52,9	177 27 56,5	177 27 55,1
	КП	27 42,4	27 42,2	27 43,8
А+Б Коллимация	Среднее 4с	177 27 47,6 +10,5	177 27 49,4 +14,3	177 27 49,4 +11,3

Примечание. При контроле результатов наблюдений сопоставимыми являются только суммы измеренных углов по всей цепочке передачи ориентировки.

**Определение дирекционного угла направления  
между двумя недоступными для установки теодолита точками**

**245. Способ вспомогательной створной точки.** Для определения дирекционного угла направления между двумя недоступными точками выбирается вспомогательная точка  $O'$  (рис. 91)

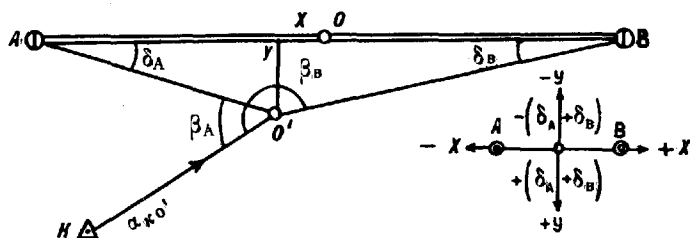


Рис. 91. Схема определения дирекционного угла между недоступными точками способом вспомогательной створной точки

вблизи середины и примерно в створе определяемого направления  $AB$ . Расстояния  $X$  и  $Y$  не должны превышать 1:500 расстояния  $AB$  между недоступными точками. Со вспомогательной точки определяется дирекционный угол исходного

направления  $\alpha_{KO'}$  и измеряются углы  $\beta_A$  и  $\beta_B$ . Дирекционный угол направления  $AB$  вычисляется по формуле

$$\alpha_{AB} = \alpha_{KO'} + \frac{\beta_A + \beta_B}{2} - \frac{\delta_B - \delta_A}{2} - 270^\circ.$$

Полуразность углов  $\frac{\delta_B - \delta_A}{2}$  представляет поправку за несовпадение точки наблюдения  $O'$  с точкой  $O$ . При расположении точки  $O'$  в створе  $AB$  или на нормали к  $AB$ , проходящей через точку  $O$ ,  $\frac{\delta_B - \delta_A}{2} = 0$ .

Для вычисления поправки  $\frac{\delta_B - \delta_A}{2}$  измеряются расстояния  $X$ ,  $Y$  и  $AB$  или  $AO'$ ,  $BO'$  и  $AB$ . Средняя квадратическая погрешность измерения расстояний не должна превышать 1:2000 величины расстояния  $AB$  между недоступными точками. Поправка вычисляется по формуле

$$\left(\frac{\delta_B - \delta_A}{2}\right)'' = \frac{4XY}{(AB)^2} \rho''$$

или по формуле

$$\left(\frac{\delta_B - \delta_A}{2}\right)'' = \frac{O'A - O'B}{2AB} (\delta_A + \delta_B)'',$$

где  $\delta_A + \delta_B = 180^\circ - (\beta_B - \beta_A)$ .

Принятые в формулах обозначения и знаки аргументов  $X$ ,  $Y$  и  $(\delta_A + \delta_B)''$  приведены на рис. 91.

**246. Способ двух вспомогательных точек.** Принципиальная схема определения дирекционного угла направления между двумя недоступными точками  $A$  и  $B$  приведена на рис. 92.

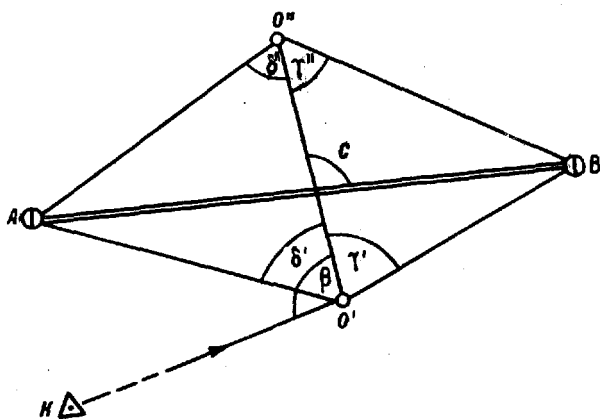


Рис. 92. Определение дирекционного угла между недоступными точками способом двух вспомогательных точек

Вспомогательные точки  $O'$  и  $O''$  должны выбираться на нормали к направлению  $AB$ , проходящей через его середину или смещенной от нее, но при условии симметричного расположения точек  $O'$  и  $O''$  относительно направления  $AB$ . Центральный угол  $C$  между диагоналями четырехугольника должен быть не менее  $60^\circ$ . Расстояние  $O'O''$  между вспомогательными точками должно составлять  $0,5—0,6$  от расстояния  $AB$ .

Горизонтальные углы измеряются на вспомогательных точках. С одной из них определяется дирекционный угол  $\alpha_{KO'}$  исходного направления  $KO'$ . По измеренным углам  $\delta'$ ,  $\delta''$ ,  $\gamma'$  и  $\gamma''$  вычисляется угол между диагоналями четырехугольника с помощью формулы

$$C = \operatorname{arccctg} \frac{\operatorname{ctg} \delta'' \operatorname{ctg} \gamma' - \operatorname{ctg} \gamma'' \operatorname{ctg} \delta'}{\operatorname{ctg} \delta' + \operatorname{ctg} \gamma' + \operatorname{ctg} \delta'' + \operatorname{ctg} \gamma''}.$$

Дирекционный угол  $\alpha_{AB}$  направления  $AB$  вычисляется по формуле

$$\alpha_{AB} = \alpha_{KO'} + \beta + (C + 180^\circ),$$

где  $\beta$  — измеренный угол на вспомогательной точке  $O'$  между исходным направлением и направлением на вторую вспомогательную точку.

### Переход от астрономического и геодезического азимутов к дирекционному углу

**247.** Переход от астрономического азимута к дирекционному углу может быть выполнен через геодезический азимут или непосредственно.

Переход от астрономического азимута  $A$  к геодезическому азимуту  $A_r$  производится по формуле

$$A_r = A + (L_i - \lambda_i) \sin \varphi_i + \frac{\eta_i \cos A - \xi_i \sin A}{\operatorname{tg} Z_{з.п.}},$$

где  $L_i$  — геодезическая долгота пункта  $i$ , на котором определен астрономический азимут;

$\varphi_i$  и  $\lambda_i$  — астрономические координаты пункта  $i$ ;

$\eta_i$  и  $\xi_i$  — составляющие уклонения отвесной линии в первом вертикале и меридиане;

$Z_{з.п.}$  — зенитное расстояние направления на земной предмет.

Выражение  $\frac{\eta \cos A - \xi \sin A}{\operatorname{tg} Z_{з.п.}}$  является поправкой в направление на земной предмет за уклонение отвесной линии. Эту поправку учитывают при определении геодезического азимута со средней квадратической погрешностью  $1$  и  $2''$ . Если средняя квадратическая погрешность определения  $3''$ , поправку

учитывают при составляющих уклонения отвесной линии более  $10''$ . В случаях определения геодезических азимутов со средней квадратической погрешностью  $5''$  и более поправка не вычисляется.

Геодезическую долготу пункта получают путем преобразования плоских прямоугольных координат Гаусса ( $x_i$  и  $y_i$ ) пункта  $i$  в геодезические координаты.

Геодезический азимут может быть также вычислен по формуле

$$A_r = A - \eta_i \operatorname{tg} \varphi_i + \frac{\eta_i \cos A - \xi_i \sin A}{\operatorname{tg} Z_{\text{с.п.}}}$$

Переход от астрономического азимута к геодезическому показан в табл. 112.

Таблица 112

Переход от астрономического азимута к геодезическому

$L_i$	$54^{\circ}05'41,9''$	$\sin \varphi_i$	$0,8003$
$\lambda_i$	$54\ 05\ 20,0$	$A$	$358^{\circ}17'47,0''$
$L_i - \lambda_i$	$+21,9$	$(L_i - \lambda_i) \sin \varphi_i$	$+17,5$
$\varphi_i$	$53^{\circ}09'28''$	$A_r$	$358\ 18\ 04,5$

248. Переход от геодезического азимута к дирекционному углу направления  $ik$  осуществляется по формуле

$$\alpha_{ik} = A_{r, ik} - \gamma_i + \delta_{ik},$$

где  $\gamma_i$  — сближение меридианов на пункте наблюдения;  
 $\delta_{ik}$  — поправка за кривизну изображения геодезической линии на плоскости в проекции Гаусса.

Сближение меридианов вычисляют по формуле

$$\operatorname{tg} \gamma_i = \operatorname{tg} (L_i - L_0) \sin B_i,$$

где  $L_0$  — долгота осевого меридиана зоны, в которой расположен пункт  $i$ ;

$B_i$  и  $L_i$  — геодезические координаты пункта  $i$ .

Поправку в секундах за кривизну изображения геодезической линии на плоскости в проекции Гаусса вычисляют по формуле

$$\delta_{ik} = 0,000845 (x_i - x_k) (2y_i + y_k),$$

где  $x_i$  и  $x_k$  — абсциссы пунктов  $i$  и  $k$  в прямоугольной системе координат (до  $0,01$  км);

$y_i$  и  $y_k$  — ординаты пунктов  $i$  и  $k$  в прямоугольной системе координат (до  $0,01$  км).



Для дирекционных углов, определяемых со средней квадратической погрешностью 5" и более, поправка может вычисляться по формулам:

$$\delta_{ik} = \frac{(x_l - x_k)}{396} y_m, \quad y_m = \frac{y_l + y_k}{2}.$$

Переход от геодезического азимута к дирекционному углу показан в табл. 113.

Таблица 113

Переход от геодезического азимута к дирекционному углу

Осевой меридиан  $L_0 = 57^\circ$

Схема	Вычисление	Схема	Вычисление
$L_l$	$54^\circ 05' 41,9''$	$x_l - x_k$	- 5,80 км
$(L_l - L_0)$	- 2 54 18,1	$y_m$	-194,30 км
$B_l$	53 09 24,9	$\delta_{ik}$	+ 2,8"
$\text{tg}(L_l - L_0)$	-0,050746	$-\gamma_l$	$2^\circ 19' 32,0''$
$\sin B_l$	0,800281	$-\gamma_l + \delta_{ik}$	2 19 34,8
$\text{tg } \gamma_l$	-0,040611	$A_{r, ik}$	358 18 04,5
		$\alpha_{ik}$	0 37 39,3

249. Непосредственный переход от астрономических азимутов  $A$  к дирекционным углам  $\alpha$ , определяемым со средней квадратической погрешностью 5" и более, осуществляется по формуле

$$\alpha_{ik} = A_{ik} - \gamma_{a, l} + \delta_{ik},$$

где  $\gamma_{a, l}$  — сближение меридианов, вычисленное с астрономической широтой и долготой пункта по формуле

$$\text{tg } \gamma_{a, l} = \text{tg}(\lambda_l - L_0) \sin \varphi_l,$$

$\delta_{ik}$  — поправка (в секундах) за кривизну изображения геодезической линии на плоскости в проекции Гаусса, вычисляется по формуле

$$\delta_{ik} = -16 S_{ik} \cos \varphi_l \text{tg}(\lambda_l - L_0) \cos A_{ik},$$

где  $S_{ik}$  — длина линии  $ik$  (до 0,01 км).

Пример непосредственного перехода от астрономического азимута к дирекционному углу дан в табл. 114.

Переход от астрономического азимута к дирекционному углу  
Осевой меридиан  $L_0=57^\circ$

Схема	Вычисление	Схема	Вычисление
$\lambda_l$	$54^\circ 05' 20,0''$	$S_{ik}$	5,80 км
$\lambda_l - L_0$	$-2\ 54\ 40,0$	$\cos A_{ik}$	1,000
$\varphi_l$	53 09 28	$\delta_{ik}$	+2,8''
$\text{tg}(\lambda_l - L_0)$	$-0,050852$	$-\gamma_{a,t}$	+ $2^\circ 19' 49,6''$
$\sin \varphi_l$	0,800290	$-\gamma_{a,t} + \delta_{ik}$	+ 2 19 52,4
$\text{tg} \gamma_{a,t}$	$-0,040696$	$A_{ik}$	358 17 47,0
$\cos \varphi_l$	0,600	$\alpha_{ik}$	0 37 39,4

## Глава 7

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ПУНКТОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ, ТОЧЕК МЕСТНОСТИ И РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

250. Координаты пунктов СГС, объектов и точек местности могут определяться методами триангуляции, полигонометрии, трилатерации или комбинированием этих методов, а также различными засечками. Метод выбирается в зависимости от заданной точности определения координат, особенностей имеющейся геодезической основы, характера местности, условий погоды и видимости, наличия сил и поставленных сроков.

При развитии СГС методами триангуляции и полигонометрии одновременно с координатами определяют дирекционные углы сторон сети и направлений на ОРП. Если координаты пунктов СГС определяются методом трилатерации или линейными засечками, то азимуты направлений на ОРП получают, как правило, с помощью гироскопических измерений или астрономических наблюдений.

Необходимая точность измерения угловых и линейных величин при определении координат приведена в табл. 115.

Таблица 115

Средние квадратические погрешности измерений

Точность определения координат (вид сети)	Средние квадратические погрешности		
	определения азимутов исходных сторон	измерения углов	измерения базисов, сторон полигонометрии и трилатерации
1 м (СГС-15)	10"	5"	1 : 10 000
2 (СГС-30)	15	10	1 : 10 000
5 (СГС-60)	30	15	1 : 1 000
10	60	15	1 : 1 000

В качестве исходных служат элементы сетей, указанных в табл. 3, п. 3.

Количество приемов измерения горизонтальных углов в зависимости от требуемой точности дано в табл. 16. Методики измерения углов изложены в п. 39—44.

При определении координат с точностью 1 и 2 м расстояния измеряют радиодальномером РДГВ в режиме грубых измерений или светодальномерами 2СМ2, а 5 и 10 м — дальномером КТД-1 или мерными лентами. Координаты с точностью 20 и 50 м могут определяться от контурных точек с использованием топографических карт масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000 соответственно.

**251.** При развитии СГС в местной системе координат (свободной сети) применяются те же методы. В этом случае сеть согласовывается с имеющейся крупномасштабной топографической картой (фотопланом с нанесенной координатной сеткой) не менее чем по пяти контурным точкам, надежно опознанным на местности и на карте (п. 267 и 268). Базисные стороны, необходимые для масштабирования сети, должны быть расположены как можно дальше одна от другой. Так же выбирают и стороны, азимуты которых определяют для ориентирования сети.

**252.** Координаты пунктов СГС, точек местности и различных объектов вычисляются в системе координат ГГС в шестиградусных зонах проекции Гаусса.

При наличии специализированной электронной вычислительной машины ТЭМ-1 все вычисления СГС, включая предварительную обработку, выполняют по программам геодезических задач, закомутированным в ее ДЗУ (гл. 4). При отсутствии ЭВМ вычисления выполняются в «две руки» на настольных вычислительных машинах.

По окончании вычислений составляются по установленной форме списки координат. Значения помещаемых в них дирекционных углов сторон пунктов СГС должны быть получены из уравнивания угловых измерений. Дирекционные углы сторон, вычисленные путем решения обратных геодезических задач по координатам пунктов, вносить в списки не разрешается.

**253.** Развитие СГС включает следующие основные этапы:

- составление проекта;
- рекогносцировку и уточнение проекта;
- закладку центров и постройку знаков;
- полевые измерения;
- вычисления.

**254.** Проект сети составляется на карте масштаба 1 : 50 000 или 1 : 100 000 с соблюдением условных знаков (приложение 2). СГС, опирающаяся на исходную сеть, должна включать не менее двух исходных сторон.

В первую очередь на карту наносят исходную сеть, затем обозначают положение пунктов, род знаков, наблюдаемые направления, измеряемые азимуты и расстояния. При выборе на карте местоположения пунктов и расчете высот знаков должны быть учтены изменения местности, происшедшие после ее составления.

Рекогносцировка пунктов на местности выполняется для уточнения технического проекта. Как правило, она начинается с обследования исходных пунктов, в ходе которого определяют состояние их центров и наружных знаков, а также объем ремонтных работ. По результатам рекогносцировки уточняют места расположения

определяемых пунктов, проверяют наличие видимости по запроектированным направлениям, устанавливают высоты знаков, намечают местоположение ОРП, уточняют общий объем полевых работ.

Для проведения рекогносцировки необходимо иметь проект, нанесенный на топографическую карту, бинокль, буссоль или компас, транспортир, трехгранную линейку и папку-планшет. После того, как будет установлена видимость по всем запроектированным направлениям, рекогносцировка пункта считается законченной.

Рекогносцировку целесообразно совмещать с закладкой центров и постройкой наружных знаков. В первую очередь строятся и ремонтируются наружные знаки на исходных пунктах ГГС и на тех определяемых пунктах, местоположение которых и высоты знаков на них не вызывают сомнений (на господствующих высотах, на местах с широким обзором и т. п.).

Если постройка знаков откладывается, то место отрекогносцированного пункта закрепляют вехой, а в местах запроектированных ОРП забивают колья. Вокруг вехи и колья насыпают курганы высотой 0,7—1 м.

При рекогносцировке СГС, развиваемой в местной системе координат, работы начинают с выбора мест для измерения базисов и расположения пунктов, на которых будут определяться астрономические азимуты.

После рекогносцировки составляется окончательный проект сети.

### **Определение координат пунктов СГС методом триангуляции**

**255.** Метод триангуляции применяют в открытой и полузакрытой местности при условиях хорошей видимости.

СГС может быть развита в виде сети треугольников, опирающейся не менее чем на две исходные стороны, или цепи треугольников, заключенной между двумя исходными сторонами. Длины сторон треугольников должны быть не менее 1,5 км, а углы — не менее 15°. Между определяемыми и исходными пунктами не должно быть более четырех сторон.

На исходных пунктах угловая привязка, как правило, должна выполняться к двум исходным направлениям. По всем сторонам треугольников сети производятся прямые и обратные наблюдения, и, как исключение, допускаются односторонние наблюдения.

Каждый пункт СГС должен определяться не менее чем из двух сплошных треугольников. В виде исключения допускается определение пункта из одного сплошного и одного несплошного треугольников.

**256.** Координаты СГС, развитой методом триангуляции, вычисляются в два этапа: на первом получают дирекционные углы сторон сети, на втором — координаты пунктов.

Перед вычислениями проверяют результаты измерения углов по допускам. Невязки треугольников, вычисленные по приведенным

к центрам пунктов углам, не должны превышать 15, 30 и 60'' для СГС-15, СГС-30, СГС-60 соответственно.

Методика вычисления дирекционных углов и координат пунктов показана на примере СГС-15, опирающейся на пункты ГГС (рис. 93).

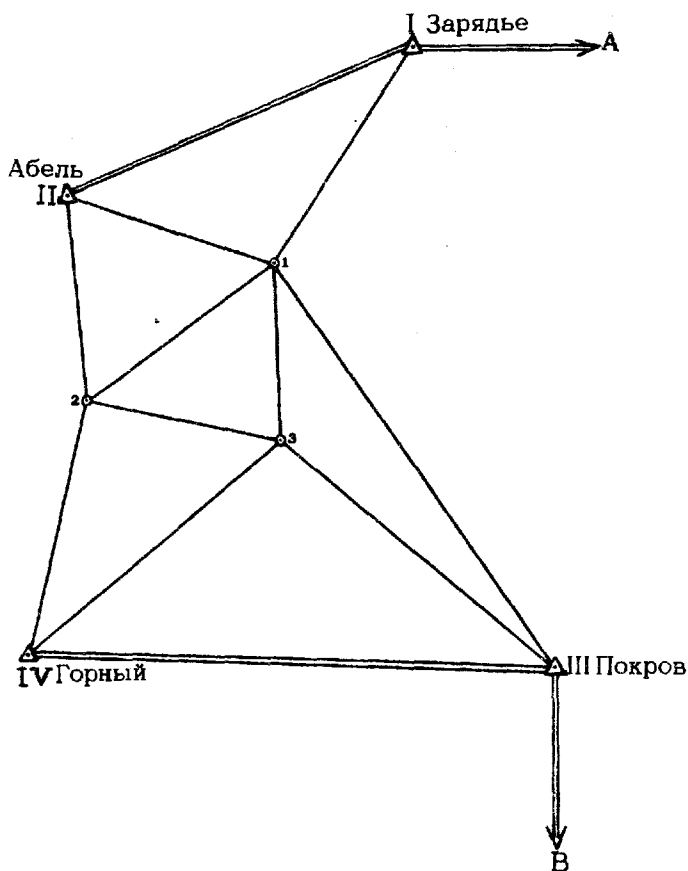


Рис. 93. Сеть триангуляции

257. Дирекционные углы сторон сети вычисляют сначала на исходных пунктах, затем на определяемых смежных с исходными и далее на остальных определяемых пунктах. Вычисления на исходных пунктах выполняют в следующем порядке:

— вычисляют ориентирующие углы  $Z_k$  по формуле

$$Z_k = \alpha_{kj} - M_{kj},$$

где  $\alpha_{kj}$  и  $M_{kj}$  — значения дирекционного угла и измеренного направления соответственно.

Если на пункте несколько направлений с известными дирекционными углами, то, вычислив ориентирующий угол для каждого направления, в качестве  $Z_k$  используют среднее из полученных значений;

— вычисляют значения ориентированных направлений  $M_{ki}^{(1)}$  с исходного пункта на определяемые по формуле

$$M_{ki}^{(1)} = Z_k + M_{ki}.$$

Вычисления на определяемых пунктах выполняют в следующем порядке:

— вычисляют ориентирующие углы  $Z_i$  по формуле

$$Z_i = M_{ki}^{(1)} \pm 180^\circ - M_{ik}.$$

В качестве окончательного значения  $Z_i$  берут среднее из значений;

— вычисляют значения ориентированных направлений  $M_{ik}^{(1)}$  по формуле

$$M_{ik}^{(1)} = Z_i + M_{ik}.$$

Далее вычисляют на исходных и определяемых пунктах значения дирекционных углов определяемых сторон путем нахождения среднего из значений прямого и обратного ориентированных направлений.

Результаты вычисления дирекционных углов сторон сети должны удовлетворять установленным допускам (табл. 116).

Таблица 116

Допустимые расхождения при вычислении дирекционных углов

Допустимые расхождения	СГС-15	СГС-30	СГС-60
Между ориентирующими углами на исходных пунктах	15"	25"	45"
Между ориентирующими углами на определяемых пунктах	25	45	90
Между прямым и обратным ориентированными направлениями	$180^\circ \pm 25''$	$180^\circ \pm 45''$	$180^\circ \pm 90''$

Дирекционные углы вычисляют в ведомости (табл. 117) в следующем порядке:

## Вычисление дирекционных углов

Направления	Значения направлений	Исходные дирекционные углы	Значения ориентированных направлений	Дирекционные углы
<b>I. Зарядье</b>				
I—А	0°00'00"	90°00'03"		
—1	123 41 25		213°41'31"	213°41'26"
—II	157 09 49	247 09 58		
—ОРП1	169 13 14			259 13 20
—ОРП2	265 41 26			355 41 32
	$Z_k = 90 00 06$	90 00 03 09		
<b>II. Абель</b>				
II—I	0°00'00"	67°09'58"		
—1	39 26 31		106°36'29"	106°36'28"
—2	105 34 51		172 44 49	172 44 50
—ОРП1	21 52 07			89 02 05
—ОРП2	109 14 50			176 24 48
	$Z_k = 67 09 58$			
<b>III. Покров</b>				
III—B	0°00'00"	179°59'57"		
—IV	75 57 49	255 57 46		
—3	105 56 42		285°56'39"	285°56'41"
—1	132 58 03		312 58 00	312 58 06
—ОРП1	91 29 30			271 29 27
—ОРП2	180 01 19			0 01 16
	$Z_k = 179 59 57$	179 59 57 57		
<b>IV. Горный</b>				
IV—2	00°00'00"		14°39'26"	14°39'26"
—3	37 11 04		51 50 30	51 50 32
—III	61 18 20	75°57'46"		
—ОРП1	100 51 02			115 30 28
—ОРП2	179 04 15			193 43 41
	$Z_k = 14 39 26$			



Направления	Значения направлений	Исходные дирекционные углы	Значения ориентированных направлений	Дирекционные углы
<b>№ 1</b>				
1—I	00°00'00"	33°41'31"	33°41'22"	33°41'26"
—III	99 16 49	132 58 00	132 58 11	132 58 06
—3	142 44 07		176 25 29	176 25 28
—2	199 04 33		232 45 55	232 45 54
—II	252 55 06	286 36 29	286 36 28	286 36 28
—ОРП1	1 32 50			35 14 16
—ОРП2	90 01 15			123 42 41
	$Z_i = 33\ 41\ 22$	33 41 31 11 23		
<b>№ 2</b>				
2—I	00°00'00"	52°45'55"	52°45'52"	52°45'54"
—3	47 55 16		100 41 08	100 41 04
—IV	141 53 34	194 39 26	194 39 26	194 39 26
—II	299 58 59	352 44 49	352 44 51	352 44 50
—ОРП1	150 20 10			203 06 04
—ОРП2	240 50 14			293 36 08
	$Z_i = 52\ 45\ 52$	52 45 55 52 50		
<b>№ 3</b>				
3—III	00°00'00"	105°56'39"	105°56'43"	105°56'41"
—IV	125 53 51	231 50 30	231 50 34	231 50 32
—2	174 44 17	280 41 08	280 41 00	280 41 04
—1	250 28 45	356 25 29	356 25 28	356 25 28
—ОРП1	120 41 05			226 37 46
—ОРП2	205 10 11			311 06 52
	$Z_i = 105\ 56\ 43$	105 56 39 39 51 44		

— записывают данные в графы 1 и 2, а в графу 3 — значения  $\alpha_{kj}$  — для исходных и  $(M_{ki}^{(1)} \pm 180^\circ)$  — для определяемых пунктов; запись данных проверяется во «вторую руку»;

— записывают в графу 2 значения  $Z_k$ , сначала для пунктов с исходными дирекционными углами, а после их обработки — значения  $Z_l$  — для остальных; расхождения вычисленных для отдельных направлений значений ориентирующих углов не должны превышать установленных допусков (табл. 116);

— вычисляют значения  $M_{ki}^{(1)}$  и вписывают в графу 4; для контроля вычисляют значения  $M_{ki}$  по формуле

$$M_{ki} = M_{ki}^{(1)} - Z_k$$

и сравнивают полученные значения с данными графы 2;

— вычисляют окончательные значения дирекционных углов (графа 5);

— вычисляют на определяемых пунктах дирекционные углы направлений на ОРП по формуле

$$\alpha_{орп} = \alpha_n + M_{ik},$$

где  $\alpha_n$  — окончательное значение дирекционного угла начального направления;

$M_{ik}$  — значение направления на ОРП. На исходных пунктах вычисления выполняют по формуле

$$\alpha_{орп} = Z_k + M_{ki}.$$

258. Координаты определяемых пунктов вычисляют по формулам котангенсов дирекционных углов (формулам Гаусса), используя дирекционные углы, полученные в графе 5 табл. 117, или по формулам котангенсов углов треугольников.

Формулы котангенсов дирекционных углов могут применяться при значениях дирекционных углов с исходных пунктов на определяемые, находящихся в пределах  $5-85^\circ$ ,  $95-175^\circ$ ,  $185-265^\circ$ ,  $275-355^\circ$ . Формулы котангенсов углов треугольников могут применяться при любых значениях дирекционных углов определяемых сторон.

Для получения координат пункта выбирают более точные засечки. Сравнительная точность засечек характеризуется коэффициентом  $K = \frac{\sin \gamma}{S_1 \cdot S_2}$ , где  $\gamma$  — угол засечки,  $S_1$  и  $S_2$  — расстояния (в км) до исходных пунктов. Чем больше  $K$ , тем точнее засечка.

Координаты вычислены в табл. 118 в следующем порядке:

— с пунктов I и II и с I и III получены две засечки пункта № 1, из значений координат которых взяты средние;

— с пунктов II и № 1 и с II и IV получены две засечки пункта № 2, из значений координат которых взяты средние;

— с пунктов IV и № 2, а также с пунктов IV и III дважды получены координаты пункта № 3, из которых взяты средние значения.

Таблица 118

Вычисление координат пунктов  
по формулам котангенсов дирекционных углов

Название (номер) пункта	$\alpha_{AP}$	$x_A$	$\operatorname{ctg} \alpha_{AP}$	$y_A$
	$\alpha_{BP}$	$x_B$	$\operatorname{ctg} \alpha_{BP}$	$y_B$
		$x_P$	$\operatorname{ctg} \alpha_{AP} - \operatorname{ctg} \alpha_{BP}$	$y_P$
II. Абель, пир.	106°36'28"	7018153.7 м	— 0.29826	8522105.0 м
I. Зарядье, пир.	213 41 26	7020153.8	1.49997	8526855.4
№ 1, пир.		7017303.6	— 1.79823	8524955.2
III. Покров, пир.	312 58 06	7013903.2	— 0.93148	8528604.9
I. Зарядье, пир.	213 41 26	7020153.8	1.49997	8526855.4
№ 1, пир.		7017303.1	— 2.43145	8524954.9
№ 1	среднее $x_P$	7017303.4	среднее $y_P$	8524955.0
№ 1, пир.	232 45 54	7017303.4	0.76000	8524955.0
II. Абель, пир.	172 44 50	7018153.7	— 7.85756	8522105.0
№ 2, пир.		7015403.4	+ 8.61756	8522455.0
II. Абель, пир.	172 44 50	7018153.7	— 7.85756	8522105.0
IV. Горный, пир.	14 39 26	7012153.2	3.82340	8521604.9
№ 2, пир.		7015403.5	—11.68096	8522455.0
№ 2	среднее $x_P$	7015403.4	среднее $y_P$	8522455.0
№ 2, пир.	100 41 04	7015403.4	— 0.18867	8522455.0
IV. Горный, пир.	51 50 32	7012153.2	0.78573	8521604.9
№ 3, пир.		7014903.4	— 0.97440	8525105.1
III. Покров, пир.	285 56 41	7013903.2	— 0.28570	8528604.9
IV. Горный, пир.	51 50 32	7012153.2	0.78573	8521604.9
№ 3, пир.		7014903.4	— 1.07143	8525104.8
№ 3	среднее $x_P$	7014903.4	среднее $y_P$	8525105.0

Координаты пункта  $P$ , определенного прямой засечкой с двух исходных пунктов  $A$  и  $B$  (рис. 94), вычисляются по формулам котангенсов дирекционных углов (формулам Гаусса):

$$y_P = \frac{y_A \operatorname{ctg} \alpha_{AP} - y_B \operatorname{ctg} \alpha_{BP} + x_B - x_A}{\operatorname{ctg} \alpha_{AP} - \operatorname{ctg} \alpha_{BP}};$$

$$x_P = x_A + (y_P - y_A) \operatorname{ctg} \alpha_{AP},$$

где  $x_A, x_B, y_A, y_B$  — координаты исходных пунктов;  
 $\alpha_{AP}, \alpha_{BP}$  — дирекционные углы с исходных пунктов  
на определяемый;  
 $x_P, y_P$  — координаты определяемого пункта.

Контрольные формулы:

$$\operatorname{ctg} (\alpha_{AP} - \alpha_{BP}) = \frac{\operatorname{ctg} \alpha_{BP} \cdot \operatorname{ctg} \alpha_{AP} + 1}{\operatorname{ctg} \alpha_{BP} - \operatorname{ctg} \alpha_{AP}};$$

$$(y_P - y_B) = \frac{(x_P - x_B)}{\operatorname{ctg} \alpha_{BP}}.$$

Первая контрольная формула применяется после того, как в вычислительную схему вписаны значения  $\operatorname{ctg} \alpha_{BP}$  и  $\operatorname{ctg} \alpha_{AP}$ , вторая — как заключительная.

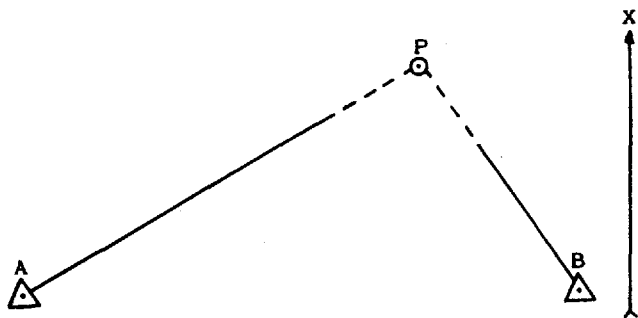
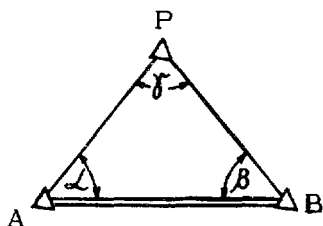


Рис. 94. Схема прямой засечки по дирекционным углам

Координаты определяемых пунктов могут быть вычислены по уравненным углам с использованием формул котангенсов углов треугольников. Вычисления выполняются на специальном бланке (табл. 119), на котором также делается схематический чертеж треугольника. При обозначении вершин треугольника руководствуются следующим правилом: если смотреть с середины исходной стороны на определяемый пункт, то слева должен быть исходный пункт  $A$  и измеренный угол  $\alpha$ , а справа — исходный пункт  $B$  и измеренный угол  $\beta$ .

**Вычисление координат пункта по формулам  
котангенсов углов треугольника**



$$x_P = \frac{x_A \operatorname{ctg} \beta + x_B \operatorname{ctg} \alpha + y_B - y_A}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta};$$

$$y_P = \frac{y_A \operatorname{ctg} \beta + y_B \operatorname{ctg} \alpha + x_A - x_B}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}.$$

Контрольная формула:

$$x_B = \frac{x_P \operatorname{ctg} \alpha + x_A \operatorname{ctg} \gamma + y_A - y_P}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \gamma}.$$

Название (номер) пункта	$\gamma$ $\alpha$ $\beta$	$x_P$ $x_A$ $x_B$	$\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \gamma$	$y_P$
			$\operatorname{ctg} \gamma$ $\operatorname{ctg} \alpha$ $\operatorname{ctg} \beta$ $\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta$	$y_A$ $y_B$
<i>P</i> № 1, пир.	107°04'58"	7017303.6	1.20488 0.30731	8524955.2
<i>A</i> Зарядье, пир.	33 28 35	7020153.8	1.51219	8526855.4
<i>B</i> Абель, пир.	39 26 27	7018153.7	1.21565	8522105.0
	180 00 00		2.72784	

Расхождения координат пунктов, полученных по разным засечкам, не должны превышать полуторной величины заданной средней квадратической погрешности координат  $m_{x,y}$ . В примере наибольшее расхождение равно 0,5 м (для пункта № 1). Допустимое значение: 1,5  $m_{x,y} = 1,5$  м ( $m_{x,y} = 1$  м для СГС-15).

**Определение координат пунктов СГС  
методом полигонометрии**

259. Для развития СГС в закрытой и полужакрытой местности, а также при расположении пунктов вдоль дорог эффективен метод полигонометрии. Полигонометрия строится в виде отдельных разомкнутых ходов, опирающихся на два исходных пункта, или системы ходов с узловыми точками, опирающейся не менее чем на три исходных пункта. Длины линий ходов должны быть не менее 500 м при измерении углов поворота по геодезическим знакам и не менее 100 м при измерении по трехштативной системе.

Длина полигонометрического хода и число точек поворота в ходе в зависимости от точности развиваемой СГС не должны превышать величин, указанных в табл. 120.

Таблица 120

Допустимая длина полигонометрического хода  
и число точек поворота в ходе

Параметры полигонометрического хода	Разомкнутый ход между двумя исходными пунктами			Ход между узловой точкой и ближайшим к ней исходным пунктом		
	СГС-15	СГС-30	СГС-60	СГС-15	СГС-30	СГС-60
Длина хода (км) при:						
относительной погрешности измерения линий 1 : 10 000	15	30	45	12	20	35
1 : 1 000	—	—	12	—	—	8
Число точек поворота	20	30	40	15	25	30

Средние квадратические погрешности измерения сторон и углов полигонометрических ходов, а также значений дирекционных углов исходных сторон ходов приведены в табл. 115.

При создании СГС методом полигонометрии в местной системе координат сначала проектируется проложение замкнутого хода вдоль границ района работы. Длина этого хода не должна превышать удвоенного значения допуска для разомкнутого хода (табл. 120). Затем, принимая точки поворота замкнутого хода за узловые, развивают дополнительные ходы для сгущения СГС до требуемой плотности. Для ориентирования свободной СГС определяют не менее двух исходных азимутов, как правило, на узловых точках. Число точек поворота хода от любого пункта СГС до ближайшего к нему азимута не должно превышать установленных допусков (табл. 120).

#### Уравнивание дирекционных углов и вычисление координат пунктов полигонометрического хода

260. Полигонометрия вычисляется, как и триангуляция, в два этапа: вначале уравнивают дирекционные углы, затем вычисляют координаты пунктов.

В разомкнутом полигонометрическом ходе и в системе полигонометрических ходов с узловыми точками угловые невязки не должны превышать установленных значений (табл. 100).

Относительная линейная невязка разомкнутого хода или звена системы ходов после уравнивания дирекционных углов должна соответствовать допускам (табл. 121).

Таблица 121

Допустимые относительные линейные невязки полигонометрического хода

Относительная средняя квадратическая погрешность измерения сторон хода	Допустимая относительная невязка разомкнутого хода или звена системы ходов
1 : 10 000	1 : 5 000
1 : 1 000	1 : 1 000

261. Порядок вычислений показан на примере уравнивания хода из двух точек в СГС-15, опирающегося на два исходных пункта ГГС (рис. 95).

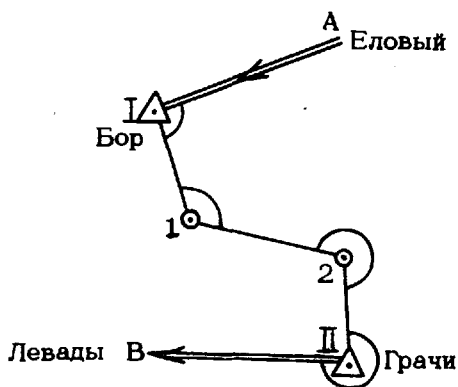


Рис. 95. Разомкнутый полигонометрический ход

Сначала в измеренные углы вводят поправки за угловую невязку и вычисляют дирекционные углы сторон хода. Пользуясь дирекционными углами и измеренными длинами сторон, получают приращения координат по сторонам хода и вычисляют невязки координат  $W_x$  и  $W_y$ . Далее полученные невязки распределяют с обратным знаком в приращения координат пропорционально длинам сторон и; наконец, получают координаты определяемых пунктов. Вычисления производят в ведомости (табл. 122), соблюдая следующий порядок.

## Вычисление полигонометрического хода

Пункты	Измеренные углы $\beta$	$\alpha$	$D, м$	$\Delta x, м$	$\Delta y, м$	$X, м$	$Y, м$
1	2	3	4	5	6	7	8
A ↓		<u>247°09'58"</u>					
I ↓	+1" 105°34'46"	172 44 45	5544,5	-0,1 - 5500,1	-0,2 + 700,1	<u>4624007,2</u>	<u>8622003,1</u>
№ 1	+2 107 56 18	100 41 05	5393,5	- 1000,0	+5300,0	4618507,0	8622703,0
№ 2	+2 259 18 50	179 59 57	5500,1	- 5500,1	-0,1 + 0,1	4617507,0	8628002,9
II ↓	+2 269 59 04					<u>4612006,9</u>	<u>8628002,9</u>
B ↓		<u>269°59'03"</u>					
$\Sigma\beta =$	742°48'58" -720			-12000,2 4624007,2	+6000,2 8622003,1		
$\alpha_{нсx}^I$	22 48 58 <u>+247 09 58</u>	$\Sigma D =$	16438	4612007,0 $W_x = +0,1$	8628003,3 $W_y = +0,4$		

$$\alpha_{вмч}^{II} \quad 269 \ 58 \ 56$$

$$\alpha_{нсx}^{II} \quad -269 \ 59 \ 03$$

$$W_{\alpha} = -7''$$

$$(W_{\alpha}) \text{ допуст.} = \pm 24''$$

Абсолютная линейная невязка хода  $W = 0,4 м$

Относительная невязка  $= 0,4/16438 \approx 1/41000$

Допустимая относительная невязка  $= 1/5000$ .



В графе 1 обозначают точки поворота и исходные направления. В графу 2 вписывают приведенные к центрам и на плоскость углы  $\beta$ , лежащие влево по ходу. Внизу под чертой помещают сумму углов  $\Sigma\beta$ , а под ней — величину  $180^\circ \cdot n$ , где  $n$  — число точек поворота в ходе.

Далее вычисляют невязку  $W_\alpha$  по формуле

$$W_\alpha = \alpha_{\text{выч}}^{\text{II}} - \alpha_{\text{исх}}^{\text{II}},$$

где

$$\alpha_{\text{выч}}^{\text{II}} = \sum_{i=1}^n \beta_i - n \cdot 180^\circ + \alpha_{\text{исх}}^{\text{I}}.$$

В примере

$$\alpha_{\text{выч}}^{\text{II}} = 742^\circ 48' 58'' - 720^\circ + 247^\circ 09' 58'' = 269^\circ 58' 56'';$$

$$\alpha_{\text{исх}}^{\text{II}} = 269 \ 59 \ 03,$$

$$W_\alpha = -7.$$

Угловую невязку распределяют с обратным знаком поровну на углы хода. В табл. 122 поправки даны над значениями углов.

Далее, пользуясь исправленными углами  $\beta^{(1)}$ , вычисляют в графе 3 дирекционные углы сторон хода по формуле

$$\alpha_{k, k+1} = \alpha_{k-1, k} \pm 180^\circ + \beta_k^{(1)},$$

где  $k$  — порядковый номер точки поворота.

Правильность вычислений в графах 2 и 3 контролируется получением значения исходного дирекционного угла в конце хода.

В графу 4 вписывают приведенные к центрам, на уровень моря и на плоскость расстояния  $D$  между пунктами; в графы 5 и 6 — приращения координат между пунктами  $\Delta x = D \cos \alpha$  и  $\Delta y = D \sin \alpha$ , тщательно проверяя знаки приращений, определяемые знаком  $\cos \alpha$  или  $\sin \alpha$ , и применяя контрольное равенство:  $D = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$ .

В тригонометрических функциях при этом достаточно сохранять 5 десятичных знаков. Внизу граф 5 и 6 записывают суммы  $[\Delta x]$  и  $[\Delta y]$ .

Прибавляя к суммам приращений координаты начального исходного пункта  $X_I, Y_I$ , получают вычисленные координаты конечного исходного пункта  $X_{\text{II}}^{(1)}$  и  $Y_{\text{II}}^{(1)}$  и невязки координат:

$$W_x = X_{\text{II}}^{(1)} - X_{\text{II}}, \quad W_y = Y_{\text{II}}^{(1)} - Y_{\text{II}},$$

где  $X_{\text{II}}$  и  $Y_{\text{II}}$  — исходные координаты пункта II.

В замкнутом ходе:  $W_x = [\Delta x]$  и  $W_y = [\Delta y]$ .

Получив значения  $W_x$  и  $W_y$ , вычисляют линейную невязку хода  $W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$  и относительную линейную невязку  $\frac{W}{\Sigma D}$ . Относительная линейная невязка не должна превышать значения, указанного в табл. 121.

Полученные невязки  $W_x$  и  $W_y$  распределяют с обратным знаком в приращении координат пропорционально длинам сторон. Соответствующие поправки вписаны над значениями приращений.

Пользуясь исправленными приращениями, получают уравненные координаты определяемых пунктов. Контролем является равенство вычисленных и заданных значений координат конечного исходного пункта.

### Уравнивание системы полигонометрических ходов

**262.** Система полигонометрических ходов с двумя и более узловыми точками уравнивается способом последовательных приближений. При уравнивании системы с одной узловой точкой используют принцип весового среднего.

Уравнивание системы полигонометрических ходов выполняют в два этапа: сначала уравнивают дирекционные углы, а затем координаты, причем отдельно абсциссы и ординаты.

Вычисления дирекционных углов, а затем абсцисс и ординат подразделяют, в свою очередь, на два этапа: сначала получают уравненные значения на узловых пунктах, а после этого — в звеньях ходов, принимая координаты узловых пунктов и дирекционные углы связующих направлений на них за исходные.

При вычислениях дирекционных углов и координат в звеньях соблюдают допуски, указанные в табл. 100 и 121.

Общий порядок вычислений показан на примере уравнивания системы полигонометрических ходов с двумя узловыми точками. На схему (рис. 96) выписывают дирекционные углы исходных сторон и координаты исходных пунктов, намечают пунктиром замыкающие звеньев, а стрелками — связующие направления.

Для каждого звена составляют ведомость вычислений (табл. 122), в которой заполняют графы 1, 2 и 4. В графы 3, 7 и 8 вписывают исходные данные, а в конце графы 2 под чертой — значение  $(\Sigma \beta - n \cdot 180^\circ)$ , которое вписывают (в скобках) и на чертеж сети.

В табл. 123 получают дирекционные углы связующих направлений, которые вписывают в ведомости вычислений отдельных звеньев в качестве исходных данных. Затем в звеньях получают дирекционные углы всех сторон (графа 3 табл. 122) и заполняют графы 5 и 6, в конце которых под чертой записывают значения  $[\Delta x]$  и  $[\Delta y]$ .

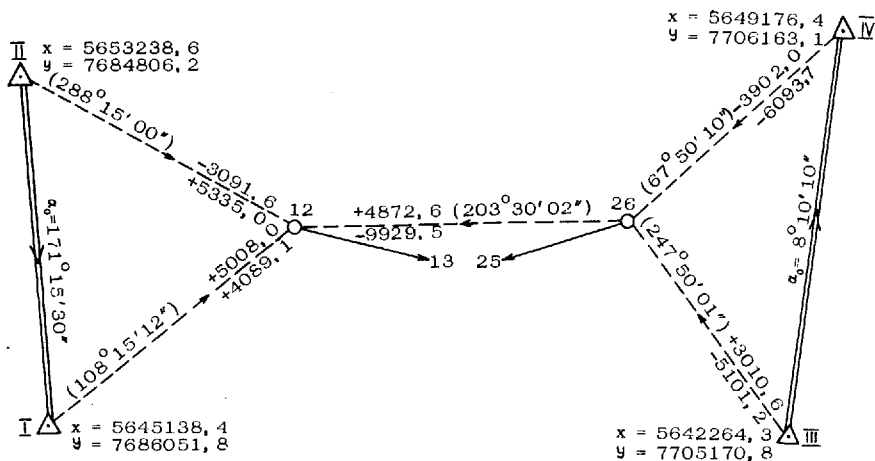


Рис. 96. Система полигометрических ходов

Таблица 123

Уравнивание системы угловых ходов с двумя связующими направлениями

Название начального пункта хода	Веса		$\alpha_{нсх}$	$\Sigma\beta - 180^\circ \cdot n$	Приближения				W	$p' W$
	p	p'			1	2	3	4		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Пункт 12</b>										
Связующее направление 12—13 $\alpha_{ур} = 99^\circ 30' 31''$										
I	0,8	0,3	171°15'30"	108°15'12"	99°30'42"	42"	42"	42"	+11"	+3,3
II	1,0	0,4		288 15 00	30	30	30	30	- 1	-0,4
26	0,7	0,3		203 30 02		24	22	22	- 9	-2,7
	2,5	1,0			$\alpha_{ср} = 99\ 30\ 36$	32	31	31		+0,2
					$\alpha_0 = 99\ 30\ 00$					
<b>Пункт 26</b>										
Связующее направление 26—25 $\alpha_{ур} = 256^\circ 00' 20''$										
III	1,1	0,4	8 10 10	247 50 01	256 00 11	11	11		- 9	-3,6
IV	0,7	0,2		67 50 10	20	20	20		0	0
12	1,2	0,4		156 29 58	34	30	29		+ 9	+3,6
	3,0	1,0			$\alpha_{ср} = 256\ 00\ 22$	20	20			0
					$\alpha_0 = 256^\circ 00' 00''$					

Величины  $[\Delta x]$  и  $[\Delta y]$  вписывают на чертеж сети, пользуясь которыми выполняют уравнивание в таблицах 124 и 125 и получают координаты узловых пунктов; их помещают в графы 7 и 8 ведомостей вычисления звеньев (табл. 122) в качестве исходных данных.

Получают и распределяют невязки  $W_x$  и  $W_y$  во всех звеньях, после чего вычисляют координаты всех неузловых определяемых пунктов в сети.

При уравнивании дирекционных углов связующих направлений  $\alpha$  и координат  $x$  и  $y$  последовательно выполняют следующие действия.

1. Для узловых пунктов устанавливается единая система весов, вычисляемых по формуле

$$p_i = \frac{10}{n_i},$$

где  $n_i$  — число пунктов, включая исходные и узловые, в звене.

2. В процессе приближений используют приведенные веса  $p'$ , вычисляемые по формуле

$$p'_i = \frac{p_i}{[p]},$$

контролируя их по формуле  $[p'] = 1$ .

3. В приближениях очередные значения неизвестных  $\alpha$ ,  $x$ ,  $y$ , которые обозначим через  $t$ , вычисляют по формуле

$$t^{(k)} = t_0 + [p' \delta t_i^{(k)}],$$

где  $t_0$  — округленное в меньшую сторону наименьшее вычисленное значение неизвестного;

$k$  — номер приближения;

$\delta t_i^{(k)} = t_i^{(k)} - t_0$ . Значения  $t_0$  вписывают внизу, под чертой.

В первой серии приближений, когда значения неизвестных получены еще не на всех соседних узловых пунктах, их получают только от исходных пунктов. Например, для дирекционного угла  $\alpha_{12-13}$  в первом приближении получено:

$$\alpha_{12-13}^{(1)} = 351^\circ 15' 30'' + 108^\circ 15' 12'' = 99^\circ 30' 42'' \text{ — через звено I—12;}$$

$$\alpha_{12-13}^{(II)} = 171^\circ 15' 30'' + 288^\circ 15' 00'' - 360^\circ = 99^\circ 30' 30'' \text{ — через звено II—12.}$$

## Вычисление абсцисс узловых пунктов

Звенья	$p'$	[ $\Delta x$ ]	Приближения			$W_x$
			1	2	3	
1	2	3	4	5	6	7
Пункт 12. $x = 5650146,8 \text{ м}$						
I—12	0,3		5 650 146,4	6,4	6,4	-0,4
II—12	0,4		7,0	7,0	7,0	+0,2
26—12	0,3	+4872,6		7,1	7,1	+0,3
			6,7	6,8	6,8	
			$x_0 = 5 650 140$			$[p' W_x] = +0,05$
Пункт 26. $x = 5645274,5 \text{ м}$						
III—26	0,4		5 645 274,9	4,9		+0,4
IV—26	0,2		4,4	4,4		-0,1
12—26	0,4	-4872,6	4,1	4,2		-0,3
			4,5	4,5		
			$x_0 = 5 645 270$			$[p' W_x] = +0,04$

Таблица 125

## Вычисление ординат узловых пунктов

Звенья	$p'$	[ $\Delta y$ ]	Приближения			$W_y$
			1	2	3	
1	2	3	4	5	6	7
Пункт 12. $y = 7690140,9 \text{ м}$						
I—12	0,3		7 690 140,9	0,9	0,9	0
II—12	0,4		1,2	1,2	1,2	+0,3
26—12	0,3	-9929,5		0,5	0,4	-0,5
			1,1	0,9	0,9	
			$y_0 = 7 690 140$			$[p' W_y] = -0,03$
Пункт 26. $y = 7700069,9 \text{ м}$						
III—26	0,4		7 700 069,6	9,6	9,6	-0,3
IV—26	0,2		9,4	9,4	9,4	-0,5
12—26	0,4	+9929,5	10,6	10,4	10,4	+0,5
			10,0	9,9	9,9	
			$y_0 = 7 700 060$			$[p' W_y] = -0,02$

Значения неизвестных, полученные от исходных данных, во всех приближениях остаются неизменными. Изменяются только значения, переданные от соседних узловых пунктов.

4. При наличии только одной узловой точки графы 3, 7, 8, 9 в табл. 123 и графы 5, 6 в табл. 124—125 не заполняют. Отпадает надобность и в вычислении приведенных весов  $p'$ , так как значение  $t$  получают сразу по формуле среднего весового

$$t = t_0 + \frac{[p \delta t]}{[p]}.$$

В этом случае в графу 2 табл. 124—125 выписывают величины  $p$ .

5. В предпоследней графе вычисляют значения  $W$ , а в графе 11 контролируют результаты уравнивания по формуле  $[p'W]=0$ .

### Определение координат пунктов СГС методом трилатерации

263. Развитие СГС методом трилатерации производится в тех случаях, когда условия видимости исключают возможность измерения углов, но позволяют производить радиодальномерные измерения.

В трилатерации углы треугольников не должны быть менее  $10^\circ$ .

Определение пунктов из одиночных треугольников без контрольных измерений углов, а также из ряда треугольников, не опирающихся с двух концов на исходные стороны, не допускаются.

Средние квадратические погрешности измерения длин сторон указаны в табл. 115.

264. Вычисление координат пунктов трилатерации выполняется в три этапа: на первом по сторонам треугольников вычисляют углы, на втором — дирекционные углы и на третьем — координаты.

Углы треугольников вычисляют по формулам:

$$\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc};$$

$$\cos B = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac};$$

$$\cos C = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab},$$

где  $A$ ,  $B$  и  $C$  — углы треугольника;  $a$ ,  $b$  и  $c$  — противолежащие им стороны.

Стороны выражаются в километрах с сохранением четырех десятичных знаков. В величинах  $a^2$ ,  $b^2$ ,  $c^2$ ,  $2ab$ ,  $2ac$  и  $2bc$  сохраняются шесть, а при вычислении углов менее  $60^\circ$  и более  $120^\circ$  — семь значащих цифр.

Сумма вычисленных углов  $A+B+C$  не должна отличаться от  $180^\circ$  более чем на  $2''$ .

Возникающую на пунктах невязку горизонта (пункт 1, рис. 97) распределяют с обратным знаком пропорционально квадратам величин углов.

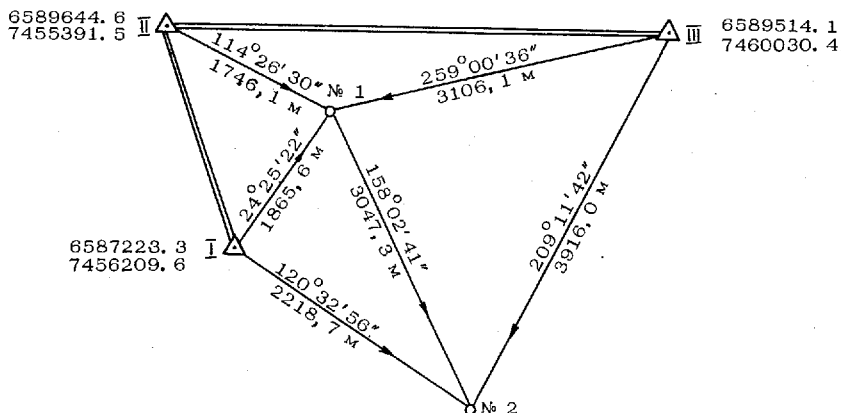


Рис. 97. Схема сети трилатерации

Порядок вычислений дан на примере сети трилатерации (рис. 97), включающей три исходных и два определяемых пункта. Координаты исходных пунктов, длины и дирекционные углы исходных сторон приведены в табл. 126.

Таблица 126

Исходные данные

Номер исходных пунктов	Название пунктов	Координаты x, м y, м	Дирекционные углы	Длины сторон, м
I	Тополевка	6 587 223,3 7 456 209,6	341°19'52"	2 555,8
II	Бровничи	6 589 644,6 7 455 391,5		
III	Андреевка	6 589 514,1 7 460 030,4	91 36 41	4 640,7

Вычисление углов треугольников выполняют в ведомости по форме табл. 127, а дирекционных углов — табл. 128.

Таблица 127

Вычисление углов треугольников

Наименование вершин углов	2 ав 2 ас 2 вс	Угол	Треугольник
II	16,20625	22°49'33"	
III	28,82896	12 35 46	
I	10,84712	—48	
		180 00 00	
III	24,3270	49 48 57	
2	23,8665	51 08 36	
I	18,9304	—14	
		79 02 27	
		180 00 00	
		— 5	
1	11,3701	46 22 49	
2	13,5221	37 29 50	
I	8,27841	96 07 21	
		180 00 00	
I	9,53620	43 05 37	
II	8,92536	46 52 55	
I	6,51505	—18	
		90 01 28	
		180 00 00	

Невязка горизонта на п. I

+1'25"



## Вычисление дирекционных углов сети

Направления	Значения направлений	Исходные дирекционные углы	Ориентированные направления	Дирекционные углы
1	2	3	4	5
I. Тополевка				
I—II	0° 0' 0"	341°19'52"	341°19'52"	
—1	43 05 37		24 25 29	24°25'22"
—2	139 12 58		120 32 50	120 32 56
	$Z_k=341\ 19\ 52$			
II. Бровничи				
II—III	0 0 0	91 36 41	91 37 02	
—1	22 49 33		114 26 35	114 26 30
—I	69 42 28	161 19 52		
	$Z_k=91\ 37\ 02$	91 36 41		
		37 24		
III. Андреевка				
III—2	0 0 0		209 11 58	209 11 42
—1	49 48 57		259 00 55	259 00 36
—II	62 24 43	271 36 41		
	$Z_k=209\ 11\ 58$			
№ 1				
I—I	0 0 0	204 25 29	204 25 15	204 25 22
—II	90 01 10	294 26 35	294 26 25	294 26 32
—III	234 35 03	79 00 55	79 00 18	79 00 36
—2	313 37 16		158 02 31	158 02 41
	$Z_l=204\ 25\ 15$	204 25 29		
		25 25		
		24 52		
№ 2				
2—1	0 00 00	300 32 50	300 33 01	300 32 56
—1	37 29 50	338 02 31	338 02 51	338 02 41
—III	88 38 26	29 11 58	29 11 27	29 11 42
	$Z_l=300\ 33\ 01$	300 32 50		
		32 41		
		33 32		

Для вычисления координат пунктов сети трилатерации на схему (рис. 97) вписывают вычисленные дирекционные углы направлений на определяемые пункты и измеренные расстояния до них. Вычисление координат выполняют в ведомости (табл 129) по всем имеющимся направлениям. За окончательные значения берут средние из них. Расхождения между вычисленными значениями координат определяемого пункта не должны превышать полуторной величины заданной средней квадратической погрешности координат  $m_{x,y}$  создаваемой сети.

Таблица 129

Вычисление координат пунктов трилатерации

Номер определяемых пунктов	$x_{ж}$	$y_{ж}$	Исходные пункты
1	6 588 922,1	7 456 981,1	I
	22,0	81,0	II
	22,0	81,3	III
Среднее	<u>6 588 922,0</u>	<u>7 456 981,1</u>	
2	6 586 095,6	7 458 120,3	I
	95,6	20,2	III
	95,7	20,4	№ 1
Среднее	<u>6 586 095,6</u>	<u>7 458 120,3</u>	

### Определение координат засечками

265. Положение пунктов СГС, точек местности и различных объектов можно определять из прямых, обратных и комбинированных засечек (рис. 98). Для этой цели могут выполняться линейные и угловые измерения, азимутальные определения, а также их сочетания. В зависимости от вида измерений различают угловые, линейные, азимутальные, линейно-угловые и другие засечки. Углы засечек при определяемом пункте не должны быть менее 20 и более 160°. Угловые и линейные измерения при определении координат пунктов засечками производят в соответствии с требованиями п. 250.

Угловые (рис. 98, а и в), азимутальные (рис. 98, б и г) засечки определяют, как правило, не менее чем с трех исходных пунктов.

Обратная засечка должна определяться по направлениям на четыре исходных пункта. При этом определяемый пункт должен располагаться внутри треугольника, образованного исходными пунктами, либо вне его так, чтобы направление на ближайший исходный пункт было между направлениями на два других.

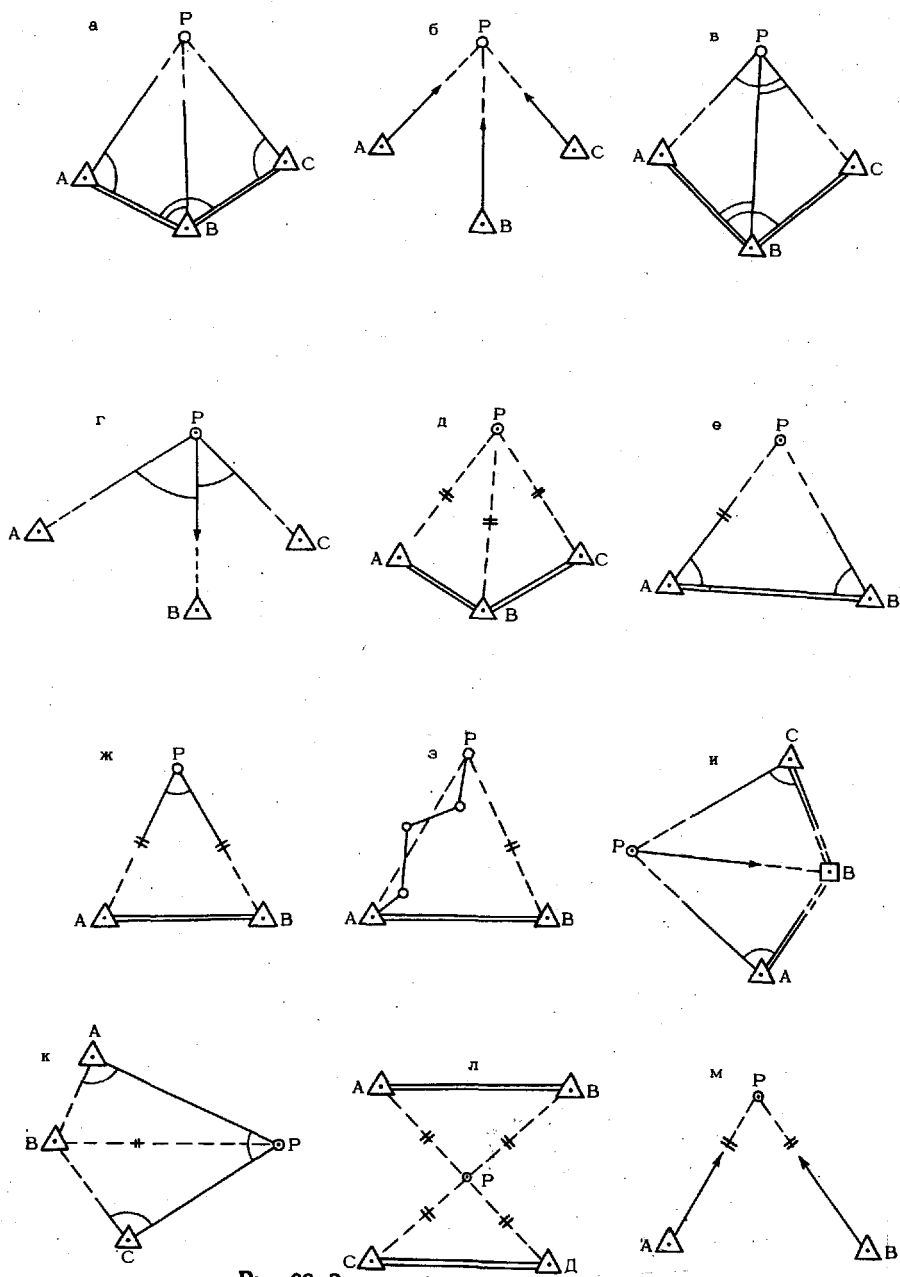


Рис. 98. Засечки (варианты)

Линейная засечка (рис. 98, д) выполняется не менее чем из двух треугольников, опирающихся на две исходные стороны.

В особых случаях (при недостатке исходных пунктов, отсутствии видимости по отдельным необходимым направлениям и т. п.) применяются засечки, допускающие при избыточных измерениях меньшее число исходных пунктов (сторон). На рис. 98, е, ж, з, м показано несколько вариантов таких засечек.

### Вычисление засечек

266. Расхождения вычисленных значений координат определяемого пункта для всех вариантов засечек не должны превышать полуторной величины заданной средней квадратической погрешности определения координат.

Координаты пунктов, определенных угловой или азимутальной засечками, вычисляются по формулам Гаусса или котангенсов углов треугольников (п. 258).

Координаты пунктов, определенных линейной засечкой, вычисляются в два этапа: сначала по формулам косинусов определяются углы треугольников, а затем вычисляются дирекционные углы и координаты пункта (п. 264).

Координаты пунктов, определенных обратной засечкой, вычисляют в следующем порядке:

— по измеренным на определяемом пункте  $P$  (рис. 99) углам  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  вычисляют дирекционные углы  $\alpha_{PB}$  и  $\alpha_{PC}$  (табл. 130);

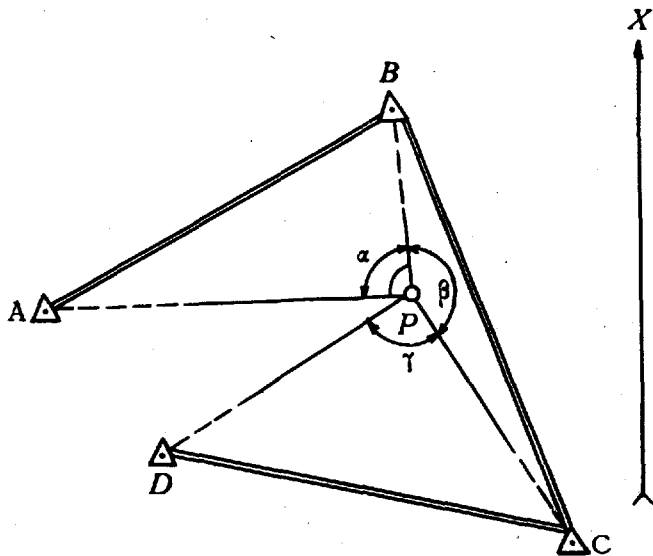
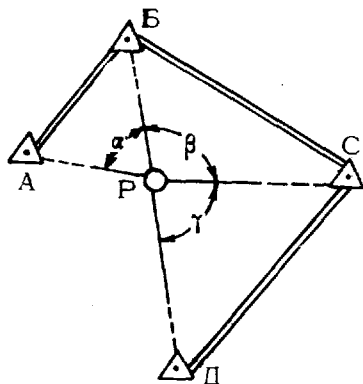


Рис. 99. Схема обратной засечки

Вычисление координат пункта, определенного  
обратной засечкой



$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha_{PB} &= \\ &= \frac{y_A \operatorname{ctg} \alpha - y_B (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta) + y_C \operatorname{ctg} \beta + x_A - x_C}{x_A \operatorname{ctg} \alpha - x_B (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta) + x_C \operatorname{ctg} \beta - y_A + y_C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha_{PC} &= \\ &= \frac{y_B \operatorname{ctg} \beta - y_C (\operatorname{ctg} \beta + \operatorname{ctg} \gamma) + y_D \operatorname{ctg} \gamma + x_B - x_D}{x_B \operatorname{ctg} \beta - x_C (\operatorname{ctg} \beta + \operatorname{ctg} \gamma) + x_D \operatorname{ctg} \gamma - y_B + y_D} \end{aligned}$$

1. Вычисление тангенсов дирекционных углов направлений  $PB$ ,  $PC$

Название пункта	$\alpha$ $\beta$ $\alpha_{PB}$	$x_A$ $x_B$ $x_C$	$\operatorname{ctg} \alpha$ $\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta$ $\operatorname{ctg} \beta$ $\operatorname{tg} \alpha_{PB}$	$y_A$ $y_B$ $y_C$
А. Жуковка, пир.	74°18'16"	6107670.4	0.28100	8564061.0
В. Долгая, пир.		6114133.5	-0.61276	8565596.8
С. Высокое, пир.		6107134.0	-0.89376	8574985.3
Межа—Долгая		15364.0 (знаменатель)	-0.53933	-8286.2 (числитель)
	$\beta$ $\gamma$ $\alpha_{PC}$	$x_B$ $x_C$ $x_D$	$\operatorname{ctg} \beta$ $\operatorname{ctg} \beta + \operatorname{ctg} \gamma$ $\operatorname{ctg} \gamma$ $\operatorname{tg} \alpha_{PC}$	$y_B$ $y_C$ $y_D$
В. Долгая, пир.	131 47 21	6114133.5	-0.89376	8565596.8
С. Высокое, пир.		6107134.0	-1.26189	8574985.3
Д. Болотная, пир.		6104172.8	-0.36813	8565542.8
Межа—Высокое		21827.8 (числитель)	-4.18173	-5219.8 (знаменатель)

2. Вычисление окончательных дирекционных углов направлений

Название станций и направлений	Измеренные направления	Вычисленные дирекционные углы	Ориентированные направления	Средние значения дирекционных углов
<u>Межа, веха</u>	257°21'20"			
Жуковка, пир.	00 00 00		257°21'20"	257°21'20"
Долгая, пир.	74 18 16	331°39'38"	331 39 36	331 39 37
Высокое, пир.	206 05 37	103 26 56	103 26 57	103 26 56
Болотная, пир.	316 18 13		213 39 33	213 39 33

3. Вычисление координат определяемой точки по формулам котангенсов дирекционных углов

Название пункта	Дирекционные углы	$x_A$	$\operatorname{ctg}^a \alpha_{AP}$	$y_A$
		$x_B$	$\operatorname{ctg}^a \alpha_{BP}$	$y_B$
		$x_P$	$\operatorname{ctg}^a \alpha_{AP} - \operatorname{ctg}^a \alpha_{BP}$	$y_P$
Долгая, пир.	151°39'37"	6114133.5	-1.85412	8565596.8
Высокое, пир.	283 26 56	6107134.0	-0.23914	8574985.3
Межа, веха		6108675.2	-1.61498	8568540.7
Высокое, пир.	283 26 56	6107134.0	-0.23914	8574985.3
Болотная, пир.	33 39 33	6104172.8	1.50176	8565542.8
Межа, веха		6108675.1	-1.74090	8568540.8
	Среднее	6108675.2		8568540.8

— вычисляют для направлений  $PB$  и  $PC$  ориентирующие углы как разность вычисленных дирекционных углов и соответствующих измеренных направлений (направление на начальный пункт  $A$  должно быть приведено к  $0^\circ 0' 00''$ ) и записывают среднее значение полученных разностей против названия определяемого пункта в табл. 130.2;

— суммируют последовательно среднее значение с измеренными значениями направлений и записывают полученный результат в графу «Ориентированные направления» табл. 130.2;

— вычисляют средние значения дирекционных углов с исходных пунктов на определяемый;

— вычисляют координаты определяемого пункта по формулам котангенсов дирекционных углов (табл. 130.3).

Вычисление координат пунктов, определенных посредством других засечек (рис. 98, е—м), выполняется в следующем порядке.

**Вариант „е“.** Координаты пункта  $P$  вычисляют дважды, используя сначала углы при вершинах  $A$  и  $B$ , а затем длину и дирекционный угол стороны  $AP$ .

**Вариант „ж“.** Из треугольника  $APB$  находят углы  $A$ ,  $P$  и  $B$ . Далее через углы  $A$  и  $B$  получают от исходной стороны  $AB$  дирекционные углы  $\alpha_{AP}$  и  $\alpha_{BP}$ . Разность между вычисленным при точке  $P$   $\beta_{\text{выч}} = (\alpha_{AP} - \alpha_{BP})$  и измеренным углами не должна превышать величины  $2,6 \sqrt{m_\beta^2 + M_p^2}$ , где  $m_\beta$  — средняя квадратическая погрешность измерения угла, а величину  $M_p$  вычисляют по формуле  $M_p = 1,8\rho'' \frac{m_s}{S}$ . Значения  $m_\beta$  и  $\frac{m_s}{S}$  берутся в соответствии с точностью СГС (табл. 115). По вычисленным дирекционным углам и измеренным расстояниям дважды получают координаты пункта  $P$ . Расхождения координат должны быть в пределах точности вычислений.

**Вариант „з“.** Сначала получают координаты точки  $P$  из полигонометрического хода и вычисляют длину стороны  $AP$ ; вторично получают координаты из трилатерационного треугольника  $APB$ .

**Вариант „и“.** Задача сводится к азимутальной засечке, если через углы при вершинах  $A$  и  $C$  передать дирекционные углы на направления  $AP$  и  $CP$ . После этого координаты пункта  $P$  вычисляют дважды по формулам Гаусса (п. 258).

**Вариант „к“.** Для определения координат точки  $P$  вычисления выполняют в следующем порядке:

— вычисляют невязку фигуры  $ABCP$ , равную сумме измеренных углов при вершинах  $A$ ,  $P$ ,  $C$  плюс жесткий угол при вершине  $B$  минус  $360^\circ$ . Невязку с обратным знаком распределяют поровну на углы  $A$ ,  $P$  и  $C$ , с помощью которых определяют дирекционные углы на направления  $AP$  и  $CP$ ;

— вычисляют по формулам Гаусса (п. 258) координаты пункта  $P$ ;

— получают из решения обратной задачи дирекционный угол стороны  $BP$ ;

— вторично получают координаты пункта  $P$  по дирекционному углу и измеренной длине стороны  $BP$ .

**Вариант „л“.** Координаты точки  $P$  получают дважды — из трилатерационных треугольников  $ABP$  и  $CDP$ .

**Вариант „м“.** Определение пункта  $P$  сводится к вычислению координат по формулам:

$$x_p^{(I)} = x_A + D_{AP} \cdot \cos \alpha_{AP}; \quad x_p^{(II)} = x_B + D_{BP} \cdot \cos \alpha_{BP};$$

$$y_p^{(I)} = y_A + D_{AP} \cdot \sin \alpha_{AP}; \quad y_p^{(II)} = y_B + D_{BP} \cdot \sin \alpha_{BP};$$

$$x_p = \frac{1}{2} (x_p^{(I)} + x_p^{(II)});$$

$$y_p = \frac{1}{2} (y_p^{(I)} + y_p^{(II)}).$$

## Определение координат пунктов свободной СГС, точек местности и различных объектов от контурных точек карты

267. Определение координат от контурных точек производится по картам масштабов 1 : 50 000 и крупнее или карте масштаба 1 : 100 000 с впечатанными координатами контурных точек. Используемые для привязки контурные точки должны быть надежно опознаны как на местности, так и на карте. К таким точкам относятся: пересечения дорог всех типов, просек, дорог с просеками, перекрестки улиц, церкви, часовни, вышки, силосные и водонапорные башни, отдельные памятники, валуны, курганы, мосты, трубопроводы, точки излома линии электропередачи и т. п.

При пользовании картой необходимо учитывать следующее:

— для населенного пункта точно нанесены только его внешний контур, а также главные улицы и постройки, ближайшие к перекрестку главных улиц и переулков;

— середина между двумя линиями, изображающими дорогу (просеку), соответствует середине дороги (просеки) в натуре, сами же линии краям дороги не соответствуют;

— условный знак фабрики, завода дан в том месте, где на местности находится фабричная труба или (при ее отсутствии) самое высокое заводское здание;

— при сосредоточении на небольших площадях значительного числа однородных местных предметов (мельниц, сараев и т. п.) на карте нанесены только крайние из них.

За местоположение предмета на местности по условному знаку на карте следует принимать:

— центр фигуры, если знак выражен кругом, квадратом, треугольником и прямоугольником;

— середину основания фигуры, если знак выражен фигурой с широкими основаниями (элеваторы, отдельные камни-валуны, памятники, ветряные мельницы и т. п.);

— вершину прямого угла, если знак выражен фигурой с прямым углом у основания (отдельные деревья и т. п.);

— центр нижней фигуры, если знак выражен сочетанием различных фигур (наблюдательные вышки, часовни, метеорологические станции и т. п.).

Координаты контурной точки на карте определяют дважды от двух километровых линий, между которыми находится эта точка; из полученных значений берут среднее.

Координаты пунктов СГС, точек местности и различных объектов определяют по карте (фотоплану) от трех контурных точек.

Для передачи координат от контурной точки до определяемого пункта необходимо знать расстояние и дирекционный угол между ними. Расстояние может быть измерено дальномером КТД или мерными лентами, а также любыми способами, обеспечивающими среднюю квадратическую погрешность  $m = (M : 5\,000)$  метров, где  $M$  — знаменатель масштаба карты. Дирекционный угол может



быть получен непосредственно (через измеренный азимут). При определении координат пункта свободной СГС расстояние можно определить из решения треугольника, построенного на стороне СГС, а дирекционный угол передать от стороны СГС через измеренный угол. Передача координат от контурной точки к определяемой может быть осуществлена также путем проложения полигонометрического хода.

В указанных способах для измерения горизонтальных направлений и дирекционных углов можно пользоваться любыми угловыми приборами и гиротеодолитами.

Расхождение значений координат пункта СГС, полученных от трех контурных точек, не должно превышать величины  $1 м \times \frac{М}{500}$ , где М—знаменатель масштаба карты. В том случае, когда указанный допуск не выдерживается, производят привязку пункта к четвертой контурной точке. Если после этого размах (наибольшее расхождение) будет в интервале  $1 м \times \frac{М}{400}$ , то из всех полученных значений берется среднее. Если же и в этом случае размах превысит допуск, то значение, наиболее отклоняющееся от трех других бракуется, а из оставшихся берется среднее. Это правило применимо и при определении координат точек местности и различных объектов.

### Вычисление СГС, развитой в местной системе координат

268. Развитая в местной системе координат СГС должна быть согласована с топографической картой на обеспечиваемую территорию. Для этого координаты не менее пяти пунктов, равномерно расположенных в СГС, определяются от хорошо опознаваемых на местности контурных точек (п. 267).

Предварительные вычисления и вычисления дирекционных углов выполняют, как и при развитии СГС, опирающейся на государственную геодезическую основу.

В дальнейшем придерживаются следующего порядка вычислений.

1. Вычисляют в триангуляционной сети длины сторон вначале из ряда треугольников, выбранных по кратчайшему расстоянию между измеренными базисными сторонами, а затем длины всех сторон этого ряда по формулам синусов. При этом невязка, т. е. расхождение между вычисленной длиной и измеренным значением конечной базисной стороны ряда не должна превышать полуторной величины заданной средней квадратической погрешности координат СГС. Полученная невязка распределяется с обратным знаком на вычисленные стороны пропорционально их удалению от начала ряда. На основе сторон указанного ряда треугольников вычисляют остальные стороны сети, осуществляя контроль получением значе-

ний сторон разными путями. При этом расхождение между разными значениями сторон не должно превышать заданной средней квадратической погрешности координат СГС.

2. Вычисляют предварительные координаты  $x^0, y^0$  всех пунктов СГС, используя длины сторон (в полигонометрии и трилатерации — их измеренные значения) и дирекционные углы, а также координаты начального пункта. Начальным может быть любой пункт в центре СГС. При этом обязательно осуществляется контроль путем получения координат каждого пункта по разным сторонам сети. Расхождения вычисленных значений координат не должны превышать заданной средней квадратической погрешности координат СГС.

3. Вычисляют поправки координат, согласующие СГС с картой, по формулам:

$$\delta x = \frac{\sum_{j=1}^n (x^k_j - x^0_j)}{n};$$
$$\delta y = \frac{\sum_{j=1}^n (y^k_j - y^0_j)}{n},$$

где  $\delta x, \delta y$  — искомые поправки координат,

$n$  — число пунктов СГС, привязанных к контурным точкам,

$x^k_j, y^k_j$  — координаты пунктов СГС, полученные от контурных точек,

$x^0_j, y^0_j$  — координаты тех же пунктов, вычисленные в ориентированной и масштабированной сети от начального пункта (в частности, для начального пункта  $x^k = x^0$  и  $y^k = y^0$ ).

4. Получают окончательные координаты всех  $N$  пунктов СГС по формулам:

$$x_i = x^0_i + \delta x,$$

$$y_i = y^0_i + \delta y,$$

$$(i = 1, \dots, N).$$

### Особенности выполнения работ по развитию СГС в сложных метеорологических и ночных условиях

269. В сложных метеорологических условиях основным для развития СГС является метод линейных и азимутальных засечек с применением радиодальномеров и гиротеодолитов. В ночных условиях для этих целей может применяться трилатерация и полигонометрия, а также линейные засечки. Измерения длин линий в зависимости от типа создаваемой СГС производятся радиодальномерами типа РДГВ или дальномерами КТД. Для измерения горизонтальных на-

правлений ночью теодолиты должны быть оборудованы электроосвещением. В качестве светящихся визирных целей используют светосигнальные фонари, устанавливаемые точно над центрами пунктов или в центре визирных цилиндров знаков.

**Преобразование геодезических координат  
в плоские прямоугольные координаты и обратно,  
перевычисление плоских прямоугольных координат  
в смежную зону**

270. При наличии специализированной электронной вычислительной машины ТЭМ-1 преобразования координат и перевычисление из зоны в зону выполняют по соответствующим программам задач, закомутированным в долговременном запоминающем устройстве ЭВМ. В случае отсутствия ЭВМ используются настольные вычислительные машины и таблицы.

271. Для точных вычислений плоских прямоугольных координат по геодезическим (например, в триангуляции I класса), а также для обратного преобразования геодезических координат в плоские прямоугольные можно применять «Таблицы для вычисления плоских конформных координат Гаусса в пределах широт от 30 до 80°. Эллипсоид Красовского», 1958 г. Для вычислений координат с точностью, достаточной для обработки СГС, используются таблицы, помещенные в «Сборнике таблиц для геодезических вычислений», 1953 г.

272. Перевычисление координат из зоны в зону с точностью 0,003 м можно выполнять по «Таблицам для преобразования прямоугольных координат», 1954 г. и «Таблицам для перевычисления плоских прямоугольных координат Гаусса из одной зоны в другую», 1956 г.

Перевычисление координат из зоны в зону при вычислении СГС выполняется с помощью таблиц, помещенных в «Сборнике таблиц для геодезических вычислений», 1953 г.

## ПЕРЕДАЧА КООРДИНАТ НА БОЛЬШИЕ РАССТОЯНИЯ

273. Передача координат с точностью 5, 10 и 20 м осуществляется в сжатые сроки, днем и ночью, в любых климатических и погодных условиях с помощью специальных построений, создаваемых с применением гиротеодолитов и радиодальномеров. При удовлетворительной (свыше 2 км) видимости передача координат выполняется ходами, состоящими из линейно-азимутальных или азимутально-параллактических звеньев, а также рядами из азимутальных четырехугольников; в ночных условиях и при ограниченной (до 0,5 км) видимости — ходами, состоящими из линейно-параллактических звеньев, или рядами линейных четырехугольников.

274. Линейные измерения при передаче координат производятся радиодальномерами РДГВ по программе грубых измерений и светодальномерами 2СМ2 (п. 72, 122 и 123). Определение азимутов сторон выполняется гиротеодолитами Ги-Б1, Ги-Б2, и Ги-Б2М по полной программе наблюдений одним пуском.

Горизонтальные углы измеряются теодолитами типа Т2 тремя приемами (п. 39—44).

При гироскопических определениях, измерениях длин сторон и горизонтальных углов должны соблюдаться установленные допуски (табл. 131).

Таблица 131

Допустимые средние квадратические погрешности определения азимутов, измерений углов и длин сторон

Измеряемая величина	Средние квадратические погрешности
Азимут стороны	15"
Горизонтальный угол	5"
Длина стороны:	
для РДГВ	$(5+20 \cdot 10^{-6} D) \text{ см}$
для 2СМ2	2 см

Необходимые для редуцирования расстояний приближенные значения координат и высот определяемых пунктов получают с карты масштабов 1 : 100 000 и крупнее. Высоты точек пунктов могут определяться из тригонометрического нивелирования.

Угловые и линейные измерения выполняются соответствующими расчетами (приложение 12).

275. Вычисления при передаче координат выполняются силами вычислительного расчета, перемещающегося по мере проложения хода (ряда) вслед за измерительными расчетами. При наличии специализированной ЭВМ ТЭМ-1 вычисления выполняют по программе задачи № 002; в случае отсутствия ЭВМ — на настольных вычислительных машинах. Вычисления выполняются в «две руки». Результаты оформляются в виде списка координат и дирекционных углов сторон (ориентирных направлений).

276. Передача координат на большие расстояния включает следующие основные этапы:

- составление проекта работ;
- рекогносцировка трассы хода или ряда;
- полевые работы;
- вычисление координат пунктов.

277. Проект работ составляют на карте масштабов 1 : 50 000 или 1 : 100 000 и, как правило, в двух вариантах — обеспечивающем выполнение задачи в любых метеорологических условиях и оптимальном по затратам времени и сил. Каждый показывает на карте своим цветом с соблюдением условных знаков (приложение 2). В ходе рекогносцировки трассы определяется лучший из них.

По направлениям хода проверяют наличие видимости, закрепляют вешками места установки приборов, уточняют последовательность измерения расстояний и определения азимутов, устанавливают пути подъезда транспортных средств.

### Определение координат пунктов хода из линейно-азимутальных звеньев

278. Звено хода (рис. 100) включает исходный пункт, промежуточные точки и конечный пункт. При переходе к следующему звену конечный пункт предыдущего звена становится исходным.

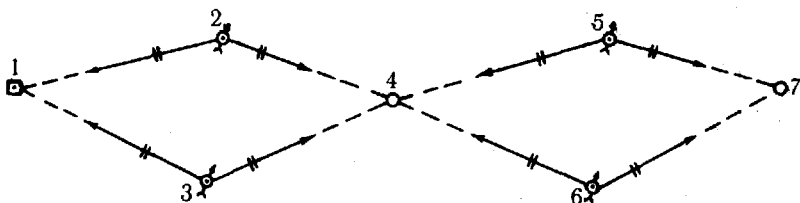


Рис. 100. Ход из линейно-азимутальных звеньев

В звене измеряются все стороны и азимуты с промежуточных точек на исходный и конечный пункты. Гиротеодолиты и ведущие станции радиодальномеров устанавливаются на промежуточных точках. Расстояния между промежуточными точками выбирают в пределах 5—20 м. При одновременном выполнении на промежуточной точке линейных и гироскопических измерений гиротеодолиты устанавливают над точкой, а ведущую станцию радиодальномера — на расстоянии 1—2 м от гиротеодолита, примерно на биссектрисе угла, образованного сторонами звена. При переходе от звена к звену ведущую станцию радиодальномера поочередно устанавливают внутри и вне звена. Для приближенного контроля определения азимутов в конце пуска берут отсчеты по горизонтальному кругу, визируя обоими гиротеодолитами друг на друга; при этом наводят зрительные трубы на визирные вешки приборов или на отвесы, подвешенные к днищам гироблоков.

279. Координаты конечного пункта звена вычисляют в следующем порядке. Используя редуцированные линейные измерения и дирекционные углы сторон звена, вычисляют приращения координат между исходными и конечными пунктами левого и правого ходов и координаты конечного пункта. По значениям координат конечного пункта вычисляют невязки координат  $\delta x$  и  $\delta y$ , равные соответствующим разностям координат. Далее вычисляют невязку  $W$  по формуле

$$W = \sqrt{\delta x^2 + \delta y^2}.$$

Невязка не должна превышать 2,5  $M$ . Величина  $M$  вычисляется по формуле

$$M = \sqrt{4 m_D^2 + 8 D_{\text{ср}}^2 \frac{m_{\text{гир}}^2}{\rho^2}},$$

где  $m_D$  — средняя квадратическая погрешность измерения расстояний;

$m_{\text{гир}}$  — средняя квадратическая погрешность определения азимута;

$D_{\text{ср}}$  — средняя длина стороны звена.

Величины допустимой невязки  $W_{\text{доп}}$  для различных значений средней длины стороны звена приведены в табл. 132.

Таблица 132

Допустимые значения невязки координат

$D_{\text{ср}}, \text{ км}$	2	3	5	8	10	12
$W_{\text{доп}}, \text{ м}$	1,1	1,6	2,7	4,2	5,2	6,4

Примечание. При расчетах принято:  $m_{\text{гир}} = 15''$

$$m_D = (5 + 20 \cdot 10^{-6} D) \text{ см}$$

За окончательные координаты конечного пункта принимаются их средние значения из правого и левого ходов. Аналогично вычисляются координаты последующих звеньев.

Априорную среднюю квадратическую погрешность  $M_{\Pi}$  передачи координат по  $k$  звеньям вычисляют по формуле

$$M_{\Pi}^2 = km^2_D + 2kD^2 \frac{m^2_{\text{гир}}}{\rho^2} + 4k^2 D^2 \frac{\sigma^2_{\text{гир}}}{\rho^2},$$

где  $\sigma^2_{\text{гир}} = m^2_{A_0} + \frac{m^2_{\text{гир}}}{2n_0} + \Delta^2(\delta A_0)$ ;

$m_D$  — средняя квадратическая погрешность измеренного расстояния;

$m_{\text{гир}}$  — средняя квадратическая погрешность гироскопического ориентирования;

$n_0$  — число пусков при эталонировании гиротеодолитов;

$D$  — средняя длина стороны звена (в м);

$m_{A_0}$  — средняя квадратическая погрешность азимута, используемого при эталонировании гиротеодолитов;

$k$  — число звеньев в ходе;

$\Delta(\delta A_0)$  — среднее значение вариации поправки Лапласа на район работ.

Число звеньев хода зависит от заданной точности передачи координат, средней длины сторон и погрешностей измерений длин и азимутов сторон. Число звеньев должно соответствовать значениям, приведенным в табл. 133.

Таблица 133

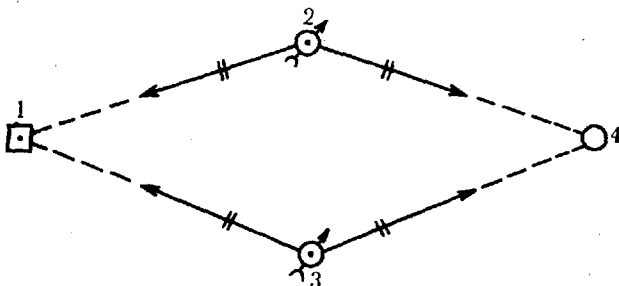
Допустимое число звеньев в линейно-азимутальном ходе

Ср. длина стороны звена $S$ , км	$M_{\Pi}$ , м		
	5	10	20
2	25	51	103
3	16	34	69
5	9	20	41
8	5	12	25
10	4	9	20
12	3	8	19

Пример вычисления координат пунктов линейно-азимутально-го звена хода приведен в табл. 134.

Таблица 134

Вычисление координат пунктов линейно-азимутального звена хода



а) Измеренные величины

Стороны	Длины сторон, м	Дирекционные углы
1—2	12 050,0	88°09'40"
2—4	10 011,0	90 07 30
1—3	12 044,4	90 38 20
3—4	10 025,2	87 08 20

б) Вычисление координат пунктов

№ пунктов	$D_{ik}$	$\alpha_{ik}$	$\sin \alpha_{ik}$	$\cos \alpha_{ik}$	$\Delta x_{ik}$ $x_k$	$\Delta y_{ik}$ $y_k$
1	12050,0	88°09'40"	+0,999485	+0,032089	6400136,5 +386,7	5102256,3 +12043,8
2	10011,0	90 07 30	+0,999998	-0,002182	6400523,2 - 21,8	5114300,1 +10011,0
4					6400501,4	5124311,1
1	12044,4	90 38 20	+0,999938	-0,011150	6400136,5 -134,3	5102256,3 +12043,7
3	10025,2	87 08 20	+0,998753	+0,049915	6400002,2 +500,4	5114300,0 +10012,7
4					6400502,6	5124312,7

Среднее значение координат пункта 4 6400502,0 5124311,9

$\delta x = 1,2 \text{ м}$ ,  $\delta y = 1,6 \text{ м}$ ,  $W = 2,0 \text{ м}$ ,  $W_{\text{доп}} = 5,8 \text{ м}$ .



## Определение координат пунктов хода из азимутально-параллактических звеньев

280. В тех случаях, когда радиодальномеры не применяются (из-за сильных радиопомех и других причин), используют ход из азимутально-параллактических звеньев (рис. 101). Звено хода включает исходный пункт, промежуточные точки и конечный пункт, который при переходе к следующему звену становится исходным. Стороны в звене не измеряются, а определяются параллактическим способом. С этой целью светодальномером 2СМ2 или 48-метровыми лентами в звене измеряют два базиса 2—3 и 3—4 (рис. 101), а на промежуточных точках 2 и 4 угломерной частью гиротеодолитов — горизонтальные углы между всеми сторонами хода и определяют азимуты базисных сторон. На точке 3 измеряют теодолитом горизонтальные углы. Для приближенного контроля определения азимутов визируют гиротеодолитами друг на друга.

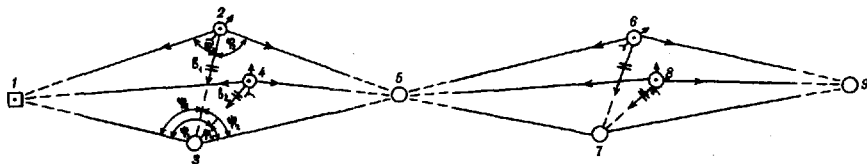


Рис. 101. Ход из азимутально-параллактических звеньев

Величины горизонтальных углов на промежуточных точках должны быть в пределах 60—120°. Отношение средней длины сторон звена к длине базиса не должно превышать 10.

281. Для вычисления координат азимутально-параллактическое звено разделяется на два полузвена, включающих общие стороны 1—3 и 3—5 (рис. 101). Контроль угловых и линейных измерений осуществляют двукратным вычислением длин общих сторон от каждого базиса. Значения длин общих сторон в полузвене определяют по формуле

$$D_i = b_i \frac{\sin \varphi_i}{\sin (\varphi_i + \psi_i)}.$$

Допустимые расхождения между значениями длин общих сторон при различных параллактических углах приведены в табл. 135.

Значения длин остальных сторон в полузвеньях вычисляют по формуле

$$D_i = b_i \frac{\sin \psi_i}{\sin (\varphi_i + \psi_i)}.$$

Допустимые расхождения длин сторон, м

D, км	Параллактические углы																			
	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°	20°				
3	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0				
4	4,5	3,8	3,2	2,9	2,6	2,4	2,1	2,0	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4				
5	5,8	4,9	4,2	3,7	3,3	3,0	2,7	2,6	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6				
6	6,8	5,7	4,9	4,3	3,8	3,5	3,2	3,0	2,7	2,6	2,4	2,4	2,2	2,1	2,0	1,9				
7	7,8	6,5	5,6	4,9	4,4	4,0	3,7	3,4	3,2	3,0	2,8	2,7	2,6	2,4	2,4	2,2				
8	9,0	7,6	6,5	5,8	5,2	4,7	4,3	4,0	3,7	3,5	3,3	3,1	3,0	2,9	2,7	2,6				
9	10,3	8,6	7,4	6,6	5,9	5,4	4,8	4,5	4,2	4,0	3,7	3,6	3,4	3,2	3,1	2,9				
10	11,3	9,5	8,2	7,2	6,4	5,9	5,3	5,0	4,6	4,4	4,1	3,9	3,7	3,6	3,4	3,2				

Используя длины и азимуты сторон, вычисляют приращения координат между точками каждого полузвена и координаты конечной точки 5. Определив разности значений координат конечного пункта, полученных из первого и второго полузвеньев, вычисляют невязку  $W$  по формуле

$$W = \sqrt{\delta x^2 + \delta y^2}.$$

Значение невязки не должно превышать величин, приведенных в табл. 132.

Величину априорной средней квадратической погрешности передачи координат в звене  $M_{зв}$  вычисляют по формуле

$$M_{зв}^2 = D^2 \left[ \left( \frac{m_b}{b} \right)^2 + \frac{v^2}{2} \left( \frac{m_\beta}{\rho} \right)^2 + 2 \frac{m_{гир}^2}{\rho^2} + 4 \frac{\sigma_{гир}^2}{\rho^2} \right],$$

где  $\frac{m_b}{b}$  — относительная средняя квадратическая погрешность измерения базиса;

$m_\beta$  — средняя квадратическая погрешность измерения угла;

$$v = \frac{2D}{b}.$$

Остальные обозначения те же, что в п. 279.

Среднюю квадратическую погрешность передачи координат проложением хода, состоящего из  $k$  азимутально-параллактических звеньев, вычисляют по формуле

$$M_{п}^2 = D^2 k \left[ \left( \frac{m_b}{b} \right)^2 + \frac{v^2}{2} \left( \frac{m_\beta}{\rho} \right)^2 + 2 \frac{m_{гир}^2}{\rho^2} + 4 k \frac{\sigma_{гир}^2}{\rho^2} \right].$$

Число звеньев в ходе должно соответствовать значениям, приведенным в табл. 136.

**Допустимое число звеньев  
в азимутально-параллактическом ходе**

Ср. длина стороны звена $S$ , км	$M_p$ , м	5	10	20
		2	25	51
3	16	34	68	
5	9	20	40	
8	5	12	25	
10	4	9	20	
12	3	8	16	

Пример вычисления координат азимутально-параллактического звена приведен в табл. 137.

Таблица 137

**Вычисление координат пунктов  
азимутально-параллактического звена**

а) Измеренные величины

Обозначения	Базисы, м	Дирекционные углы	Углы	Схемы
$\alpha_{32}$ $b_1$ $\varphi_1$ $\varphi_2$ $\psi_1$ $\psi_2$	905.62	Первое полузвено $6^\circ 20' 25''$	$84^\circ 48' 00''$ $93 \ 30 \ 47$ $86 \ 35 \ 26$ $80 \ 10 \ 13$	
$\alpha_{34}$ $b_2$ $\varphi_3$ $\varphi_4$ $\psi_3$ $\psi_4$	761.48	Второе полузвено $23^\circ 11' 40''$	$69^\circ 44' 34''$ $111 \ 44 \ 39$ $103 \ 26 \ 43$ $63 \ 18 \ 58$	

б) Вычисление длин сторон и дирекционных углов первого полугузна

Обозначения	Числовые значения	Обозначения	Числовые значения	Обозначения	Числовые значения	Обозначения	Числовые значения
$\varphi_1 + \psi_1$	171°23'26"	$\varphi_2 + \psi_2$	173°41'00"	$\alpha_{22}$	6°20'25"	$\alpha_{23}$	186°20'25"
$\sin(\varphi_1 + \psi_1)$	0,149698	$\sin(\varphi_2 + \psi_2)$	0,110023	$\psi_1$	86 35 26	$\varphi_2$	93 30 47
$b_1$	905,62	$b_1$	905,62	$\alpha_{13}$	99 44 59	$\alpha_{25}$	92 49 38
$\sin \varphi_1$	0,995884	$\sin \varphi_2$	0,998121	$\varphi_1$	84 48 00		
$D_{13}$	6024,74	$D_{35}$	8215,72	$\alpha_{12}$	91 08 25		
$\sin \psi_1$	0,998230	$\sin \psi_2$	0,985319	$\psi_2$	80 10 13		
$D_{12}$	6038,93	$D_{25}$	8110,35	$\alpha_{35}$	86 30 38		

в) Вычисление координат пунктов по первому полугузну

Обозначения	Числовые значения	Обозначения	Числовые значения	Обозначения	Числовые значения	Обозначения	Числовые значения
$x_2$	5401399,85	$x_3$	5400499,77	$x_5$	5400999,82	$x_5$	5400999,82
$\Delta x_{12}$	- 120,18	$\Delta x_{13}$	- 1020,26	$\Delta x_{25}$	- 400,03	$\Delta x_{35}$	+ 500,05
$x_1$	5401520,03	$x_1$	5401520,03	$x_2$	5401399,85	$x_3$	5400499,77
$\cos \alpha_{12}$	- 0,019900	$\cos \alpha_{13}$	- 0,169345	$\cos \alpha_{25}$	- 0,049324	$\cos \alpha_{35}$	+ 0,060865
$\alpha_{12}$	91°08'25"	$\alpha_{13}$	99°44'59"	$\alpha_{25}$	92°49'38"	$\alpha_{35}$	86°30'38"
$D_{12}$	6038,93	$D_{13}$	6024,74	$D_{25}$	8110,35	$D_{35}$	8215,72
$\sin \alpha_{12}$	+ 0,999602	$\sin \alpha_{13}$	+ 0,985557	$\sin \alpha_{25}$	+ 0,998783	$\sin \alpha_{35}$	+ 0,998146
$y_1$	8121863,25	$y_1$	8121863,25	$y_2$	8127900,98	$y_3$	8127800,97
$\Delta y_{12}$	+ 6037,73	$\Delta y_{13}$	+ 5937,72	$\Delta y_{25}$	+ 8100,48	$\Delta y_{35}$	+ 8200,49
$y_2$	8127900,98	$y_3$	8127800,97	$y_5$	8136001,46	$y_5$	8136001,46

г) Вычисления длин сторон и дирекционных углов второго полугузна

Обозначения	Числовые значения	Обозначения	Числовые значения	Обозначения	Числовые значения
$\varphi_3 + \psi_3$	173°11'17"	$\varphi_4 + \psi_4$	175°03'37"	$\alpha_{34}$	23°11'40"
$\sin(\varphi_3 + \psi_3)$	0,118611	$\sin(\varphi_4 + \psi_4)$	0,086108	$\psi_3$	103 26 43
$b_2$	761,63	$b_2$	761,63	$\alpha_{13}$	99 44 57
$\sin \varphi_3$	0,938148	$\sin \varphi_4$	0,928847	$\psi_4$	63 18 58
$D_{13}$	6024,09	$D_{35}$	8215,73	$\alpha_{35}$	86 30 38
$\sin \psi_3$	0,972592	$\sin \psi_4$	0,893498	$\varphi_3$	69 44 34
$D_{14}$	6245,27	$D_{45}$	7903,06	$\alpha_{14}$	92 56 14
				$\varphi_4$	111 44 39
				$\alpha_{45}$	91 27 01

д) Вычисление координат пунктов по второму полузвену

Обозначения	Числовые значения	Обозначения	Числовые значения	Обозначения	Числовые значения	Обозначения	Числовые значения
$x_4$	5401200,01	$x_3$	5400499,94	$x_5$	5400999,99	$x_5$	5400999,99
$\Delta x_{14}$	- 320,02	$\Delta x_{13}$	- 1020,09	$\Delta x_{45}$	- 200,02	$\Delta x_{35}$	+ 500,05
$x_1$	5401520,03	$x_1$	5401520,03	$x_4$	5401200,01	$x_3$	5400499,94
$\cos \alpha_{14}$	- 0,051242	$\cos \alpha_{13}$	- 0,169335	$\cos \alpha_{45}$	- 0,025309	$\cos \alpha_{35}$	+ 0,060865
$\alpha_{14}$	92°56'14"	$\alpha_{13}$	99°44'57"	$\alpha_{45}$	91°27'01"	$\alpha_{35}$	86°30'38"
$D_{14}$	6245,27	$D_{13}$	6024,09	$D_{45}$	7903,06	$D_{35}$	8215,73
$\sin \alpha_{14}$	+ 0,998686	$\sin \alpha_{13}$	+ 0,985558	$\sin \alpha_{45}$	+ 0,999680	$\sin \alpha_{35}$	+ 0,998146
$y_1$	8121863,25	$y_1$	8121863,25	$y_4$	8128100,11	$y_3$	8127800,15
$\Delta y_{14}$	+ 6236,86	$\Delta y_{13}$	+ 5936,90	$\Delta y_{45}$	7900,53	$\Delta y_{35}$	+ 8200,52
$y_4$	8128100,11	$y_3$	8127800,15	$y_5$	8136000,64	$y_5$	8136000,67

Расхождения в длинах общих сторон, полученных при вычислениях по первому и второму полузвеньям, равны:  $\Delta D_{13} = 0,7 \text{ м}$ ,  $\Delta D_{35} = 0 \text{ м}$ . Допустимое значение при  $D = 7 \text{ км}$  и  $\beta = 7^\circ$  (табл. 135) равно  $5,6 \text{ м}$ .

Невязка в координатах, полученных по первому и второму полузвеньям ( $\delta x = 0,2 \text{ м}$ ,  $\delta y = 0,8 \text{ м}$ ), равна  $W = 0,8 \text{ м}$ , а  $W_{\text{доп}} = 3,7 \text{ м}$  (табл. 132):

Средние значения координат узлового пункта 5 равны:

$$x = 5\,400\,999,9 \text{ м}, \quad y = 8\,136\,001,1 \text{ м}.$$

### Определение координат пунктов ряда из азимутальных четырехугольников

282. Азимутальный четырехугольник (рис. 102) включает два исходных и два определяемых пункта. С каждого определяемого пункта измеряют гиротеодолитом азимуты всех направлений.

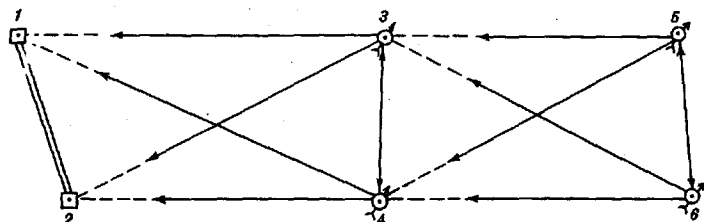


Рис. 102. Ряд из азимутальных четырехугольников

Углы засечек при определяемых пунктах должны быть в пределах от 20 до 160°, отношение средней длины стороны звена к длине базиса не должно превышать 2.

В ряде из азимутальных четырехугольников быстро накапливаются ошибки масштаба сети. Для уменьшения этих ошибок ряд делают на участки. В последней фигуре каждого участка радиодальнономером измеряют одну из сторон. Допустимое число четырехугольников между измеренными сторонами указано в табл. 138.

Таблица 138

Допустимое число четырехугольников между измеряемыми сторонами

Отношение средней длины стороны звена к длине базиса	Средняя длина стороны, км	Средние квадратические погрешности передачи координат, м		
		5	10	20
1,0	5	6	—	—
	10	2	6	—
1,5	5	4	15	—
	10	2	4	—
2,0	5	3	12	—
	10	2	3	12

283. Вычисление координат определяемых пунктов в звене выполняют в следующем порядке. Вычисляют по координатам исходных пунктов дирекционный угол и длину исходной стороны и, кроме того, среднее значение дирекционного угла стороны между определяемыми пунктами (выходной стороны). Далее из каждого треугольника звена вычисляют координаты правого и левого определяемых пунктов ( $x'_п$ ,  $y'_п$ ,  $x'_л$ ,  $y'_л$ ), используя формулы тангенсов и котангенсов, которые имеют следующий вид:

$$x_p = \frac{x_A \operatorname{tg}(AP) - x_B \operatorname{tg}(BP) + y_B - y_A}{\operatorname{tg}(AP) - \operatorname{tg}(BP)};$$

$$y_p = (x_p - x_A) \operatorname{tg}(AP) + y_A;$$

$$y_p = (x_p - x_B) \operatorname{tg}(BP) + y_B;$$

$$y_p = \frac{y_A \operatorname{ctg}(AP) - y_B \operatorname{ctg}(BP) + x_B - x_A}{\operatorname{ctg}(AP) - \operatorname{ctg}(BP)};$$

$$x_p = (y_p - y_A) \operatorname{ctg}(AP) + x_A;$$

$$x_p = (y_p - y_B) \operatorname{ctg}(BP) + x_B,$$

где  $x_p, y_p$  — координаты определяемого пункта;  
 $x_A, y_A, x_B, y_B$  — координаты исходных пунктов;  
 $(AP), (BP)$  — дирекционные углы сторон между определяемым и исходными пунктами.

Если один из дирекционных углов ( $AP$ ) или ( $BP$ ) удовлетворяет неравенствам  $70^\circ < \alpha < 109^\circ$  и  $251^\circ < \alpha < 289^\circ$ , то используют формулы котангенсов, а в остальных случаях—формулы тангенсов. Затем принимают вычисленные координаты одного из определяемых пунктов в качестве исходных и по приведенным формулам находят контрольные значения координат второго определяемого пункта ( $x_{\text{кон}}$ ,  $y_{\text{кон}}$ ). По разностям  $W'_x$  и  $W'_y$  между основными и контрольными значениями координат этого пункта вычисляют невязку звена  $W'$  по формуле

$$W' = \sqrt{(W'_x)^2 + (W'_y)^2},$$

где  $W'_x = x_{\text{кон}} - x'$ ,  $W'_y = y_{\text{кон}} - y'$ .

Величина невязки не должна превышать  $2,5M$ . Средняя квадратическая погрешность  $M$  положения определяемых пунктов данного четырехугольника относительно начальных пунктов ряда вычисляется по формуле

$$M = \sqrt{\sum_{i=1}^k (M'_i)^2},$$

где  $M'_i$ —средняя квадратическая погрешность положения определяемых пунктов четырехугольника относительно начальных пунктов этого же четырехугольника.

Величину  $M'$  (в  $m$ ) выбирают из табл. 139 по минимальному углу засечки  $P_{\text{min}}$  при определяемых пунктах и максимальному значению длины диагонали четырехугольника  $D_{\text{max}}$ .

Таблица 139

Допустимые значения средней квадратической погрешности положения определяемых пунктов

$P_{\text{min}}$ $D_{\text{max}}$ , км	20° (160°)	30° (150°)	40° (140°)	50° (130°)	60° (120°)	70° (110°)	80° (100°)	90°
1	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
2	0,8	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
3	1,2	0,8	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
4	1,6	1,1	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
5	2,0	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7
6	2,4	1,6	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,8
7	2,8	1,9	1,5	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0
8	3,2	2,2	1,7	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1
9	3,6	2,5	1,9	1,6	1,4	1,3	1,2	1,2
10	4,0	2,7	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,4
11	4,4	3,0	2,3	2,0	1,7	1,6	1,5	1,5

$P_{\min}$ $D_{\max}, \text{к.м.}$	20° (160°)	30° (150°)	40° (140°)	50° (130°)	60° (120°)	70° (110°)	80° (100°)	90°
12	4,8	3,3	2,6	2,2	1,9	1,8	1,7	1,6
13	—	3,7	2,8	2,3	2,1	1,9	1,8	1,8
14	—	3,8	3,0	2,5	2,2	2,0	2,0	1,9
15	—	4,1	3,2	2,7	2,4	2,2	2,1	2,1
20	—	—	4,3	3,6	3,2	2,9	2,8	2,7
25	—	—	—	4,5	4,0	3,6	3,5	3,4
30	—	—	—	—	4,8	4,4	4,2	4,1

Далее вычисляют координаты определяемых пунктов, исправленные за двусторонние измерения азимута выходной стороны четырехугольника, по формулам:

$$x_i = x'_i + (v'_x)_i$$

$$y_i = y'_i + (v'_y)_i$$

где  $x'_i, y'_i$  — координаты определяемых пунктов, полученные по формулам тангенсов или котангенсов;

$(v'_x)_i, (v'_y)_i$  — поправки за двусторонние азимутальные измерения (первичные поправки).

Поправки вычисляют по формулам:

$$(v'_x)_i = \frac{W'x_i}{2}, \quad (v'_y)_i = \frac{W'y_i}{2}.$$

Координаты определяемого пункта, для которого выполнялись контрольные вычисления, исправляются поправками  $(v'_x)_i$  и  $(v'_y)_i$ , а координаты второго определяемого пункта — поправками  $-(v'_x)_i$  и  $-(v'_y)_i$ .

Если в четырехугольнике радиодальномером измерена длина выходной стороны, то координаты определяемых пунктов необходимо исправлять также поправками за измеренную выходную сторону. Для этого по координатам, исправленным первичными поправками, вычисляют приращения координат между левым и правым пунктами, используя формулы:

$$(\Delta x_{\text{лп}})' = x_{\text{п}} - x_{\text{л}};$$

$$(\Delta y_{\text{лп}})' = y_{\text{п}} - y_{\text{л}}.$$

По полученным приращениям находят дирекционный угол  $\alpha_{\text{лп}}$  выходной стороны, который вместе со значением длины



этой стороны  $D_{\text{зн}}$  используется для вычисления приращений координат  $(\Delta x_{\text{зн}})^{\circ}$  и  $(\Delta y_{\text{зн}})^{\circ}$  между определяемыми пунктами. Затем вычисляют невязки координат по формулам:

$$W''_x = (\Delta x_{\text{зн}})' - (\Delta x_{\text{зн}})^{\circ};$$

$$W''_y = (\Delta y_{\text{зн}})' - (\Delta y_{\text{зн}})^{\circ};$$

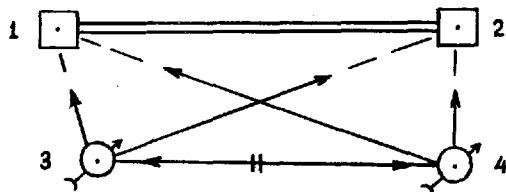
$$W'' = \sqrt{(W''_x)^2 + (W''_y)^2}.$$

Величина невязки  $W''$  не должна превышать 2,5 м. Вычисление вторичных поправок  $(v_x)''$  и  $(v_y)''$  по невязкам  $W''_x$  и  $W''_y$  и исправление ими координат выполняется по тем же формулам. Значения координат  $x^{\circ}$  и  $y^{\circ}$ , исправленные вторичными поправками, принимают в качестве исходных для следующего звена.

Пример вычисления координат пунктов азимутального четырехугольника приведен в табл. 140. В четырехугольнике выполнено измерение выходной стороны 3—4.

Таблица 140

Вычисление координат пунктов азимутального четырехугольника



а) Координаты исходных пунктов

Номера пунктов	$x, \text{ м}$	$y, \text{ м}$	$\alpha_{12}$	$D_{12}, \text{ м}$
1	6 400120.0	6 800430.2	79°18'04"	6 320.06
2	6 401293.3	6 806640.4		

б) Дирекционные углы  
(из гироскопических измерений)

Названия направлений	$\alpha_{\text{изм}}$	Среднее арифметическое
3—1	310°41'08"	257°14'33"
3—2	355 25 18	
3—4	257 14 38	
4—1	348 10 30	
4—2	30 03 09	
4—3	77 14 28	

Измеренное значение выходной стороны  $D_{34} = 5436.03 \text{ м}$

в) Вычисление координат

Назва- ние пункта	Дирекционные углы	Тангенсы и котангенсы дирекционных углов		Координаты			
				<i>x, м</i>		<i>y, м</i>	
$P_n$ (4)				$x'_{P_n}$	6393100.0	$y'_{P_n}$	6801900.0
$A$ (1)	( $AP$ ) 168°10'30"	$tg(AP)$	-0.209367	$x_A$	6400120.0	$y'_{P_n}$	6801900.0
$B$ (2)	( $BP$ ) 210 03 09	$tg(BP)$	0.578573	$x_B$	6401293.3	$y_A$	6800430.2
		$tg(AP) - tg(BP)$	-0.787940			$y_B$	6806640.4
$P_n$ (3)						$y'_{P_n}$	6807200.4
				$x'_{P_n}$	6394299.7	$y'_{P_n}$	6807200.4
$A$ (1)	( $AP$ ) 130 41 08	$tg(AP)$	-1.163201	$x_A$	6400120.0	$y_A$	6800430.2
$B$ (2)	( $BP$ ) 175 25 18	$tg(BP)$	-0.080078	$x_B$	6401293.3	$y_B$	6806640.4
		$tg(AP) - tg(BP)$	-1.083123				
$P_n$ (3)				$(x'_{P_n})_k$	6394300.0		
$P_n$ (4)	( $P_n P_n$ ) 77 14 33	$ctg(P_n P_n)$	0.226415	$(x_{P_n})_k$	6394300.0	$(y_{P_n})_k$	6807200.0
$A$ (1)	( $AP_n$ ) 130 41 08	$ctg(AP_n)$	-0.859697	$x_{P_n}$	6393100.0	$y_{P_n}$	6801900.0
		$ctg(P_n P_n) - ctg(AP_n)$	1.086112	$x_A$	6400120.0	$y_A$	6800430.2

## г) Вычисление координат, исправленных за двусторонние азимутальные измерения

Название пункта	Координаты		$W'_x, \text{ м}$	$W'_y, \text{ м}$	$v'_x, \text{ м}$	$v'_y, \text{ м}$	Исправленные координаты		$\Delta x'_{\text{лп}}, \text{ м}$	$\Delta y'_{\text{лп}}, \text{ м}$	$\alpha_{\text{лп}}$
	$x', \text{ м}$	$y', \text{ м}$					$x, \text{ м}$	$y, \text{ м}$			
$P_{\text{л}}(3)$	6394299.7	6807200.4	0.3	-0.4	0.2	-0.2	6394299.9	6807200.2	-1200,0	-5300,0	257°14'33"
$P_{\text{п}}(4)$	6393100.0	6801900.0	—		0.1	0.2	6393099.9	6801900.2			

$$W' = 0,5 \text{ м} \quad W'_{\text{доп}} = 4,8 \text{ м}$$

## д) Вычисление координат, исправленных за измеренную выходную сторону четырехугольника

Название пункта	$\alpha_{\text{лп}}$	$D_{\text{лп}}, \text{ м}$	$\Delta x^{\circ}_{\text{лп}}, \text{ м}$	$\Delta y^{\circ}_{\text{лп}}, \text{ м}$	$W''_x, \text{ м}$	$W''_y, \text{ м}$	$v''_x, \text{ м}$	$v''_y, \text{ м}$	Координаты	
									$x^{\circ}, \text{ м}$	$y^{\circ}, \text{ м}$
$P_{\text{л}}(3)$	257°14'33"	5436.0	-1200.4	-5301.8	0.4	1.8	0.2	0.9	6394300.1	6807201.1
							-0.2	-0.9	6393099.7	6801899.3

$$W'' = 1,8 \text{ м} \quad W''_{\text{доп}} = 4,8 \text{ м}$$

## Определение координат пунктов хода из линейно-параллактических звеньев

284. Звено хода (рис. 103) включает исходный пункт, промежуточные точки и конечный пункт. При переходе к следующему звену конечный пункт используется в качестве исходного. Все стороны звена измеряются радиодальномером, а азимуты коротких сторон 3—2 и 3—4, кроме того, определяют гиротеодолитом. Радиодальномерные и гироскопические измерения на точке 3 можно выполнять одновременно, визируя на головки штативов, установленных на точках 2 и 4. При измерении линий на точках 2, 3 и 4 устанавливают ведущие станции радиодальномеров. Расстояние между точками 2 и 4 — от 5 до 20 м. Параллактические углы между направлениями на пунктах 1 и 5 не должны быть менее  $10^\circ$ , а отношение средней длины стороны звена к длине базиса — больше 5.

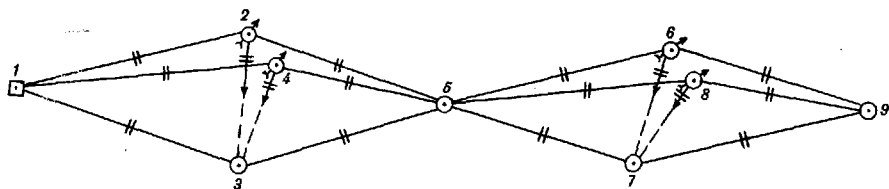


Рис. 103. Ход из линейно-параллактических звеньев

285. Вычисление координат пунктов звена (рис. 102) выполняют в следующем порядке. Вычисляют углы треугольников, дирекционные углы направлений, приращения координат между пунктами звена и координаты конечного пункта 5.

Вычисление углов треугольников производят по формулам косинусов. Применительно к треугольнику 1—2—3 формулы имеют следующий вид:

$$\cos \beta_{213} = \frac{D_{12}^2 + D_{13}^2 - D_{23}^2}{2 D_{12} D_{13}};$$

$$\cos \beta_{321} = \frac{D_{12}^2 + D_{23}^2 - D_{13}^2}{2 D_{12} D_{23}};$$

$$\cos \beta_{132} = \frac{D_{13}^2 + D_{23}^2 - D_{12}^2}{2 D_{13} D_{23}}.$$

Контроль вычисления углов треугольников выполняют по формуле

$$\sum_{i=1}^3 \beta = 180^\circ \pm 2''.$$

Дирекционные углы сторон вычисляют по формуле

$$\alpha_i = \alpha_{исх} \pm \beta_i \pm 180^\circ.$$

Координаты конечного пункта звена определяют, используя длины и дирекционные углы сторон. С этой целью звено между начальным и конечным пунктами разделяют на три хода. Координаты конечного пункта 5 из хода 1—2—5, например, вычисляют по формулам:

$$x_5 = x_1 + D_{12} \cos \alpha_{12} + D_{25} \cos \alpha_{25};$$

$$y_5 = y_1 + D_{12} \sin \alpha_{12} + D_{25} \sin \alpha_{25}.$$

Окончательные координаты конечного пункта получают как среднее из трех значений, вычисленных по разным ходам. Уклонения отдельных значений от среднего не должны превышать 6 м.

Уклонения вычисляют по формулам:

$$v_{x_i} = x_i - x_{\text{ср}};$$

$$v_{y_i} = y_i - y_{\text{ср}}.$$

Контроль линейных и гироскопических измерений выполняется по невязкам  $W_1$  и  $W_2$ , вычисленным по формулам:

$$W_1 = (\beta_{431} - \beta_{231}) - (\alpha_{34} - \alpha_{32});$$

$$W_2 = (\beta_{532} - \beta_{534}) - (\alpha_{34} - \alpha_{32}).$$

Значения  $W_i$  не должны превышать 3'.

Априорную среднюю квадратическую погрешность передачи координат в звене  $M_{\text{зв}}$  вычисляют по формуле

$$M_{\text{зв}}^2 = 2D_{\text{ср}}^2 \left[ \left( \frac{D_{\text{ср}}}{b} \right)^2 \cdot \left( \frac{m_D}{D} \right)^2 - \left( \frac{m_{\text{Гир}}}{\rho} \right)^2 \right],$$

где  $D_{\text{ср}}$  — средняя длина боковых сторон звена;

$b$  — среднее значение расстояний между промежуточными точками.

Средняя квадратическая погрешность  $M$  передачи координат положением хода из  $k$  звеньев вычисляется по формуле

$$M_{\text{п}}^2 = \sum_1^k M_{\text{зв}}^2 + 4k^2 D^2 \frac{\sigma_{\text{Гир}}^2}{\rho^2}.$$

Число звеньев в ходе должно соответствовать значениям, приведенным в табл. 141.

Таблица 141

Допустимое число звеньев в ходе

Отношение средней длины стороны звена к длине базиса	Средняя длина стороны, км	Средние квадратические погрешности передачи координат, м		
		5	10	20
1	2	25	50	102
	6	7	16	33
	10	4	9	20
	2	22	49	100

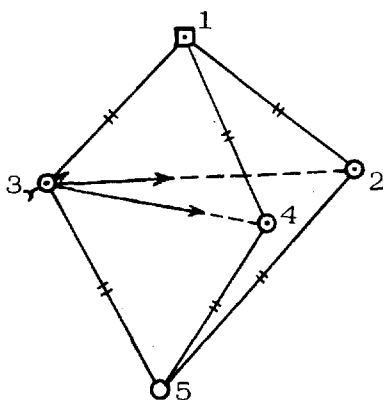
Отношение средней длины стороны звена к длине ба- зиса	Средняя дли- на стороны, км	Средние квадратические погрешности передачи координат, м		
		5	10	20
3	6	7	15	33
	10	4	9	19
	2	20	45	96
5	6	6	14	31
	10	3	8	18

Примечание. При расчетах принято:  $m_{\text{гир}} = 15''$ ,  $\sigma_{\text{гир}} = 10''$ ,  $m_D = (5 + 20 \cdot 10^{-6} D)$  см.

Пример вычисления координат пунктов линейно-параллактического звена приведен в табл. 142.

Таблица 142

Вычисление координат пунктов  
линейно-параллактического звена



а) Исходные данные

Стороны	Длины сторон, м	№ напр.	Дирекцион- ные углы
1—2	7079,7	3—2	90°20'10"
1—3	7413,6	3—4	97 57 25
1—4	7178,7		
2—3	1030,3		
2—5	6180,7		
3—4	1360,1		
3—5	5833,3		
4—5	6158,1		

Координаты исходного  
пункта № 1

$$x = 6200196,3 \text{ м}$$

$$y = 7500232,5 \text{ м}$$

б) Вычисление углов треугольников

1, 2, 3		1, 3, 4		2, 3, 5		3, 4, 5	
$D_{12}$	7079,7	$D_{11}$	7179,2	$D_{25}$	6180,7	$D_{45}$	6158,1
$D_{13}$	7413,6	$D_{13}$	7413,6	$D_{35}$	5833,3	$D_{35}$	5833,3
$D_{23}$	1030,3	$D_{34}$	1360,9	$D_{23}$	1030,3	$D_{43}$	1360,9
$\beta_{132}$	67°16'38"	$\beta_{134}$	74°51'10"	$\beta_{235}$	105°00'20"	$\beta_{435}$	97°20'33"
$\beta_{123}$	105 00 30	$\beta_{143}$	94 36 15	$\beta_{325}$	65 43 44	$\beta_{345}$	69 59 39
$\beta_{213}$	7 42 52	$\beta_{314}$	10 32 35	$\beta_{352}$	9 15 56	$\beta_{354}$	12 39 48
$\Sigma\beta$	180 00 00	$\Sigma\beta$	180 00 00	$\Sigma\beta$	180 00 00	$\Sigma\beta$	180 00 00

в) Вычисление дирекционных углов

$\alpha_{12}$		$\alpha_{13}$		$\alpha_{13}$		$\alpha_{14}$	
$\alpha_{23}$	270°20'10"	$\alpha_{32}$	90°20'10"	$\alpha_{34}$	97°57'25"	$\alpha_{43}$	277°57'25"
$+\beta_{123}$	105 00 30	$-\beta_{231}$	67 16 38	$-\beta_{134}$	74 51 10	$+\beta_{143}$	94 36 15
$\alpha_{12}$	195 20 40	$\alpha_{13}$	203 03 32	$\alpha_{13}$	203 06 15	$\alpha_{14}$	192 33 40
				$\alpha_{13}$ (ср.)	203 04 54		

$\alpha_{25}$		$\alpha_{35}$		$\alpha_{35}$		$\alpha_{45}$	
$\alpha_{23}$	270°20'10"	$\alpha_{32}$	90°20'10"	$\alpha_{34}$	97°57'25"	$\alpha_{43}$	277°57'25"
$-\beta_{325}$	65 43 44	$+\beta_{235}$	105 00 20	$+\beta_{435}$	97 20 33	$-\beta_{345}$	69 59 39
$\alpha_{25}$	204 36 26	$\alpha_{35}$	195 20 38	$\alpha_{35}$	195 17 58	$\alpha_{45}$	207 57 46
				$\alpha_{35}$ (ср.)	195 19 18		
	$w_1 = -2,7'$		$w_2 = +2,7'$		$w_{доп} = 3'$		

г) Вычисление координат пунктов

№ пункта Обозначения	2	3	4	5	5	5
	(1-2)	(1-3)	(1-4)	(2-5)	(3-5)	(4-5)
$x$	6193369,0	6193376,2	6193188,9	6187749,6	6187750,2	6187749,7
$x_{исх}$	6200196,3	6200196,3	6200196,3	6193369,0	6193376,2	6193188,9
$\Delta x$	-6827,3	-6820,1	-7007,4	-5619,4	-5626,0	-5439,2
$\cos \alpha$	-0,964353	-0,919946	-0,976065	-0,909183	-0,964457	-0,883253
$\sin \alpha$	-0,264621	-0,392043	-0,217481	-0,416395	-0,264237	-0,468898

№ пункта Обозначения	2 (1-2)	3 (1-3)	4 (1-4)	5 (2-5)	5 (3-5)	5 (4-5)
$\Delta y$	-1873,4	-2906,4	-1561,3	-2573,6	-1541,4	-2887,5
Уисх	7500232,5	7500232,5	7500232,5	7498359,1	7497326,1	7498671,2
y	7498359,1	7497326,1	7498671,2	7495785,5	7495784,7	7495783,7

Окончательные координаты пункта 5

$$x = 6187749,8 \text{ м}$$

$$y = 7495784,6 \text{ м}$$

$$(w_x)_2 = -0,2 \text{ м}, \quad (w_x)_3 = 0,4 \text{ м}, \quad (w_x)_4 = -0,1 \text{ м}$$

$$(w_y)_2 = 0,9 \text{ м}, \quad (w_y)_3 = 0,1 \text{ м}, \quad (w_y)_4 = -0,9 \text{ м}$$

$$w_2 = \sqrt{(w_x)_2^2 + (w_y)_2^2} = 0,9 \text{ м}$$

$$w_3 = 0,4 \text{ м}$$

$$w_4 = 0,9 \text{ м}$$

$$w_{\text{доп}} = 2,5 \text{ м}$$

### Определение координат пунктов ряда из линейных четырехугольников

286. Линейный четырехугольник (рис. 104) содержит два исходных и два определяемых пункта. Внутренние углы, составленные сторонами четырехугольника, должны быть в пределах  $50 \div 130^\circ$ , а продвиг  $v = \frac{D}{b}$  — порядка  $2 \div 2,5$ . С целью определения координат в линейном четырехугольнике радиодальномерами измеряют длины всех его сторон и диагоналей. В тех случаях, когда пункт ряда в дальнейшем используется как пункт СГС, азимуты ориентирных направлений с него определяются гиротеодолитом.

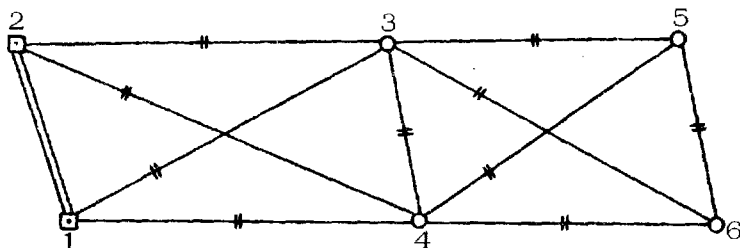


Рис. 104. Ряд из линейных четырехугольников



Априорную среднюю квадратическую погрешность  $M_n$  передачи координат от исходных пунктов вычисляют по формуле

$$M_n^2 = m_t^2 + m_q^2,$$

где  $m_t = 0.7 m_D (1 - 0.1 v) \sqrt{N}$ ;

$$m_q = 0.4 m_D \cdot v N \sqrt{N};$$

$$v = \frac{L}{b_i};$$

$L$  — длина ряда;

$b$  — длина исходной стороны;

$N$  — число четырехугольников в ряде.

287. Вычисления для каждого четырехугольника выполняются отдельно, по мере производства полевых работ. Вычисления включают уравнивание четырехугольника и нахождение координат определяемых пунктов. С целью оценки качества линейных измерений вычисляют углы треугольников 214, 213, 243 (рис. 104) по формулам косинусов, которые применительно к треугольнику 214 имеют вид:

$$\cos \alpha_2 = \frac{D_{24}^2 + D_{14}^2 - D_{12}^2}{2 D_{24} D_{14}}; \quad \cos \beta_2 = \frac{D_{12}^2 + D_{14}^2 - D_{24}^2}{2 D_{12} D_{14}};$$

$$\cos \gamma_2 = \frac{D_{12}^2 + D_{24}^2 - D_{14}^2}{2 D_{12} D_{24}}.$$

Качество линейных измерений оценивают по значению свободного члена условия фигуры  $w_j$ , который вычисляют по формуле

$$w_j = \gamma_1 + \gamma_2 - \gamma_3.$$

Допустимая величина свободного члена вычисляется по формуле

$$(w_j)_{\text{доп}} = 2,5 m_D \rho'' \sqrt{\sum_{i=1}^3 \left( \frac{1 + \cos^2 \alpha_i}{h_i^2} + \frac{2 \cos \alpha_i \cos \beta_{i-1}}{h_i h_{i-1}} + \frac{\cos^2 \beta_{i-1}}{h_{i-1}^2} \right)},$$

где  $h_i$  — высота треугольника, опущенная из угла  $\gamma_i$ .

Высота (применительно к треугольнику 214, рис. 104) вычисляется по формулам:

$$h_{\gamma_2} = D_{12} \sin \beta_2 = D_{24} \sin \alpha_2.$$

Для уравнивания четырехугольника составляют условное уравнение

$$a_1 v_{23} + a_2 v_{34} + a_3 v_{14} + a_4 v_{13} + a_5 v_{24} + \frac{w_j \cdot 10^4}{\rho''} = 0,$$

где

$$a_1 = \left( \frac{\cos \beta_3}{h_3} - \frac{\cos \alpha_1}{h_1} \right) \cdot 10^4; \quad a_2 = \frac{10^4}{h_1}; \quad a_3 = \frac{10^4}{h_2};$$

$$a_4 = -\frac{10^4}{h_3}; \quad a_5 = -\left( \frac{\cos \alpha_2}{h_2} + \frac{\cos \beta_1}{h_1} \right) \cdot 10^4,$$

$v_{ij}$  — поправка в значение длины стороны.

Коррелата  $k$  определяется по формуле

$$k = - \frac{w_j \cdot 10^4}{\rho'' [aa]}$$

Поправки в измеренные стороны вычисляются по формуле

$$v_i = a_i k.$$

По уравненным сторонам четырехугольника вычисляют значения углов  $\gamma'_i$ . Соблюдение условия  $\gamma'_1 + \gamma'_2 - \gamma'_3 = 0$  является контролем уравнивания.

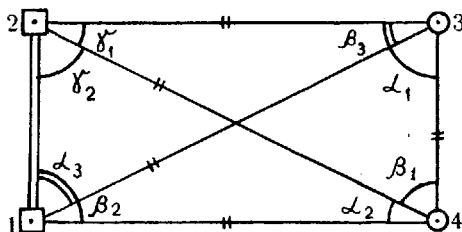
Далее по ходовым линиям 1—3—2 и 1—4—2 (рис. 104), используя длины сторон и вычисленные углы, из решения полигонометрических ходов находят координаты определяемых пунктов. Для контроля вычисляют длину стороны  $D_{34}$  по координатам пунктов 3 и 4.

Если разность между уравненным значением  $D'_{34}$  и ее контрольным значением  $(D'_{34})_{\text{выч}}$  не больше величины  $\left| \frac{D_{34}}{1 \cdot 10^5} \right|$ , то вычисления выполнены правильно.

Пример вычисления координат пункта линейного четырехугольника приведен в табл. 143.

Таблица 143

Вычисление координат пунктов линейного четырехугольника



а) Измеренные и уравненные длины сторон

Стороны	Измеренные значения сторон, м	Поправки, м	Уравненные значения сторон, м
1—2	12178,2		
3—4	13997,1	—0,03	13997,07
3—1	18500,1	+0,04	18500,14
3—2	12680,8	—0,04	12680,76
4—1	15487,7	—0,03	15487,67
4—2	19800,0	+0,05	19800,05

б) Вычисление углов треугольников

Вершина треуголь- ника		$D_i, м$	$\cos \varphi_i$		$\varphi_i$	
2	1-4	15487.7	$\cos \gamma_2$	0.623070	$\gamma_2$	51°27'34"
1	2-4	19800.0	$\cos \beta_2$	-0.010240	$\beta_2$	90 35 12
4	1-2	12178.2	$\cos \alpha_2$	0.788505	$\alpha_2$	37 57 14
						180 00 00
2	1-3	18500.1	$\cos \gamma_3$	-0.107306	$\gamma_3$	96 09 36
1	2-3	12680.8	$\cos \alpha_3$	0.731830	$\alpha_3$	42 57 36
3	1-2	12178.2	$\cos \beta_3$	0.756082	$\beta_3$	40 52 48
						180 00 00
2	3-4	13997.1	$\cos \gamma_1$	0.710778	$\gamma_1$	44 42 06
4	2-3	12680.8	$\cos \beta_1$	0.770643	$\beta_1$	39 35 18
3	2-4	19800.0	$\cos \alpha_1$	-0.099492	$\alpha_1$	95 42 36
						180 00 00

$$w_T = + 4''$$

в) Вычисление допустимой величины свободного члена

$\cos \alpha_i$	$h_i \left( \frac{\kappa\mu}{100} \right)$	$\cos \beta_{i-1}$	$h_{i-1} \left( \frac{\kappa\mu}{100} \right)$	$A = \frac{1 + \cos^2 \alpha_i}{h^2_i} + \frac{2 \cos \alpha_i \cos \beta_{i-1}}{h_i h_{i-1}} + \frac{\cos^2 \beta_{i-1}}{h^2_{i-1}}$					
$\cos \alpha_1$	-0.0995	$h_1$	0.1262	$\cos \beta_3$	0.7561	$h_3$	0.0830	$A_1$	132.0
$\cos \alpha_2$	0.7885	$h_2$	0.1218	$\cos \beta_1$	0.7706	$h_1$	0.1262	$A_2$	225.7
$\cos \alpha_3$	0.7318	$h_3$	0.0830	$\cos \beta_2$	-0.0102	$h_2$	0.1218	$A_3$	221.4

$$D_{cp} = 15,4 \kappa\mu \quad m_D = \pm (5 + 20 \cdot 10^{-6} D) \text{ см} = 0,36 \text{ м} \quad \Sigma A = 579$$

$$(w_T)_{доп} = \frac{2,5 m_D \rho'' \sqrt{\Sigma A}}{10^5} = 45''$$

г) Уравнивание геодезического четырехугольника

$10^4 \cos \beta_i$	$h_i$	$10^4 \cos \alpha_j$	$h_j$	$a_n$					
$10^4 \cos \beta_3$	7561	$h_3$	8300	$10^4 \cos \alpha_1$	-995	$h_1$	12620	$a_1$	0.99
						$h_1$	12620	$a_2$	0.79
						$h_2$	12180	$a_3$	0.82
						$h_3$	8300	$a_4$	-1.20
$10^4 \cos \beta_1$	7706	$h_1$	12620	$10^4 \cos \alpha_2$	7885	$h_2$	12180	$a_5$	-1.26
								[aa]	5.30

$$k = - \frac{w_j \cdot 10^4}{\rho [aa]} = - 0.037.$$

д) Вычисление углов треугольников по уравненным сторонам

Вершина треуголь- ника		$D'_{ij}, \text{ м}$	$\cos \varphi'_i$		$\varphi'_i$	
2	1—4	15487.67	$\cos \gamma'_2$	0.623073	$\gamma'_2$	51°27'33"
1	2—4	19800.05	$\cos \beta'_2$	-0.010246	$\beta'_2$	90 35 13
4	1—2	12178.20	$\cos \alpha'_2$	0.788506	$\alpha'_2$	37 57 14
						180 00 00
2	1—3	18500.14	$\cos \gamma'_3$	-0.107315	$\gamma'_3$	96 09 38
1	2—3	12680.76	$\cos \alpha'_3$	0.731834	$\alpha'_3$	42 57 35
3	1—2	12178.20	$\cos \beta'_3$	0.756084	$\beta'_3$	40 52 47
						180 00 00
2	3—4	13997.07	$\cos \gamma'_1$	-0.710782	$\gamma'_1$	44 42 05
4	2—3	12680.76	$\cos \beta'_1$	0.770647	$\beta'_1$	39 35 17
3	2—4	19800.05	$\cos \alpha'_1$	0.099503	$\alpha'_1$	95 42 38
						180 00 00

$$w'_\gamma = \gamma'_1 + \gamma'_2 - \gamma'_3.$$

$$w'_\gamma = 44^\circ 42' 05'' + 51^\circ 27' 33'' - 96^\circ 09' 38'' = 0.$$

е) Вычисление координат определяемых пунктов

Пункт	$\beta$	$\alpha$	$D', \text{ м}$	$\left. \begin{matrix} \Delta x \\ \Delta y \end{matrix} \right\}, \text{ м}$	$\left. \begin{matrix} x \\ y \end{matrix} \right\}, \text{ м}$
Ход 1 1	42°57'36"	350°29'46"	18 500.14	15434.8	5 308 401.1
		33 27 22			9 134 700.9
3	40 52 48	254 20 10	12 680.76	10199.1	5 323 835.9
		170 29 46		9 144 900.0	
2	96 09 36	170 29 46	19 800.05	-3423.7	5 320 412.2
		350 29 46		9 132 690.2	
Ход 2 1	90 35 13	350 29 46	15 487.67	2400.6	5 308 401.1
		81 04 59		15300.5	9 134 700.9
4	37 57 14	299 02 13	19 800.05	9610.4	5 310 801.7
		170 29 46		9 150 001.4	
2	51 27 33	170 29 46	19 800.05	-17311.3	5 320 412.1
		350 29 46		9 132 690.1	

$$(D'_{34})_{\text{выч}} = 13\,996.95 \text{ м} \quad D'_{34} = 13\,997.07 \text{ м}$$

$$\frac{(D'_{34})_{\text{выч}} - D'_{34}}{D_{34}} = \frac{0.12}{14000} \approx \frac{1}{120\,000} \cdot \frac{[(D'_{34})_{\text{выч}} - D'_{34}]_{\text{доп}}}{D_{34}} = \frac{0.14}{14000} = \frac{1}{100\,000}$$

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТ

## Определение высот методами геометрического, тригонометрического и барометрического нивелирования

288. Высоты с точностью 0,5 и 1 м определяются геометрическим нивелированием или тригонометрическим нивелированием по сторонам триангуляции, полигонометрии и высотнo-теодолитных ходов. Для определения высот с точностью 0,5 м исходной основой служат пункты государственной нивелирной сети и ГГС, высоты которых получены геометрическим нивелированием, а с точностью 1 м — пункты нивелирной сети и ГГС всех классов.

Высоты с точностью 0,5 и 1 м целесообразно определять: в открытой равнинной местности — из геометрического нивелирования (проложением нивелирных ходов), в закрытой равнинной, а также в горной и всхолмленной — из тригонометрического нивелирования.

Высоты с точностью 2 м могут определяться тригонометрическим нивелированием от пунктов ГГС всех классов, с точностью 5 и 10 м — тригонометрическим или барометрическим нивелированием от пунктов ГГС, СГС-15 и СГС-30, а в последнем случае (с точностью 10 м) и от пунктов СГС-60 (табл. 144). Для определения высот с точностью 5 и 10 м разрешается использовать топографические карты масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000 соответственно.

Таблица 144

Исходная основа для определения высот

Требуемая точность определения высот в Балтийской системе, м	Исходная основа
0,5	Пункты государственной нивелирной сети и ГГС, высоты которых получены нивелированием I—IV классов
1	Пункты государственной нивелирной сети и ГГС
2	Пункты ГГС
5	Пункты ГГС, СГС-15 и СГС-30
10	Пункты ГГС, СГС-15, СГС-30 и СГС-60

Для определения высот геометрическим нивелированием со средними квадратическими погрешностями 0,5 и 1 м применяют нивелиры типов Н-3 и Н-10. С этой целью прокладывают ходы или системы ходов, опирающиеся не менее чем на два исходных пункта. Предельные длины и допустимые невязки нивелирных ходов приведены в табл. 145. Длины ходов между узловыми точками и исходными пунктами не должны превышать 50 км.

Таблица 145

Предельные длины и допустимые невязки нивелирных ходов

Средняя квадратическая погрешность определения высоты, м	Предельная длина хода $L$ , км	Допустимая невязка хода, мм
0,5	50	$100 + 40 \sqrt{L}$
1	100	$100 + 40 \sqrt{L}$

При определении высот с точностью 0,5 и 1 м проложением высотно-теодолитных ходов высоту определяемого пункта следует получать не менее чем из трех ходов не менее чем от двух исходных пунктов государственной нивелирной сети или ГГС. Для получения высот с точностью 2 м прокладывают два хода от двух исходных пунктов. Предельные длины высотно-теодолитных ходов между исходным и определяемым пунктами приведены в табл. 146.

Таблица 146

Предельные длины высотно-теодолитных ходов

Средняя квадратическая погрешность определения высоты, м	Тип теодолита	Предельная длина хода (км) при среднем значении угла наклона местности (в градусах)					
		3	6	8	10	12	15
0,5	T1, T2	15	12	7	5	3	2
1	"	20	16	10	6	4	2
2	T2, T5	25	20	12	8	5	3

При определении высот методом тригонометрического нивелирования с точностью 0,5 и 1 м прокладывается не менее трех ходов по сторонам полигонометрии или трех ходовых линий по сторонам триангуляции и трилатерации от двух и более исходных пунктов, а с точностью 2, 5 и 10 м — два хода от двух исходных пунктов. Зенитные расстояния измеряют в прямом и обратном направлениях.

Высоты с точностью 2, 5 и 10 м могут определяться из односторонних измерений зенитных расстояний, при этом длины сторон не должны превышать 10 км, если используются два исходных пункта, и 15 км, если используются три исходных пункта.

Допуски при определении высот тригонометрическим нивелированием приведены в табл. 147.

Таблица 147

Допуски при определении высот тригонометрическим нивелированием

Средняя квадратическая погрешность определения высоты, м	Число приемов измерения зенитных расстояний теодолитом		Предельное число сторон от исходного до определяемого пункта при максимальной длине стороны (в км)		
	T1, T2	T5	2	7	15
0,5	3	—	10	5	2
1	2	—	20	7	3
2	2	2	30	10	3
5	2	2	40	15	5
10	2	2	50	20	5

При барометрическом нивелировании высоты с точностью 5 и 10 м могут определяться способом ходов и способом нескольких опорных пунктов. В районах с абсолютными высотами до 3000 м могут применяться микробарометры МБ-63, а до 1200 м — МБЦ-1. Наблюдения на исходных и определяемых пунктах в том и другом способах выполняются двумя микробарометрами. Допустимые удаления определяемых пунктов от исходных в обоих случаях составляют для равнинной и всхолмленной 50, для предгорной и горной местности 30 км.

### Определение высот геометрическим нивелированием

**289. Полевые работы.** Проложение нивелирных ходов ведут в одном направлении с закреплением точек хода через 5—7 км временными знаками. Основной способ — нивелирование из середины, при котором нивелир устанавливают на равных расстояниях от рек (рис. 105) и превышение  $h$  получают как разность между задним ( $a$ ) и передним ( $b$ ) отсчетами:

$$h = a - b.$$

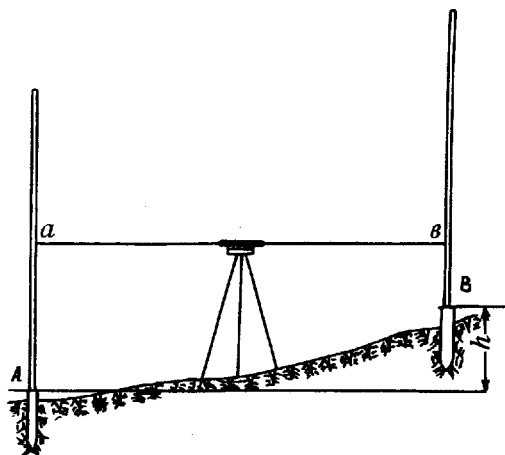


Рис. 105. Схема нивелирования из середины

В отдельных случаях (через реку, болото, овраг, по крутым скалам) можно применять нивелирование вперед (рис. 106), при котором прибор устанавливают над точкой *A* местности, а рейку ставят в точке *B*. Производят отсчет *b* по рейке и измеряют металлической рулеткой высоту *i* прибора над точкой *A*. Превышение вычисляют по формуле

$$h = i - b.$$

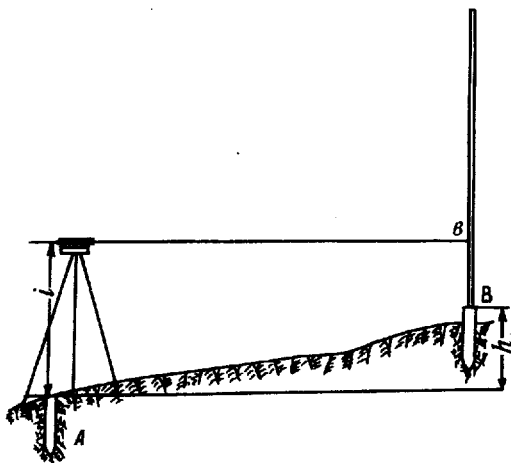


Рис. 106. Схема нивелирования вперед



При нивелировании из середины расстояние от нивелира до рейки, как правило, не должно превышать 120 м; при спокойных изображениях допускается его увеличение до 200 м. Высота визирного луча над поверхностью земли не должна быть менее 0,2 м. Расстояние от нивелира до реек измеряют по дальномеру. Неравенство этих расстояний на станции не должно превышать 10, а накопление таких неравенств по секции — 50 м.

Рейки устанавливают отвесно на башмаки, прочно забитые в землю костыли или деревянные кольца. Для ускорения работ рекомендуется иметь не менее трех башмаков или костылей и устанавливать их по направлению хода заблаговременно. Нивелирование может выполняться как по двусторонним, так и односторонним рейкам.

Нивелир на станции устанавливают так, чтобы два подъемных винта его подставки располагались вдоль линии нивелирования, а затем горизонтируют прибор по круглому уровню. Отсчеты по черной стороне рейки производят по средней нити и по верхнему дальномерному штриху, а по красной стороне — только по одной средней нити. Дополнительный отсчет по верхней нити для черной стороны рейки служит для вычисления расстояний. Для приведения линии визирования в горизонтальное положение перед каждым отсчетом по рейке пузырек цилиндрического уровня нивелира приводят подъемным или элевационным винтом на середину. В нивелирах типа НС и Ni-B3 горизонтирование визирной линии осуществляется автоматически.

290. Результаты нивелирования записывают в полевой журнал (табл. 148). Очередность записей и вычислений в журнале показана в таблице цифрами в скобках.

Работу на каждой станции при нивелировании по двусторонним рейкам выполняют в следующем порядке:

— наводят трубу нивелира на черную сторону задней рейки и производят отсчеты по верхней и средней нитям (1, 2);

— наводят трубу нивелира на черную сторону передней рейки и производят отсчеты по верхней и средней нитям (3, 4);

— наводят трубу нивелира на красную сторону передней рейки и производят отсчет по средней нити (5);

— наводят трубу нивелира на красную сторону задней рейки и производят отсчет по средней нити (6).

Если применяют односторонние рейки, то после первых отсчетов по задней и передней рейкам изменяют высоту нивелира на 5—10 см и снова производят отсчеты по средним нитям, начиная с передней рейки.

При переходе на следующую станцию переднюю рейку оставляют на месте, и она становится задней рейкой, а заднюю переносят вперед по ходу, и она становится передней. Такое чередование реек соблюдают на протяжении всего хода.

Записи и вычисления ведут в специальных журналах. Каждый ход между нивелирными знаками записывают с новой страницы, причем на начальной странице указывают название хода, напри-

мер: «Ход от стенного репера № 14 до грунтового репера № 86». Дату, время и состояние погоды записывают в начале и конце работы каждого дня, а также перед перерывом и после перерыва в работе.

291. По окончании нивелирования на станции, не снимая прибора, производят полевой контроль правильности отсчетов по рейке. Для этого вычисляют разность отсчетов по красной и черной сторонам каждой рейки:  $(9) = (6) - (2)$ ;  $(10) = (5) - (4)$ .

Превышение вычисляют, выполняя действия: по черным сторонам реек —  $(11) = (2) - (4) = -313$ , по красным —  $(12) = (6) - (5) = -412$ . Разность  $(11) - (12) = (10) - (9) = (14)$  должна быть равна разности высот нулей красных сторон реек. Допустимое расхождение не более 5 мм. При большом расхождении наблюдения на станции повторяют, изменив на 3—5 см высоту прибора. Знаки у разностей (14) чередуются по ходу, что является контролем правильности чередования реек в процессе нивелирования. При нивелировании по односторонним рейкам расхождения превышений, определенных при разных горизонтах нивелира, также не должны быть более 5 мм.

В графу 2 табл. 148 записывают значения (в *дм*) половины расстояний от нивелира до реек, определяемые как разности отсчетов по одной из крайних и средней нитей:

$$(7) = (2) - (1) \text{ или } (7) = (1) - (2);$$

$$(8) = (4) - (3) \text{ или } (8) = (3) - (4).$$

В ту же графу записывают разности (7) — (8) половин расстояний и их накопление. Разности не должны превышать 200, а их накопление 1000 единиц.

В графу 6 записывают среднее из превышений (13) по черным и красным сторонам реек (11) и (12).

На каждой странице журнала производят контроль записей и вычислений. Для этого подсчитывают и записывают внизу следующие величины:

— длину участка хода  $L$  км (19);

— суммы отсчетов по черным и красным сторонам задних и отдельно передних реек (15) и (16);

— сумму превышений, вычисленных по черным и красным сторонам реек (17);

— сумму средних превышений (18).

При четном числе станций на странице полученные с точностью до 1 мм суммы должны удовлетворять следующим равенствам:

$$(17) = (15) - (16);$$

$$(18) = \frac{1}{2} (17).$$

При нечетном числе станций на странице итог графы 5 нужно изменить на 100, тогда результат даст удвоенную величину итога графы 6. Для удобства на каждой странице следует записывать результаты наблюдений четного числа станций.

Ход от стен. реп. № 14 до грунт. реп. № 86


Дата: 3 июня 1976 г.

Начало: 6 ч 40 мин

Погода: ясно, слабый ветер

Номер станций	Дальномерные расстояния до задней и передней реек	Отсчет по рейке		Превышение	Среднее превышение, мм
		задняя	передняя		
1	2	3	4	5	6
Стенной репер № 14	472 (7)	124 (1)	441 (3)	- 313 (11)	- 312 (13)
	468 (8)	596 (2)	909 (4)		
1 (1)	+4/+4	5283 (6)	5695 (5)	- 412 (12)	
		4687 (9)	4786 (10)	+ 99 (14)	
1 (2)	472	120	437	- 314	
	469	592	906		
2	456	721	934	- 207	- 207
	462	265	472		
	-6/-2	5052	5159	- 107	
		4787	4687	- 100	
3	486	1014	1201	- 183	- 183
	490	528	711		
	-4/-6	5215	5498	- 283	
		4687	4787	+ 100	
4	482	653	927	- 298	- 299
	458	171	469		
	+24/+18	4958	5158	- 200	
		4787	4689	- 98	
5	418	429	650	- 238	- 238
	435	847	1085		
	-17/+1	5534	5872	- 338	
		4687	4787	+ 100	
6	498	426	357	+ 66	+ 67
	501	924	858		
	-3/-2	5711	5543	+ 168	
		4787	4685	- 102	
Постраничный контроль	5626 $L_1 =$ $= 1,12 \text{ км} (19)$	35084 (15) 37429 (16) - 2345 (20)	37429 (16)	-2345 (17)	-1172 (18)

Изображение: спокойное

Номер станций	Дальномерные расстояния до задней и передней реек	Отсчет по рейке		Превышение	Среднее превышение, мм
		задняя	передняя		
1	2	3	4	5	6
.....	.....	.....	.....	.....	.....
32 (1) гр. репер №86	501 502 -1 -7	981 1482 6269 4787	1055 553 5239 4686	+ 929 +1030 - 101	+930
32 (2)	501 502	988 1489	1062 560	+ 929	
					
Подсчет по секции от стен. реп. № 14 до грунт. реп. № 86					
	$L=5,7 \text{ км}$	$\frac{214508 \Sigma (15)}{106462 \Sigma (16)}$ +108046	$106462 \Sigma (16)$	$\frac{+108046 \Sigma (17)}{+ 54023}$	$+54023 \Sigma (18)$
				Среднее превышение по ходу	+54023 мм
				Поправка за среднюю длину метра реек	+ 12 мм
				Исправленное превышение	+54035 мм

Такой же контроль (заключительный) производят в конце каждого хода. Подсчитывают длину хода  $L$  и суммы величин (15), (16) и (18). При четном числе станций должно соблюдаться равенство

$$\frac{1}{2} \{ \Sigma(15) - \Sigma(16) \} = \Sigma(18).$$

292. При перерывах в работе следует стремиться заканчивать нивелирование на постоянном или временном репере. Временными реперами могут служить: забитый в телеграфный столб или стену сооружения кованый гвоздь, либо место установки рейки на выступах каменных сооружений, скале, рельсе железнодорожного пути и т. п. Если это невозможно, то ход заканчивают на трех точках (две станции), надежно закрепленных костылями, башмаками

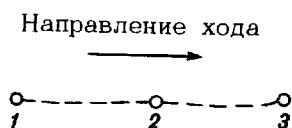


Рис. 107. Схема привязки хода к трем точкам при перерывах в работе

или кольями, забитыми в грунт на глубину не менее 0,3 м (рис. 107). После перерыва в работе превышение между двумя последними точками 2 и 3 измеряют заново. Если оно изменилось не более чем на 5 мм, берут среднее из обоих превышений и продолжают нивелирование. В противном случае определяют превышение между точками 1 и 2, устанавливая точку (из трех), положение которой не изменилось, и продолжают от нее нивелирование. Записи наблюдений на точку, высота которой за время перерыва в работе изменилась, зачеркивают.

При привязке нивелирного хода к реперам или центрам в журнале делают их зарисовку с указанием места установки рейки и расстояния от этого места до поверхности земли и, кроме того, зарисовку положения рейки на репере или марке и проекции на рейку горизонта нивелира. На чертеже подписывают величину и знак превышения горизонта нивелира над репером или центром.

При привязке к стенным реперам или маркам нивелир устанавливают в направлении, близком к перпендикуляру на плоскость диска репера или марки (расстояния от нивелира до передней и задней реек при привязке должны быть равными). Расстояния до реек должны быть не менее 5 м. Рейку устанавливают на высшую точку выступа. Отсчеты по рейке производят как обычно.

Некоторые особенности имеет привязка хода к стенной марке, значение абсолютной высоты которой относится к середине центрального отверстия в ней. Привязку к стенной марке выполняют одним из следующих способов.

При наличии подвесной рейки отсчет производят в обычном порядке, при этом, если горизонт нивелира находится выше центра марки, отсчетам придают знак плюс, если ниже, — минус.

Превышение вычисляют по общему правилу: «взгляд назад» минус «взгляд вперед» с учетом знака отсчета по подвесной рейке.

Пример. При привязке хода к стенной марке получены отсчеты по рейкам: 2512 мм — по задней рейке («взгляд назад») и —275 мм — по передней подвесной рейке («взгляд вперед»). Превышение последней точки хода над маркой  $h = +2512 - (-275) = +2787$  мм.

Если подвесной рейки нет, на стену проектируют среднюю горизонтальную нить нивелира, отмечают ее карандашом и измеряют рулеткой расстояние  $h$  от проекции нити до центра отверстия марки с точностью до 1 мм. Величине придают знак плюс, если проекция нити располагается выше центра марки, или минус, если ниже. Записывают в полевой журнал расстояние  $h$  как отсчет по черной стороне рейки, установленной на марке. Наблюдения на станции производят дважды, изменяя перед повторными высоту нивелира не менее чем на 3 см.

**293. Вычисление нивелирных ходов** начинают с проверки материалов исследований реек и полевых журналов «во вторую руку.» В полевых журналах проверяют вывод превышения на каждой станции по черной и красной сторонам реек и вновь производят страничный контроль вычисленных превышений. Все обнаруженные ошибки исправляют красными чернилами.

В превышение между конечными пунктами звена нивелирования вводят поправку  $\delta_h$  за среднюю длину метра реек, если абсолютная величина этой поправки больше 1 мм. Поправку  $\delta_h$  вычисляют по формуле

$$\delta_h = \Delta M \left| \sum_1^n h_i \right|,$$

где  $\Delta M$  — средний поправочный коэффициент одного метра пары реек (берется из исследований реек, в мм/1 м);

$\left| \sum_1^n h_i \right|$  — абсолютная величина превышения между конечными пунктами звена нивелирования, в м.

При отрицательном значении коэффициента  $\Delta M$  абсолютную величину превышения уменьшают на величину поправки  $\delta_h$ , при положительном — увеличивают.

Вычисление нивелирного хода выполняют в ведомости (табл. 149) в «две руки».

Невязку в нивелирном ходе  $w$  вычисляют по формуле

$$w = \sum_1^n h - (H_2 - H_1),$$

где  $\sum_1^n h$  — сумма измеренных по ходу средних превышений;

$H_1$  — высота начальной точки хода;

$H_2$  — высота конечной точки хода.

Вычисление нивелирного хода

№ звена	Конечные пункты звеньев		Длина звена, км	Расстояние от начального пункта, км	Число станций	Измеренное превышение и поправка к нему из урав- нения, м	Высота знака, м
	номер знака	местоположение знака и его описа- ние					
1	Ст. марка 32	Дер. Березовка, здание школы	3,9	0,0	23	-12,678 -10	251,768 ( $H_1$ )
2	Вр. реп. 1	Дер. Матвеевка, здание почты	5,7	3,9	32	+54,035 -15	239,080
3	Вр. реп. 2	800 м ю-з дер. Березово, 36 м к югу от обочины до- роги	4,3	9,6	27	- 4,786 -12	293,100
4	Пункт № 7	600 м ю-в дер. Липки	4,5	13,9	29	- 8,314 -12	288,302
5	Вр. реп. 4	Мост через р. Липку, устой на левом берегу	5,6	18,4	30	+ 1,216 -15	279,976
	Ст. реп. 17	Ст. Красная реч- ка, здание водо- качки		24,0			281,177 ( $H_2$ )
			24,0		141	+29,473	

Разность высот исходных пунктов  $H_2 - H_1 = + 29,409$  м

Невязка хода  $w = + 64$  мм

Сумма поправок = - 64 мм

Допустимая невязка  $w_{\text{доп}} = 100 + 40 \text{ мм} \sqrt{L} = 100 + 40 \sqrt{24,0} = 296$  мм

Поправка на 1 км хода =  $-\frac{w}{L} = -\frac{64}{24} = -2,67$  мм

Ведомость составил \_\_\_\_\_ Проверил \_\_\_\_\_  
(подпись, фамилия) (подпись, фамилия)

Невязку с обратным знаком распределяют между отдельными звеньями хода пропорционально их длинам.

Высоты исходных пунктов вписывают в ведомость красными чернилами или подчеркивают. Высоты определяемых пунктов вычисляют с точностью до 1 мм.

294. Если нивелирные ходы пересекаются, образуя одну узловую точку (рис. 108), то сначала вычисляют высоту узловой точки как среднее весовое из высот этой точки, полученных по примыкающим к ней ходам (табл. 150), а затем уравнивают отдельные участки сети как разомкнутые ходы.

Среднее весовое значение высоты  $H$  узловой точки находят по формулам:

$$H = H_0 + \frac{\sum (\delta_i P_i)}{\sum P};$$

$$\delta_i = H_i - H_0 \text{ и } P_i = \frac{c}{L_i},$$

где  $H_0$  — приближенное значение высоты узловой точки (берется наименьшее из значений  $H_i$ );

$H_i$  — высота узловой точки, вычисленная по нивелирному ходу  $i$ ;

$P_i$  — вес значения высоты узловой точки, полученной по ходу  $i$ ;

$c$  — произвольное число, выбранное с расчетом, чтобы значения  $P_i$  были близки к 1;

$L_i$  — длина хода, в км.

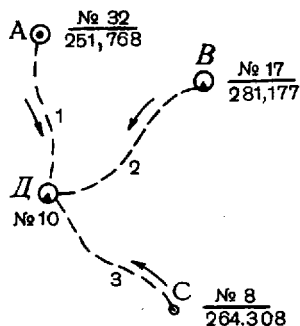


Рис. 108. Схема нивелирной сети с одной узловой точкой

Таблица 150

Вычисление высоты узловой точки системы из трех ходов  
Пункт № 10

Номер хода	Длина хода $L_i$ , км	Исходный пункт	Высота исходного пункта, м	Измеренное повышение (узловая точка минус исходный пункт), м	Высота узловой точки по ходу $H_i$ , м	$\delta$ , мм	Вес $P = \frac{20}{L_i}$	$\delta \cdot P$	Невязка хода, мм
1	21,8	Стенная марка № 32	251,768	+ 8,440	260,208	0	0,9	0	-53
2	20,2	Стенной репер № 17	281,177	-20,905	260,272	+64	1,0	+ 64,0	+11
3	12,6	Грунтовый репер № 8	264,308	- 4,024	260,284	+76	1,6	+121,6	+23
						$\Sigma$	3,5	+185,6	

$$H_0 = 260,208 \text{ м}$$

$$H_{10} = 260,208 + \frac{0,1856}{3,5} = 260,261 \text{ м}$$

Ведомость составил \_\_\_\_\_ Проверил \_\_\_\_\_  
(подпись, фамилия) (подпись, фамилия)



Когда число станций на 1 км в ходах значительно различается, веса вычисляют по формуле

$$P = \frac{c}{n_i},$$

где  $n_i$  — число станций в ходе  $i$ .

Пример вычисления высоты узловой точки системы из трех ходов (рис. 108) приведен в табл. 150.

После вычисления высоты узловой точки определяют невязки по каждому ходу и сравнивают их с допусками. Затем уравнивают каждый нивелирный ход.

Системы нивелирных ходов с двумя и более узловыми точками уравнивают по способу последовательных приближений (п. 298).

### Определение высот тригонометрическим нивелированием по сторонам триангуляции, полигонометрии и трилатерации

295. При определении высот тригонометрическим нивелированием по сторонам триангуляции, полигонометрии и трилатерации зенитные расстояния измеряют в прямом и обратном направлениях. Высоты со средними квадратическими погрешностями 2, 5 и 10 м могут определяться из односторонних измерений зенитных расстояний. Количество приемов измерения, предельное число и максимальные длины сторон указаны в табл. 147.

Превышение из одностороннего наблюдения зенитного расстояния с пункта  $A$  на пункт  $B$  вычисляют по формуле

$$h_{AB} = D_{AB} \operatorname{tg}(90^\circ - Z_{AB}) + i_A - v_B + f = h'_{AB} + i_A - v_B + f,$$

где  $D_{AB}$  — приведенное к горизонту расстояние между пунктами  $A$  и  $B$ ;

$Z_{AB}$  — зенитное расстояние с пункта  $A$  на пункт  $B$ ;

$i_A$  — высота теодолита над центром пункта  $A$ ;

$v_B$  — высота визирной цели над центром пункта  $B$ ;

$f$  — поправка за кривизну Земли и рефракцию.

Значение поправки за кривизну Земли и рефракцию может быть получено по формуле

$$f = \frac{1-k}{2R} D^2 = cD^2; \quad c = \frac{1-k}{2R} \approx 0,0653,$$

где  $k$  — коэффициент рефракции (обычно принимается 0,13);

$D$  — длина стороны, в км;

$R$  — средний радиус кривизны земного эллипсоида (в тыс. км) для точки в середине стороны; для расчетов в пределах широт  $45^\circ < B < 60^\circ$  принимается радиус кривизны 6,36.

Значение  $f$  может быть также взято по аргументам  $D$ ,  $k$  и  $B$  из таблиц (приложение 13).

Превышения вычисляют в ведомости (табл. 151).

Таблица 151

Вычисление превышений, определенных тригонометрическим нивелированием

Название наблюдаемого пункта	Высота знака, м	Угол наклона $\alpha = 90^\circ - Z$	Длина стороны $D$ , км	$h$ , м	$f$ , м	$i - v$ , м	$h$ , м
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Еремино, пир. $i = 1,48$ м							
Перевал, пир.	8,46	+0°20'24"	5,651	+33,53	+2,18	- 6,98	+28,73
Алексеево, сигн.	22,62	+0 14 53	9,724	+42,10	+6,45	-21,14	+27,41
2. Перевал, пир. $i = 1,52$ м							
Липки, сигн.	19,40	+0°10'43"	7,806	+24,33	+4,16	-17,88	+10,61
Высокое, сигн.	29,64	+0 07 50	6,871	+15,66	+3,21	-28,12	- 9,25
Алексеево, сигн.	22,62	+0 04 37	10,008	+13,44	+6,83	-21,10	- 0,83
Еремино, пир.	8,64	-0 14 20	5,651	-23,56	+2,18	- 7,12	-28,50

Ведомость составил \_\_\_\_\_ Проверил \_\_\_\_\_  
(подпись, фамилия) (подпись, фамилия)

При односторонних измерениях зенитных расстояний за окончательное значение высоты пункта берут среднее арифметическое из значений, полученных от разных исходных пунктов. Разность между значениями, вычисленными от разных исходных пунктов, не должна превышать двойной величины средней квадратической погрешности определения высоты при расстояниях до 10 км и тройной величины — при расстояниях до 15 км.

Среднее превышение  $h_{\text{ср}}$  определяется как полуразность прямого и обратного превышений:

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_{\text{пр}} - h_{\text{обр}}}{2}$$

Расхождения между абсолютными значениями прямого и обратного превышений, вычисленных при коэффициенте рефракции  $k=0,13$ , не должно превышать значений, указанных в табл. 152.

Допустимые невязки при определении высот по сторонам триангуляции, трилатерации и полигонометрии

Средняя квадратическая погрешность определения высоты, м	Допустимое расхождение (в м) между прямым и обратным превышениями при длине стороны		Допустимая невязка (в м) в полигонометрических ходах длиной $L$ км
	$D < 2$ км	$D > 2$ км	
0,5	$0,3 D$	0,5	$0,10 \sqrt{L}$
1	$0,3 D$	1,0	$0,15 \sqrt{L}$
2	$0,4 D$	1,5	$0,20 \sqrt{L}$
5	$0,6 D$	2,0	$0,30 \sqrt{L}$
10	$D$	5,0	$0,50 \sqrt{L}$

Если коэффициент рефракции в районе работ значительно отличается от 0,13, расхождения между прямыми и обратными превышениями могут выходить за пределы допусков. В этом случае по результатам определения высот в районе работ вычисляется новое значение величины  $c$  по формуле

$$c' = c + \Delta c,$$

где  $\Delta c$  — поправка к принятому значению величины  $c$ .

Поправка  $\Delta c$  вычисляется по прямым и обратным превышениям между парами пунктов  $A$  и  $B$ :

$$\Delta c = - \frac{(h_{AB} + h_{BA}) \text{ м}}{2 D_{AB \text{ км}}^2}$$

Пример:  $h_{AB} = -7,10 \text{ м}; \quad D_{AB} = 4,99 \text{ км};$   
 $h_{BA} = +10,30 \text{ м}; \quad \Delta c = - \frac{3,2}{2 \cdot 5,0^2} = -0,064.$   
 $h_{AB} + h_{BA} = +3,2 \text{ м};$

За окончательное значение поправки  $\Delta c$  принимается среднее из 10—15 ее значений, вычисленных по наиболее длинным сторонам.

### Определение высот проложением высотного-теодолитных ходов

296. При определении высот пунктов проложением высотного-теодолитных ходов превышения между реечными точками определяют тригонометрическим односторонним нивелированием из сере-

дины (рис. 109). Расстояния от теодолита до речных точек должны быть не более 150 м; в отдельных случаях они могут быть увеличены до 300 м. Углы наклона и расстояния измеряют теодолитами Т2 и Т5 с коэффициентом нитяного дальномера 100. На каждой станции углы наклона измеряются дважды — на верх рейки и деление «1500 мм». Для удобства можно изготавливать специальную марку (рис. 110) и укреплять ее на черной стороне рейки так, чтобы горизонтальная линия *ab* совпала с делением «1500». Расстояния измеряют по черной и красной сторонам рейки.

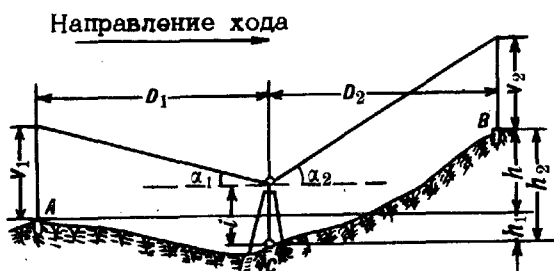


Рис. 109. Схема тригонометрического нивелирования из середины

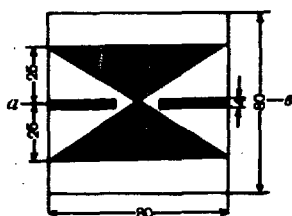


Рис. 110. Марка, укрепляемая на рейке, при проложении высотно-теодолитных ходов

Работу на каждой точке стояния теодолита выполняют в следующем порядке:

- устанавливают и горизонтируют теодолит;
- наводят при КЛ среднюю нить на марку задней рейки и производят отсчеты по крайним нитям и вертикальному кругу, а затем — на верх рейки и производят отсчеты по вертикальному кругу;
- наводят при КП среднюю нить сначала на верх рейки, а затем на марку и в каждом случае производят отсчеты по вертикальному кругу;
- поворачивают рейку красной стороной к наблюдателю и производят отсчеты по крайним нитям.

В той же последовательности производят наблюдения на переднюю рейку.

На каждой станции расхождение между двумя определениями расстояний по черной и красной сторонам рейки не должны превышать  $\frac{1}{100} D$ .

При привязке хода к стенному реперу вертикальные углы измеряют первый раз непосредственно на верхний край (полочку) репера, а второй — на марку рейки или точку на стене, на которой установлен репер; расстояние от верхнего края репера до точки на стене измеряют рулеткой с ошибкой не более 0,5 см.

Перед перерывом в работе надежно закрепляют последние три речные точки и производят измерения; при продолжении работы между двумя последними речными точками повторяют измерения. Если превышения различаются в пределах 5 см, прокладку высотного теодолитного хода продолжают с последней точки; если же более чем на 5 см, повторяют измерения между первыми двумя речными точками. По результатам измерений делают вывод о том, положение какой речной точки сохранилось неизменным.

Превышение  $h$  между речными точками  $A$  и  $B$  (рис. 108) определяют как разность превышений  $(h_2 - h_1)$  передней  $B$  и задней  $A$  точек над горизонтом теодолита по формулам:

$$\begin{aligned} h &= h_2 - h_1; \\ h_2 &= D_2 \operatorname{tg} \alpha_2 - v_2 + f_2; \\ h_1 &= D_1 \operatorname{tg} \alpha_1 - v_1 + f_1; \\ \hline h &= D_2 \operatorname{tg} \alpha_2 - D_1 \operatorname{tg} \alpha_1 - (v_2 - v_1) + (f_2 - f_1), \end{aligned}$$

где  $D$  — приведенные к горизонту расстояния от теодолита до речных точек;

$\alpha$  — углы наклона;

$v$  — высоты визирных целей;

$f$  — поправка за кривизну Земли и рефракцию.

Если расстояния от теодолита до речных точек не превышают 150 м и высоты визирных целей на передней и задней точках одинаковы ( $v_1 = v_2$ ), то превышение точки  $B$  над точкой  $A$  вычисляется по формуле

$$h = D_2 \operatorname{tg} \alpha_2 - D_1 \operatorname{tg} \alpha_1.$$

Измеренные по рейке расстояния  $D'$  приводят к горизонту по формуле

$$D = D' - D' \sin^2 \alpha = D' - \delta\alpha.$$

Поправки  $\delta\alpha$  берут из таблицы (приложение 14).

Пример записей и обработки наблюдений на станции приведен в табл. 153, допустимые невязки высотно-теодолитных ходов — в табл. 154.

### Уравнивание ходов и сетей тригонометрического нивелирования

**297. Система высотных ходов с одной узловой точкой.** Если высотнo-теодолитные хода или хода по сторонам геодезической сети пересекаются в одной узловой точке (рис. 111), то сначала вычисляют высоту узловой точки как среднее весовое из высот этой точки, полученных по примыкающим к ней ходам (табл. 155), а затем уравнивают отдельные участки как разомкнутые ходы, опирающиеся на две твердые точки.

**Запись и обработка наблюдений на станции при проложении  
высотного-теодолитного хода**  
Станция 3

№ реечных точек	Нить	Измерения линий по рейке		Средняя длина на линии, м	Приведение линии к горизонту			Заметки
		чёрная сторона	красная сторона		угол наклона	поправка за наклон, м	горизонтальные проложения, м	
2	Нижняя	2213	6903	142,9	2°24'	-0,26	142,6	ст. 3
	Верхняя	787 142,6	5471 143,2					
3	Нижняя	2202	6891	140,6	7 14	-2,23	138,4	
	Верхняя	798 140,4	5483 140,8					

## Измерение вертикальных углов и вычисление превышений

№ реечных точек	Место наведения	Отсчеты по вертикальному кругу		MZ	Z	D, м	h', м	Заметки
		КЛ	КП					
2	марка	87°36'50"	272°23'50"	0°00'20"	87°36'30"	142,6	+ 5,96	
	верх рейки	87 00 22	273 00 26	0 00 24	86 59 58	142,6	+ 7,48	
3	марка	82 46 49	277 14 11	0 00 30	82 46 19	138,4	+17,55	+11,59
	верх рейки	82 09 54	277 51 02	0 00 28	82 09 26	138,4	+19,06	+11,58
							$h'_{2,3} = +11,58$	

Таблица 154

## Допустимые невязки высотного-теодолитных ходов

Средняя квадратическая погрешность определения высоты, м	Допустимая невязка, м
0,5	0,10 $\sqrt{L}$
1	0,15 $\sqrt{L}$
2	0,20 $\sqrt{L}$

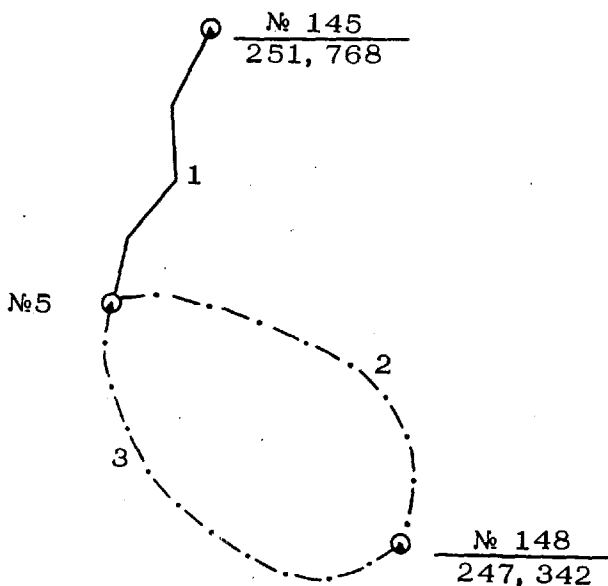


Рис. 111. Схема уравнивания высот пунктов ходов с одной узловой точкой

Таблица 155

Вычисление высоты узловой точки  
Грунтовый репер № 5

Номер хода $i$	Длина хода $D$ , км	Номер исходного репера или марки	Высота исходного пункта $H_{\text{исх.}}$ , м	Сумма измеренных превышений по ходу $\Sigma h$ , м	Высота узловой точки, вычисленная по ходу $H_i$ , м	$\Delta H$ , м	Вес $P$	$\Delta NP$	Нвязка хода, м
1	20,2	145, стен. реп.	251,7	- 0,2	251,5	+1,5	0,23	+0,34	-0,1
2	23,4	148, стен. реп.	240,4	+10,8	251,2	+1,2	0,36	+0,43	-0,4
3	17,5	148, стен. реп.	240,4	+11,5	251,9	+1,9	0,66	+1,25	+0,3
						$\Sigma$	1,25	+2,02	

$$H_0 = 250,0 \quad H_5 = 250,0 + \frac{2,02}{1,25} = 251,6 \text{ м}$$

Ведомость составил \_\_\_\_\_  
(подпись, фамилия)

Проверил \_\_\_\_\_  
(подпись, фамилия)





на которую вписывают взятые из ведомости вычисления превышений длины ходов (сторон) до 0,1 км, прямые и обратные превышения, а также (синим цветом) веса вычисленных превышений (на рис. 112 подчеркнуты волнистой линией); записывают над серединой каждой линии и подчеркивают среднее из прямого и обратного превышений, округленное до 0,1 м, и показывают стрелкой направление положительного превышения;

— вычисляют невязки по фигурам и ходам между исходными пунктами, используя значения средних превышений; допустимые невязки даны в табл. 154;

— вносят в табл. 156 для каждой узловой точки следующие данные со схемы уравнивания высот: в графу 1—названия всех пунктов, с которых определены превышения на данную узловую точку; в графу 2—соответствующие средние превышения, в графу 3—веса превышений, вычисленные по тем же формулам, что для системы ходов с одной узловой точкой.

В графе 4 вычисляют приведенные веса  $P' = \frac{P}{[P]}$ , при этом на каждой узловой точке должно соблюдаться условие  $[P'] = 1$ ;

Таблица 156

Уравнивание высот пунктов системы высотных ходов по способу последовательных приближений

Названия пунктов	$h_{ср}, м$	Веса		Приближения $v, м$			$w, м$	$P' w$
		$P$	$P'$	I	II	III		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Высокое, сигн. $H_{ур} = 292,3 м$								
Липки, сигн.	-20,8	1,04	0,10	291,9	1,9	1,9	-0,4	-0,04
№ 86, грунт. рп.	- 0,6	4,34	0,40	292,5	2,5	2,5	+0,2	+0,08
Рыбное, сигн.	+ 5,7	2,04	0,19	—	2,3	2,3	0	0
Перевал, пир.	- 9,4	2,12	0,19	—	2,4	2,4	+0,1	+0,02
Алексеево, пир.	- 8,8	1,33	0,12	—	2,0	1,9	-0,4	-0,05
		10,87	1,00	292,2	2,3	2,3		+0,01
$H_0 = 290,0$								
2. Алексеево, сигн. $H_{ур} = 300,7 м$								
№ 32, ст. марка	+48,7	3,56	0,45	300,5	0,5	0,5	-0,2	-0,09
Еремино, пир.	+27,5	1,06	0,13	—	0,7	0,7	0	0
Перевал, пир.	- 1,2	1,00	0,12	—	0,6	0,6	-0,1	-0,01
Высокое, сигн.	+ 8,8	1,33	0,17	301,0	1,1	1,1	+0,4	+0,07
Рыбное, сигн.	+14,2	1,00	0,13	—	0,8	0,8	+0,1	+0,01
		7,95	1,00	300,8	0,7	0,7		-0,01
$H_0 = 300,0$								

Названия пунктов	$h_{ср}, м$	Веса		Приближения $v, м$			$w, м$	$P' w$
		$P$	$P'$	I	II	III		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3. Перевал, пир. $H_{ур} = 301,8 м$								
Липки, сигн.	-10,9	1,64	0,21	301,8	1,8	1,8	0	0
Высокое, сигн.	+ 9,4	2,12	0,27	301,6	1,7	1,7	-0,1	-0,03
Алексеево, сигн.	+ 1,2	1,00	0,13	302,0	1,9	1,9	+0,1	+0,01
Еремино, сигн.	+28,6	3,14	0,39	—	1,8	1,8	0	0
		7,90	1,00	301,8	1,8	1,8		-0,02
$H_0 = 300,0$								
4. Рыбное, сигн. $H_{ур} = 286,6 м$								
Алексеево, сигн.	-14,2	1,00	0,33	286,6	6,5	6,5	-0,1	-0,03
Высокое, сигн.	- 5,7	2,04	0,67	286,5	6,6	6,6	0	0
				286,6	6,6	6,6		-0,03
$H_0 = 280,0$								
5. Еремино, пир. $H_{ур} = 273,2 м$								
Перевал, пир.	-28,6	3,14	0,75	273,2	3,2	3,2	0	0
Алексеево, сигн.	-27,5	1,06	0,25	273,3	3,2	3,2	0	0
				273,2	3,2	3,2		0
$H_0 = 270,0$								

Ведомость составил \_\_\_\_\_ (подпись, фамилия) Проверил \_\_\_\_\_ (подпись, фамилия)

— вычисляют значения высот узловых точек в первом приближении как среднее арифметическое из значений, полученных по ходам (сторонам) от исходных пунктов и от тех узловых точек, для которых уже были вычислены значения высот в первом приближении, и записывают в итоговой строке графы 5;

— принимают для каждой узловой точки наименьшее значение  $H_0$ , округленное до 10 м с таким расчетом, чтобы в последующих приближениях значения  $\Delta H = H_{выч} - H_0$  были всегда положительными. Поправку  $v_n$  к значениям высот  $H_0$  в каждом приближении, начиная со второго, вычисляют по формуле

$$v_n = \Sigma (P' \Delta H).$$

Приближения выполняют, пока поправки  $v_n$  на всех узловых точках не станут повторяться (графы 6 и 7).

Уравненные высоты узловых точек вычисляют по формуле

$$H_{ур} = H_0 + v_n,$$

где  $v_n$  — окончательное значение поправки  $v_n$ .

Уравненные высоты вписывают в ведомость уравнивания красными чернилами рядом с названиями пунктов;

— вычисляют в графе 8 невязки ходов  $w_i = H_i^n - H_{ур}$ , где  $H_i^n$  — высота узловой точки по ходу  $i$ , полученная в последнем ( $n$ ) приближении;

— вычисляют в графе 9 для каждой узловой точки контрольные суммы  $\Sigma P' w$ ; абсолютное значение этих сумм не должно превышать 0,1 м.

Если превышение между узловыми точками уравненной системы получено по полигонометрическому ходу, высоты пунктов которого необходимо определить, или между узловыми пунктами прокладывается ход для определения высот дополнительных пунктов, то высоты промежуточных пунктов определяются уравниванием этого хода между узловыми пунктами как исходными. Невязку хода  $w$  с обратным знаком распределяют между отдельными превышениями пропорционально длинам сторон полигонометрического хода.

Пример вычисления высот точек полигонометрического хода приведен в табл. 157.

Таблица 157

Вычисление высот точек полигонометрического хода

Исходные пункты, номера точек	Длины сторон, км	Измеренные превышения, м		Средние превышения, м	Поправки, м	Исправленные превышения, м	Высоты точек, м
		прямо	обратно				
№ 32, пир.							
1	1,0	+12,64	-12,78	+12,7	0	+12,7	251,8
2	1,6	+ 3,25	- 3,42	+ 3,3	0	+ 3,3	264,5
3	1,5	- 0,14	+ 0,05	- 0,1	+0,1	0	267,8
4	0,6	+ 1,73	- 1,60	+ 1,7	0	+ 1,7	267,8
5	0,7	+11,17	-11,30	+11,2	0	+11,2	269,5
6	1,4	+14,81	-15,00	+14,9	+0,1	+15,0	280,7
Алексеево, сигн.	0,7	+ 4,93	- 5,11	+ 5,0	0	+ 5,0	295,7
	7,5	+48,39	-49,16	+48,7	+0,2		300,7

Невязка  $w = +48,7 - (300,7 - 251,8) = -0,2$  м

Допустимая невязка  $w_{доп} = 0,15 \sqrt{7,5} = 0,4$  м

Поправка на 1 км хода  $\frac{+0,2}{7,5} = 0,03$  м

Вычислил \_\_\_\_\_  
(подпись, фамилия)

Проверил \_\_\_\_\_  
(подпись, фамилия)

## Определение высот по картам масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000

299. Высоты со средними квадратическими погрешностями 5 и 10 м могут быть определены инструментально с использованием карт масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000 соответственно.

Для высотной привязки пункта используют три опознанные контурные точки, выбранные так, чтобы их высоты могли быть сняты с карты с погрешностями менее половины высоты сечения рельефа, а именно менее 2,5 м — для карт масштаба 1 : 25 000 и 5 м — для карт масштаба 1 : 50 000. Не следует выбирать контурные точки на склонах круче  $6^\circ$ , на профилированных дорогах, в местах инженерных сооружений и т. п.

Расстояния между определяемым пунктом и контурными точками снимаются с карты или измеряются с относительной средней квадратической погрешностью не более 1 : 100, вертикальные углы — не грубее 1'. Три значения высоты определяемого пункта не должны различаться более чем на 5 м при использовании карт масштаба 1 : 25 000 и более чем на 10 м — при использовании карт масштаба 1 : 50 000. В этом случае из них берут среднее, в противном же — используют дополнительные контурные точки.

### Определение высот пунктов барометрическим нивелированием

300. Способ барометрического нивелирования зависит от характера работ. Это может быть способ ходов и способ нескольких опорных пунктов.

Способ ходов целесообразно применять при определении высот пунктов по заданному маршруту; способ нескольких опорных пунктов — при определении высот пунктов на заданной площади.

Барометрическое нивелирование способом ходов выполняют два наблюдателя, пользуясь комплектом приборов (два микробарометра и термометр-пращ). Один наблюдатель измеряет атмосферное давление и температуру воздуха на опорном пункте, а второй последовательно выполняет измерения на всех определяемых пунктах, заканчивая ход на одном из пунктов с известной высотой. Оба наблюдателя производят измерения атмосферного давления и температуры воздуха синхронно (с точностью до 2—3 мин) в заранее согласованные моменты времени, а при наличии радиосвязи — по команде, подаваемой с определяемого пункта.

Барометрическое нивелирование способом нескольких опорных пунктов выполняют не менее трех наблюдателей, пользуясь таким же комплектом приборов. Один наблюдатель выполняет измерения атмосферного давления и температуры воздуха на определяемом пункте, а остальные — на опорных пунктах синхронно (с точностью до 2—3 мин).

Оба способа барометрического нивелирования применимы практически при любой погоде и в любое время суток. Не рекомендуется лишь выполнять его при скорости ветра более 10 м/с, если точность определения высот 5 м.

301. До начала барометрического нивелирования наблюдатели сверяют свои часы и составляют программу измерений.

Микробарометры устанавливаются по возможности на одинаковой высоте над центром пункта измерений и не менее чем на 0,5 м над поверхностью земли, и через 10—15 мин приступают к измерениям.

На каждом определяемом пункте выполняют не менее трех серий измерений с перерывами 10—15 мин. Расхождение между отсчетами в серии, снятыми по каждому микробарометру, не должно превышать 0,05 деления для микробарометров МБ-63 и 0,04 мм рт. ст. для МБЦ-1. Если один из отсчетов лежит за пределами этих допусков, снимают дополнительный отсчет. Результаты измерений атмосферного давления записывают в графу  $P'$  ( $u$ ) журнала барометрического нивелирования (табл. 158).

Таблица 158

Журнал барометрического нивелирования

Пункт: Дубки (опорный)

Погода: ясно, тихо

Дата: 8.10.74 г.

$H = 758,8$  м

Превышение микробарометров над центром

$\Delta h_0 = +1,0$  м

Серия	I		II		III		Среднее		
	11 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>		11 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>		11 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>		11 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>		
$t_{\text{возд}}$	31,5		31,2		31,0		31,2		
Тип и № приборов	$t_{\text{пр}}$	$P'$ ( $u$ )	$t_{\text{пр}}$	$P'$ ( $u$ )	$t_{\text{пр}}$	$P'$ ( $u$ )	$t_{\text{пр}}$	$P'$ ( $u$ )	$P$
	МБ-63-II № 171		115,20		115,20		115,10		
		21		19		11			
		21		20		10			
31,2		115,21	31,5	115,20	30,8	115,10	31,3	115,17	918,27
МБ-63-II № 123		113,18		113,15		113,13			
		17		13		12			
		18		14		12			
	29,9	113,18	29,8	113,14	30,0	113,12	29,9	113,15	918,47

$P_{\text{ср}} = 918,27$  мм

Примечание. Обозначение  $P'$  относится к микробарометрам МБЦ-1,  $u$  — к МБ-63-II.

Сразу по окончании серии измерений по микробарометрам измеряют температуру окружающего воздуха термометром—пращом и записывают ее с точностью до десятых долей градуса в графу  $t_{\text{возд}}$ . По завершении измерений на пункте из всех отсчетов  $P'(u)$  вычисляют средние значения и по ним находят величины абсолютного атмосферного давления  $P$ . Расхождения между значениями  $P$ , полученными на пункте по каждому микробарометру, не должны превышать 0,20 мб (0,15 мм рт. ст.).

302. Обработка результатов измерений включает:

- вычисление превышений между опорными и определяемыми пунктами;
- вычисление и уравнивание высот пунктов.

Превышения между опорным пунктом  $O$  и определяемыми пунктами  $i$  вычисляют по формуле

$$h'_{O,i} = \Delta P_{O,i} \Delta H_{O,i} \quad (a)$$

где  $\Delta P_{O,i}$  — разность между атмосферными давлениями на опорном  $P_O$  и определяемом  $P_i$  пунктах в один и тот же момент времени

$$\Delta P_{O,i} = P_O - P_i; \quad (б)$$

$\Delta H_{O,i}$  — барическая ступень высот между опорным пунктом  $O$  и определяемым пунктом  $i$ :

$$\Delta H_{O,i} = 29,38 \frac{1/2(t_0 + t_i) + 273^\circ\text{C}}{1/2(P_O + P_i)} \text{ м/мб}, \quad (в)$$

где  $t_0$  и  $t_i$  — температура воздуха соответственно на опорном и определяемом пунктах.

Высота определяемого пункта  $i$  относительно высоты опорного пункта  $O$  вычисляется по формуле

$$H'_i = H_O + h'_{O,i}$$

Уравнивание высот пунктов, полученных способом ходов, сводится к распределению невязки  $w$  пропорционально времени, прошедшему от среднего момента измерений на начальном опорном пункте хода до среднего момента измерений на определяемом пункте  $i$ . Невязка хода вычисляется по формуле

$$w = H_6 - H_k, \quad (г)$$

где  $H_6$  и  $H_k$  — соответственно высота конечного опорного пункта хода, полученная барометрическим нивелированием, и его известная высота.

Значения поправок  $\Delta H_i$  в вычисленные значения высот пунктов получают по формуле

$$\Delta H_i = - \frac{w}{T_1 - T_k} (T_1 - T_i), \quad (д)$$

где  $T_1$ ,  $T_i$  и  $T_k$  — соответственно средние моменты серии измерений на начальном, определяемом и конечном пунктах.

Вычисления высот в способе ходов выполняют по форме (табл. 159) в следующем порядке:

— вписывают в таблицу исходные данные: наименования и высоты опорного и конечного пунктов, дату наблюдений;

— выписывают из журнала барометрического нивелирования наименования (номера) определяемых пунктов (1)\*, среднее время измерений  $T(2)$ , разности высот установки микробарометров над центрами пунктов  $\Delta h_0 - \Delta h_i(12)$ , атмосферное давление  $P_{0,i}(3)$  и температуру воздуха  $t^{\circ}_{0,i}(4)$  на опорном пункте  $O$ , атмосферное давление  $P_i(5)$  и температуру воздуха  $t_i(6)$  на определяемых пунктах:

— вычисляют средние значения  $P_{i_{cp}}$  и  $t_{i_{cp}}$  по формулам:

$$P_{i_{cp}} = \frac{1}{2}(P_{0,i} + P_i) \text{ и } t_{i_{cp}} = \frac{1}{2}(t^{\circ}_{0,i} + t^{\circ}_i),$$

округляя  $P_{i_{cp}}$  до целых единиц (мб), вписывают их соответственно в графы (7) и (8);

— вычисляют по формуле (б) разность между значениями атмосферного давления, измеренными на опорном и определяемых пунктах, и записывают в графу (9);

— вычисляют по формуле (в) или специальным таблицам\*\* барическую ступень  $\Delta H_{0,i}$  между опорным и каждым определяемым пунктами и записывают в графу (10);

— вычисляют превышения между опорным пунктом  $O$  и определяемыми пунктами  $i$  по формуле (а) и записывают в графу (11);

— вычисляют превышения между опорным и определяемыми пунктами по формуле

$$h_{0,i} = h'_{0,i} + (\Delta h_0 - \Delta h_i)$$

и записывают в графу (13);

— вычисляют высоты определяемых и конечного пунктов по формуле

$$H_{i_{выч}} = H_0 + h_{0,i}$$

и записывают в графу (14);

— вычисляют невязку хода  $w$  по формуле (г) и записывают ее внизу таблицы. Абсолютная величина невязки  $w$  не должна превышать 10 м при определении высот с точностью 5 м и 20 м — при определении высот с точностью 10 м;

\* В скобках указаны графы табл. 159.

\*\* Л. С. Хренов. Таблицы для барометрического нивелирования. М., «Недра», 1970.

## Вычисление высот пунктов

Дата: 8.10.74 г.

Номер пункта	Время $T$ ч, мин	$P_{0,i}$ мб	$t_i$ °C	$P_i$ мб	$t_i$ °C	$P_{i,ср}$ мб	$t_{i,ср}$ °C	$\Delta P_{0,i}$ мб	$\Delta H_{0,i}$ м/мб	$h'_{0,i}$ м	$\Delta h_{0,i} - \Delta h_i$ м	$h_{0,i}$ м	$H_{i,выч}$ м	$\Delta H_i$ м	$H_{i,ур}$ м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Дубки, опорный, О	11 30														758,8
1	11 30	918,27	31,2	921,65	31,9	920	31,6	- 3,38	9,72	- 32,85	+0,2	- 32,6	726,2	0,0	726,2
2	12 10	918,25	31,4	923,26	32,3	921	31,8	- 5,01	9,71	- 48,65	-0,1	- 48,8	710,0	+0,2	710,3
3	12 56	918,15	32,2	925,47	33,1	922	32,6	- 7,32	9,73	- 71,22	+0,3	- 70,9	687,9	+0,5	688,4
4	13 50	918,25	32,4	927,78	32,6	923	32,5	- 9,53	9,71	- 92,54	0,0	- 92,5	666,2	+0,8	667,0
5	16 00	918,20	32,3	928,21	32,6	923	32,4	-10,01	9,70	- 97,10	-0,4	- 97,5	661,3	+1,4	662,7
6	17 10	918,19	32,4	929,52	32,1	924	32,2	-11,33	9,69	-109,79	+0,1	-109,7	649,1	+1,8	650,9
7	17 58	918,19	33,0	928,22	32,6	923	32,8	-10,03	9,71	- 97,39	+0,2	- 97,2	661,6	+2,0	663,6
8	19 10	918,16	33,1	927,86	33,9	923	33,5	- 9,70	9,73	- 94,38	-0,3	- 94,7	664,1	+2,5	666,6
Ельцы, конечный, К	20 10	917,88	33,8	925,18	35,0	922	34,4	- 7,30	9,78	- 71,39	+0,1	- 71,3	687,5	+3,0	690,5

 $w = -3,0$  м



— находят значения поправок  $\Delta H_i$  в вычисленные высоты пунктов по формуле (д) и записывают в графу (15);

— вычисляют уравненные значения высот определяемых пунктов по формуле

$$H_{i_{ур}} = H_{i_{выч}} + \Delta H_i$$

и записывают в графу (16).

Вычисления высот при способе нескольких опорных пунктов выполняют в том же порядке; относительно каждого опорного пункта вычисляют высоту определяемого пункта. Вычисленные высоты не должны различаться более чем на 10 м при точности определения 5 м и более чем на 20 м — при точности 10 м.

За окончательное значение высоты определяемого пункта принимают среднее из всех вычисленных значений.

---

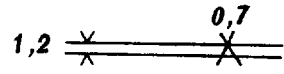
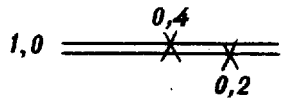


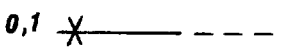
## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТИЧЕСКИХ ТЕОДОЛИТОВ


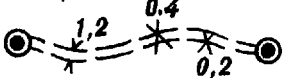
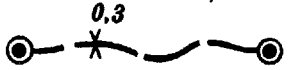



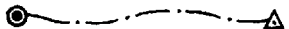
Х а р а к т е р и с т и к и	Т е о д о л и т ы				
	T1	OT-02M	T2	Theo-010	T5K
Диаметр свободного отверстия объектива зрительной трубы, мм	56	60	35	53	35
Увеличение зрительной трубы	30, 40 <sup>x</sup>	30, 40 <sup>x</sup>	25 <sup>x</sup>	31 <sup>x</sup>	27 <sup>x</sup>
Наименьшее расстояние визирования, м	5	5	1,5	2	2
Диаметры кругов, мм:					
горизонтального	136	135	90	84	95
вертикального	90	90	65	60	70
Цена деления кругов, мин:					
горизонтального	10	10	20	20	60
вертикального	10	20	20	20	60
Цена деления шкалы оптического микрометра, с:					
горизонтального круга	1	0,5	1	1	—
вертикального круга	1	1	1	1	—
Номинальная цена деления уровня на 2 мм, с:					
при алидаде горизонтального круга	10	6—7	15	20	30
при алидаде вертикального круга	15	10—12	20	20	—
накладного	6	—	10	10	—
Талькотта	—	—	10	10	—
Масса, кг:					
теодолита	11	10,8	5,5	5,3	3,5
фуляра с принадлежностями	6	5	4,2	5,0	3,0
штатива	8	8	5,3	5,6	5,3
Рабочий диапазон температур теодолита, °C	от—25 до+50	от—25 до+50	от—40 до+50		от—40 до+50

**УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ  
ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОВ И СХЕМ  
В МАСШТАБЕ 1 : 200 000**

**Стороны триангуляции**

	1 класса или исходная
	Основного ряда 2 класса
	2 класса
	3 класса
	4 класса
	Одностороннее направление

**Ходы нивелирования**

	I класса
	II класса
	III класса
	IV класса
	Полигонометрический или теодолитный ход
	Угловой ход
	Высотно-теодолитный ход

Примечание. Определяемые пункты и стороны сети вычерчивают красным цветом



Сигнал



Двойная пирамида



Пирамида



Пирамида-штатив или пирамида-веха



Тур



Пункт не сохранился на местности



Разрушенный или переносный знак, центр пункта сохранился



Пункт Лапласа



Астрономический пункт



Пункт, на котором определен астрономический азимут



Веха на дереве



Веха



Колокольня, церковь, костел и т. п.



Местный предмет (без снесенного центра)



Местный предмет (со снесенным центром)

$\triangle \dots \dots \ominus$  — Маршрут топопривязчика и точка, координаты которой определены с помощью топопривязчика

$\oplus$  Контурная точка, координаты которой определены по карте или фотоплану

$1,8 \frac{\downarrow}{\uparrow} \square$  Закладная точка

$3,0 \frac{\downarrow}{\uparrow} \oplus$  Ориентирный пункт

$1,0 \frac{\downarrow}{\uparrow} \bullet$  Точка поворота полигонометрического, теодолитного, углового хода

$3,0 \frac{\downarrow}{\uparrow} \odot$  Нивелирная марка

$3,0 \frac{\downarrow}{\uparrow} \odot$  Стенной репер

$2,0 \frac{\downarrow}{\uparrow} \circ$  Грунтовый репер

$3,0 \frac{\downarrow}{\uparrow} \odot$  Фундаментальный репер

$3,0 \frac{\downarrow}{\uparrow} \otimes$  Временный репер

$\triangle$  Пункт с измеренным на нем углом

$\triangle$  Пункт и непосредственно измеренные стороны

$0,5 \times \text{---} \}$   
 $0,3 \times \text{---} \}$  Стороны, измеренные по частям (вычисленные)

$8,0 \frac{\downarrow}{\uparrow} \odot$  Пункт, тип знака которого не известен



Направление с непосредственно измеренным азимутом



Пункт, на котором выполнялись азимутальные определения гиротеодолитом



Сторона с известным дирекционным углом



**ПОПРАВКИ  $\delta$  ЗА ПРИВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ  
НА ПЛОСКОСТЬ ПРОЕКЦИИ ГАУССА**

$x_1 - x_2, \text{ КМ}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>50</b>	0,1	0,2	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3
<b>60</b>	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5
<b>70</b>	0,2	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
<b>80</b>	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
<b>90</b>	0,2	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2,0	2,2
<b>100</b>	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5
<b>110</b>	0,3	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8
<b>120</b>	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0
<b>130</b>	0,3	0,7	1,0	1,3	1,6	2,0	2,3	2,6	3,0	3,3
<b>140</b>	0,4	0,7	1,1	1,4	1,8	2,1	2,5	2,8	3,2	3,5
<b>150</b>	0,4	0,8	1,1	1,5	1,9	2,3	2,7	3,0	3,4	3,8
<b>160</b>	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,1
<b>170</b>	0,4	0,9	1,3	1,7	2,2	2,6	3,0	3,4	3,9	4,3
<b>180</b>	0,5	0,9	1,4	1,8	2,3	2,7	3,2	3,6	4,1	4,6
<b>190</b>	0,5	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4	3,8	4,3	4,8
<b>200</b>	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,1	4,6	5,1
<b>210</b>	0,5	1,1	1,6	2,1	2,7	3,2	3,7	4,3	4,8	5,3
<b>220</b>	0,6	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3	3,9	4,5	5,0	5,6
<b>230</b>	0,6	1,2	1,7	2,3	2,9	3,5	4,1	4,7	5,2	5,8
<b>240</b>	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,3	4,9	5,5	6,1
<b>250</b>	0,6	1,3	1,9	2,5	3,2	3,8	4,4	5,1	5,7	6,3
<b>260</b>	0,7	1,3	2,0	2,6	3,3	4,0	4,6	5,3	5,9	6,6
<b>270</b>	0,7	1,4	2,1	2,7	3,4	4,1	4,8	5,5	6,2	6,8
<b>280</b>	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	5,0	5,7	6,4	7,1
<b>290</b>	0,7	1,5	2,2	2,9	3,7	4,4	5,1	5,9	6,6	7,3
<b>300</b>	0,8	1,5	2,3	3,0	3,8	4,6	5,3	6,1	6,8	7,6
<b>310</b>	0,8	1,6	2,4	3,1	3,9	4,7	5,5	6,3	7,1	7,8
<b>320</b>	0,8	1,6	2,4	3,2	4,0	4,9	5,7	6,5	7,3	8,1
<b>330</b>	0,8	1,7	2,5	3,3	4,2	5,0	5,8	6,7	7,5	8,3
<b>340</b>	0,9	1,7	2,6	3,4	4,3	5,2	6,0	6,9	7,7	8,6
<b>350</b>	0,9	1,8	2,7	3,5	4,4	5,3	6,2	7,1	8,0	8,9
<b>360</b>	0,9	1,8	2,7	3,6	4,6	5,5	6,4	7,3	8,2	9,1



## ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИБОРОВ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Характеристика	Радиодальномер РДГВ	Светодальномер СГ-3	Светодальномер 2СМ2	Дальномер КТД-1
Диапазон измеряемых расстояний, км	0,2—30	днем 0,5—20 ночью 0,5—30	0,002—2	0,1—10
Средняя квадратическая погрешность измерения расстояния	$(5+3 \cdot 10^{-6} D) \text{ см}$	$(4+1 \cdot 10^{-6} D) \text{ мм}$	2 см	1,8 м
Время подготовки к измерениям, мин	30—40	60	5	5
Время измерения расстояния одним приемом, мин	в режиме „Точно“—15, в режиме „Грубо“—5	10—15	2	5 с
Источник излучения	клистронный генератор	газовый лазер	полупроводниковый лазер	твердотельный лазер
Длина волны излучения, км	~10 см	632,8	910	1064
Модулирующие частоты, МГц	10,000 9,990 9,900 9,000	6,7—10	0,14985 1,4985 14,985	—
Мощность излучения	90 мВт	2 мВт	—	5—8 МВт
Источник питания	аккумуляторная батарея 6СТ-54	бензоэлектрический агрегат АБ-0,5—0/115/ч—400	аккумуляторная батарея ЗНК ГК-11Д	аккумуляторная батарея ЗНК БН-1,5
Напряжение источника питания, В	12	~115	12—15	28
Потребляемая мощность, Вт	85	400 ВА	20	40

Характеристика	Радиодальномер РДГВ	Светодальномер СГ-3	Светодальномер 2СМ2	Дальномер КТД-1
Условия эксплуатации:				
температура окружающей среды, °С	от -30 до +50	от -20 до +30	от -40 до +40	от -40 до +50
атмосферное давление, мм рт. ст.	не менее 460	500-780	460-760	460-800
относительная влажность, %	65±15	до 95	—	98 (при +35°С)
Масса прибора в упаковке для переноски, кг	53	120	58	25

Примечание. Дальномером КТД-1 можно измерять горизонтальные и вертикальные углы с точностью 0,3 и 0,5' соответственно.

ПОПРАВКИ  $\delta_H$  ЗА ПРИВЕДЕНИЕ ДЛИН ЛИНИЙ К УРОВНЮ МОРЯ

(При средней высоте  $H_m$  выше уровня моря знак поправки отрицательный; при средней высоте  $H_m$  ниже уровня моря — положительный)

Пример.  $H_m = 700$  м;  $D = 4,56$  км.

Поправка на 4,0 км . . . . .	0,44 м
0,5 км . . . . .	0,06 м
0,06 км . . . . .	0,01 м
$D = 4,56$ км	$\delta_H = -0,51$ м

$D, \text{ км}$ $H_m, \text{ м}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
20	0	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
30	0	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
40	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06
50	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07
60	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08
70	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
80	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,10	0,11
90	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13
100	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,13	0,14
10	0,02	0,03	0,05	0,07	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16
20	0,02	0,04	0,06	0,08	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17
30	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18
40	0,02	0,04	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,18	0,20
150	0,02	0,05	0,07	0,09	0,12	0,14	0,17	0,19	0,21
60	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18	0,20	0,23
70	0,03	0,05	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	0,21	0,24
80	0,03	0,06	0,08	0,11	0,14	0,17	0,20	0,23	0,25
90	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27
200	0,03	0,06	0,09	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28
10	0,03	0,07	0,10	0,13	0,16	0,20	0,23	0,26	0,30
20	0,03	0,07	0,10	0,14	0,17	0,21	0,24	0,28	0,31
30	0,04	0,07	0,11	0,14	0,18	0,22	0,25	0,29	0,32
40	0,04	0,08	0,11	0,15	0,19	0,23	0,26	0,30	0,34
250	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,27	0,31	0,35
60	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,29	0,33	0,37
70	0,04	0,08	0,13	0,17	0,21	0,25	0,30	0,34	0,38
80	0,04	0,09	0,13	0,18	0,22	0,26	0,31	0,35	0,40
90	0,05	0,09	0,14	0,18	0,23	0,27	0,32	0,36	0,41
300	0,05	0,09	0,14	0,19	0,24	0,28	0,33	0,38	0,42

$D, \text{ км}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$H_{\text{т}}, \text{ м}$									
300	0,05	0,09	0,14	0,19	0,24	0,28	0,33	0,38	0,42
10	0,05	0,10	0,15	0,19	0,24	0,29	0,34	0,39	0,44
20	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
30	0,05	0,10	0,16	0,21	0,26	0,31	0,36	0,41	0,47
40	0,05	0,11	0,16	0,21	0,27	0,32	0,37	0,43	0,48
350	0,06	0,11	0,16	0,22	0,28	0,33	0,38	0,44	0,50
60	0,06	0,11	0,17	0,23	0,28	0,34	0,40	0,45	0,51
70	0,06	0,12	0,17	0,23	0,29	0,35	0,41	0,46	0,52
80	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,36	0,42	0,48	0,54
90	0,06	0,12	0,18	0,24	0,31	0,37	0,43	0,49	0,55
400	0,06	0,13	0,19	0,25	0,31	0,38	0,44	0,50	0,57
10	0,06	0,13	0,19	0,26	0,32	0,39	0,45	0,52	0,58
20	0,07	0,13	0,20	0,26	0,33	0,40	0,46	0,53	0,59
30	0,07	0,14	0,20	0,27	0,34	0,40	0,47	0,54	0,61
40	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,41	0,48	0,55	0,62
450	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,56	0,64
60	0,07	0,14	0,22	0,29	0,36	0,43	0,51	0,58	0,65
70	0,07	0,15	0,22	0,30	0,37	0,44	0,52	0,59	0,66
80	0,08	0,15	0,23	0,30	0,38	0,45	0,53	0,60	0,68
90	0,08	0,15	0,23	0,31	0,38	0,46	0,54	0,62	0,69
500	0,08	0,16	0,24	0,31	0,39	0,47	0,55	0,63	0,71
10	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48	0,56	0,64	0,72
20	0,08	0,16	0,24	0,33	0,41	0,49	0,57	0,65	0,73
30	0,08	0,17	0,25	0,33	0,42	0,50	0,58	0,67	0,75
40	0,08	0,17	0,25	0,34	0,42	0,51	0,59	0,68	0,76
550	0,09	0,17	0,26	0,35	0,43	0,52	0,60	0,69	0,78
60	0,09	0,18	0,26	0,35	0,44	0,53	0,62	0,70	0,79
70	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,54	0,63	0,72	0,81
80	0,09	0,18	0,27	0,36	0,46	0,55	0,64	0,73	0,82
90	0,09	0,19	0,28	0,37	0,46	0,56	0,65	0,74	0,83
600	0,09	0,19	0,28	0,38	0,47	0,57	0,66	0,75	0,85
10	0,10	0,19	0,29	0,38	0,48	0,57	0,67	0,77	0,86
20	0,10	0,19	0,29	0,39	0,49	0,58	0,68	0,78	0,88
30	0,10	0,20	0,30	0,40	0,49	0,59	0,69	0,79	0,89
40	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
650	0,10	0,20	0,31	0,41	0,51	0,61	0,71	0,82	0,92
60	0,10	0,21	0,31	0,41	0,52	0,62	0,73	0,83	0,93
70	0,11	0,21	0,32	0,42	0,53	0,63	0,74	0,84	0,95
80	0,11	0,21	0,32	0,43	0,53	0,64	0,75	0,85	0,96
90	0,11	0,22	0,32	0,43	0,54	0,65	0,76	0,87	0,97
700	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66	0,77	0,88	0,99
10	0,11	0,22	0,33	0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00
20	0,11	0,23	0,34	0,45	0,56	0,68	0,79	0,90	1,02
30	0,11	0,23	0,34	0,46	0,57	0,69	0,80	0,92	1,03
40	0,12	0,23	0,35	0,46	0,58	0,70	0,81	0,93	1,05
750	0,12	0,24	0,35	0,47	0,59	0,71	0,82	0,94	1,06

$D, \text{к.м}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
750	0,12	0,24	0,35	0,47	0,59	0,71	0,82	0,94	1,06
60	0,12	0,24	0,36	0,48	0,60	0,72	0,84	0,95	1,07
70	0,12	0,24	0,36	0,48	0,60	0,73	0,85	0,97	1,09
80	0,12	0,24	0,37	0,49	0,61	0,74	0,86	0,98	1,10
90	0,12	0,25	0,37	0,50	0,62	0,74	0,87	0,99	1,12
800	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00	1,13
10	0,13	0,25	0,38	0,51	0,64	0,76	0,89	1,02	1,14
20	0,13	0,26	0,39	0,51	0,64	0,77	0,90	1,03	1,16
30	0,13	0,26	0,39	0,52	0,65	0,78	0,91	1,04	1,17
40	0,13	0,26	0,40	0,53	0,66	0,79	0,92	1,06	1,19
850	0,13	0,27	0,40	0,53	0,67	0,80	0,93	1,07	1,20
60	0,14	0,27	0,40	0,54	0,68	0,81	0,94	1,08	1,22
70	0,14	0,27	0,41	0,55	0,68	0,82	0,96	1,09	1,23
80	0,14	0,28	0,41	0,55	0,69	0,83	0,97	1,11	1,24
90	0,14	0,28	0,42	0,56	0,70	0,84	0,98	1,12	1,26
900	0,14	0,28	0,42	0,57	0,71	0,85	0,99	1,13	1,27
10	0,14	0,29	0,43	0,57	0,71	0,86	1,00	1,14	1,29
20	0,14	0,29	0,43	0,58	0,72	0,87	1,01	1,16	1,30
30	0,15	0,29	0,44	0,58	0,73	0,88	1,02	1,17	1,31
40	0,15	0,30	0,44	0,59	0,74	0,89	1,03	1,18	1,33
950	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,90	1,04	1,19	1,34
60	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,90	1,05	1,21	1,36
70	0,15	0,30	0,46	0,61	0,76	0,91	1,07	1,22	1,37
80	0,15	0,31	0,46	0,62	0,77	0,92	1,08	1,23	1,39
90	0,16	0,31	0,47	0,62	0,78	0,93	1,09	1,24	1,40
1000	0,16	0,31	0,47	0,63	0,78	0,94	1,10	1,26	1,41
10	0,16	0,32	0,48	0,63	0,79	0,95	1,11	1,27	1,43
20	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,96	1,12	1,28	1,44
30	0,16	0,32	0,49	0,65	0,81	0,97	1,13	1,29	1,46
40	0,16	0,33	0,49	0,65	0,82	0,98	1,14	1,31	1,47
1050	0,16	0,33	0,49	0,66	0,82	0,99	1,15	1,32	1,48
60	0,17	0,33	0,50	0,67	0,83	1,00	1,16	1,33	1,50
70	0,17	0,34	0,50	0,67	0,84	1,01	1,18	1,34	1,51
80	0,17	0,34	0,51	0,68	0,85	1,02	1,19	1,36	1,53
90	0,17	0,34	0,51	0,68	0,86	1,03	1,20	1,37	1,54
1100	0,17	0,35	0,52	0,69	0,86	1,04	1,21	1,38	1,55
10	0,17	0,35	0,52	0,70	0,87	1,05	1,22	1,39	1,57
20	0,18	0,35	0,53	0,70	0,88	1,05	1,23	1,41	1,58
30	0,18	0,35	0,53	0,71	0,89	1,06	1,24	1,42	1,60
40	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,07	1,25	1,43	1,61
1150	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,08	1,26	1,44	1,63
60	0,18	0,36	0,55	0,73	0,91	1,09	1,27	1,46	1,64
70	0,18	0,37	0,55	0,73	0,92	1,10	1,29	1,47	1,65
80	0,19	0,37	0,56	0,74	0,93	1,11	1,30	1,48	1,67
90	0,19	0,37	0,56	0,75	0,93	1,12	1,31	1,49	1,68
1200	0,19	0,38	0,57	0,75	0,94	1,13	1,32	1,51	1,70

$D, \text{ км}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1200	0,19	0,38	0,57	0,75	0,94	1,13	1,32	1,51	1,70
10	0,19	0,38	0,57	0,76	0,95	1,14	1,33	1,52	1,71
20	0,19	0,38	0,57	0,77	0,96	1,15	1,34	1,53	1,72
30	0,19	0,39	0,58	0,77	0,97	1,16	1,35	1,54	1,74
40	0,19	0,39	0,58	0,78	0,97	1,17	1,36	1,56	1,75
1250	0,20	0,39	0,59	0,78	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77
60	0,20	0,40	0,59	0,79	0,99	1,19	1,38	1,58	1,78
70	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,79
80	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,21	1,41	1,61	1,81
90	0,20	0,40	0,61	0,81	1,01	1,22	1,42	1,62	1,82
1300	0,20	0,41	0,61	0,82	1,02	1,22	1,43	1,63	1,84
10	0,21	0,41	0,62	0,82	1,03	1,23	1,44	1,65	1,85
20	0,21	0,41	0,62	0,83	1,04	1,24	1,45	1,66	1,86
30	0,21	0,42	0,63	0,84	1,04	1,25	1,46	1,67	1,88
40	0,21	0,42	0,63	0,84	1,05	1,26	1,47	1,68	1,89
1350	0,21	0,42	0,64	0,85	1,06	1,27	1,48	1,70	1,91
60	0,21	0,43	0,64	0,85	1,07	1,28	1,49	1,71	1,92
70	0,22	0,43	0,65	0,86	1,08	1,29	1,51	1,72	1,94
80	0,22	0,43	0,65	0,87	1,08	1,30	1,52	1,73	1,95
90	0,22	0,44	0,65	0,87	1,09	1,31	1,53	1,75	1,96
1400	0,22	0,44	0,66	0,88	1,10	1,32	1,54	1,76	1,98
10	0,22	0,44	0,66	0,89	1,11	1,33	1,55	1,77	1,99
20	0,22	0,45	0,67	0,89	1,11	1,34	1,56	1,78	2,01
30	0,22	0,45	0,67	0,90	1,12	1,35	1,57	1,80	2,02
40	0,23	0,45	0,68	0,90	1,13	1,36	1,58	1,81	2,03
1450	0,23	0,46	0,68	0,91	1,14	1,37	1,59	1,82	2,05
60	0,23	0,46	0,69	0,92	1,15	1,38	1,60	1,83	2,06
70	0,23	0,46	0,69	0,92	1,15	1,38	1,62	1,85	2,08
80	0,23	0,46	0,70	0,93	1,16	1,39	1,63	1,86	2,09
90	0,23	0,47	0,70	0,94	1,17	1,40	1,64	1,87	2,11
1500	0,24	0,47	0,71	0,94	1,18	1,41	1,65	1,88	2,12
10	0,24	0,47	0,71	0,95	1,19	1,42	1,66	1,90	2,13
20	0,24	0,48	0,72	0,95	1,19	1,43	1,67	1,91	2,15
30	0,24	0,48	0,72	0,96	1,20	1,44	1,68	1,92	2,16
40	0,24	0,48	0,73	0,97	1,21	1,45	1,69	1,93	2,18
1550	0,24	0,49	0,73	0,97	1,22	1,46	1,70	1,95	2,19
60	0,24	0,49	0,73	0,98	1,22	1,47	1,71	1,96	2,20
70	0,25	0,49	0,74	0,99	1,23	1,48	1,73	1,97	2,22
80	0,25	0,50	0,74	0,99	1,24	1,49	1,74	1,98	2,23
90	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25
1600	0,25	0,50	0,75	1,00	1,26	1,51	1,76	2,01	2,26
10	0,25	0,51	0,76	1,01	1,26	1,52	1,77	2,02	2,28
20	0,25	0,51	0,76	1,02	1,27	1,53	1,78	2,03	2,29
30	0,26	0,51	0,77	1,02	1,28	1,54	1,79	2,05	2,30
40	0,26	0,52	0,77	1,03	1,29	1,54	1,80	2,06	2,32
1650	0,26	0,52	0,78	1,04	1,30	1,55	1,81	2,07	2,33

$D, \text{к.м}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1650	0,26	0,52	0,78	1,04	1,30	1,55	1,81	2,07	2,33
60	0,26	0,52	0,78	1,04	1,30	1,56	1,82	2,08	2,35
70	0,26	0,52	0,79	1,05	1,31	1,57	1,84	2,10	2,36
80	0,26	0,53	0,79	1,06	1,32	1,58	1,85	2,11	2,37
90	0,27	0,53	0,80	1,06	1,33	1,59	1,86	2,12	2,39
1700	0,27	0,53	0,80	1,07	1,33	1,60	1,87	2,14	2,40
10	0,27	0,54	0,81	1,07	1,34	1,61	1,88	2,15	2,42
20	0,27	0,54	0,81	1,08	1,35	1,62	1,89	2,16	2,43
30	0,27	0,54	0,81	1,09	1,36	1,63	1,90	2,17	2,44
40	0,27	0,55	0,82	1,09	1,37	1,64	1,91	2,19	2,46
1750	0,27	0,55	0,82	1,10	1,37	1,65	1,92	2,20	2,47
60	0,28	0,55	0,83	1,11	1,38	1,66	1,93	2,21	2,49
70	0,28	0,56	0,83	1,11	1,39	1,67	1,95	2,22	2,50
80	0,28	0,56	0,84	1,12	1,40	1,68	1,96	2,24	2,52
90	0,28	0,56	0,84	1,12	1,40	1,69	1,97	2,25	2,53
1800	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54
10	0,28	0,57	0,85	1,14	1,42	1,71	1,99	2,27	2,56
20	0,29	0,57	0,86	1,14	1,43	1,71	2,00	2,29	2,57
30	0,29	0,57	0,86	1,15	1,44	1,72	2,01	2,30	2,59
40	0,29	0,58	0,87	1,16	1,44	1,73	2,02	2,31	2,60
1850	0,29	0,58	0,87	1,16	1,45	1,74	2,03	2,32	2,61
60	0,29	0,58	0,88	1,17	1,46	1,75	2,04	2,34	2,63
70	0,29	0,59	0,88	1,17	1,47	1,76	2,06	2,35	2,64
80	0,30	0,59	0,89	1,18	1,48	1,77	2,07	2,36	2,66
90	0,30	0,59	0,89	1,19	1,48	1,78	2,08	2,37	2,67
1900	0,30	0,60	0,89	1,19	1,49	1,79	2,09	2,39	2,68
10	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70
20	0,30	0,60	0,90	1,21	1,51	1,81	2,11	2,41	2,71
30	0,30	0,61	0,91	1,21	1,52	1,82	2,12	2,42	2,73
40	0,30	0,61	0,91	1,22	1,52	1,83	2,13	2,44	2,74
1950	0,31	0,61	0,92	1,22	1,53	1,84	2,14	2,45	2,76
60	0,31	0,62	0,92	1,23	1,54	1,85	2,15	2,46	2,77
70	0,31	0,62	0,93	1,24	1,55	1,86	2,17	2,47	2,78
80	0,31	0,62	0,93	1,24	1,55	1,87	2,18	2,49	2,80
90	0,31	0,62	0,94	1,25	1,56	1,87	2,19	2,50	2,81
2000	0,31	0,63	0,94	1,26	1,57	1,88	2,20	2,51	2,83
10	0,32	0,63	0,95	1,26	1,58	1,89	2,21	2,52	2,84
20	0,32	0,63	0,95	1,27	1,59	1,90	2,22	2,54	2,85
30	0,32	0,64	0,96	1,27	1,59	1,91	2,23	2,55	2,87
40	0,32	0,64	0,96	1,28	1,60	1,92	2,24	2,56	2,88
2050	0,32	0,64	0,97	1,29	1,61	1,93	2,25	2,57	2,90
60	0,32	0,65	0,97	1,29	1,62	1,94	2,26	2,59	2,91
70	0,32	0,65	0,98	1,30	1,62	1,95	2,28	2,60	2,92
80	0,33	0,65	0,98	1,31	1,63	1,96	2,29	2,61	2,94
90	0,33	0,66	0,98	1,31	1,64	1,97	2,30	2,62	2,95
2100	0,33	0,66	0,99	1,32	1,65	1,98	2,31	2,64	2,97

$D, \text{ км}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$H_{\text{т. м}}$									
2100	0,33	0,66	0,99	1,32	1,65	1,98	2,31	2,64	2,97
10	0,33	0,66	0,99	1,33	1,66	1,99	2,32	2,65	2,98
20	0,33	0,67	1,00	1,33	1,66	2,00	2,33	2,66	3,00
30	0,33	0,67	1,00	1,34	1,67	2,01	2,34	2,68	3,01
40	0,34	0,67	1,01	1,34	1,68	2,02	2,35	2,69	3,02
2150	0,34	0,68	1,01	1,35	1,69	2,03	2,36	2,70	3,04
60	0,34	0,68	1,02	1,36	1,70	2,03	2,37	2,71	3,05
70	0,34	0,68	1,02	1,36	1,70	2,04	2,38	2,73	3,07
80	0,34	0,68	1,03	1,37	1,71	2,05	2,40	2,74	3,08
90	0,34	0,69	1,03	1,38	1,72	2,06	2,41	2,75	3,09
2200	0,35	0,69	1,04	1,38	1,73	2,07	2,42	2,76	3,11
10	0,35	0,69	1,04	1,39	1,74	2,08	2,43	2,78	3,12
20	0,35	0,70	1,05	1,39	1,74	2,09	2,44	2,79	3,14
30	0,35	0,70	1,05	1,40	1,75	2,10	2,45	2,80	3,15
40	0,35	0,70	1,06	1,41	1,76	2,11	2,46	2,81	3,17
2250	0,35	0,71	1,06	1,41	1,77	2,12	2,47	2,83	3,18
60	0,35	0,71	1,06	1,42	1,77	2,13	2,48	2,84	3,19
70	0,36	0,71	1,07	1,43	1,78	2,14	2,49	2,85	3,21
80	0,36	0,72	1,07	1,43	1,79	2,15	2,51	2,86	3,22
90	0,36	0,72	1,08	1,44	1,80	2,16	2,52	2,88	3,24
2300	0,36	0,72	1,08	1,44	1,81	2,17	2,53	2,89	3,25
10	0,36	0,73	1,09	1,45	1,81	2,18	2,54	2,90	3,26
20	0,36	0,73	1,09	1,46	1,82	2,19	2,55	2,91	3,28
30	0,37	0,73	1,10	1,46	1,83	2,19	2,56	2,93	3,29
40	0,37	0,73	1,10	1,47	1,84	2,20	2,57	2,94	3,31
2350	0,37	0,74	1,11	1,48	1,84	2,21	2,58	2,95	3,32
60	0,37	0,74	1,11	1,48	1,85	2,22	2,59	2,96	3,33
70	0,37	0,74	1,12	1,49	1,86	2,23	2,60	2,98	3,35
80	0,37	0,75	1,12	1,49	1,87	2,24	2,62	2,99	3,36
90	0,38	0,75	1,13	1,50	1,88	2,25	2,63	3,00	3,38
2400	0,38	0,75	1,13	1,51	1,88	2,26	2,64	3,01	3,39
10	0,38	0,76	1,14	1,51	1,89	2,27	2,65	3,03	3,41
20	0,38	0,76	1,14	1,52	1,90	2,28	2,66	3,04	3,42
30	0,38	0,76	1,14	1,53	1,91	2,29	2,67	3,05	3,43
40	0,38	0,77	1,15	1,53	1,92	2,30	2,68	3,06	3,45
2450	0,38	0,77	1,15	1,54	1,92	2,31	2,69	3,08	3,46
60	0,39	0,77	1,16	1,54	1,93	2,32	2,70	3,09	3,48
70	0,39	0,78	1,16	1,55	1,94	2,33	2,71	3,10	3,49
80	0,39	0,78	1,17	1,56	1,95	2,34	2,73	3,12	3,50
90	0,39	0,78	1,17	1,56	1,95	2,35	2,74	3,13	3,52
2500	0,39	0,78	1,18	1,57	1,96	2,36	2,75	3,14	3,53
10	0,39	0,79	1,18	1,58	1,97	2,36	2,76	3,15	3,55
20	0,40	0,79	1,19	1,58	1,98	2,37	2,77	3,16	3,56
30	0,40	0,79	1,19	1,59	1,99	2,38	2,78	3,18	3,57
40	0,40	0,80	1,20	1,60	1,99	2,39	2,79	3,19	3,59
2550	0,40	0,80	1,20	1,60	2,00	2,40	2,80	3,20	3,60



$D, \text{ км}$									
$H_{т. м}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2550	0,40	0,80	1,20	1,60	2,00	2,40	2,80	3,20	3,60
60	0,40	0,80	1,21	1,61	2,01	2,41	2,81	3,22	3,62
70	0,40	0,81	1,21	1,61	2,02	2,42	2,82	3,23	3,63
80	0,41	0,81	1,22	1,62	2,03	2,43	2,84	3,24	3,65
90	0,41	0,81	1,22	1,63	2,03	2,44	2,85	3,25	3,66
2600	0,41	0,82	1,22	1,63	2,04	2,45	2,86	3,27	3,67
10	0,41	0,82	1,23	1,64	2,05	2,46	2,87	3,28	3,69
20	0,41	0,82	1,23	1,65	2,06	2,47	2,88	3,29	3,70
30	0,41	0,83	1,24	1,65	2,06	2,48	2,89	3,30	3,72
40	0,41	0,83	1,24	1,66	2,07	2,49	2,90	3,32	3,73
2650	0,42	0,83	1,25	1,66	2,08	2,50	2,91	3,33	3,74
60	0,42	0,84	1,25	1,67	2,09	2,51	2,92	3,34	3,76
70	0,42	0,84	1,26	1,68	2,10	2,52	2,93	3,35	3,77
80	0,42	0,84	1,26	1,68	2,10	2,52	2,95	3,37	3,79
90	0,42	0,84	1,27	1,69	2,11	2,53	2,96	3,38	3,80
2700	0,42	0,85	1,27	1,70	2,12	2,54	2,97	3,39	3,82
10	0,43	0,85	1,28	1,70	2,13	2,55	2,98	3,40	3,83
20	0,43	0,85	1,28	1,71	2,14	2,56	2,99	3,42	3,84
30	0,43	0,86	1,29	1,71	2,14	2,57	3,00	3,43	3,86
40	0,43	0,86	1,29	1,72	2,15	2,58	3,01	3,44	3,87
2750	0,43	0,86	1,30	1,73	2,16	2,59	3,02	3,45	3,89
60	0,43	0,87	1,30	1,73	2,17	2,60	3,03	3,47	3,90
70	0,43	0,87	1,30	1,74	2,17	2,61	3,04	3,48	3,91
80	0,44	0,87	1,31	1,75	2,18	2,62	3,06	3,49	3,93
90	0,44	0,88	1,31	1,75	2,19	2,63	3,07	3,50	3,94
2800	0,44	0,88	1,32	1,76	2,20	2,64	3,08	3,52	3,96
10	0,44	0,88	1,32	1,76	2,21	2,65	3,09	3,53	3,97
20	0,44	0,89	1,33	1,77	2,21	2,66	3,10	3,54	3,98
30	0,44	0,89	1,33	1,78	2,22	2,67	3,11	3,55	4,00
40	0,45	0,89	1,34	1,78	2,23	2,68	3,12	3,57	4,01
2850	0,45	0,89	1,34	1,79	2,24	2,68	3,13	3,58	4,03
60	0,45	0,90	1,35	1,80	2,24	2,69	3,14	3,59	4,04
70	0,45	0,90	1,35	1,80	2,25	2,70	3,15	3,60	4,06
80	0,45	0,90	1,36	1,81	2,26	2,71	3,17	3,62	4,07
90	0,45	0,91	1,36	1,81	2,27	2,72	3,18	3,63	4,08
2900	0,46	0,91	1,37	1,82	2,28	2,73	3,19	3,64	4,10
10	0,46	0,91	1,37	1,83	2,28	2,74	3,20	3,66	4,11
20	0,46	0,92	1,38	1,83	2,29	2,75	3,21	3,67	4,13
30	0,46	0,92	1,38	1,84	2,30	2,76	3,22	3,68	4,14
40	0,46	0,92	1,38	1,85	2,31	2,77	3,23	3,69	4,15
2950	0,46	0,93	1,39	1,85	2,32	2,78	3,24	3,71	4,17
60	0,46	0,93	1,39	1,86	2,32	2,79	3,25	3,72	4,18
70	0,47	0,93	1,40	1,87	2,33	2,80	3,26	3,73	4,20
80	0,47	0,94	1,40	1,87	2,34	2,81	3,28	3,74	4,21
90	0,47	0,94	1,41	1,88	2,35	2,82	3,29	3,76	4,22
3000	0,47	0,94	1,41	1,88	2,36	2,83	3,30	3,77	4,24

**ПОПРАВКИ  $\delta_L$  ЗА ПРИВЕДЕНИЕ ДЛИН ЛИНИЙ  
НА ПЛОСКОСТЬ ПРОЕКЦИИ ГАУССА**  
(Знак поправки положительный)

Пример.  $u_m = 102$  км;  $D = 2,78$  км.

Поправка на 2,0 км . . . . . 0,26 м

0,7 км . . . . . 0,09 м

0,08 км . . . . . 0,01 м

$D = 2,78$  км  $\delta_L = +0,36$  м

$D, \text{ км}$ $u_m, \text{ км}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
20	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
30	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
40	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18
50	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,22	0,25	0,28
60	0,04	0,09	0,13	0,18	0,22	0,27	0,31	0,36	0,40
70	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,36	0,42	0,48	0,54
80	0,08	0,16	0,24	0,32	0,39	0,47	0,55	0,63	0,71
90	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
100	0,12	0,25	0,37	0,49	0,62	0,74	0,86	0,99	1,11
110	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,89	1,04	1,19	1,34
120	0,18	0,35	0,53	0,71	0,89	1,06	1,24	1,42	1,60
130	0,21	0,42	0,62	0,83	1,04	1,25	1,46	1,67	1,87
140	0,24	0,48	0,72	0,97	1,21	1,45	1,69	1,93	2,17
150	0,28	0,55	0,83	1,11	1,39	1,66	1,94	2,22	2,49
160	0,32	0,63	0,95	1,26	1,58	1,89	2,21	2,52	2,84
170	0,36	0,71	1,07	1,42	1,78	2,14	2,49	2,85	3,20
180	0,40	0,80	1,20	1,60	2,00	2,40	2,79	3,19	3,59
190	0,44	0,89	1,33	1,78	2,22	2,67	3,11	3,56	4,00
200	0,49	0,99	1,48	1,97	2,46	2,96	3,45	3,94	4,44
210	0,54	1,09	1,63	2,17	2,72	3,26	3,80	4,35	4,89
220	0,60	1,19	1,79	2,39	2,98	3,58	4,17	4,77	5,37
230	0,65	1,30	1,96	2,61	3,26	3,91	4,56	5,21	5,87
240	0,71	1,42	2,13	2,84	3,55	4,26	4,97	5,68	6,39
250	0,77	1,54	2,31	3,08	3,85	4,62	5,39	6,16	6,93
260	0,83	1,67	2,50	3,33	4,16	5,00	5,83	6,66	7,50
270	0,90	1,80	2,69	3,59	4,49	5,39	6,29	7,19	8,08
280	0,97	1,93	2,90	3,86	4,83	5,80	6,76	7,73	8,69
290	1,04	2,07	3,11	4,14	5,18	6,22	7,25	8,29	9,32
300	1,11	2,22	3,33	4,44	5,54	6,65	7,76	8,87	9,98
310	1,18	2,37	3,55	4,74	5,92	7,10	8,29	9,47	10,66
320	1,26	2,52	3,78	5,05	6,31	7,57	8,83	10,09	11,35
330	1,34	2,68	4,02	5,37	6,71	8,05	9,39	10,73	12,07
340	1,42	2,85	4,27	5,70	7,12	8,55	9,97	11,39	12,82
350	1,51	3,02	4,53	6,04	7,55	9,06	10,56	12,07	13,58
360	1,60	3,19	4,79	6,39	7,98	9,58	11,18	12,77	14,37

**ПОПРАВКИ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ РАССТОЯНИЙ, ИЗМЕРЕННЫХ  
ДАЛЬНОМЕРОМ КТД-1**

**Коэффициенты  $K_{\sigma}$**

$t^{\circ}\text{C}$ \ / \ $P, \text{ мм рт. ст.}$	450	550	650	700	750	800
40°	0,15	0,19	0,22	0,24	0,25	0,27
20	0,16	0,20	0,24	0,25	0,27	0,29
0	0,17	0,21	0,25	0,27	0,29	0,31
-20	0,19	0,23	0,27	0,29	0,31	0,33
-40	0,20	0,25	0,29	0,32	0,34	0,36

**Поправки  $\delta_{h'}$ , м**

$h', \text{ м}$ \ / \ $D, \text{ км}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	0,2	0,1	0,1	—	—	—	—	—	—	—
40	0,8	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
60	1,8	0,9	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
80	3,2	1,6	1,1	0,8	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
100	5,0	2,5	1,7	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5
120	7,2	3,6	2,4	1,8	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7
140	9,8	4,9	3,3	2,5	2,0	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
160	—	6,4	4,3	3,2	2,6	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3
180	—	—	5,4	4,1	3,2	2,7	2,3	2,0	1,8	1,6
200	—	—	—	5,0	4,0	3,3	2,9	2,5	2,2	2,0

**Поправки  $\delta_{H'}$ , м**

$H_m, \text{ м}$ \ / \ $D, \text{ км}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
500	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8
1000	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6
1500	0,2	0,5	0,7	0,9	1,2	1,4	1,6	1,9	2,1	2,4
2000	0,3	0,6	0,9	1,2	1,6	1,9	2,2	2,5	2,7	3,1
2500	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,7	3,1	3,5	3,9
3000	0,5	0,9	1,4	1,9	2,3	2,8	3,3	3,8	4,2	4,7

Поправки  $\delta_L, \mu$

$D, \text{км}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
40	—	—	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
60	—	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
80	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
100	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2
120	0,2	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8
140	0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2	2,4
160	0,3	0,6	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1
180	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0
200	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,4	3,9	4,4	4,9
220	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0
240	0,7	1,4	2,1	2,8	3,6	4,3	5,0	5,7	6,4	7,1
260	0,8	1,7	2,5	3,3	4,2	5,0	5,8	6,7	7,5	8,4
280	1,0	1,9	2,9	3,9	4,8	5,8	6,8	7,7	8,7	9,7
300	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,8	8,9	10,0	11,2
320	1,3	2,5	3,8	5,0	6,3	7,6	8,8	10,1	11,4	12,7
340	1,4	2,8	4,3	5,7	7,1	8,6	10,0	11,4	12,8	14,2
360	1,6	3,2	4,8	6,4	8,0	9,6	11,2	12,8	14,4	16,0

**ПОПРАВКИ  $\delta_t$  ЗА ТЕМПЕРАТУРУ В ДЛИНЫ ЛИНИЙ, ИЗМЕРЕННЫХ  
СТАЛЬНОЙ ЛЕНТОЙ**

(Знак поправки определяется знаком разности  $t-t_0$ )

Пример.  $D = 837,57$  м;  $t - t_0 = +12,6^\circ$ .

Поправка на 800 м . . . . . 126 мм  
 30 м . . . . . 5 мм  
 8 м . . . . . 1 мм  


---

 $D = 838$  м  $\delta_t = +132$  мм

$t-t_0$ $D, \text{ м}$	$t-t_0$														
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°
10	—	—	—	—	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
20	—	—	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4
30	—	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	6
40	—	1	2	2	2	3	4	4	4	5	6	6	6	7	8
50	1	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	9
60	1	2	2	3	4	4	5	6	7	8	8	9	10	10	11
70	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	10	11	12	13
80	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
90	1	2	3	4	6	6	8	9	10	11	12	14	15	16	17
100	1	2	4	5	6	8	9	10	11	12	14	15	16	18	19
200	2	5	8	10	12	15	18	20	22	25	28	30	32	35	38
300	4	8	11	15	19	22	26	30	34	38	41	45	49	52	56
400	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
500	6	12	19	25	31	38	44	50	56	62	69	75	81	88	94
600	8	15	22	30	38	45	52	60	68	75	82	90	98	105	112
700	9	18	26	35	44	52	61	70	79	88	96	105	114	122	131
800	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
900	11	22	34	45	56	68	79	90	101	112	124	135	146	158	169
1000	12	25	38	50	62	75	88	100	112	125	138	150	162	175	188
2000	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375

## ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НИВЕЛИРОВ

Характеристики	Н и в е л и р ы				
	НЗ	НСЗ	НС4	Ні-ВЗ	НТ
Диаметр свободного отверстия объектива зрительной трубы, <i>мм</i>	40	40	40	45	32
Увеличение зрительной трубы	30 <sup>×</sup>	30 <sup>×</sup>	30 <sup>×</sup>	28, 32 <sup>×</sup>	23 <sup>×</sup>
Наименьшее расстояние визирования, <i>м</i>	2,0	2,0	2,0	3,0	1,5
Коэффициент питания дальномера	100	100	100	100	100
Цена деления уровня на 2 <i>мм</i> :					
установочного, <i>мин</i>	5	5	15	8	10
при трубе, <i>с</i>	15	—	—	—	45
Диапазон работы компенсатора, <i>мин</i>	—	±15	±15	±8	—
Средняя квадратическая погрешность измерения горизонтального угла, <i>мин</i>				1,5	6
Рабочий диапазон температур, °С	от -40 до +50	от -40 до +50	от -40 до +50		от -40 до +50
Масса, <i>кг</i> :					
нивелира	2,0	2,0	2,0	2,3	1,0
футляра с принадлежностями	2,0	2,8	2,8	2,3	0,7
штатива	4,0	4,0	3,5	5,1	4,5

## КАРТОЧКА

обследования и восстановления геодезического пункта Ивановка

(название пункта)

сети 2 класса (название ряда или хода)проложенной в 1969 г. ГУГК  
(название ведомства)

16	Ивановка 2 кл.	Двойная пирамида Металлическая пирамида	9,76 м 4,32 м		132,4 м 131,8 м	M-37-38-B M-37-VII
№ по каталогу	Название пункта. Класс	Тип знака: старого нового	Высота знака: старого нового	Тип центра	Высота центра над уровнем моря: старого нового	Трапеция 1 : 50 000 1 : 200 000
Код	Результаты обследования		Объект	Результаты восстановления		
	<p>Деревянная двойная пирамида, ветхая, подлежит сносу</p> <p>Утрачен монолит I, разрушена верхняя часть монолита II, монолит III с маркой сохранился</p> <p>Тип сохранившегося центра не соответствует ТУ</p> <p>Заложить свайный центр на месте старого</p> <p>То же. Выбрано место для закладки свайного центра под углом <math>132^{\circ}18'</math> от направления на ОРП-1 в 670 м</p> <p>Ранее не закладывался. Выбрано место для закладки центра свайного типа под углом <math>233^{\circ}03'</math> от направления на ОРП-1 в 690 м</p> <p>Канавы окопки разрушены</p>		<p>Наружный знак</p> <p>Центр пункта</p> <p>ОРП-1</p> <p>ОРП-2</p> <p>ОРП-3</p> <p>Наружное оформление геодезического пункта</p>	<p>Старый знак снесен. Установлен оп. знак—металлическая трехгранная пирамида</p> <p>Заложен над маркой монолита III пилонный центр типа 3</p> <p>Заложен центр типа 2 на месте старого, установлен оп. знак</p> <p>Старый центр уничтожен. Заложен центр типа 2, установлен оп. знак</p> <p>Заложен центр типа 2 в намеченном месте, установлен оп. знак</p>		

Работы выполнены

Обследование \_\_\_\_\_ (дата)

Восстановление \_\_\_\_\_ (дата)

Начальник отделения \_\_\_\_\_

Начальник отделения \_\_\_\_\_

Исполнитель \_\_\_\_\_

Исполнитель \_\_\_\_\_

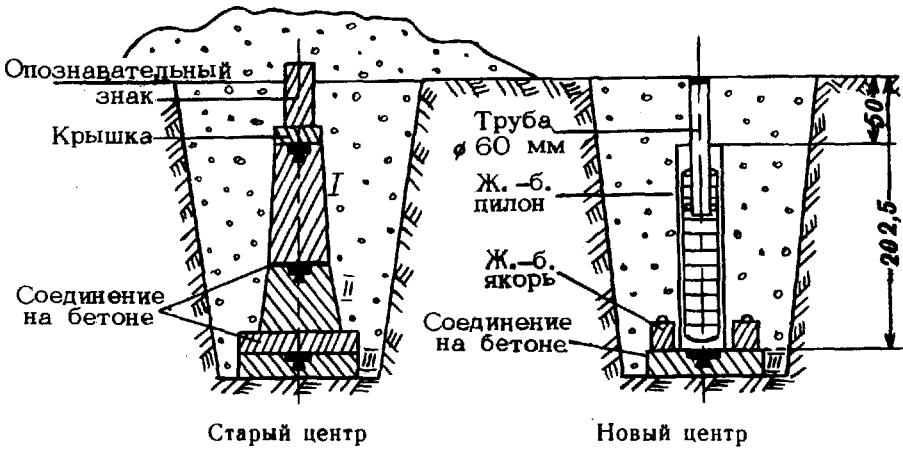
**Характеристика местности** (нужное подчеркнуть):

слабо-, средне-, густонаселенная;  
открытая, лесистая, частично лесистая;  
равнинная, всхолмленная, горная.

**Особенности местоположения пункта** (нужное подчеркнуть):

геоморфологические—равнина, склон, вершина, долина, \_\_\_\_\_  
грунты—пески, суглинки, глины, торфяники, каменные, \_\_\_\_\_  
растительный покров—луг, лес, тундра, без покрова.

**Чертежи старого и нового центров геодезического пункта** (в случае частичной или полной перезакладки); при сохранности центра чертеж может быть заменен описанием.



Превышение верхней марки нового центра над маркой III монолита старого центра 202 см

**Приближенные значения дирекционных углов на пункты ГГС  
и ориентирных направлений**

Наименование пункта	Направления	Дирекционный угол	Азимут	Расстояние, м
Петровка	0°00,0'	26°16,0'	27°20,0'	—
Сидорово	63 17,2	89 33,2	90 37,2	—
ОРП 1	50 24,3	76 40,3	77 44,3	511,2
ОРП 2	182 42,8	208 58,8	210 02,8	670,8
ОРП 3	283 28,0	309 44,0	310 48,0	691,2



## СПИСОК

обследованных и восстановленных геодезических пунктов

Трапеция М-42-VI

Полевые работы выполнены \_\_\_\_\_ ГУГК \_\_\_\_\_ в 19 <sup>69</sup> г.  
(наименование организации)

№ по каталогу	Название пункта. Тип знака, его высота. Тип центра, номер марки	Класс	Высота над уровнем моря (в м)	Ориентирный пункт				
				№ пп.	центр типа	рас- стоя- ние	дирекцион- ный угол	геодезичес- кий азимут
1	Гречаны металл. пир. 4,2 м тип 1 (№ 2160)	3	211,4	1	2	690,8	15°47'30.2"	16°50'44.5"
				2	2	820,4	109 14 07.0	110 17 21.3
				3	2	811,6	249 15 09.9	250 18 24.2
2	Орловский металл. пир. 4,2 м тип 1	2	200,7	1	2	575,4	324° 16' 10.4"	
				2	2	690,2	100 00 15.7	
				3	2	610,4	230 16 10.6	

Примечания: 1. В описи геодезические пункты группируются по трапециям масштаба 1:50 000 в порядке возрастания номенклатур, а внутри трапеции пункты располагаются в порядке убывания значений абсцисс.

2. При определении ориентирных направлений от сторон сети вписываются дирекционные углы, при астрономических определениях — геодезические азимуты.

## ВИДЫ И СОСТАВ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ КООРДИНАТ НА БОЛЬШИЕ РАССТОЯНИЯ

1. Радиодальномерный расчет каждой станции должен включать: оператора, помощника оператора (записатора) и 1—2 солдат (РДГВ). Оператор, как правило, — офицер, но если станция будет использоваться только как ведомая, им может быть подготовленный сержант или солдат.

2. Гиротеодолитный расчет должен включать: оператора, помощника оператора и 1—2 солдат. Оператор, как правило, — офицер. Если измерения на пункте выполняются гиротеодолитным комплектом, то оператором одного из гиротеодолитов должен быть офицер, а на другом может работать подготовленный сержант или солдат.

3. Вычислительный расчет (при использовании настольных счетных машин) состоит из офицера и подготовленного сержанта или солдата.

4. Угломерный расчет состоит из наблюдателя, записатора и 1—2 солдат.

5. Для бесперебойного обеспечения гиротеодолитных и радиодальномерных расчетов аккумуляторами необходимо иметь расчет с зарядным агрегатом.

6. При передаче координат на большие расстояния проложением ходов или рядов работами всех расчетов (команд) руководит начальник (заместитель начальника) подразделения или старший геодезист, который продвигается с одним из гиротеодолитных расчетов. С этим же расчетом перемещается и вычислительный расчет. Для управления расчетами и сбора результатов измерений используются радиотелефоны радиодальномеров или специальные радиостанции.

Для создания оптимальных условий работы при передаче координат на большие расстояния необходимо следующее число расчетов:

Тип геометрического построения	Р а с ч е т ы				
	рекогносцировочный	радиодальномерный	гиротеодолитный	угломерный	вычислительный
Ход из линейно-азимутальных (гирорадиодальномерных) звеньев	1	3	2	—	1
Ход из линейно-параллактических звеньев	1	5	2	—	1
Ход из азимутально-параллактических звеньев	1	1	4	1	1
Ряд из азимутальных четырехугольников	2	1	4	—	1
Ряд из линейных четырехугольников	2	4	2	—	1

**Т А Б Л И Ц Ы**  
**ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОПРАВКИ  $f$  В ПРЕВЫШЕНИЯ**  
**ЗА КРИВИЗНУ ЗЕМЛИ И РЕФРАКЦИЮ**

В таблице I даны поправки в метрах за кривизну Земли и рефракцию для широт  $B = 45 - 60^\circ$  и коэффициента рефракции  $K = 0,13$ , вычисленные по формуле

$$f = \frac{1-K}{2R} \cdot D^2,$$

где  $f$  — поправка за кривизну Земли и рефракцию;  
 $K$  — коэффициент рефракции;  
 $D$  — длина линии в км.

При других значениях широты и коэффициента рефракции  $K$  поправки  $f$  также находят по таблице I, а затем умножают на коэффициент  $P$ , выбираемый из таблицы II. В этом случае

$$f' = f \cdot P.$$

Поправка  $f$  всегда положительна; точность ее вычисления  $\pm 0,02$  м.

**Пример.** Широта места наблюдения  $B = 35^\circ$ , длина линии  $D = 5050$  м, коэффициент рефракции  $K = 0,17$ .

Из таблицы I находим  $f = 1,74$  м. Из таблицы II находим  $P = 0,955$ .

$$f' = f \cdot P = 1,74 \cdot 0,955 = 1,66 \text{ м.}$$

**I. Поправки  $f$  при  $K = 0,13$  и  $B = 45 - 60^\circ$**

$D$ в км	$f$ в м	$\Delta$	$D$ в км	$f$ в м	$\Delta$	$D$ в км	$f$ в м	$\Delta$	$D$ в км	$f$ в м	$\Delta$
0,000	—	0	2,000	0,27	3	4,000	1,09	6	6,000	2,46	8
100	0,00	1	100	0,30	3	100	1,15	5	100	2,54	8
200	0,00	0	200	0,33	3	200	1,20	6	200	2,62	9
300	0,01	0	300	0,36	3	300	1,26	6	300	2,71	8
400	0,01	1	400	0,39	4	400	1,32	6	400	2,79	9
0,500	0,02	0	2,500	0,43	3	4,500	1,38	6	6,500	2,88	9
600	0,02	1	600	0,46	4	600	1,44	7	600	2,97	9
700	0,03	1	700	0,50	4	700	1,51	6	700	3,06	9
800	0,04	2	800	0,53	3	800	1,57	7	800	3,15	9
900	0,06	1	900	0,57	4	900	1,64	6	900	3,24	10
1,000	0,07	1	3,000	0,61	5	5,000	1,70	7	7,000	3,34	10
100	0,08	2	100	0,66	4	100	1,77	7	100	3,44	10
200	0,10	2	200	0,70	4	200	1,84	8	200	3,54	10
300	0,12	1	300	0,74	4	300	1,92	7	300	3,64	10
400	0,13	2	400	0,79	5	400	1,99	7	400	3,74	10
1,500	0,15	2	3,500	0,84	4	5,500	2,06	8	7,500	3,84	10
600	0,17	3	600	0,88	5	600	2,14	8	600	3,94	10
700	0,20	2	700	0,93	5	700	2,22	7	700	4,04	11
800	0,22	3	800	0,98	5	800	2,29	8	800	4,15	11
900	0,25	2	900	1,04	6	900	2,37	9	900	4,26	10

$D$ в К.М	$f$ в М	$\Delta$	$D$ в К.М	$f$ в М	$\Delta$	$D$ в К.М	$f$ в М	$\Delta$	$D$ в К.М	$f$ в М	$\Delta$
8,000	4,36	11	9,000	5,52	13	10,000	6,82	14	11,000	8,25	15
100	4,47	12	100	5,65	12	100	6,96	14	100	8,40	16
200	4,59	11	200	5,77	13	200	7,10	14	200	8,56	15
300	4,70	11	300	5,90	13	300	7,24	14	300	8,71	15
400	4,81	12	400	6,03	13	400	7,38	14	400	8,86	16
8,500	4,93	11	9,500	6,16	13	10,500	7,52	14	11,500	9,02	16
600	5,04	12	600	6,29	13	600	7,66	15	600	9,18	16
700	5,16	12	700	6,42	13	700	7,81	14	700	9,34	16
800	5,28	12	800	6,55	13	800	7,95	15	800	9,50	16
900	5,40	12	900	6,68	14	900	8,10	15	900	9,66	16

## II. Коэффициенты $P$

$K \backslash B$	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18
0—15°	1,038	1,026	1,015	1,003	0,991	0,979	0,969	0,957	0,946
15—30	1,037	1,025	1,014	1,003	0,991	0,979	0,968	0,956	0,944
30—45	1,035	1,023	1,012	1,001	0,990	0,978	0,966	0,955	0,944
45—60	1,034	1,022	1,011	1,000	0,988	0,977	0,965	0,953	0,942
60—75	1,032	1,021	1,009	0,997	0,985	0,975	0,963	0,952	0,940

**ПОПРАВКИ  $\delta_\alpha$  ЗА ПРИВЕДЕНИЕ К ГОРИЗОНТУ ЛИНИЙ,  
ИЗМЕРЕННЫХ ПО ВЕРТИКАЛЬНОЙ РЕЙКЕ**

(Знак поправки всегда отрицательный)

Помещенные в таблице поправки  $\delta_\alpha$  вычислены по формуле

$$\delta_\alpha = D \sin^2 \alpha,$$

где  $D$  — измеренная длина линии в м;

$\alpha$  — угол наклона линии к горизонту.

**Пример.** Измеренная длина линии  $D = 132,40$  м.

Угол наклона линии  $\alpha = 12^\circ 36'$ .

На 100 м поправка — 4,76 м,

„ 30 м „ — 1,43 м,

„ 2 м „ — 0,09 м

---


$$\delta_\alpha = -6,28 \text{ м}$$

$D, \text{ м}$ $\alpha$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200
0°30'	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
40	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
50	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04
1 00	0	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,06
10	0	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,08
20	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,11
30	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,14
40	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,17
50	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,20
2 00	0,01	0,02	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12	0,24
10	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,29
20	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,33
30	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,38
40	0,02	0,04	0,06	0,08	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,43
50	0,02	0,05	0,07	0,10	0,12	0,15	0,17	0,20	0,22	0,24	0,49
3 00	0,03	0,05	0,08	0,11	0,14	0,16	0,19	0,22	0,25	0,27	0,55
10	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,31	0,61
20	0,03	0,07	0,10	0,14	0,17	0,20	0,24	0,27	0,30	0,34	0,68
30	0,04	0,07	0,11	0,15	0,19	0,22	0,26	0,30	0,34	0,37	0,75
40	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,25	0,29	0,33	0,37	0,41	0,82
50	0,04	0,09	0,13	0,18	0,22	0,27	0,31	0,36	0,40	0,45	0,89
4 00	0,05	0,10	0,15	0,19	0,24	0,29	0,34	0,39	0,44	0,49	0,97
10	0,05	0,11	0,16	0,21	0,26	0,32	0,37	0,42	0,48	0,53	1,06
20	0,06	0,11	0,17	0,23	0,29	0,34	0,40	0,46	0,51	0,57	1,14
30	0,06	0,12	0,18	0,25	0,31	0,37	0,43	0,49	0,55	0,62	1,23
40	0,07	0,13	0,20	0,26	0,33	0,40	0,46	0,53	0,60	0,66	1,32
50	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,43	0,50	0,57	0,64	0,71	1,42

$\alpha$	$D, \mu$										
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200
5°00'	0,08	0,15	0,23	0,30	0,38	0,46	0,53	0,61	0,68	0,76	1,52
10	0,08	0,16	0,24	0,32	0,41	0,49	0,57	0,65	0,73	0,81	1,62
20	0,09	0,17	0,26	0,35	0,43	0,52	0,60	0,69	0,78	0,86	1,73
30	0,09	0,18	0,28	0,37	0,46	0,55	0,64	0,73	0,83	0,92	1,84
40	0,10	0,20	0,29	0,39	0,49	0,59	0,68	0,78	0,88	0,98	1,95
50	0,10	0,21	0,31	0,41	0,52	0,62	0,72	0,83	0,93	1,03	2,07
6 00	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66	0,76	0,87	0,98	1,09	2,19
10	0,12	0,23	0,35	0,46	0,58	0,69	0,81	0,92	1,04	1,15	2,31
20	0,12	0,24	0,36	0,49	0,61	0,73	0,85	0,97	1,10	1,22	2,43
30	0,13	0,26	0,38	0,51	0,64	0,77	0,90	1,03	1,15	1,28	2,56
40	0,13	0,27	0,40	0,54	0,67	0,81	0,94	1,08	1,21	1,35	2,70
50	0,14	0,28	0,42	0,57	0,71	0,85	0,99	1,13	1,27	1,42	2,83
7 00	0,15	0,30	0,45	0,59	0,74	0,89	1,04	1,19	1,34	1,49	2,97
10	0,16	0,31	0,47	0,62	0,78	0,93	1,09	1,25	1,40	1,56	3,11
20	0,16	0,32	0,49	0,65	0,81	0,98	1,14	1,30	1,47	1,63	3,26
30	0,17	0,34	0,51	0,68	0,85	1,02	1,19	1,36	1,53	1,70	3,41
40	0,18	0,36	0,53	0,71	0,89	1,07	1,25	1,42	1,60	1,78	3,56
50	0,19	0,37	0,56	0,74	0,93	1,11	1,30	1,49	1,67	1,86	3,72
8 00	0,19	0,39	0,58	0,77	0,97	1,16	1,36	1,55	1,74	1,94	3,87
10	0,20	0,40	0,61	0,81	1,01	1,21	1,41	1,61	1,82	2,02	4,04
20	0,21	0,42	0,63	0,84	1,05	1,26	1,47	1,68	1,89	2,10	4,20
30	0,22	0,44	0,66	0,87	1,09	1,31	1,53	1,75	1,97	2,18	4,37
40	0,23	0,45	0,68	0,91	1,14	1,36	1,59	1,82	2,04	2,27	4,54
50	0,24	0,47	0,71	0,94	1,18	1,41	1,65	1,89	2,12	2,36	4,72
9 00	0,24	0,49	0,73	0,98	1,22	1,47	1,71	1,96	2,20	2,45	4,89
10	0,25	0,51	0,76	1,02	1,27	1,52	1,78	2,03	2,28	2,54	5,08
20	0,26	0,53	0,79	1,05	1,32	1,58	1,84	2,10	2,37	2,63	5,26
30	0,27	0,54	0,82	1,09	1,36	1,63	1,91	2,18	2,45	2,72	5,45
40	0,28	0,56	0,85	1,13	1,41	1,69	1,97	2,26	2,54	2,82	5,64
50	0,29	0,58	0,88	1,17	1,46	1,75	2,04	2,33	2,62	2,92	5,83
10 00	0,30	0,60	0,90	1,21	1,51	1,81	2,11	2,41	2,71	3,02	6,03
10	0,31	0,62	0,93	1,25	1,56	1,87	2,18	2,49	2,80	3,12	6,23
20	0,32	0,64	0,97	1,29	1,61	1,93	2,25	2,57	2,90	3,22	6,44
30	0,33	0,66	1,00	1,33	1,66	1,99	2,32	2,66	2,99	3,32	6,64
40	0,34	0,69	1,03	1,37	1,71	2,06	2,40	2,74	3,08	3,43	6,85
50	0,35	0,71	1,06	1,41	1,77	2,12	2,47	2,83	3,18	3,53	7,07
11 00	0,36	0,73	1,09	1,46	1,82	2,18	2,55	2,91	3,28	3,64	7,28
10	0,38	0,75	1,13	1,50	1,88	2,25	2,63	3,00	3,38	3,75	7,50
20	0,39	0,77	1,16	1,54	1,93	2,32	2,70	3,09	3,48	3,86	7,72
30	0,40	0,79	1,19	1,59	1,99	2,38	2,78	3,18	3,58	3,97	7,95
40	0,41	0,82	1,23	1,64	2,04	2,45	2,86	3,27	3,68	4,09	8,18
50	0,42	0,84	1,26	1,68	2,10	2,52	2,94	3,36	3,78	4,21	8,41
12 00	0,43	0,86	1,30	1,73	2,16	2,59	3,03	3,46	3,89	4,32	8,65
10	0,44	0,89	1,33	1,78	2,22	2,66	3,11	3,55	4,00	4,44	8,88
20	0,46	0,91	1,37	1,82	2,28	2,74	3,19	3,65	4,11	4,56	9,12
30	0,47	0,94	1,41	1,87	2,34	2,81	3,28	3,75	4,22	4,68	9,37
40	0,48	0,96	1,44	1,92	2,40	2,88	3,37	3,85	4,33	4,81	9,62
50	0,49	0,99	1,48	1,97	2,47	2,96	3,45	3,95	4,44	4,93	9,87

$\alpha \backslash D, \mu$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200
<b>13°00'</b>	0,51	1,01	1,52	2,02	2,53	3,04	3,54	4,05	4,55	5,06	10,12
<b>10</b>	0,52	1,04	1,56	2,08	2,59	3,11	3,63	4,15	4,67	5,19	10,38
<b>20</b>	0,53	1,06	1,60	2,13	2,66	3,19	3,72	4,25	4,79	5,32	10,64
<b>30</b>	0,54	1,09	1,63	2,18	2,72	3,27	3,81	4,36	4,90	5,45	10,90
<b>40</b>	0,56	1,12	1,67	2,23	2,79	3,35	3,91	4,47	5,02	5,58	11,16
<b>50</b>	0,57	1,14	1,72	2,29	2,86	3,43	4,00	4,57	5,15	5,72	11,43
<b>14 00</b>	0,59	1,17	1,76	2,34	2,93	3,51	4,10	4,68	5,27	5,85	11,71
<b>10</b>	0,60	1,20	1,80	2,40	2,99	3,59	4,19	4,79	5,39	5,99	11,98
<b>20</b>	0,61	1,23	1,84	2,45	3,06	3,68	4,29	4,90	5,52	6,13	12,26
<b>30</b>	0,63	1,25	1,88	2,51	3,13	3,76	4,39	5,02	5,64	6,27	12,54
<b>40</b>	0,64	1,28	1,92	2,56	3,21	3,85	4,49	5,13	5,77	6,41	12,82
<b>50</b>	0,66	1,31	1,97	2,62	3,28	3,93	4,59	5,24	5,90	6,55	13,11
<b>15 00</b>	0,67	1,34	2,01	2,68	3,35	4,02	4,69	5,36	6,03	6,70	13,40
<b>10</b>	0,68	1,37	2,05	2,74	3,42	4,11	4,79	5,48	6,16	6,84	13,69
<b>20</b>	0,70	1,40	2,10	2,80	3,50	4,20	4,89	5,59	6,29	6,99	13,99
<b>30</b>	0,71	1,43	2,14	2,86	3,57	4,28	5,00	5,71	6,43	7,14	14,28
<b>40</b>	0,73	1,46	2,19	2,92	3,65	4,38	5,10	5,83	6,56	7,29	14,58
<b>50</b>	0,74	1,49	2,23	2,98	3,72	4,47	5,21	5,96	6,70	7,44	14,89

**ВЕСА ДЛЯ УРАВНИВАНИЯ ВЫСОТ ПУНКТОВ  
ИЗ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ.  
(ДЛЯ ДВУСТОРОННИХ ПРЕВЫШЕНИЙ)**

Веса вычислены по формуле  $P = \frac{100}{D^2}$ , где  $D$  — длина стороны, в км.

$D$	$P$	$D$	$P$	$D$	$P$	$D$	$P$	$D$	$P$
1,0	100,00	4,0	6,25	7,0	2,04	10,0	1,00	12,5	0,64
1	82,64	1	5,95	1	1,98	1	0,98	6	0,63
2	69,44	2	5,67	2	1,93	2	0,96	7	0,62
3	59,17	3	5,41	3	1,88	3	0,94	8	0,61
4	51,02	4	5,17	4	1,83	4	0,92	9	0,60
1,5	44,44	4,5	4,94	7,5	1,78	10,5	0,91	13,0	0,59
6	39,06	6	4,73	6	1,73	6	0,89	1	0,58
7	34,60	7	4,53	7	1,69	7	0,87	2	0,57
8	30,86	8	4,34	8	1,64	8	0,86	3	0,57
9	27,70	9	4,16	9	1,60	9	0,84	4	0,56
2,0	25,00	5,0	4,00	8,0	1,56	11,0	0,83	13,5	0,55
1	22,68	1	3,84	1	1,52	1	0,81	6	0,54
2	20,66	2	3,70	2	1,49	2	0,80	7	0,53
3	18,90	3	3,56	3	1,45	3	0,78	8	0,53
4	17,36	4	3,43	4	1,42	4	0,77	9	0,52
2,5	16,00	5,5	3,31	8,5	1,38	11,5	0,76	14,0	0,51
6	14,79	6	3,19	6	1,35	6	0,74	1	0,50
7	13,72	7	3,08	7	1,32	7	0,73	2	0,50
8	12,76	8	2,97	8	1,29	8	0,72	3	0,49
9	11,89	9	2,87	9	1,26	9	0,71	4	0,48
3,0	11,11	6,0	2,78	9,0	1,23	12,0	0,69	14,5	0,48
1	10,41	1	2,69	1	1,21	1	0,68	6	0,47
2	9,77	2	2,60	2	1,18	2	0,67	7	0,46
3	9,18	3	2,52	3	1,16	3	0,66	8	0,46
4	8,65	4	2,44	4	1,13	4	0,65	9	0,45
3,5	8,16	6,5	2,37	9,5	1,11				
6	7,72	6	2,30	6	1,09				
7	7,30	7	2,23	7	1,06				
8	6,93	8	2,16	8	1,04				
9	6,57	9	2,10	9	1,02				

Примечания: 1. Для односторонних превышений вес вдвое уменьшается.  
2. Для высотно-геодезических ходов вес удваивается.



**ТАБЛИЦЫ  
ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ СБЛИЖЕНИЯ МЕРИДИАНОВ  
ПО ПЛОСКИМ ПРЯМОУГОЛЬНЫМ КООРДИНАТАМ  
(в диапазоне широт от 0 до 81°)**

Сближение меридианов  $\gamma$  по прилагаемым таблицам вычисляют по формуле

$$\text{tg } \gamma = Kn (y \cdot 10^{-6}),$$

где  $K$ —коэффициент, выбираемый из табл. 1 по аргументу абсциссы  $x$  точки;  
 $n$ —коэффициент, выбираемый из табл. 2 по аргументу ординаты  $y$  точки.

Знак сближения меридианов одинаков со знаком ординаты  $y$ .

Таблицы обеспечивают вычисление сближения меридианов с точностью 0,5".

Пример вычисления сближения меридианов:

$$x = 6\,028\,279 \text{ м}; \quad y = -289\,914 \text{ м}$$

$y \cdot 10^{-6}$	— 0,289 914
$K$	45,037
$n$	0,0048 4481
$\text{tg } \gamma$	— 0,063 258
$\gamma$	— 3°37'10,6"

**1. Величины  $K$**

$x$	$K$	$\Delta 1 \text{ км}$	$x$	$K$	$\Delta 1 \text{ км}$	$x$	$K$	$\Delta 1 \text{ км}$
0	0,000	$\cdot 10^{-3}$	200	1,021	$\cdot 10^{-3}$	400	2,044	$\cdot 10^{-3}$
10	0,051	5	210	1,072	5	410	2,096	5
20	0,102	5	220	1,123	5	420	2,147	5
30	0,153	5	230	1,174	5	430	2,198	5
40	0,204	5	240	1,226	5	440	2,250	5
50	0,255	5	250	1,277	5	450	2,301	5
60	0,306	5	260	1,328	5	460	2,352	5
70	0,357	5	270	1,379	5	470	2,403	5
80	0,408	5	280	1,430	5	480	2,455	5
90	0,459	5	290	1,481	5	490	2,506	5
100	0,510	5	300	1,532	5	500	2,557	5
110	0,561	5	310	1,584	5	510	2,609	5
120	0,613	5	320	1,635	5	520	2,660	5
130	0,664	5	330	1,686	5	530	2,712	5
140	0,715	5	340	1,737	5	540	2,763	5
150	0,766	5	350	1,788	5	550	2,814	5
160	0,817	5	360	1,840	5	560	2,866	5
170	0,868	5	370	1,891	5	570	2,917	5
180	0,919	5	380	1,942	5	580	2,969	5
190	0,970	5	390	1,993	5	590	3,020	5
200	1,021	5	400	2,044	5	600	3,072	5

# 1. Величины K

x	K	Δ 1 км	x	K	Δ 1 км	x	K	Δ 1 км
		$\cdot 10^{-3}$			$\cdot 10^{-3}$			$\cdot 10^{-3}$
600	3,072	5	1 000	5,146	5	1 400	7,262	5
610	3,123	5	10	5,199	5	410	7,316	5
620	3,175	5	20	5,251	5	420	7,370	5
630	3,226	5	30	5,303	5	430	7,423	5
640	3,278	5	40	5,356	5	440	7,477	5
650	3,329	5	50	5,408	5	450	7,531	5
660	3,381	5	60	5,461	5	460	7,584	5
670	3,432	5	70	5,513	5	470	7,638	5
680	3,484	5	80	5,566	5	480	7,692	5
690	3,536	5	90	5,618	5	490	7,746	5
700	3,587	5	1 100	5,671	5	1 500	7,800	5
710	3,639	5	110	5,723	5	510	7,854	5
720	3,691	5	120	5,776	5	520	7,908	5
730	3,742	5	130	5,829	5	530	7,962	5
740	3,794	5	140	5,881	5	540	8,016	5
750	3,846	5	150	5,934	5	550	8,070	5
760	3,898	5	160	5,987	5	560	8,124	5
770	3,949	5	170	6,040	5	570	8,178	5
780	4,001	5	180	6,092	5	580	8,233	5
790	4,053	5	190	6,145	5	590	8,287	5
800	4,105	5	1 200	6,198	5	1 600	8,342	5
810	4,157	5	210	6,251	5	610	8,396	5
820	4,209	5	220	6,304	5	620	8,450	5
830	4,261	5	230	6,357	5	630	8,505	5
840	4,312	5	240	6,410	5	640	8,559	5
850	4,364	5	250	6,463	5	650	8,614	5
860	4,416	5	260	6,516	5	660	8,669	5
870	4,468	5	270	6,569	5	670	8,723	5
880	4,520	5	280	6,622	5	680	8,778	5
890	4,572	5	290	6,675	5	690	8,833	5
900	4,624	5	1 300	6,728	5	1 700	8,888	5
910	4,677	5	310	6,782	5	710	8,942	5
920	4,729	5	320	6,835	5	720	8,997	5
930	4,781	5	330	6,888	5	730	9,052	5
940	4,833	5	340	6,942	5	740	9,107	5
950	4,885	5	350	6,995	5	750	9,162	5
960	4,937	5	360	7,048	5	760	9,217	5
970	4,989	5	370	7,102	5	770	9,272	5
980	5,042	5	380	7,155	5	780	9,328	5
990	5,094	5	390	7,209	5	790	9,383	5
1 000	5,146		1 400	7,262		1 800	9,438	

# 1. Величины К

x	K	Δ 1 км	x	K	Δ 1 км	x	K	Δ 1 км
1 800	9,438	·10 <sup>-3</sup> 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6	2 200	11,694	·10 <sup>-3</sup> 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6	2 600	14,054	·10 <sup>-3</sup> 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
810	9,494		210	11,752		610	14,115	
820	9,549		220	11,810		620	14,175	
830	9,604		230	11,867		630	14,236	
840	9,660		240	11,925		640	14,297	
850	9,715		250	11,983		650	14,358	
860	9,771		260	12,041		660	14,419	
870	9,827		270	12,099		670	14,480	
880	9,882		280	12,157		680	14,541	
890	9,938		290	12,215		690	14,602	
1 900	9,994		6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6	2 300		12,273	6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6	
910	10,050	310		12,332	710	14,725		
920	10,106	320		12,390	720	14,786		
930	10,162	330		12,449	730	14,848		
940	10,218	340		12,507	740	14,910		
950	10,274	350		12,566	750	14,971		
960	10,330	360		12,624	760	15,033		
970	10,386	370		12,683	770	15,095		
980	10,442	380		12,742	780	15,157		
990	10,498	390		12,801	790	15,219		
2 000	10,555	6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6		2 400	12,860	6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6		2 800
010	10,611		410	12,919	810		15,343	
020	10,668		420	12,978	820		15,406	
030	10,724		430	13,037	830		15,468	
040	10,781		440	13,096	840		15,531	
050	10,837		450	13,155	850		15,594	
060	10,894		460	13,215	860		15,656	
070	10,951		470	13,274	870		15,719	
080	11,008		480	13,334	880		15,782	
090	11,065		490	13,393	890		15,845	
2 100	11,122		6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6	2 500	13,453		6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6	2 900
110	11,179	510		13,513	910	15,972		
120	11,236	520		13,573	920	16,035		
130	11,293	530		13,632	930	16,098		
140	11,350	540		13,692	940	16,162		
150	11,407	550		13,753	950	16,225		
160	11,464	560		13,813	960	16,289		
170	11,522	570		13,873	970	16,353		
180	11,579	580		13,933	980	16,417		
190	11,637	590		13,994	990	16,481		
2 200	11,694			2 600	14,054			3 000

# 1. Величины $K$

$x$	$K$	$\Delta 1 \text{ км}$	$x$	$K$	$\Delta 1 \text{ км}$	$x$	$K$	$\Delta 1 \text{ км}$
3 000	16,545	.10 <sup>-3</sup>	3 400	19,200	.10 <sup>-3</sup>	3 800	22,059	.10 <sup>-3</sup>
010	16,609	6	410	19,269	7	810	22,133	7
020	16,674	6	420	19,338	7	820	22,208	7
030	16,738	6	430	19,407	7	830	22,283	7
040	16,803	6	440	19,476	7	840	22,358	7
050	16,867	6	450	19,545	7	850	22,433	7
060	16,932	6	460	19,615	7	860	22,508	8
070	16,997	6	470	19,684	7	870	22,584	8
080	17,062	6	480	19,754	7	880	22,659	8
090	17,127	6	490	19,824	7	890	22,735	8
3 100	17,192	6	3 500	19,894	7	3 900	22,811	8
110	17,257	7	510	19,964	7	910	22,887	8
120	17,323	7	520	20,034	7	920	22,963	8
130	17,388	7	530	20,104	7	930	23,040	8
140	17,454	7	540	20,175	7	940	23,117	8
150	17,519	7	550	20,246	7	950	23,194	8
160	17,585	7	560	20,316	7	960	23,270	8
170	17,651	7	570	20,387	7	970	23,347	8
180	17,717	7	580	20,458	7	980	23,425	8
190	17,783	7	590	20,530	7	990	23,502	8
3 200	17,850	7	3 600	20,601	7	4 000	23,580	8
210	17,916	7	610	20,672	7	010	23,658	8
220	17,983	7	620	20,744	7	020	23,736	8
230	18,049	7	630	20,816	7	030	23,814	8
240	18,116	7	640	20,888	7	040	23,892	8
250	18,183	7	650	20,960	7	050	23,971	8
260	18,250	7	660	21,032	7	060	24,050	8
270	18,317	7	670	21,105	7	070	24,129	8
280	18,384	7	680	21,177	7	080	24,208	8
290	18,451	7	690	21,250	7	090	24,287	8
3 300	18,519	7	3 700	21,323	7	4 100	24,367	8
310	18,586	7	710	21,396	7	110	24,446	8
320	18,654	7	720	21,469	7	120	24,526	8
330	18,722	7	730	21,542	7	130	24,606	8
340	18,790	7	740	21,615	7	140	24,686	8
350	18,858	7	750	21,689	7	150	24,767	8
360	18,926	7	760	21,762	7	160	24,848	8
370	18,994	7	770	21,836	7	170	24,928	8
380	19,063	7	780	21,910	7	180	25,009	8
390	19,131	7	790	21,985	7	190	25,091	8
3 400	19,200		3 800	22,059		4 200	25,172	

# 1. Величины K

x	K	Δ l км	x	K	Δ l км	x	K	Δ l км
4 200	25,172	.10 <sup>-3</sup>	4 600	28,603	.10 <sup>-3</sup>	5 000	32,437	.10 <sup>-3</sup>
210	25,254	8	610	28,694	9	010	32,539	10
220	25,335	8	620	28,785	9	020	32,641	10
230	25,417	8	630	28,876	9	030	32,743	10
240	25,500	8	640	28,967	9	040	32,846	10
250	25,582	8	650	29,058	9	050	32,949	10
260	25,665	8	660	29,150	9	060	33,052	10
270	25,748	8	670	29,242	9	070	33,156	10
280	25,831	8	680	29,335	9	080	33,260	10
290	25,914	8	690	29,427	9	090	33,365	10
4 300	25,997	8	4 700	29,520	9	5 100	33,470	10
310	26,081	8	710	29,613	9	110	33,575	11
320	26,165	8	720	29,707	9	120	33,681	11
330	26,249	8	730	29,800	9	130	33,787	11
340	26,333	8	740	29,894	9	140	33,893	11
350	26,418	8	750	29,988	9	150	33,999	11
360	26,502	8	760	30,083	9	160	34,106	11
370	26,587	8	770	30,178	9	170	34,213	11
380	26,672	8	780	30,273	9	180	34,321	11
390	26,758	9	790	30,368	9	190	34,429	11
4 400	26,843	9	4 800	30,463	10	5 200	34,537	11
410	26,929	9	810	30,559	10	210	34,646	11
420	27,015	9	820	30,655	10	220	34,755	11
430	27,101	9	830	30,752	10	230	34,864	11
440	27,188	9	840	30,848	10	240	34,974	11
450	27,274	9	850	30,946	10	250	35,084	11
460	27,361	9	860	31,043	10	260	35,195	11
470	27,449	9	870	31,140	10	270	35,306	11
480	27,536	9	880	31,238	10	280	35,417	11
490	27,624	9	890	31,336	10	290	35,529	11
4 500	27,712	9	4 900	31,435	10	5 300	35,641	11
510	27,800	9	910	31,534	10	310	35,753	11
520	27,888	9	920	31,633	10	320	35,866	11
530	27,977	9	930	31,732	10	330	35,979	11
540	28,065	9	940	31,832	10	340	36,093	11
550	28,154	9	950	31,932	10	350	36,207	11
560	28,244	9	960	32,032	10	360	36,321	11
570	28,333	9	970	32,133	10	370	36,436	11
580	28,423	9	980	32,234	10	380	36,551	12
590	28,513	9	990	32,335	10	390	36,667	12
4 600	28,603		5 000	32,437		5 400	36,783	

# 1. Величины K

x	K	Δ 1 км	x	K	Δ 1 км	x	K	Δ 1 км
5 400	36,783	10 <sup>-3</sup>	5 800	41,797	10 <sup>-3</sup>	6 200	47,694	10 <sup>-3</sup>
410	36,900	12	810	41,932	14	210	47,855	16
420	37,016	12	820	42,069	14	220	48,017	16
430	37,133	12	830	42,205	14	230	48,180	16
440	37,251	12	840	42,342	14	240	48,344	16
450	37,370	12	850	42,480	14	250	48,508	16
460	37,489	12	860	42,619	14	260	48,673	16
470	37,607	12	870	42,757	14	270	48,839	17
480	37,726	12	880	42,897	14	280	49,005	17
490	37,847	12	890	43,037	14	290	49,172	17
5 500	37,967	12	5 900	43,178	14	6 300	49,341	17
510	38,087	12	910	43,319	14	310	49,510	17
520	38,209	12	920	43,461	14	320	49,680	17
530	38,331	12	930	43,603	14	330	49,850	17
540	38,452	12	940	43,746	14	340	50,022	17
550	38,575	12	950	43,890	14	350	50,194	17
560	38,698	12	960	44,034	14	360	50,367	17
570	38,821	12	970	44,180	14	370	50,541	17
580	38,946	12	980	44,325	15	380	50,716	17
590	39,070	12	990	44,471	15	390	50,892	18
5 600	39,195	12	6 000	44,618	15	6 400	51,067	18
610	39,320	13	010	44,766	15	410	51,245	18
620	39,446	13	020	44,913	15	420	51,424	18
630	39,572	13	030	45,062	15	430	51,603	18
640	39,699	13	040	45,211	15	440	51,783	18
650	39,826	13	050	45,361	15	450	51,964	18
660	39,954	13	060	45,512	15	460	52,146	18
670	40,082	13	070	45,664	15	470	52,329	18
680	40,211	13	080	45,815	15	480	52,513	18
690	40,341	13	090	45,968	15	490	52,697	19
5 700	40,470	13	6 100	46,122	15	6 500	52,883	19
710	40,601	13	110	46,275	16	510	53,070	19
720	40,731	13	120	46,431	16	520	53,257	19
730	40,863	13	130	46,586	16	530	53,446	19
740	40,994	13	140	46,742	16	540	53,635	19
750	41,127	13	150	46,899	16	550	53,826	19
760	41,260	13	160	47,056	16	560	54,017	19
770	41,393	13	170	47,215	16	570	54,210	19
780	41,527	13	180	47,374	16	580	54,404	19
790	41,661	14	190	47,533	16	590	54,598	20
5 800	41,797		6 200	47,694		6 600	54,794	

# 1. Величины К

x	K	Δ 1 км	x	K	Δ 1 км	x	K	Δ 1 км
6 600	54,794	$10^{-3}$	7 000	63,582	$10^{-3}$	7 400	74,844	$10^{-3}$
610	54,990	20	010	63,829	25	410	75,168	32
620	55,188	20	020	64,078	25	420	75,493	32
630	55,386	20	030	64,328	25	430	75,821	33
640	55,587	20	040	64,580	25	440	76,152	33
650	55,787	20	050	64,834	25	450	76,485	33
660	55,989	20	060	65,089	25	460	76,821	34
670	56,192	20	070	65,346	26	470	77,157	34
680	56,396	20	080	65,604	26	480	77,498	34
690	56,601	21	090	65,864	26	490	77,841	34
					26			35
6 700	56,808	21	7 100	66,126	26	7 500	78,187	35
710	57,015	21	110	66,389	26	510	78,535	35
720	57,224	21	120	66,654	27	520	78,886	35
730	57,434	21	130	66,920	27	530	79,239	35
740	57,646	21	140	67,189	27	540	79,595	36
750	57,858	21	150	67,459	27	550	79,955	36
760	58,071	21	160	67,731	27	560	80,316	36
770	58,286	22	170	68,005	28	570	80,680	36
780	58,501	22	180	68,281	28	580	81,047	37
790	58,718	22	190	68,558	28	590	81,419	37
6 800	58,937	22	7 200	68,837	28	7 600	81,791	38
810	59,156	22	210	69,119	28	610	82,168	38
820	59,377	22	220	69,402	28	620	82,547	38
830	59,599	22	230	69,686	29	630	82,930	38
840	59,822	22	240	69,973	29	640	83,315	39
850	60,047	23	250	70,262	29	650	83,704	39
860	60,273	23	260	70,553	29	660	84,096	39
870	60,500	23	270	70,846	29	670	84,491	39
880	60,729	23	280	71,141	30	680	84,888	40
890	60,959	23	290	71,438	30	690	85,290	40
6 900	61,190	23	7 300	71,737	30	7 700	85,695	41
910	61,423	23	310	72,037	30	710	86,102	41
920	61,657	24	320	72,340	31	720	86,514	42
930	61,893	24	330	72,646	31	730	86,930	42
940	62,130	24	340	72,953	31	740	87,347	42
950	62,368	24	350	73,263	31	750	87,770	43
960	62,608	24	360	73,575	31	760	88,196	43
970	62,849	24	370	73,888	32	770	88,626	43
980	63,092	24	380	74,205	32	780	89,058	44
990	63,336	25	390	74,524	32	790	89,495	44
7 000	63,582		7 400	74,844		7 800	89,937	

# 1. Величины К

x	К	Δ 1 км	x	К	Δ 1 км	x	К	Δ 1 км
7 800	89,937	.10 <sup>-3</sup>	8 200	111,412	.10 <sup>-3</sup>	8 600	144,744	.10 <sup>-3</sup>
810	90,380	44	210	112,069	66	610	145,819	108
820	90,829	45	220	112,731	66	620	146,907	109
830	91,282	45	230	113,402	67	630	148,013	111
840	91,737	46	240	114,078	68	640	149,132	112
850	92,198	46	250	114,764	69	650	150,271	114
860	92,663	46	260	115,456	69	660	151,423	115
870	93,131	47	270	116,157	70	670	152,592	117
880	93,605	47	280	116,865	71	680	153,782	119
890	94,083	48	290	117,582	72	690	154,986	120
		48			72			123
7 900	94,564	49	8 300	118,306	73	8 700	156,213	124
910	95,050	49	310	119,040	74	710	157,454	126
920	95,540	50	320	119,783	75	720	158,718	128
930	96,036	50	330	120,532	76	730	159,998	130
940	96,536	50	340	121,293	77	740	161,302	132
950	97,040	51	350	122,060	78	750	162,622	134
960	97,550	51	360	122,838	78	760	163,965	136
970	98,065	52	370	123,623	80	770	165,330	139
980	98,583	52	380	124,421	81	780	166,716	141
990	99,108	53	390	125,225	82	790	168,125	143
8 000	99,636	53	8 400	126,042	82	8 800	169,558	146
010	100,171	54	410	126,866	84	810	171,015	148
020	100,711	54	420	127,704	84	820	172,495	151
030	101,255	55	430	128,548	86	830	174,001	153
040	101,805	55	440	129,407	87	840	175,532	156
050	102,360	56	450	130,273	88	850	177,089	158
060	102,922	57	460	131,153	89	860	178,673	161
070	103,489	57	470	132,042	90	870	180,285	164
080	104,061	58	480	132,945	91	880	181,926	167
090	104,640	58	490	133,857	92	890	183,596	170
8 100	105,223	59	8 500	134,782	94	8 900	185,295	173
110	105,814	60	510	135,719	95	910	187,026	176
120	106,411	60	520	136,670	96	920	188,788	180
130	107,013	61	530	137,631	98	930	190,583	183
140	107,622	61	540	138,608	99	940	192,411	186
150	108,236	62	550	139,595	100	950	194,273	190
160	108,859	63	560	140,595	102	960	196,172	193
170	109,486	64	570	141,613	103	970	198,106	197
180	110,122	64	580	142,641	105	980	200,078	201
190	110,762	65	590	143,687	106	990	202,089	205
8 200	111,412		8 600	144,744		9 000	204,140	



## 2. Коэффициенты $n$

у км	n	Δ	у км	n	Δ
0	0,0048 4814	— 1	200	0,0048 4655	—16
10	4813	— 1	10	4639	—17
20	4812	— 2	20	4622	—18
30	4810	— 3	30	4604	—18
40	4807	— 3	40	4586	—20
50	4804	— 5	50	4566	—20
60	4799	— 5	60	4546	—21
70	4794	— 6	70	4525	—21
80	4788	— 6	80	4504	—23
90	4782	— 8	90	4481	—23
100	4774	— 8	300	4458	—24
10	4766	— 9	10	4434	—25
20	4757	—10	20	4409	—26
30	4747	—11	30	4383	—26
40	4736	—11	40	4357	—28
50	4725	—13	50	4329	—28
60	4712	—13	60	4301	—28
70	4699	—14	70	4273	—30
80	4685	—14	80	4243	—30
90	4671	—16	90	4213	—32
200	4655		400	4181	

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ

## Круговые функции

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\sec^2 \alpha = 1 + \operatorname{tg}^2 \alpha$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\operatorname{cosec}^2 \alpha = 1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}} = \frac{\sqrt{\sec^2 \alpha - 1}}{\sec \alpha} = \frac{1}{\operatorname{cosec} \alpha}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{\operatorname{ctg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}} = \frac{1}{\sec \alpha} = \frac{\sqrt{\operatorname{cosec}^2 \alpha - 1}}{\operatorname{cosec} \alpha}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha} = \frac{1}{\operatorname{ctg} \alpha} = \sqrt{\sec^2 \alpha - 1} = \frac{1}{\sqrt{\operatorname{cosec}^2 \alpha - 1}}$$

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha \quad \operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha}$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha \quad \operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{1}{2} \operatorname{ctg} \alpha - \frac{1}{2} \operatorname{tg} \alpha$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{1 + \sin \alpha} - \frac{1}{2} \sqrt{1 - \sin \alpha} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}$$

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{1 + \sin \alpha} + \frac{1}{2} \sqrt{1 - \sin \alpha} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}}$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\sin \alpha}{1 + \cos \alpha} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{1 + \cos \alpha}}$$

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cdot \cos \beta \pm \cos \alpha \cdot \sin \beta$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta \mp \sin \alpha \cdot \sin \beta$$

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2} \quad \cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2} \quad \cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta}{1 \mp \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta} \quad \operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\cos \alpha \cdot \cos \beta}$$

$$\operatorname{ctg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta \mp 1}{\operatorname{ctg} \beta \pm \operatorname{ctg} \alpha} \quad \operatorname{ctg} \alpha \pm \operatorname{ctg} \beta = \pm \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\sin \alpha \cdot \sin \beta}$$

$$\begin{aligned}\sin \alpha \cdot \sin \beta &= \frac{1}{2} \cos (\alpha - \beta) - \frac{1}{2} \cos (\alpha + \beta) \sin \alpha \cdot \cos \beta = \\ &= \frac{1}{2} \sin (\alpha + \beta) + \frac{1}{2} \sin (\alpha - \beta)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\cos \alpha \cdot \cos \beta &= \frac{1}{2} \cos (\alpha - \beta) + \frac{1}{2} \cos (\alpha + \beta) \cos \alpha \cdot \sin \beta = \\ &= \frac{1}{2} \sin (\alpha + \beta) - \frac{1}{2} \sin (\alpha - \beta)\end{aligned}$$

### Плоские треугольники

$$A + B + C = 180^\circ \quad a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$$

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$$

$$\operatorname{tg} A = \frac{a \sin B}{c - a \cos B}$$

$$\frac{a+b}{a-b} = \frac{\operatorname{tg} \frac{1}{2}(A+B)}{\operatorname{tg} \frac{1}{2}(A-B)}$$

$$\operatorname{tg} \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{s(s-a)}} \quad s = \frac{a+b+c}{2}$$

$$a = \sqrt{(b+c+p)(b+c-p)} \quad p = 2\sqrt{bc} \cos \frac{A}{2}$$

$$S = \frac{1}{2} ab \sin C = \frac{a^2}{2} \cdot \frac{\sin B \cdot \sin C}{\sin(B+C)} = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

$$A = 90^\circ \quad b = a \sin B = a \cos C$$

$$B + C = 90^\circ \quad c = b \operatorname{tg} C = b \operatorname{ctg} B$$

### Сферические треугольники

$$A = 90^\circ$$

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c = \operatorname{ctg} B \cdot \operatorname{ctg} C$$

$$\cos b = \frac{\cos B}{\sin C}$$

$$\sin B = \frac{\sin b}{\sin a} \quad \cos B = \frac{\operatorname{tg} c}{\operatorname{tg} a} \quad \operatorname{tg} B = \frac{\operatorname{tg} b}{\sin c}$$

$$A \neq 90^\circ$$

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$$

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A$$

$$\cos A = -\cos B \cdot \cos C + \sin B \cdot \sin C \cdot \cos a$$

$$\sin a \cdot \operatorname{ctg} b = \operatorname{ctg} B \cdot \sin C + \cos a \cdot \cos C$$

$$\operatorname{tg} \frac{a}{2} = \sqrt{\frac{\cos S \cdot \cos(S-A)}{\cos(S-B) \cos(S-C)}} \quad S = \frac{A+B+C}{2}$$

$$\operatorname{tg} \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{\sin(s-b) \sin(s-c)}{\sin s \cdot \sin(s-a)}} \quad s = \frac{a+b+c}{2}$$

### Формулы приведения

Функции	У г л ы								
	$-\alpha$	$90^\circ-\alpha$	$90^\circ+\alpha$	$180^\circ-\alpha$	$180^\circ+\alpha$	$270^\circ-\alpha$	$270^\circ+\alpha$	$360^\circ-k-\alpha$	$360^\circ-k+\alpha$
sin	$-\sin \alpha$	$+\cos \alpha$	$+\cos \alpha$	$+\sin \alpha$	$-\sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$-\cos \alpha$	$-\sin \alpha$	$+\sin \alpha$
cos	$+\cos \alpha$	$+\sin \alpha$	$-\sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$-\cos \alpha$	$-\sin \alpha$	$+\sin \alpha$	$+\cos \alpha$	$+\cos \alpha$
tg	$-\operatorname{tg} \alpha$	$+\operatorname{ctg} \alpha$	$-\operatorname{ctg} \alpha$	$-\operatorname{tg} \alpha$	$+\operatorname{tg} \alpha$	$+\operatorname{ctg} \alpha$	$-\operatorname{ctg} \alpha$	$-\operatorname{tg} \alpha$	$+\operatorname{tg} \alpha$
ctg	$-\operatorname{ctg} \alpha$	$+\operatorname{tg} \alpha$	$-\operatorname{tg} \alpha$	$-\operatorname{ctg} \alpha$	$+\operatorname{ctg} \alpha$	$+\operatorname{tg} \alpha$	$-\operatorname{tg} \alpha$	$-\operatorname{ctg} \alpha$	$+\operatorname{ctg} \alpha$
sec	$+\sec \alpha$	$+\operatorname{cosec} \alpha$	$-\operatorname{cosec} \alpha$	$-\sec \alpha$	$-\sec \alpha$	$-\operatorname{cosec} \alpha$	$+\operatorname{cosec} \alpha$	$+\sec \alpha$	$+\sec \alpha$
cosec	$-\operatorname{cosec} \alpha$	$+\sec \alpha$	$+\sec \alpha$	$+\operatorname{cosec} \alpha$	$-\operatorname{cosec} \alpha$	$-\sec \alpha$	$-\sec \alpha$	$-\operatorname{cosec} \alpha$	$+\operatorname{cosec} \alpha$

### Числовые значения тригонометрических функций

Функции	Углы: I четверть				Углы: II четверть				Углы: III четверть				Углы: IV четверть				
	0°	30°	45°	60°	90°	120°	135°	150°	180°	210°	235°	240°	270°	300°	315°	330°	360°
sin	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{\sqrt{2}}{2}$	$-\frac{\sqrt{3}}{2}$	-1	$-\frac{\sqrt{3}}{2}$	$-\frac{\sqrt{2}}{2}$	$-\frac{1}{2}$	0
cos	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{\sqrt{2}}{2}$	$-\frac{\sqrt{3}}{2}$	-1	$-\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$-\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
tg	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	$\pm\infty$	$-\sqrt{3}$	-1	$-\frac{\sqrt{3}}{3}$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$-\sqrt{3}$	$\pm\infty$	$-\sqrt{3}$	-1	$-\frac{\sqrt{3}}{3}$	0
ctg	$\mp\infty$	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	-1	$-\sqrt{3}$	$\mp\infty$	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0	$-\frac{\sqrt{3}}{3}$	-1	$-\sqrt{3}$	$\mp\infty$

### Знаки тригонометрических функций по четвертям

Четверть	Величина угла	sin	cos	tg	ctg	sec	cosec
I	От 0° до 90°	+	+	+	+	+	+
II	От 90 до 180	+	-	-	-	-	+
III	От 180 до 270	-	-	+	+	-	-
IV	От 270 до 360	-	+	-	-	+	-

ТАБЛИЦА ОБРАЩЕНИЯ МИНУТ И СЕКУНД В ДОЛИ ГРАДУСА

	0'	1'	2'	3'	4'	5'	
0	0.00000°	0.01667°	0.03333°	0.05000°	0.06667°	0.08333°	0 0.0
1	0028	1694	3361	5028	6694	8361	6 0.1
2	0056	1722	3389	5056	6722	8389	12 0.2
3	0083	1750	3417	5083	6750	8417	18 0.3
4	0111	1778	3444	5111	6778	8444	24 0.4
5	0.00139	0.01806	0.03472	0.05139	0.06806	0.08472	30 0.5
6	0167	1833	3500	5167	6833	8500	36 0.6
7	0194	1861	3528	5194	6861	8528	42 0.7
8	0222	1889	3556	5222	6889	8556	48 0.8
9	0250	1917	3583	5250	6917	8583	54 0.9
10	0.00278	0.01944	0.03611	0.05278	0.06944	0.08611	
11	0306	1972	3639	5306	6972	8639	
12	0333	2000	3667	5333	7000	8667	
13	0361	2028	3694	5361	7028	8694	
14	0389	2056	3722	5389	7056	8722	
15	0.00417	0.02083	0.03750	0.05417	0.07083	0.08750	
16	0444	2111	3778	5444	7111	8778	
17	0472	2139	3806	5472	7139	8806	
18	0500	2167	3833	5500	7167	8833	
19	0528	2194	3861	5528	7194	8861	
20	0.00556	0.02222	0.03889	0.05556	0.07222	0.08889	0.00''
21	0583	2250	3917	5583	7250	8917	0.00000°
22	0611	2278	3944	5611	7278	8944	.01
23	0639	2306	3972	5639	7306	8972	0.00001
24	0667	2333	4000	5667	7333	9000	.05
25	0.00694	0.02361	0.04028	0.05694	0.07361	0.09028	0.00002
26	0722	2389	4056	5722	7389	9056	.09
27	0750	2417	4083	5750	7417	9083	0.00003
28	0778	2444	4111	5778	7444	9111	.12
29	0806	2472	4139	5806	7472	9139	0.00004
30	0.00833	0.02500	0.04167	0.05833	0.07500	0.09167	.16
31	0861	2528	4194	5861	7528	9194	0.00005
32	0889	2556	4222	5889	7556	9222	.19
33	0917	2583	4250	5917	7583	9250	0.00006
34	0944	2611	4278	5944	7611	9278	0.00007
35	0.00972	0.02639	0.04306	0.05972	0.07639	0.09306	.23
36	1000	2667	4333	6000	7667	9333	0.00008
37	1028	2694	4361	6028	7694	9361	.26
38	1056	2722	4389	6056	7722	9389	0.00009
39	1083	2750	4417	6083	7750	9417	.30
40	0.01111	0.02778	0.04444	0.06111	0.07778	0.09444	0.00010
41	1139	2806	4472	6139	7806	9472	.34
42	1167	2833	4500	6167	7833	9500	0.00011
43	1194	2861	4528	6194	7861	9528	.37
44	1222	2889	4556	6222	7889	9556	.41
							.45
							0.00012
							.48
							0.00013
							.41
							0.00014

	0'	1'	2'	3'	4'	5'	
"							.52"
45	0.01250°	0.02917°	0.04583°	0.06250°	0.07917°	0.09583°	0.00015°
46	1278	2944	4611	6278	7944	9611	.55
47	1306	2972	4639	6306	7972	9639	0.00016
48	1333	3000	4667	6333	8000	9667	.59
49	1361	3028	4694	6361	8028	9694	0.00017-
							.62
50	0.01389	0.03056	0.04722	0.06389	0.08056	0.09722	0.00018
51	1417	3083	4750	6417	8083	9750	.66
52	1444	3111	4778	6444	8111	9778	0.00019
53	1472	3139	4806	6472	8139	9806	.70
54	1500	3167	4833	6500	8167	9833	0.00020
							.73
55	0.01528	0.03194	0.04861	0.06528	0.08194	0.09861	0.00021
56	1556	3222	4889	6556	8222	9889	.77
57	1583	3250	4917	6583	8250	9917	0.00022
58	1611	3278	4944	6611	8278	9944	.81
59	1639	3306	4972	6639	8306	9972	0.00023
							.84
60	0.01667	0.03333	0.05000	0.06667	0.08333	0.10000	0.00024
							.88
							0.00025
							.91
							0.00026
							.95
							0.00027
							.98
							0.00028
							1.00

## О Г Л А В Л Е Н И Е

	<i>Стр.</i>
Общие положения . . . . .	3
<b>Глава 1. Геодезические угломерные приборы. Измерение углов . . . . .</b>	<b>8</b>
Оптические теодолиты . . . . .	8
Поверки и исследования . . . . .	13
Основные правила обращения с теодолитами при эксплуатации и хранении . . . . .	31
Измерение горизонтальных углов . . . . .	32
Измерение зенитных расстояний . . . . .	40
Определение элементов центрировки и редукции . . . . .	42
Предварительная обработка угловых измерений . . . . .	47
<b>Глава 2. Приборы для линейных измерений. Измерение длин линий . . . . .</b>	<b>55</b>
Радиодальномер РДГВ . . . . .	55
Поверки и исследования . . . . .	56
Измерение длин линий . . . . .	62
Обработка результатов измерений . . . . .	65
Светодальномер СГ-3 . . . . .	73
Поверки и исследования . . . . .	74
Измерение длин линий . . . . .	81
Обработка результатов линейных измерений . . . . .	93
Топографический светодальномер 2СМ2 . . . . .	98
Поверки и исследования . . . . .	99
Измерение расстояний . . . . .	103
Обработка результатов измерений . . . . .	104
Квантовый топографический дальномер КТД-1 . . . . .	109
Поверки . . . . .	109
Измерение расстояний, горизонтальных и вертикальных углов . . . . .	113
Основные правила по технике безопасности при работе с радио- и светодальномерами . . . . .	120
Метеорологические приборы . . . . .	121
Поверки . . . . .	122
Землемерные стальные ленты . . . . .	125
Определение длины недоступных линий . . . . .	129
<b>Глава 3. Приборы для геометрического и барометрического нивелирования . . . . .</b>	<b>133</b>
Приборы для геометрического нивелирования . . . . .	133
Поверки нивелиров . . . . .	135
Поверки глухих нивелиров с уровнем при трубе . . . . .	135
Поверки нивелиров с компенсаторами . . . . .	139
Нивелирные рейки . . . . .	140
Поверки и исследования . . . . .	141
Основные правила обращения с нивелирами и рейками при эксплуатации и хранении . . . . .	146
Приборы для барометрического нивелирования . . . . .	147
Исследования микробарометров МБ-63 и МБЦ-1 . . . . .	152
Основные правила обращения с микробарометрами при эксплуатации и хранении . . . . .	153
<b>Глава 4. Вычислительные машины и решение геодезических задач . . . . .</b>	<b>156</b>
Электронная вычислительная машина ТЭМ-1 . . . . .	156
Предварительные вычисления геодезических сетей . . . . .	160

Приведение измеренных величин к центрам пунктов и на плоскость в проекции Гаусса . . . . .	161
Вычисление полигометрических и угловых ходов . . . . .	162
Вычисление высотно-теодолитных ходов . . . . .	168
Уравнивание плановых и высотных сетей и систем угловых ходов (сетевая задача) . . . . .	170
Преобразование координат и решение обратных геодезических задач . . . . .	187
Преобразование геодезических координат в плоские прямоугольные и обратно. Перевычисление плоских прямоугольных координат в смежную зону проекции Гаусса и в условную систему координат. Вычисление сближения меридианов . . . . .	187
Преобразование геодезических координат при переходе с одного эллипсоида на другой и решение пространственной и сферондической обратных геодезических задач (ОГЗ) . . . . .	190
Решение обратных геодезических задач по плоским прямоугольным координатам . . . . .	191
Электронная десятиклавишная вычислительная машина ЭДВМ-2П . . . . .	194
Подготовка к работе и основные правила решения геодезических задач . . . . .	200
Электронная клавишная вычислительная машина «Электроника БЗ-18» . . . . .	207
Подготовка ЭКВМ к работе и основные правила решения задач . . . . .	211
Решение геодезических задач . . . . .	212
Арифмометры «Феликс» и ВК-1 . . . . .	213
<b>Глава 5. Центры и наружные знаки геодезических пунктов . . . . .</b>	219
Центры геодезических пунктов . . . . .	219
Свободная установка «Стрела» и порядок работ при забивке свайных центров и опознавательных знаков . . . . .	230
Наружные знаки геодезических пунктов . . . . .	233
<b>Глава 6. Определение дирекционных углов направлений . . . . .</b>	254
Методы определения дирекционных углов с точностью 1—60" . . . . .	254
Определение дирекционных углов геодезическим методом с точностью 3—60" . . . . .	254
Уравнивание разомкнутого углового хода . . . . .	257
Уравнивание системы угловых ходов с одним связующим направлением . . . . .	262
Уравнивание системы угловых ходов с несколькими связующими направлениями . . . . .	264
Уравнивание сети треугольников . . . . .	267
Уравнивание системы из угловых ходов и треугольников . . . . .	272
Определение дирекционных углов направлений на ориентирные пункты со средней квадратической погрешностью 3—4" при восстановлении пунктов ГГС . . . . .	275
Угловая передача ориентировки коллиматорным методом . . . . .	278
Определение дирекционного угла направления между двумя недоступными для установки теодолита точками . . . . .	280
Переход от астрономического и геодезического азимутов к дирекционному углу . . . . .	282
<b>Глава 7. Определение координат пунктов специальных геодезических сетей, точек местности и различных объектов . . . . .</b>	286
Определение координат пунктов СГС методом триангуляции . . . . .	288
Определение координат пунктов СГС методом полигометрии . . . . .	296



Уравнивание дирекционных углов и вычисление координат пунктов полигонометрического хода . . . . .	297
Уравнивание системы полигонометрических ходов . . . . .	301
Определение координат пунктов СГС методом трилатерации . . . . .	305
Определение координат засечками . . . . .	309
Вычисление засечек . . . . .	311
Определение координат пунктов свободной СГС, точек местности и различных объектов от контурных точек карты . . . . .	315
Вычисление СГС, развитой в местной системе координат . . . . .	316
Особенности выполнения работ по развитию СГС в сложных метеорологических и ночных условиях . . . . .	317
Преобразование геодезических координат в плоские прямоугольные координаты и обратно, перевычисление плоских прямоугольных координат в смежную зону . . . . .	318
<b>Глава 8. Передача координат на большие расстояния . . . . .</b>	<b>319</b>
Определение координат пунктов хода из линейно-азимутальных звеньев . . . . .	320
Определение координат пунктов хода из азимутально-параллактических звеньев . . . . .	324
Определение координат пунктов ряда из азимутальных четырехугольников . . . . .	328
Определение координат пунктов хода из линейно-параллактических звеньев . . . . .	335
Определение координат пунктов ряда из линейных четырехугольников . . . . .	339
<b>Глава 9. Определение высот . . . . .</b>	<b>344</b>
Определение высот методами геометрического, тригонометрического и барометрического нивелирования . . . . .	344
Определение высот геометрическим нивелированием . . . . .	346
Определение высот тригонометрическим нивелированием по сторонам триангуляции, полигонометрии и трилатерации . . . . .	356
Определение высот проложением высотно-геодолитных ходов . . . . .	358
Уравнивание ходов и сетей тригонометрического нивелирования . . . . .	360
Определение высот по картам масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000 . . . . .	367
Определение высот пунктов барометрическим нивелированием . . . . .	367
<b>Приложения . . . . .</b>	<b>373</b>
1. Основные технические характеристики оптических теодолитов . . . . .	374
2. Условные знаки для составления проектов и схем в масштабе 1 : 200 000 . . . . .	375
3. Поправки $\delta$ за приведение измеренных направлений на плоскость проекции Гаусса . . . . .	379
4. Основные технические характеристики приборов для линейных измерений . . . . .	380
5. Поправки $\delta_H$ за приведение длин линий к уровню моря . . . . .	382
6. Поправки $\delta_L$ за приведение длин линий на плоскость проекции Гаусса . . . . .	389
7. Поправки для вычисления расстояний, измеренных дальномером КТД-1 . . . . .	390
8. Поправки $\delta_t$ за температуру в длины линий, измеренных стальной лентой . . . . .	392
9. Основные технические характеристики нивелиров . . . . .	393
10. Карточка обследования и восстановления геодезического пункта . . . . .	394
11. Список обследованных и восстановленных геодезических пунктов . . . . .	396
12. Виды и состав геодезических расчетов при передаче координат на большие расстояния . . . . .	397
13. Таблицы для вычисления поправок $f$ в превышения за кривизну Земли и рефракцию . . . . .	398

14. Поправки $\delta_a$ за приведение к горизонту линий, измеренных по вертикальной рейке . . . . .	400
15. Веса для уравнивания высот пунктов из тригонометрического нивелирования (для двусторонних превышений) . . . . .	403
16. Таблицы для вычисления сближения меридианов по плоским прямоугольным координатам (в диапазоне широт от 0 до $81^\circ$ ) . . . .	404
17. Математические формулы . . . . .	413
18. Таблица обращения минут и секунд в доли градуса . . . . .	416

---

## ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть
37	3-я сверху, в табл. 18, графа 4-я		50,6 (перечеркнутое посередине горизон- тальной чертой как ошибочное)
45	Рис. 13, верхняя часть	$A_{II}$	$A_2$
107	Рис. 22, справа вверху	$P_{рт. ст.}$	$P_{м.м. рт. ст.}$
174	12-я снизу	ячейки	ячейке
223	6-я .	бурения перед по- гружением,	бурения, перед по- гружением
247	2-я .	0,5 м	0,5 М
318	17-я и 18-я сверху	геодезических коор- динат в плоские пря- моугольные	плоских прямоуголь- ных координат в гео- дезические
335	15-я снизу	(рис. 102)	(рис. 103)
347	3-я сверху	скалам)	скатам)
376	1-я снизу	В условном знаке дан кружок с точкой	В условном знаке должен быть кружок с крестом, как у знака временного репера (стр. 377)

К зак. П-173