

М.И.Гвардейцев
В.П.Морозов
В.Я.Розенберг

1

СПЕЦИАЛЬНОЕ
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ
УПРАВЛЕНИЯ

Под общей редакцией
М.И.Гвардейцева

Москва
'Советское
радио'

1978

ББК 32.81
Г 25
УДК 007 . 51 . 681 3

*Редакция
кибернетической
литературы*

Г $\frac{30502-055}{046(01)-78}$ 56-79

© Издательство «Советское радио», 1978 г.

В книге излагаются основные принципы и пути перехода от теории научного управления обществом, особенностью которого является общественная собственность на средства производства и централизованное планирование, к ее формализованному представлению в виде алгоритмов и программ, пригодном для принятия конкретных решений при управлении. При отображении теории научного управления обществом в систему специального математического обеспечения управления мы не можем рассчитывать на опыт зарубежной науки — эту систему предстоит создать науке страны развитого социализма. Нет прецедентов создания промышленности, продукцией которой являются научные теории в форме алгоритмов и программ. Эту отрасль промышленности предстоит создать советской науке и государству. Сформулированы и обоснованы основные свойства, которыми должна обладать система специального математического обеспечения управления. Дано описание процесса производства специального математического обеспечения управления и изложены особенности разработки его основных составных элементов: информационной, математической и программной моделей.

Показана роль системы в управлении. Излагаются некоторые вопросы внедрения системы специального математического обеспечения в практику, а также принципы его обслуживания и модификации. Обосновывается необходимость создания теории специального математического обеспечения управления, введением в которую фактически является книга.

В приложении приводится перечень проблем, требующих решения. Материал книги является оригинальным и ранее нигде не публиковался.

Книга представляет интерес для широкого круга научных работников и исследователей в области кибернетики, автоматизации управления, для философов, математиков и инженеров, для специалистов по прикладным проблемам, связанным с применением вычислительных машин, а также для руководителей различных рангов и уровней.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 17

Введение 21

Глава 1. НОВОЕ В ОБЕСПЕЧЕНИИ УПРАВЛЕНИЯ 29

- | | |
|---|--|
| 1.1 Необходимость совершенствования управления 30 | 1.2 Возможности совершенствования управления 37 |
| 1.1.1. Управление 30 | 1.2.1. Вычислительная техника 37 |
| 1.1.2. Рост объемов материальных масс 33 | 1.2.2. Общесистемное математическое обеспечение 39 |
| 1.1.3. Сложность управления 34 | 1.2.3. Роль математики 41 |
| 1.1.4. Последствия решений 36 | 1.3 Выводы 45 |

Глава 2. СИСТЕМА СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ 47

- | | |
|--|---|
| 2.1 Описание системы 48 | 2.1.3. Морфологическое описание подсистемы 63 |
| 2.1.1. Функциональное описание 48 | 2.2 Основные классы 69 |
| 2.1.2. Морфологическое описание системы 61 | 2.3 Выводы 89 |

Глава 3. ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛЬНОМУ МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ УПРАВЛЕНИЯ 91

- | | |
|--|-------------------------------|
| 3.1 Общие требования 91 | 3.2. Частные требования 111 |
| 3.1.1. Обоснованность 93 | 3.2.1. Реализуемость 111 |
| 3.1.2. Творческое и формализованное 94 | 3.2.2. Эффективный диалог 118 |
| 3.1.3. Материализация 99 | 3.2.3. Адаптивность 122 |
| 3.1.4. Развитие 105 | 3.2.4. Совместимость 125 |
| 3.1.5. Реальное время 107 | 3.2.5. Надежность 128 |
| | 3.3 Выводы 130 |

Глава 4 РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ 133

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 4 1. Системность разработки 133 | 4.2.3. Решение о разработке 151 |
| 4.1.1. Критерии 134 | |
| 4.1.2. Систематизированная информационная база 138 | 4 3 Организация разработки 153 |
| 4.1.3. Внешние связи 139 | 4.3.1. Организации-разработчики 153 |
| 4.1.4. Условия хранения 139 | 4.3.2. Коллектив разработчиков 155 |
| 4.1.5. Стандарты 139 | 4.3.3. Роль потребителя 159 |
| 4 2 Начальный импульс 142 | 4.3.4. Производственная база 161 |
| 4.2.1. Субъективные факторы 142 | 4 4 Выводы 162 |
| 4.2.2. Объективные факторы 144 | |

Глава 5 ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ 165

- | | |
|---|-------------------------------|
| 5 1. Состав информационной модели 166 | 5 2 Разработка 173 |
| 5.1.1. Структура 166 | 5.2.1. Общие принципы 174 |
| 5.1.2. Блоки переработки информации 167 | 5.2.2. Информативность 183 |
| 5.1.3. Информационные массивы 167 | 5.2.3. Диалог 185 |
| 5.1.4. Точки диалога 170 | 5.2.4. Сигнальная система 193 |
| 5.1.5. Параметрические связи 171 | 5.2.5. Контур управления 195 |
| 5.1.6. Функционирование 171 | 5.2.6. Правильность 199 |
| | 5 3. Выводы 200 |

Глава 6. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ 201

- | | |
|---|---------------------------------|
| 6 1. Состав математической модели 203 | 6 1.8. Время 213 |
| 6.1.1. Правильность 203 | 6.1.9. Комментарии 216 |
| 6.1.2. Реакция на нарушение 204 | 6.1.10. Структура 218 |
| 6.1.3. Служебный диалог 206 | 6 2 Разработка 219 |
| 6.1.4. Полнота 206 | 6.2.1. Общие принципы 219 |
| 6.1.5. Неопределенность 208 | 6.2.2. Модульность 225 |
| 6.1.6. Обучение 209 | 6.2.3. Оптимизация 229 |
| 6.1.7. Пространство средств автоматизации 210 | 6.2.4. Управление расчетами 230 |
| | 6.2.5. Правильность 233 |
| | 6 3 Выводы 237 |

Глава 7. ПРОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ 239

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| 7 1. Состав программной модели 240 | 7.2.2. Автоматизация разработки 250 |
| 7 1.1 Структура 240 | 7.2.3 Оптимизация размещения 251 |
| 7 1.2 Функции модулей 243 | 7.2.4. Правильность 252 |
| 7 2 Разработка 247 | 7 3 Выводы 254 |
| 7 2.1 Основные принципы 247 | |

Глава 8 ВНЕДРЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ 255

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 8 1 Обеспечение внедрения 255 | 8 3.2. Размещение 272 |
| 8.1.1. Средства внедрения 255 | 8.3.3. Проверка работоспособности 276 |
| 8.1.2. Правильность 260 | 8.3.4. Передача 276 |
| 8 2 Организация внедрения 262 | 8.3.5. Опытная эксплуатация 278 |
| 8.2.1. Коллектив внедрения 262 | 8 4 Внедрение в систему 282 |
| 8.2.2. Психологический барьер 265 | 8 4.1. Старшая система 282 |
| 8 3 Внедрение в управление 270 | 8 4.2. Сопряженные системы 287 |
| 8.3.1 Подготовка кадров 270 | 8 4.3. Фбнд 289 |
| | 8 5 Выводы 292 |

Глава 9 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ 295

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| 9 1 Право 295 | 9.2.3 Синхронизация 309 |
| 9 1.1. Ответственность 296 | 9.2.4. Теория 310 |
| 9.1.2. Правовая сила документа 297 | 9.2.5. Контроль результатов 312 |
| 9.1.3. Право на корректирование 303 | 9 3 Организация использования 314 |
| 9.1.4. Поставка информации 305 | 9.3.1. Организация работы 315 |
| 9 2 Области использования 306 | 9.3.2. Обеспечение информацией 316 |
| 9.2.1. Долгосрочное планирование 307 | 9 4 Выводы 318 |
| 9 2.2. Оперативное управление 308 | |

Глава 10 ОБСЛУЖИВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ 321

- 10 1. Необходимость обслуживания 321
 - 10 1 1. Информационное воздействие 322
 - 10 1.2. Материальные носители 323
 - 10.1.3. Технические средства 324
- 10 2 Области обслуживания 325
 - 10.2 1 Фонд 326
 - 10.2 2 Информационная база 327
 - 10.2.3. Процесс использования 329
- 10 3. Обслуживание фонда 332
 - 10.3.1. Пополнение фонда 332
 - 10.3 2. Проверка непротиворечивости 333
 - 10.3 3 Идентификация 334
 - 10 3.4. Аннотирование 335
 - 10.3 5 Хранение 336
 - 10 3 6 Выдача справок 337
 - 10.3.7 Размножение эталонов 338
 - 10.3 8 Корректирование 339
 - 10 3 9 Анализ статистики 340
 - 10 3.10 Исключение из фонда 341
- 10 4 Обслуживание информационной базы 342
 - 10 4 1. Контроль поступления сведений 342
 - 10 4.2. Правильность использования 343
 - 10.4.3. Контроль содержания 344
 - 10 4 4 Проверка сохранности 344
 - 10.4 5 Перенос данных 345
 - 10 4 6 Архивное хранение 346
 - 10.4 7. Корректирование структуры и состава 347
 - 10.4 8 Новые носители 348
- 10 5 Обслуживание процесса использования 348
 - 10 5 1. Очередь входящих сообщений 349
 - 10 5 2. Очередь результатов 350
 - 10 5 3. Ограничение доступа 350
 - 10 5 4. Источники сведений 351
 - 10 5 5 Получатели сведений 352
 - 10 5 6 Конфигурация технических средств 352
 - 10 5 7 Конфликтные ситуации 353
- 10 6 Выводы 356

Глава 11 МОДИФИКАЦИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ 357

- 11 1. Необходимость модификации 358
 - 11 1 1. Организация управления 358
 - 11 1 2 Объекты управления 361
 - 11 1 3. Технология производства 362

- 11.1.4 Объем работ 363
- 11.1.5. Математические методы 363
- 11.1.6. Ошибки 364
- 11.1.7. Сложность системы 365
- 11.2 Области и виды модификации 365
 - 11.2.1 Информационная модель 365
 - 11.2.2. Математическая модель 367
 - 11.2.3. Программная модель 370
- 11.3 Организация работ по модификации 370
 - 11.3.1. Право на модификацию 370
 - 11.3.2 Организация работ 372
 - 11.3.3. Технология модификации 373
- 11.4. Выводы 376

Глава 12. ТЕОРИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ 377

- 12.1 Необходимость теории 379
 - 12.1.1. Предмет исследования 379
 - 12.1.2. Необходимость исследования 382
 - 12.1.3. Наличие условий 387
- 12.2. Контуры теории 388
 - 12.2.1. Стандартное представление прикладной математической теории 391
 - 12.2.2. Специальное математическое обеспечение управления как теория технологии производства научных теорий 394
- 12.3 Некоторые проблемы 396
 - 12.3.1. Структура органа управления 398
 - 12.3.2. Планирование 400
 - 12.3.3. Ресурсы 403
 - 12.3.4. Адаптация к реальному времени 404
 - 12.3.5 Граница автоматизации 407
 - 12.3.6. Надежность 409
 - 12.3.7. Активная информационная база 414
 - 12.3.8. Архивное хранение данных 415
 - 12.3.9. Конфликтные ситуации 415
 - 12.3.10 Информационная взаимосвязь 416
- 12.4. Выводы 417

Глава 13 ЭФФЕКТИВНОСТЬ 419

- 13.1. Система управляемых объектов 419
 - 13.1.1. Использование 420
 - 13.1.2. Развитие 424
- 13.2 Управляющая система 426
 - 13.2.1. Оперативность 428
 - 13.2.2. Обоснованность 435
 - 13.2.3. Непрерывность 443
 - 13.2.4. Полнота 445
- 13.3 Выводы 446

Глава 14 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ 449

14.1. Практика разработки 449

14.1.1. Математическое
обеспечение — продукт
производства 449

14.1.2. Промышленная ба-
за 451

14.1.3. Промышленная раз-
работка 458

14.1.4. Математическое
обеспечение и АСУ 462

14.1.5. Сроки разработки
466

14.1.6. Теоретические осно-
вы 475

14.1.7. Кадры 476

14.2. Практика использования
477

14.2.1. Область использо-
вания 477

14.2.2. Объем использова-
ния 481

14.2.3. Советы руководи-
телям 481

14.3. Выводы 483

Заключение 485

Приложение Некоторые проблемы теории специального мате-
матического обеспечения управления 490

Предметный указатель 505

CONTENTS

Foreword 17

Introduction 21

Chapter 1. PROGRESS IN MANAGEMENT SUPPORT 29

- | | |
|---|--|
| 1.1. Need of management improvement 30 | 12. Possibilities of management improvement 37 |
| 1.1.1. <i>Management</i> 30 | 1.2.1. <i>Computer science</i> 37 |
| 1.1.2. <i>Increase of mass media</i> 33 | 1.2.2. <i>System software</i> 39 |
| 1.1.3. <i>Complexity of decisions</i> 34 | 1.2.3. <i>Role of mathematics</i> 41 |
| 1.1.4. <i>Consequencies of decisions</i> 36 | 13. Conclusions 45 |

Chapter 2. SYSTEM OF SPECIALIZED SOFTWARE FOR MANAGEMENT 47

- | | |
|---|--|
| 2.1. System description 48 | 2.1.3. <i>Morphological subsystem description</i> 63 |
| 2.1.1. <i>Functional description</i> 48 | 22. Basic categories 69 |
| 2.1.2. <i>Morphological system description</i> 61 | 23. Conclusions 89 |

Chapter 3. REQUIREMENTS FOR SPECIALIZED SOFTWARE FOR MANAGEMENT 91

- | | |
|--|------------------------------------|
| 3.1. General requirements 91 | 32. Particular requirements 111 |
| 3.1.1. <i>Validity</i> 93 | 3.2.1. <i>Feasibility</i> 111 |
| 3.1.2. <i>Creative and formalized</i> 94 | 3.2.2. <i>Effective dialog</i> 118 |
| 3.1.3. <i>Embodiment</i> 99 | 3.2.3. <i>Adaptability</i> 122 |
| 3.1.4. <i>Development</i> 105 | 3.2.4. <i>Compatibility</i> 125 |
| 3.1.5. <i>Real time</i> 107 | 3.2.5. <i>Reliability</i> 128 |
| | 33. Conclusions 130 |

Chapter 4 DESIGN OF SPECIALIZED SOFTWARE FOR MANAGEMENT 133

- | | |
|---|---|
| 4.1. System approach to design 133 | 4 2 1 <i>Subjective factors</i> 142 |
| 4 1 1. <i>Criteria</i> 134 | 4 2 2. <i>Objective factors</i> 144 |
| 4 1 2 <i>System approach to data base</i> 138 | 4 2 3 <i>Decision for design</i> 151 |
| 4.1.3. <i>External communications</i> 139 | 4 3 Design organization 153 |
| 4.1.4 <i>Storage conditions</i> 139 | 4 3 1 <i>Organizations as designers</i> 153 |
| 4 1 5 <i>Standards</i> 139 | 4 3 2. <i>Team of designers</i> 155 |
| 4 2 Impetus 142 | 4 3 3 <i>User's role</i> 159 |
| | 4 3 4 <i>Production base</i> 161 |
| | 4 4 Conclusions 162 |

Chapter 5 INFORMATION MODEL 165

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 5 1 Composition of information model 166 | 5 1 6. <i>Operation</i> 171 |
| 5 1 1 <i>Structure</i> 166 | 5 2 Design 173 |
| 5.1.2. <i>Information processing blocks</i> 167 | 5 2 1. <i>General principles</i> 174 |
| 5.1.3. <i>Files of information</i> 167 | 5 2 2 <i>Information contents</i> 183 |
| 5 1 4 <i>Points of dialog</i> 170 | 5 2 3 <i>Dialog</i> 185 |
| 5 1 5 <i>Parametric couplings</i> 171 | 5 2 4. <i>Signal system</i> 193 |
| | 5 2 5 <i>Control circuit</i> 195 |
| | 5 2 6 <i>Correctness</i> 199 |
| | 5 3 Conclusions 200 |

Chapter 6 MATHEMATICAL MODEL 201

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 6.1 Composition of mathematical model 203 | 6.1.8. <i>Time</i> 213 |
| 6.1.1 <i>Correctness</i> 203 | 6.1.9. <i>Comments</i> 216 |
| 6.1.2 <i>Response to disturbance</i> 204 | 6 1.10. <i>Structure</i> 218 |
| 6.1.3. <i>Service dialog</i> 206 | 6 2. Design 219 |
| 6 1 4. <i>Completeness</i> 206 | 6 2 1. <i>General principles</i> 219 |
| 6.1.5. <i>Uncertainty</i> 208 | 6 2 2 <i>Modular structure</i> 225 |
| 6 1 6. <i>Training</i> 209 | 6 2 3. <i>Optimization</i> 229 |
| 6.1.7. <i>Scope of automation facilities</i> 210 | 6 2 4 <i>Computation control</i> 230 |
| | 6 2 5 <i>Correctness</i> 233 |
| | 6.3 Conclusions 237 |

Chapter 7. PROGRAM MODEL 239

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 7.1 Composition of program model 240 | 7.2.2 <i>Design automation</i> 250 |
| 7.1.1. <i>Structure</i> 240 | 7.2.3 <i>Optimization of allocation</i> 251 |
| 7.1.2. <i>Module functions</i> 243 | 7.2.4. <i>Correctness</i> 252 |
| 7.2 Design 247 | 7.3. Conclusions 254 |
| 7.2.1. <i>General principles</i> 247 | |

Chapter 8 IMPLEMENTATION OF SPECIALIZED SOFTWARE FOR MANAGEMENT 255

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 8.1. Implementation support 255 | 8.3.2. <i>Allocation</i> 272 |
| 8.1.1. <i>Implementation facilities</i> 255 | 8.3.3 <i>Performance check</i> 276 |
| 8.1.2. <i>Correctness</i> 260 | 8.3.4. <i>Assignment</i> 276 |
| 8.2 Organization of implementation 262 | 8.3.5. <i>Trial operation</i> 278 |
| 8.2.1. <i>Implementation team</i> 262 | 8.4. Implementation into system 282 |
| 8.2.2. <i>Psychological barrier</i> 265 | 8.4.1. <i>Main system</i> 282 |
| 8.3 Implementation into management 270 | 8.4.2. <i>Conjugate systems</i> 287 |
| 8.3.1. <i>Personnel training</i> 270 | 8.4.3 <i>File</i> 289 |
| | 8.5. Conclusions 292 |

Chapter 9. APPLICATION OF SPECIALIZED SOFTWARE 295

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 9.1 Authority 295 | 9.2.3. <i>Timing</i> 309 |
| 9.1.1 <i>Responsibility</i> 296 | 9.2.4 <i>Theory</i> 310 |
| 9.1.2. <i>Document validity</i> 297 | 9.2.5. <i>Performance check</i> 312 |
| 9.1.3. <i>Right of correction</i> 303 | 9.3 Organization of application 314 |
| 9.1.4 <i>Information supply</i> 305 | 9.3.1. <i>Scheduling</i> 315 |
| 9.2 Applications 306 | 9.3.2. <i>Information support</i> 316 |
| 9.2.1. <i>Long-range planning</i> 307 | 9.4. Conclusions 318 |
| 9.2.2. <i>Effective management</i> 308 | |

Chapter 10 MAINTENANCE OF SPECIALIZED SOFTWARE 321

- 10 1. Need of maintenance 321
 - 10 1.1 *Information influence* 322
 - 10 1.2 *Media* 323
 - 10 1.3 *Hardware* 324
- 10 2 Maintenance areas 325
 - 10 2.1 *File* 326
 - 10 2.2. *Data base* 327
 - 10 2.3. *Application process* 329
- 10 3 File maintenance 332
 - 10 3.1. *Additional charge* 332
 - 10 3 2. *Absence of discrepancy* 333
 - 10.3.3. *Identification* 334
 - 10.3.4. *Annotating* 335
 - 10 3.5. *Storage* 336
 - 10.3 6 *Reference output* 337
 - 10 3 7 *Duplication of standards* 338
 - 10 3.8. *Correction* 339
 - 10 3 9. *Statistical analysis* 340
 - 10 3.10 *Withdrawal* 341
- 10 4. Data base maintenance 342
 - 10.4.1. *Input check* 342
 - 10.4 2. *Validity of application* 343
 - 10.4.3. *Composition check* 344
 - 10 4 4. *Integrity check* 344
 - 10 4 5. *Data transfer* 345
 - 10 4.6 *Archival storage* 346
 - 10 4 7. *Structure and composition correction* 347
 - 10.4.8. *New media* 348
- 10 5 Maintenance of application process 348
 - 10 5 1. *Queue of input messages* 349
 - 10 5 2. *Queue of output messages* 350
 - 10.5.3. *Authorized access* 350
 - 10 5 4. *Sources of information* 351
 - 10 5 5. *Users of information* 352
 - 10.5.6. *Hardware configuration* 352
 - 10.5 7. *Contentions* 353
- 10 6 Conclusions 356

Chapter 11. MODIFICATION OF SPECIALIZED SOFTWARE FOR MANAGEMENT 357

- 11.1. Need of modification 358
 - 11 1 1 *Organization of control* 358
 - 11 1 2 *Controlled objects* 361
 - 11.1.3. *Technology of production* 362
 - 11.1.4. *Volume of work* 363
 - 11.1.5 *Mathematical methods* 363
 - 11 1 6. *Errors* 364
 - 11.17 *System complexity* 365
- 11 2 Areas and types of modifications 365
 - 11 2 1. *Information model* 365
 - 11 2 2 *Mathematical model* 367
 - 11.2.3. *Program model* 370

- 11 3 Modification scheduling 370
11.3.1. Right for modification 370
- 11 3 2. *Scheduling* 372
 11 3 3. *Technology of modification* 373
- 11 4 Conclusions 376
- Chapter 12. THEORY OF SPECIALIZED SOFTWARE FOR MANAGEMENT 377
- 12 1. Need of theory 379
12.1.1. Subject of research 379
12.1.2. Need of research 382
12.1.3 Availability of conditions 387
- 12 2 Outline of theory 388
12.2.1 Standard representation of applied mathematical theory 391
12.2.2. Specialized software for management as theory of technology for creating scientific theories 394
- 12 3 Additional problems 396
- 12 3 1. *Structure of organization* 398
 12 3 2. *Planning* 400
 12 3 3. *Resources* 403
 12 3 4 *Real time adaptation* 404
 12 3 5. *Limitation of automation* 407
 12 3 6 *Reliability* 409
 12 3 7. *Active data base* 414
 12 3 8. *Archival storage of information* 415
 12 3 9 *Contentions* 415
 12 3.10. *Information relationship* 416
- 12 4 Conclusions 417
- Chapter 13 EFFICIENCY 419
- 13 1 System of managed objects 419
13.1.1. Utilization 420
13.1.2 Development 424
- 13 2 Managing system 426
- 13 2 1. *Effectiveness* 428
 13 2 2 *Validity* 435
 13 2 3 *Continuity* 443
 13 2 4. *Completeness* 445
- 13 3 Conclusions 446
- Chapter 14 STATE-OF-THE-ART 449
- 14 1. Design practice 449
14.1.1. Software as industrial product 449
14.1.2. Industrial base 451
14.1.3. Industrial development 458
14.1.4. Software and MIS 462
14.1.5. Time of development 466
- 14 1 6 *Theoretical foundations* 475
 14 1 7 *Personnel* 476
- 14 2. Application experience 477
14.2.1. Application area 477
14.2.2. Volume of application 481
14.2.3 Suggestions to managers 481
- 14.3 Conclusions 483

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современная наука уделяет большое внимание вопросам управления в целом и количественным методам обоснования принимаемых решений в частности.

Обществом созданы огромные материальные ресурсы. Эффективное использование их во многом определяется качеством управления. Принципиально новое качество управлению могут придать средства автоматизации. Однако надежды на повышение качества управления путем внедрения автоматизированных систем управления в полной мере еще не оправдались. Средства автоматизации еще не стали достаточно мощным помощником руководителей всех уровней. Многие руководители не получают от них необходимой помощи. Результаты работы средств автоматизации либо не поступают к руководителям вообще, либо поступают после обработки их помощниками. Этими результатами руководитель пользуется эпизодически. Все это свидетельствует о том, что возможности средств автоматизации переработки информации используются далеко не в полной мере. Более того, там, где они могут принести наибольший эффект, — при обеспечении принятия своевременных и обоснованных решений на высших уровнях управления, они практически не используются.

Таково положение, с которым авторы столкнулись в своей практической деятельности.

Можно указать следующие основные причины подобного положения.

Во-первых, управление в обществе является сложным творческим процессом. Еще недостаточно глубоко изучены и формализованы законы управления, и это сдерживает темпы внедрения средств автоматизации.

Во-вторых, понятие автоматизированной системы управления в основном отождествлялось с электронными

вычислительными машинами. При этом недооценивалась роль алгоритмов и программ, предназначенных для содержательной переработки информации с целью выработки количественно обоснованных предложений для принятия решений в процессе управления.

Следовательно, в совершенствовании нуждается организация разработки этих средств. Разработка средств содержательной переработки информации (специального математического обеспечения) ведется несистемно. На их разработку выделяются недостаточные ресурсы. Создаваемые средства содержательной переработки информации не материализуются в форме, позволяющей их накапливание, распространение, совершенствование, а также эффективное использование. Эти средства часто остаются личным инструментом автора или в лучшем случае организации, его создавшей и использующей. Они часто уничтожаются без должного основания вместо того, чтобы принести пользу многим коллективам и организациям.

В-третьих, до настоящего времени отсутствует теория построения специального математического обеспечения управления, технология его разработки, внедрения и использования. Разработка электронных вычислительных машин ведется на промышленной основе. Разработка специального математического обеспечения управления ведется мелкими неспециализированными подразделениями. Создание специального математического обеспечения в настоящее время является искусством. Для устранения сложившегося несоответствия между созданием технических средств и математического обеспечения автоматизированных систем управления **необходимо разработку специального математического обеспечения управления превратить из искусства в науку.**

Для системы управления в обществе характерна глубокая взаимосвязь различных процессов, которая проявляется во взаимозависимости различных промышленных предприятий и целых отраслей, в их связи с транспортом и т. п. Совокупность средств содержательной переработки информации с целью повышения оперативности и обоснованности управления должна отражать эту взаимосвязь. Таким образом, она должна представлять собой систему, которая будет развиваться и изменяться вместе с развитием системы управления.

При значительном количестве хороших книг, посвященных различным вопросам создания средств автоматизации, математическому и информационному обеспечению, по-видимому, до сих пор не было книги, в которой бы с общих позиций рассматривались вопросы создания специального математического обеспечения как объекта, неразрывно связанного с управлением, а не с техническими средствами.

Данная книга посвящена теоретическим вопросам построения системы специального математического обеспечения управления.

В первых трех главах излагаются общие вопросы, связанные с этой системой, определяется ее место и связи с управлением, наукой, производством, формулируются основные требования к ее свойствам.

В гл. 4—7 рассматриваются основные вопросы технологии построения отдельных подсистем системы специального математического обеспечения управления.

Главы 8—11 посвящены вопросам внедрения и использования средств специального математического обеспечения управления, а также основным принципам их обслуживания и модификации.

В гл. 12 и 13 рассматриваются вопросы оценки эффективности использования специального математического обеспечения и обосновывается необходимость создания теоретической базы.

Последняя глава посвящена вопросам оценки современного состояния проблемы построения системы специального математического обеспечения управления.

В конце каждой главы имеются выводы.

В приложении приводится перечень некоторых нерешенных проблем, возникающих при создании и внедрении системы специального математического обеспечения управления. Авторы выражают надежду, что эти проблемы привлекут внимание специалистов.

Книга рассчитана на научных работников, руководителей различных рангов и уровней, руководителей, возглавляющих разработку средств автоматизации, специалистов, разрабатывающих средства автоматизации управления и математическое обеспечение.

Книга будет полезна молодым специалистам и студентам, интересующимся проблемами внедрения средств автоматизации в управление.

Настоящая книга является результатом многолетней работы авторов в области повышения эффективности управления на базе средств автоматизации.

Материал книги основан на новых идеях и результатах и еще нигде не публиковался. Когда авторы пользовались уже известными результатами, в тексте даны ссылки на источники.

Книга является результатом совместной работы авторов, которые несут равную ответственность за ее содержание.

Особую признательность авторы выражают Адмиралу Флота Советского Союза С. Г. Горшкову за участие в формировании концепции специального математического управления.

При написании книги авторы пользовались консультациями чл.-кор. АН СССР В. Г. Афанасьева и проф. д-ра эконом. наук Д. В. Валового, за что выражают им свою признательность.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность за полезные советы академикам В. М. Глушкову, Г. И. Марчуку, В. С. Семенихину, А. Н. Шукину, чл.-кор. АН СССР А. П. Ершову, профессорам Н. Г. Баринину, В. И. Дракину, А. А. Федулову и Л. И. Горшкову.

Авторы глубоко признательны П. Г. Кузнецову за помощь при подготовке рукописи к изданию.

ВВЕДЕНИЕ

В семье появился ребенок. Вместе с ним в дом вошло множество новых забот и новых тревог. Необходимо приобрести кроватку, коляску, детское белье. Вы тревожитесь о том, чтобы ваш ребенок рос крепким и здоровым. Начинаете думать о том, где он будет учиться. Со временем приходит забота о том, где он будет жить и где будет работать. Ясно, что здоровье ребенка зависит от медицинского обслуживания. Его успешная учеба от качества обучения в школе и т. д.

Если вас спросить, какое отношение к этим заботам и тревогам имеет *специальное математическое обеспечение управления*, то, скорее всего, вы просто удивитесь. На первый взгляд, нет никакой явной связи между вашими заботами и каким-то математическим обеспечением.

Постараемся разубедить вас в этом.

Для того чтобы ребенок мог своевременно получать квалифицированное медицинское обслуживание, главный врач близлежащей поликлиники не только должен быть квалифицированным специалистом, но также уметь успешно решать задачи управления: рационально организовать работу персонала, подобрать кадры, позаботиться об оборудовании, поставке медикаментов и т. п. Руководители города также для этой цели должны решить много задач управления, связанных с определением необходимого числа детских поликлиник, больниц, их места расположения. Для этого они должны уметь прогнозировать рост города, его перспективные потребности. Если они допустят ошибки при принятии решений, т. е. примут *необоснованное* решение, то окажется, что либо объемы медицинского обслуживания недостаточны, либо произведены неоправданные затраты. Ясно, что и первое, и второе — плохо. В первом случае ребенок не получит

своевременной медицинской помощи, во втором — излишние затраты в одном месте приведут к нехватке ресурсов в другом, например для строительства детских садов, школ, жилых домов. Если они примут решение несвоевременно, *неоперативно*, то в нужный момент вы не сможете получить необходимой помощи.

Ваши заботы и тревоги имеют прямое отношение к министру медицинской промышленности. Он должен, управляя промышленностью, принять такие решения, которые обеспечили бы своевременный выпуск лекарств в объеме, удовлетворяющем ваши потребности. Нетрудно представить, как сложно заранее с глубоким предвидением обосновать и принять рациональные решения.

Без особых пояснений ясно, что благополучие вашего ребенка зависит от многих руководителей, осуществляющих управление.

Теперь ответьте на вопрос, всегда ли все ваши заботы разрешались без затруднений? Не дожидаясь вашего ответа, мы можем с уверенностью сказать, что он будет отрицательным. Не всегда приходил своевременно врач, приходилось ждать очереди в поликлинике, не сразу удавалось получить место в детском садике, были трудности с квартирой и т. д.

При этом вы невольно отождествляли руководителей с результатами управления в обществе. Действительно, в рассмотренном примере успешность решения всех проблем, возникших перед вами, зависит от качества управления. От него зависит благополучие каждого члена общества, условия его жизни, быта и отдыха, условия и успешность его труда. Общим для множества разнообразных процессов, протекающих в обществе, является зависимость успеха от качества управления.

Таким образом, на вопрос о том, как улучшить условия вашей жизни, можно дать ответ, что необходимо совершенствовать качество управления. Это будет правильный вывод.

Продолжая рассуждение и справедливо отмечая, что управление в обществе осуществляют люди, можно прийти к выводу, что достаточно заменить слабых руководителей более способными и недостатки исчезнут. Это будет совершенно неправильный вывод.

Трудности, с которыми мы сталкиваемся, носят не субъективный, а объективный характер. Устранить их про-

стой сменой людей, ответственных за управление, нельзя. Основной причиной трудностей является огромное усложнение объектов управления, резкое увеличение взаимосвязей между ними. Сложность этих взаимосвязей такова, что руководитель объективно не может охватить и осмыслить весь поток сведений, поступающих к нему, оценить сложившуюся обстановку, найти и принять обоснованное решение. Каждое конкретное решение, принимаемое руководителем, должно в полной мере соответствовать объективным законам общественного развития. Проверка соответствия принимаемого решения этим законам должна проходить в темпе течения процесса управления.

Следовательно, необходимо искать пути оказания помощи руководителю. Как будет видно из дальнейшего изложения, традиционный путь увеличения числа работающих в сфере управления и числа органов управления уже исчерпал себя. Единственный выход — улучшение обеспечения управления, создание средств повышения эффективности управления.

За последние годы стало привычным связывать надежды на повышение эффективности управления с внедрением электронных вычислительных машин и автоматизированных систем управления. О них говорят, о них пишут, и только иногда, как о второстепенном, упоминают об их математическом обеспечении.

По нашему мнению, такой взгляд является не только неточным, но и вредным. Неточность заключается в смещении понятий. Математическое обеспечение, в том числе и специальное, рассматривается как средство, с помощью которого работают машины. Может быть, мы несколько утрируем положение, но значительная доля правды в такой оценке есть.

В любой области деятельности каждое решение есть следствие поиска лучшего варианта из множества возможных. Наилучшими являются варианты, в полной мере соответствующие объективным законам общественного развития. До появления электронных вычислительных машин перебор возможных вариантов достижения конечной цели, как правило, осуществлялся человеком подсознательно, а решение было следствием творческого озарения. Лучшие решения, правильность которых подтвердила история, принадлежали гениям, обладав-

шим способностью интуитивного перебора множества вариантов достижения цели. Вспомните открытие Менделеевым периодической таблицы элементов, решение Кутузова в Филях, проекты кораблей Титова. Увеличение числа взаимосвязей в обществе усложнило процесс выбора рационального варианта решения, одновременно повысилась степень влияния решений, принимаемых при управлении, на многие стороны человеческой деятельности. Поэтому возникла задача усилить способность каждого руководителя к перебору множества возможных вариантов достижения цели и выбору из него наилучшего. Появление электронных вычислительных машин создает предпосылки для решения этой задачи. Однако машины сами по себе не способны решить эту задачу. Для перебора и оценки возможных вариантов достижения цели необходимо создать специальный математический аппарат. Только с его использованием выработку и оценку возможных вариантов можно поручить машине, оставив право выбора решения за человеком. Такой подход позволяет усилить интеллектуальные возможности человека при принятии решения в процессе управления.

Таким образом, специальное математическое обеспечение управления, опираясь на объективные законы общественного развития, должно стать основным инструментом повышения интеллектуальной возможности руководителя. Это понятие неразрывно связано в первую очередь с содержанием управления. Для специального математического обеспечения управления электронные вычислительные машины — только средство, с помощью которого перерабатывается информация, средство для производства вычислений.

Вред сложившегося взгляда на роль математического обеспечения заключается в том, что, как следствие, на его создание не выделяются достаточные ресурсы, не создаются необходимые организационные условия, медленно разрабатываются теоретические основы его создания, внедрения, использования, обслуживания, модификации. Поставив на первое место электронные вычислительные машины, мы привязываем математическое обеспечение непосредственно к ним, создаем условия, при которых все внимание уделяется построению этих машин. На них тратятся основные ресурсы, выделенные на

совершенствование управления. Это приводит к несистемному, негармоничному развитию средств повышения эффективности управления. Математическое обеспечение, рассматриваемое как придаток к вычислительным машинам, развивается с запаздыванием, в ограниченных масштабах.

Более того, при этом неизбежно создаются условия для того, чтобы математическое обеспечение разрушалось, терялось, уничтожалось вместе со сменой конкретного типа машины. Если это закономерно для той части математического обеспечения, которая обслуживает работу техники, работу машины, то это недопустимо для той части математического обеспечения, которая осуществляет содержательную переработку информации и обслуживает процесс управления. Эта часть математического обеспечения (специальное математическое обеспечение управления) непосредственно связана с содержанием процесса управления. Без него решить проблему повышения эффективности управления на базе средств автоматизации невозможно.

Академик А. П. Александров указал на три основные национальные проблемы: программу развития энергетики, программу развития сельского хозяйства и программу использования вычислительной техники.

Успешное выполнение первых двух программ невозможно без решения задач третьей программы, целью которой является коренное улучшение планирования, контроля и оптимизации производства. Содержательной основой этой программы является построение системы специального математического обеспечения, в которой объективные законы и теория управления общественным развитием должны быть отображены в форме алгоритмов.

Основой построения системы специального математического обеспечения являются математические модели, алгоритмы, осуществляющие переработку информации состояния в параметры управления. Попытаемся проследить путь, по которому математические модели (алгоритмы) поступают в практику. Ученые научно-исследовательских институтов завершают свои работы общими методами решения задач. Если они работают в содружестве с промышленностью или выполняют конкретные заказы, то результаты их труда могут иметь форму за-

вершенных алгоритмов и программ для электронных вычислительных машин. Куда поступают все эти результаты? Не боясь слишком сильно ошибиться, авторы утверждают, что эти результаты фактически поступают в «никуда». Поток научных результатов, направленных на улучшение качества управления путем внедрения количественных методов, течет в «океан» общенаучных результатов. Небольшая его часть поступает в конкретные вычислительные центры и автоматизированные системы управления, а также в государственный и отраслевые фонды алгоритмов и программ. Еще меньшая часть публикуется в форме, обеспечивающей возможность воспроизведения. Таким образом, между наукой и практикой управления имеется разрыв, который приводит к потере результатов научного труда.

Вернемся к потребностям руководителя. Стремление помочь ему в принятии обоснованных решений привело к созданию ряда новых теорий. Так, появилась теория игр, исследование операций, теория принятия решений, в том числе и в условиях неопределенности. Все эти теории и их методы должны служить руководителю при обосновании и принятии решения. Считается, что грамотный руководитель должен овладеть всеми этими знаниями. Предположим, что руководитель действительно знаком со всеми этими теориями и методами.

Какую пользу он может из этого извлечь?

Ясно, что с помощью общих принципов этих теорий он сможет быстрее и точнее сформулировать те задачи, которые необходимо решить для достижения цели, более глубоко оценить сложившуюся обстановку и наметить генеральный путь действий. Однако этого мало. Ему нужна повседневная и непрерывная помощь, заключающаяся в количественном обосновании различных вариантов решений, в выборе из них наилучшего. Для этого он должен использовать не общие принципы теорий, а их конкретные результаты и методы. Такими результатами, как правило, не являются готовые рецепты к действию. Эти результаты изложены в форме правил переработки информации. Руководитель не может реализовать эти правила без привлечения современных средств обеспечения управления. Для того чтобы руководитель мог использовать эти правила, их необходимо материализовать в форме, позволяющей автоматизировать процесс пере-

работки информации. Такая материализация должна происходить с учетом взаимосвязи различных сопряженных друг с другом объектов и систем, с учетом возможности фиксации их текущего состояния и истории развития.

Система, материализующая правила переработки информации в форму, позволяющую автоматизировать их исполнение, названа нами системой специального математического обеспечения управления. Эта система должна объединить методы теории, опыт практики управления и представить их в форме, позволяющей использовать технические средства автоматизации передачи, приема, накапливания, переработки информации.

Объединение этой системы с вычислительными машинами и другими техническими средствами автоматизации позволит повысить эффективность управления.

В настоящей книге мы хотели рассмотреть наиболее узкое, по нашему мнению, место в совокупности средств повышения эффективности управления — состояние разработки средств содержательной переработки информации в процессе управления. В книге определено понятие системы специального математического обеспечения управления, ее роль и место в системе управления и в совокупности других средств автоматизации управления, рассмотрены принципиальные вопросы создания системы, а также сформулированы условия ее успешного развития. Анализ развития процесса внедрения средств автоматизации управления и накопленный опыт показали, что наиболее трудными в повышении эффективности управления являются проблемы содержательной переработки информации. В связи с этим возникла необходимость в теории построения системы специального математического обеспечения управления.

Специальное математическое обеспечение управления, по нашему глубокому убеждению, новая область науки и практики, которая должна будет бурно развиваться в ближайшие десятилетия. Это область, в которой белых пятен больше, чем полученных результатов, в которой есть множество проблем, требующих глубокого теоретического исследования. Развитие этого направления будет идти как по линии теории, так и по линии практики. Практические потребности в повышении эффективности управления настолько велики, что они неизбежно окажут

большое влияние на развитие теории. Речь идет о создании материализованного коллективного «автоматизированного мозга», который впитает в себя все достижения науки и практики управления, будет развиваться, совершенствоваться, обучаться и станет основным усилителем интеллектуальной мощности человечества.

В заключение дадим несколько советов читателям различных профессий.

Для руководителей, ответственных за распределение ресурсов и организацию работ в области совершенствования управления, достаточно ознакомиться с материалом гл. 1—3, 12—14 и § 4.1 и 4.2. Они найдут в них изложение основных целей создания системы специального математического обеспечения, описание областей его применения, изложение основных требований к свойствам системы, организационные предложения, связанные с необходимостью промышленной разработки специального математического обеспечения.

Руководителям, которые собираются использовать средства автоматизации с целью повышения эффективности управления, дополнительно полезно ознакомиться с материалом гл. 4, 8—10. Они найдут в них изложение вопросов организации разработки специального математического обеспечения управления для автономных подсистем, его внедрения, обслуживания; сведения об условиях развития специального математического обеспечения управления и путях оценки его эффективности.

Научным работникам, руководителям, которые возглавляют организации, создающие средства повышения эффективности управления, специалистам в области автоматизации управления, а также студентам и молодым специалистам, которые ищут место для приложения своих творческих сил, рекомендуем прочитать весь материал.

НОВОЕ В ОБЕСПЕЧЕНИИ УПРАВЛЕНИЯ

Развитие общества происходит в непрерывном совершенствовании процессов, выполняемых людьми. Скорость совершенствования отдельных процессов различна и зависит от многих обстоятельств: от состояния других процессов, от конкретно сложившихся условий и т. п.

В любом процессе присутствуют две составляющие — физическая и информационная (логическая). Первая характеризует преобразование и перемещение материальных масс, а вторая — переработку информации. Усиление физической составляющей осуществляется созданием новых более совершенных машин и механизмов, использованием новых источников энергии и повышением энергетической вооруженности труда. Усиление логической составляющей может быть осуществлено созданием средств, обеспечивающих более эффективную переработку информации.

Эффективность любого процесса зависит от обеих составляющих (физической и логической). Повышение эффективности процесса, как правило, требует совершенствования как физической, так и логической составляющей.

Основой любого процесса, протекающего в обществе, является цель. Целенаправленные действия невозможны без управления. Управление базируется на переработке информации, т. е. представляет логическую составляющую процессов.

Долгое время переработка информации при управлении являлась функцией только человека. Механизмом, выполняющим эту функцию, являлся мозг. Рост объемов материальных масс в деятельности человека начал вступать в противоречие с его ограниченными возможностями по переработке информации в процес-

се управления. Возникла необходимость повышения эффективности процесса переработки информации при управлении, т. е. усиления интеллектуальных возможностей человека и человечества.

Процесс повышения эффективности управления особенно интенсивно начал развиваться во второй половине нашего века. В этом возникла необходимость, для этого появились соответствующие условия.

1.1. НЕОБХОДИМОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ. Как уже отмечалось во введении, в дальнейшем, говоря об управлении, мы всегда будем иметь в виду только один его вид, а именно управление в обществе. При этом неперенным звеном в системе управления является человек, принимающий (утверждающий) решение.

1.1.1. Управление. Несколько десятилетий назад родилась наука кибернетика (наука об управлении)¹. Сформировались понятия системы управления, органа управления, объекта управления, прямой и обратной связей. Описание функционирования системы управления привело к понятию информации. Такая формализация процессов управления создала предпосылки для научного исследования структур систем управления, их функционирования и эффективности. Развитие этого научного направления продолжается. Так, например, в последние годы сделана попытка построения новой теории — системологии².

Уточним понятие «управление». Под управлением будем понимать целенаправленный процесс переработки информации. Основой этого процесса является целеполагание как завершающий акт этапа формирования цели действий. Цели, возникающие в умах людей, не субъективны, а вытекают из объективных закономерностей общественного развития. Таким образом, функцией целеполагания является не просто установ-

- ¹ **Винер Н.** Кибернетика. Изд. 2-е. М., «Сов радио», 1968
Афанасьев В. Г. Научное управление обществом (опыт системного исследования) М., «Мысль», 1968.
Гвишиани Д. М. Организация и управление. Социологический анализ буржуазных теорий М., «Наука», 1970.
- ² **Дружинин В. В., Конторов Д. С.** Проблемы системологии. М., «Сов. радио», 1976.

ление цели, а выведение цели из объективных законов развития общества. Любой субъективизм в определении цели неизбежно повлечет за собой снижение эффективности управления.

В интересах целеполагания орган управления собирает и анализирует информацию о состоянии объекта управления и условиях его действий. Этот анализ производится для оценки обстановки под углом зрения управления. Информация поступает в орган управления от объекта управления по линиям обратной связи и по другим каналам от сопряженных систем. Этот этап условно может быть назван первым, так как процесс управления непрерывен. Фактически на этом этапе также осуществляется контроль результатов выполнения объектом управления ранее принятых решений.

Следующим этапом является формирование плана для достижения цели. Орган управления, исходя из определенных целей, учитывая ограничения на имеющиеся ресурсы, сложившуюся обстановку и объективные законы общественного развития, формирует план. Из множества альтернативных вариантов плана выбирается один (наилучший), который является решением органа управления.

На следующем этапе решение органа управления по линиям прямой связи доводится до объекта управления. Один цикл процесса управления замыкается поступлением информации от объекта управления к органу управления по линиям обратной связи, содержащей данные о результатах, достигнутых при выполнении полученного решения.

Так схематически выглядит процесс управления. В дальнейшем такую простейшую схему, включающую *один* орган управления, связанный линиями прямой и обратной связи с *одним* объектом управления, функционирующую для достижения *одной* цели, будем называть *единичным контуром управления*.

Орган управления является мозгом системы управления. Система управления успешно выполняет свои функции, если правильно определены и достигаются цели управления.

Такая, на первый взгляд, простая формализованная схема вызвала к жизни развитие науки об управлении.

Своевременность этого подтверждается не только практикой, но и сатириками¹.

Основой успешного выполнения системой управления своих функций является ее способность **оперативно использовать объективные законы** общественного развития при выработке целей. Ясно, что для этого должны быть переработаны большие объемы информации. Без этого нельзя проанализировать сложившуюся обстановку и дать ей объективную оценку. Если эту функцию выполняет человек, то он пользуется неформализованными правилами вывода. Возникает противоречие между необходимостью обоснованного и оперативного решения задачи целеполагания и реальными возможностями человека. Для устранения этого противоречия необходимо изучение объективных законов и правил выполнения этой функции, а также создание аппарата формализованной переработки информации, т. е. необходимо применение математических методов.

Аналогичное противоречие возникает на этапе выработки плана и принятия решения. Качество решения зависит от того, насколько глубоко и полно учтены в конкретной ситуации общие объективные законы. Повышение качества выполнения работ на этом этапе приводит к необходимости перехода от неформализованных методов вывода, которыми пользуется человек, к математическим методам формализованной переработки информации. Таким образом, могут быть созданы условия для устранения противоречия между степенью обоснованности решения и своевременностью его выработки.

Методы переработки информации, представленные в форме алгоритмов, позволяют автоматизировать часть работ, выполняемых людьми в органах управления. Таким образом, будут созданы условия для более глубокой и полной переработки информации в процессе управления. Это приведет к повышению роли

¹ Так, С. Норткот Паркинсон (Закон Паркинсона М, «Прогресс», 1976) пишет. «В то время, как на науку зря и не зря расходуется масса денег, почти ничего не идет на ту ее разновидность, которая при гораздо меньших затратах могла бы принести гораздо большие плоды Речь идет о науке управления».

человека (руководителя). С одной стороны, он будет освобожден от части рутинной работы, а следовательно, у него появится больше времени для творческого анализа обстановки с целью принятия более обоснованного решения, а с другой — сможет принимать решения, используя для этого большие объемы имеющихся сведений.

Эти сведения будут переработаны автоматически и представлены в форме рекомендаций-вариантов возможных решений. За руководителем остается право (и обязанность) производить содержательный анализ полученных вариантов решений, корректировать их и утверждать наилучший в качестве решения.

Таким образом, руководитель сохраняет то место в системе управления, которое он занимает в настоящее время, но его возможности увеличиваются оперативно используемыми средствами автоматической переработки информации.

1.1.2. Рост объемов материальных масс. Необходимость совершенствования управления, в первую очередь, определяется ростом объемов материальных ресурсов в сфере человеческой деятельности. Так, энергетическая вооруженность страны за последние 10 лет удвоилась, больше чем в два раза увеличился объем добываемой нефти. В развитых странах мира ежегодно на душу населения производится до 10 000 кВт/ч электроэнергии, добывается около 2 т нефти, до 3000 м³ природного газа и т. п. Из добытого сырья выпускаются различные изделия, число наименований которых измеряется миллионами.

Вместе с ростом объемов материальных ресурсов растет и сложность организации управления производством, распределением и т. п.¹

Естественно, что между объемами материальных масс, которыми располагает человек (общество), и способ-

¹ Так, Д. М. Гвишиани в книге «Организация и управление» (М, «Наука», 1970) пишет: «Организация управления становится все более сложным делом. Ее задачи составляют не только управление производством, но и управление обменом, распределением, потреблением, услугами, финансами, а также каналами, коммуникациями, посредством которых осуществляются все эти процессы».

ностью к управлению должно быть рациональное соотношение¹. С увеличением этих объемов может возникнуть (и, как видно из дальнейшего изложения, уже возникло) положение, при котором существующие способы управления вступят с ними в противоречие. Это означает, что станет невозможным рациональное использование всех добываемых и производимых материальных ресурсов. Неизбежно возникнет необходимость совершенствования управления. Совершенствование механизма управления может идти как стихийно, так и целенаправленно. Второй путь требует привлечения научного подхода. Кроме структурных и экономических решений для совершенствования управления можно идти по пути повышения эффективности функционирования единичных контуров управления, что требует создания математических методов переработки информации.

1.1.3. Сложность управления. С развитием общества растет сложность тех задач, которые приходится решать в сфере управления. Так, например, доказано, что сложность задач управления экономикой растет быстрее, чем число людей, занятых в экономике². При ограниченных возможностях человеческого мозга по запоминанию сведений и скорости переработки информации это может приводить при неизменной технологии управления к увеличению числа людей, занятых

¹ Ст. Бир в книге «Кибернетика и управление производством» (М., Физматгиз, 1963) пишет: «В современной промышленности мощность рабочего, составляющая в среднем около 0,1 л с, усиливается до средней величины 1000 л с», т. е. увеличивается в десять тысяч раз. Можно считать доказанным, что возможности мозга человека по объемам информации, перерабатываемой в единицу времени, ограничены. Поэтому только путем образования и обучения трудно увеличить возможности мозга человека пропорционально росту энергетической вооруженности».

² В. М. Глушков (Глушков В. М. Введение в АСУ. Киев, «Техника», 1972) показывает, что с развитием экономики, увеличением числа экономических объектов между ними возникают дополнительные связи. Зависимость числа связей от числа объектов — нелинейная функция, характеризующая эту связь, — неубывающая (возрастающая). Каждая связь между объектами — это новая задача управления.

в сфере управления¹. Имеющаяся статистика подтверждает этот вывод².

Таким образом, увеличение сложности управления приводит к росту необходимых затрат живого труда на управление. Анализ показал, что уже существующие потребности управления вступили в противоречие с имеющимися ресурсами живого труда³.

Разрешение этого противоречия может идти либо по пути снижения качества управления, либо по пути совершенствования его технологии. Следовательно, возникла экономическая потребность в совершенствовании технологии управления для экономии затрат живого труда на управление. Такой вывод представляется правильным. В каждом случае он требует количественного обоснования. Может оказаться, что затраты на совершенствование технологии управления превысят ту экономию, которая будет достигнута благодаря повышению качества управления. Однако из приведенных оценок следует, что совершенствование управления только проведением организационных мероприятий уже невозможно. Экономия живого труда

¹ В. М. Глушков (Глушков В. М. Введение в АСУ. Киев. «Техника», 1972) говорит «... данные показывают, что в современную эпоху сложность объективно необходимых задач управления растет быстрее, чем квадрат числа людей, занятых в управлении»

² В. В. Соломатин и А. П. Гойхин пишут: «Тенденция развития систем управления за счет экстенсивных резервов продолжает преобладать. Так, в управлении было занято в 1960 г. 9,2 млн чел., в 1965 г. 11,3 млн чел., в 1970 г. 13,4 млн чел., в 1974 г. более 15 млн чел.» (Организационная структура управления. Материалы Всесоюз. семинара по проблеме «Совершенствование структуры управления в народном хозяйстве в условиях функционирования АСУ». Препринт ГК СМ СССР по науке и технике, 1975)

³ В. М. Глушков (Глушков В. М. Введение в АСУ. Киев, «Техника», 1972) дает следующие оценки нижней границу сложности решения задач управления в стране на начало 70-х годов можно оценить в 10^{16} арифметических операций в год, верхнюю границу средней производительности человеческого мозга в процессах переработки информации можно оценить в 10^6 операций в год. Следовательно, для выполнения 10^{16} операций в год потребуется не менее 10 млрд человек

в сфере управления может быть достигнута только совершенствованием механизма переработки информации, повышением его производительности.

Таким образом, возрастание сложности управления приводит нас к тому же выводу о необходимости создания математических методов переработки информации для сравнения практических решений с объективными законами общественного производства.

1.1.4. Последствия решений. С ростом энергетической вооруженности общества, с ростом объемов материальных ресурсов, а также с углублением научных знаний о природе возрастает степень влияния решений в сфере управления на отдаленные последствия. Решения, принятые сегодня, могут оказывать не только прямое влияние на достижение поставленных целей, но и косвенное, приводя ко многим существенным последствиям, которые станут ясными через значительные промежутки времени.

Последние десятилетия дают этому множество примеров. Если одно решение оказывает благотворное влияние на смежные области, никаких особых проблем не возникает. Но это влияние может быть и отрицательным. Так, решения о строительстве промышленных предприятий впоследствии могут оказать пагубное влияние на рыбное хозяйство. Искусственный рост фауны может губительно сказаться на развитии леса, на сельском хозяйстве отдельных районов и т. п.

Приведенные примеры очевидны. Однако и в подобных случаях заранее предсказать последствия принятых решений достаточно сложно. Для принятия обоснованных решений с учетом множества возможных последствий нужно уметь целенаправленно перерабатывать большие объемы информации, строить математические модели, описывающие возможные пути развития событий в зависимости от вариантов принятых решений. При дефиците живого труда, который имеется в сфере управления, основным путем получения обоснованных решений является создание формализованного аппарата переработки информации. Таким образом, мы снова приходим к тому же выводу: для оценки отдаленных последствий принимаемых решений необходимо разрабатывать математические методы переработки информации.

12. ВОЗМОЖНОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ. Необходимость совершенствования управления является объективной потребностью современного общества. Рассмотрим, какие условия имеются для ее удовлетворения. Проанализируем то новое, что возникло за последние десятилетия и создало предпосылки для совершенствования технологии управления.

1.2.1. *Вычислительная техника.* Повышение эффективности управления означает создание условий для увеличения темпов и объема переработки информации. Такая возможность появилась с созданием электронных вычислительных машин. За последние годы их быстродействие возросло на несколько порядков. Если в 50-е годы они могли выполнять сотни операций в секунду, то в настоящее время выполняют миллионы. Это означает, что они производят вычисления быстрее, чем человек, в 10^8 — 10^{10} раз. На много порядков возросли объемы оперативной и быстрой внешней памяти этих машин. Об электронных вычислительных машинах так много написано, что можно ограничиться сказанным.

Когда речь заходит об улучшении технологии управления путем автоматизации переработки информации, то, как правило, все или почти все успехи в этой области пытаются связать с электронными вычислительными машинами. О других технических средствах говорят вскользь, как о второстепенном, а программное и математическое обеспечение указывают в скобках. Правда, в последнее время не забывают сказать, что стоимость его разработки выше стоимости технических средств (включая стоимость вычислительных машин) и ее относительный вес продолжает расти. *Радикально улучшить технологию управления внедрением только электронных вычислительных машин (со стандартным комплексом устройств ввода—вывода) принципиально невозможно.*

Во-первых, с помощью электронных вычислительных машин можно только повысить скорость переработки информации на отдельных участках цикла управления. Сами по себе электронные вычислительные машины не способны обеспечить доведение информации от объектов управления до органа управления по линиям

обратной связи, а также от других обеспечивающих систем, осуществить эффективный диалог между руководителем и средствами автоматической переработки информации, ускорить процесс доведения принятых в органе управления решений до объектов управления. Для выполнения этих функций нужны автоматические датчики данных, автоматизированные каналы связи, обеспечивающие сопряжение объектов управления с памятью электронных вычислительных машин, устройства непосредственного общения руководителя с вычислительной машиной (устройства отображения и ввода данных).

Совокупность технических средств вместе с электронными вычислительными машинами должна обеспечивать все этапы цикла управления. Без этого нельзя добиться повышения оперативности управления. Таким образом, всем техническим средствам автоматизации управления должно быть уделено одинаковое внимание.

Во-вторых, электронные вычислительные машины для организации функционирования нуждаются в общественном математическом обеспечении.

В-третьих, электронные вычислительные машины — это только средства накопления, запоминания и быстрой переработки информации. Они с равным успехом могут перерабатывать любую информацию. В этом их достоинство. Но **электронные вычислительные машины не определяют правил переработки информации в интересах управления.** Напомним, что эти правила формализованной переработки являются основой повышения эффективности управления. В этих правилах отражается содержательная сторона процесса переработки информации.

Таким образом, невольное отождествление электронных вычислительных машин с автоматизированными системами управления отодвигает на второй план остальные технические средства автоматизации и математическое обеспечение¹. К сожалению, как пока-

¹ При этом автоматизированные системы управления низводятся до уровня вычислительных центров, мало чем отличающихся от тех, которые используются в процессе научных исследований. Специфика процесса управления теряется.

зывает опыт, таким толкованием¹ наносится вред не только точности используемых понятий, но и практике распределения усилий при создании отдельных частей средств совершенствования технологии управления.

1.2.2. *Общесистемное математическое обеспечение.* Сами по себе электронные вычислительные машины сегодня не могут даже осуществить самообслуживание при функционировании, не говоря уже о том, что они не могут обеспечить подготовки для себя программ, а также осуществить совместное функционирование с каналами связи и другими техническими устройствами. Все эти функции электронные вычислительные машины могут выполнять только с помощью общесистемного математического обеспечения.

Общесистемное математическое обеспечение — это совокупность алгоритмов, реализованных программами, осуществляющими переработку информации для выполнения всех вспомогательных функций, без которых функционирование автоматизированной системы управления невозможно. Понимая недостаток любого негативного определения, в том числе и приведенного выше, уточним это понятие, перечислив основные группы функций общесистемного математического обеспечения.

1. Организация общения людей с программными и техническими средствами автоматизированной системы управления (ввод информации, выдача информации и все обслуживающие эти процессы функции: контроль правильности обращений, редактирование результатов для представления в виде, удобном для восприятия человеком, и т. п.).

2. Организация согласованной работы всех программных и технических средств автоматизированной системы управления (распределение ресурсов времени, памяти и оборудования, обмен информацией между

¹ Соотношение между вычислительной техникой и правилами содержательной переработки информации такое же, как между техникой телевидения и содержанием программ телевидения. Ясно, что если составление программ телевизионного вещания поручить инженерам, создателям аппаратуры телевидения, то трудно ждать успеха.

устройствами системы, организация работы при выходе из строя части технических средств и т. п.).

3. Организация пополнения (исключения, модификации) состава математического обеспечения системы в процессе ее функционирования.

4. Управление работой программных и технических средств автоматизированной системы управления (изменение режимов работы и конфигурации технических средств, выдача служебной информации, организация профилактики и ремонта технических средств, восстановление программных и информационных массивов и т. п.).

5. Обеспечение разработки новых программ для автоматизированной системы управления, в первую очередь программ специального математического обеспечения.

Первые четыре группы функций, как правило, объединяются понятием «операционная система». Пятая группа функций соответствует понятию системы подготовки программ, включающей средства автоматизации программирования.

Таким образом, без общесистемного математического обеспечения совокупность технических средств нельзя превратить в связную систему для переработки информации на всех этапах цикла управления¹. Однако **общесистемное математическое обеспечение**, так же как и электронные вычислительные машины, **не содержит правил содержательной переработки информации в интересах управления.**

¹ С позиций организации разработки общесистемного математического обеспечения его иногда делят на *общее* и *системное* математическое обеспечение. Под *общим* понимают его универсальную часть, которая разрабатывается на этапе создания электронных вычислительных комплексов автоматизированных систем управления. Эта часть математического обеспечения является общей для различных автоматизированных систем, если они используют одну и ту же вычислительную базу. Под *системным* понимают часть математического обеспечения, которая разрабатывается на этапе создания автоматизированной системы управления, выполняет вспомогательные функции, но в определенной степени отражает особенности структуры и организации конкретной автоматизированной системы.

1.2.3. Роль математики. Во все века математика выступает как инструмент, обеспечивающий повышение эффективности производства.

Усложнение производства стимулировало развитие новых направлений математики. Так, развитие машинного производства оказало влияние на создание дифференциального и интегрального исчисления; потребность в средствах связи оказала большое влияние на развитие теории массового обслуживания, теории случайных процессов, теории информации и т. п.

Традиционно математика использовалась главным образом на этапе создания продукции. Она играла роль орудия производства. Ее применение, как правило, завершалось на этапах проектирования продукции. После выпуска продукции, в процессе ее эксплуатации, математика в явном виде в ней не присутствовала и не использовалась.

Это объясняется главным образом тем, что для использования математических методов требуются большие затраты времени на вычисления. Темп вычислений был намного ниже, чем темп течения реальных процессов. Положение коренным образом изменилось с появлением электронных вычислительных машин. Они создали условия для вычислений в темпе, не только совпадающем со скоростью течения многих реальных процессов, но и превышающем ее.

Однако для того, чтобы эти возможности были использованы при управлении, необходимо создать методы формализованной переработки информации. Только математические методы прогнозирования хода течения реальных процессов, оценки и выбора рациональных управляющих воздействий позволят улучшить технологию управления на базе использования средств автоматизации.

Многие науки занимаются частными аспектами формализованных методов преобразования информации для обоснования различных видов решений, однако ни одна из них не занимается материализацией всех методов такого преобразования информации с целью построения системы, позволяющей использовать технические средства автоматизации для повышения эффективности управления. Без материализации методов формализованного преобразования информации

невозможно совершенствование технологии управления с помощью средств автоматизации.

Человечество в процессе своего развития накопило опыт, обобщенный в общественном сознании. Этот опыт материализован не только в книгах, чертежах, рисунках. Наиболее существенная его часть материализована в общественном, коллективном разуме.

Он проявляется в различных формах передачи информации детям, во всей системе их обучения и образования (дом, детский сад, школа, училище, институт, университет и т. д.). Он проявляется в процессе производственного обучения, когда передача опыта и умения осуществляется индивидуально от мастера к ученику. Он проявляется и передается каждому новому поколению в рамках организаций, предприятий и учреждений в процессе труда. Он передается в форме технологии производства, методологии и организации исследований и т. д. Этот опыт накапливается, хранится и развивается в умах людей, образующих коллективы. Это и есть коллективный разум человечества¹. Никакие мертвые слепки отдельных информационных разрезов коллективного опыта в форме книг, кинофильмов, магнитофонных записей не способны заменить этого живого развивающегося организма.

Аналогично накапливается опыт в сфере управления. Необходимо создать условия для накопления и обобщения как самих методов переработки информации, так и результатов их использования.

Материализованные методы формализованной переработки информации вместе с техническими средствами автоматизации способны создать инструмент для увеличения интеллектуальных возможностей человека².

До настоящего времени законы, правила и способы управления материализовались в слабо формали-

¹ Кузнецов П. Г. Искусственный интеллект и разум человеческой популяции — В кн: Александров Е. А. Основы теории эвристических решений. М., «Сов. радио», 1975.

² Эшби У. Р. Схема усилителя мыслительных способностей. В кн: Автоматы Пер с англ Под ред А А Ляпунова М, ИЛ, 1956. с. 281.—305.

зованном виде. В основном это были достаточно общие рекомендации или принципы, пользуясь которыми различные люди в одних и тех же условиях могли принимать разные, существенно отличающиеся решения.

Влияние субъективного фактора на конкретное решение довольно велико и в настоящее время. При этом имеется в виду не влияние личностных мотивов, а степень подготовленности принимающего решения, его опыт, его способность анализировать явление, обобщать факторы, правильно предвидеть последствия. Такое положение нельзя оценить как положительное. Существуют объективные законы управления. Следовательно, в каждой конкретной обстановке имеется объективно наилучшее решение. Естественно, что чем ближе принятое решение к этому наилучшему, тем успешнее будет протекать управляемый процесс. Авторы отдают себе отчет в том, что вопрос о качестве решения чрезвычайно сложный. Каждое решение влияет прямо и косвенно на множество взаимозависимых процессов. Это влияние может быть позитивным для одних процессов и негативным для других. Как правило, попытка формализовать оценку качества решения приводит к сложным задачам, для которых отыскание наилучших решений является сложной проблемой. Однако в любой ситуации существует наилучшее решение, и необходимо искать пути его определения.

Анализ управления при существующих средствах и способах его обеспечения показывает, что разброс в решениях, принимаемых различными руководителями в одинаковых условиях, еще очень велик. Это означает, что большинство принимаемых решений могут быть довольно далеки от наилучших. Любые действия, направленные на снижение степени влияния субъективных факторов на принимаемые решения и приближающие их к наилучшим, следует оценивать как положительные. С этой точки зрения материализация математических методов переработки информации при управлении заслуживает особого внимания. Законы управления и весь опыт управления, накопленный человечеством, могут быть материализованы в форме правил (алгоритмов) переработки информа-

ции. Эта форма по своей природе является не мертвым отпечатком, а динамическим объектом, с помощью которого информация как «кровь управления» преобразуется в управляющие параметры или количественные рекомендации для их выработки. В такой форме этот опыт управления становится «коллективным советчиком» каждого руководителя.

На первый взгляд, может показаться, что в такой постановке (при такой организации обеспечения управления) ограничиваются творческие возможности руководителя, что такой путь может привести к замене человека автоматом. Это не так. Во-первых, речь идет о создании «советчика», который будет помогать руководителю в динамике управления, существенно снизит степень влияния субъективных особенностей конкретного руководителя. Следовательно, происходит увеличение интеллектуальных возможностей руководителя. С него снимается часть нетворческой работы, что позволяет ему быстрее и полнее проанализировать большие объемы информации, оценить последствия многих альтернативных вариантов возможных решений. Во-вторых, материализуется творческий вклад множества людей, возможно, более опытных, умелых и знающих, чем данный конкретный руководитель. Причем этот вклад будет оформляться в спокойной обстановке, после тщательного анализа и многократной проверки, а не в условиях дефицита времени реальных процессов управления. Следовательно, происходит увеличение интеллектуальных возможностей конкретного руководителя благодаря привлечению коллективного творческого опыта.

Таким образом, математика в новых формах должна сыграть роль усилителя интеллектуальных возможностей человека. **Только с ее помощью можно формализовать содержательную сторону процесса переработки информации и придать функционированию вычислительных машин осмысленный характер.**

Построение совокупности материализованных правил переработки информации в интересах управления практически было начато, как только стало ясно, что вычислительные машины можно использовать в качестве помощника при управлении. Взаимосвязь между процессами, протекающими в различных системах

управления, должна находить отражение в этой совокупности материализованных правил переработки информации, так как в противном случае она не сможет выполнять свою основную функцию — повышение эффективности управления.

Таким образом, эту совокупность необходимо строить как систему. Размеры системы, сложность ее разработки приводят к выводу о необходимости создания теоретической базы для ее построения и использования. Необходимо определить свойства, которыми будет обладать эта система, создать технологию ее разработки, определить порядок ее внедрения и использования, разработать организацию ее обслуживания и модификации, найти пути оценки ее эффективности.

Этим вопросам будет посвящено дальнейшее изложение. Сложность системы, материализующей объективные законы общественного развития в форме правил формализованной переработки информации для повышения эффективности управления, которую мы определим как *систему специального математического обеспечения управления*, приводит к необходимости выделения ее из общей совокупности средств автоматизации управления. Естественно, что при исследовании этой системы должны быть учтены ее связи с сопряженными системами.

1.3. **ВЫВОДЫ.** Сложились условия, при которых энергетическая вооруженность человечества намного превзошла его способность к принятию своевременных и обоснованных решений в процессе управления. **Образовался дефицит живого труда в сфере управления**, который не удастся устранить организационными мерами. Поэтому возникла необходимость повышения эффективности труда в процессах управления. Основным путем достижения этой цели является внедрение средств автоматизации управления для усиления интеллектуальных возможностей человека.

Электронные вычислительные машины сами по себе не могут полностью обеспечить все этапы процесса передачи и переработки информации. Для построения совокупности технических средств автоматизированных систем управления необходимо объединение электронных вычислительных машин с датчиками дан-

ных, с автоматизированными каналами связи, с устройствами, обслуживающими общение руководителей со всеми средствами автоматизации.

Электронные вычислительные машины и другие технические средства автоматизации **не определяют правил содержательной переработки информации в интересах управления**, не отражают содержания процессов управления. Они только обладают способностью передать данные, выполнить заданные им правила переработки информации, накопить (запомнить) сведения. Этот на первый взгляд очень простой вывод тем не менее является ключевым при обосновании решений о создании средств повышения эффективности управления.

Для повышения эффективности управления внедрением средств автоматизации необходимо иметь средства, отражающие содержательную сторону процессов, протекающих при управлении. Такими средствами могут быть только **правила формализованной переработки информации**, обобщающие закономерности процессов управления и опыт управления, накопленный человечеством.

Совокупность правил формализованной переработки информации, которую мы назвали **системой специального математического обеспечения управления**, целесообразно рассматривать как **самостоятельную категорию**.

Сложности создания, внедрения, использования, обслуживания, модификации этой системы выдвигают задачу построения соответствующей теоретической базы. Без такой базы в системе специального математического обеспечения не могут быть отражены взаимосвязи процессов, протекающих при управлении; без нее на создание системы потребуются лишние затраты.

Система специального математического обеспечения управления должна стать математически содержательным раскрытием категории научного управления общественным развитием, материализовав объективные законы в форме, позволяющей формализовать вывод решений при управлении

СИСТЕМА СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ

глава

2

В гл. 1 нами было введено понятие системы специального математического обеспечения управления, как совокупности материализованных правил формализованной переработки информации в интересах научного управления общественным развитием.

Основной целью построения системы специального математического обеспечения управления является **создание условий повышения эффективности управления**. Для достижения этой цели между объективными законами общественного развития и практикой управления должна быть установлена неразрывная связь. Эта связь будет тем более тесной, чем в большей степени удастся формализовать переход от общих законов к конкретным планам и решениям. Только подобная формализация в виде алгоритмов может служить базой внедрения средств автоматизации в управление. Этой основной цели нельзя достичь без построения системы. Правильность такого утверждения вытекает из следующих соображений.

Во-первых, объективные законы общественного развития представляют взаимосвязанную совокупность. Поэтому их влияние на практику управления может быть отражено только при условии построения *системы* взаимосвязанных правил переработки информации и принятия решений.

Во-вторых, процесс познания объективных законов является непрерывным. Поэтому должно совершенствоваться и специальное математическое обеспечение управления. Такое совершенствование возможно только при условии накопления достигнутых результатов в рамках *системы*.

В-третьих, повышение эффективности управления существенно зависит от согласованности действий на

всех уровнях и во всех звеньях системы управления. Нельзя добиться такого единства без объединения в систему всех формализованных правил переработки информации.

Таким образом, *накопление, развитие и использование* формализованных правил, являющихся отображением объективных законов общественного развития, возможно только в рамках системы, которая определена как система специального математического обеспечения управления. Только такая система способна реализовать потребности научного управления общественным развитием¹.

Уточним понятие материализации правил формализованной переработки информации. Сами правила формализованной переработки информации являются алгоритмами. Материализация их заключается в представлении этих алгоритмов в таком виде, который бы обеспечивал возможность их использования различными людьми. Это, например, означает, что их могут использовать разработчики конкретной автоматизированной системы управления и руководители для переработки данных с целью выработки решения.

2.1. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ. Описание системы специального математического обеспечения управления дадим в форме функционального и морфологического описаний. Функциональным описанием определим связи этой системы с внешней средой и характер функциональных зависимостей. Морфологическим описанием определим внутреннюю структуру этой системы.

2.1.1. *Функциональное описание.* Состав систем, с которыми взаимодействует система специального математического обеспечения управления, определяется основной целью ее создания².

¹ Афанасьев В. Г. Научно-техническая революция, управление, образование. М., «Мысль», 1972.

Афанасьев В. Г., Кузнецов П. Г. Некоторые вопросы управления научно-техническим прогрессом. — В кн: Научное управление обществом Вып. 4. М., «Мысль», 1970, с. 211—231.

² Кузнецов П. Г., Стахеев Ю. И. Термодинамические аспекты труда как отношение человека к природе. — В кн: Природа и общество М., «Наука», 1968. (Продолжение сноски см. на с. 49)

Рассмотрим состав этих систем, исходя из потребностей **построения** (развития) и **использования** (поддержания) системы специального математического обеспечения управления.

Построение системы невозможно без использования объективных законов и математики. Таким образом, в числе взаимодействующих систем должна быть **наука** как категория, объединяющая все то, что на данный момент познано обществом. Построение системы невозможно без дополнительных целенаправленных затрат общественного труда. Систему, организующую и использующую этот труд, назовем **промышленностью специального математического обеспечения управления**.

Необходимость использования системы органами управления при управлении общественным развитием вытекает из основной цели создания системы специального математического обеспечения управления. Таким образом, в число сопряженных систем входят **совокупность органов управления и совокупность объектов управления**.

Использование системы специального математического обеспечения невозможно без **технических средств, автоматизирующих** переработку информации, совокупность которых также составляет еще одну сопряженную систему.

Таким образом, система специального математического обеспечения управления (Ω) взаимодействует с системами: **науки** (\mathcal{SH}), **промышленности специального математического обеспечения управления** (\mathcal{SP}), **органов управления** (\mathcal{SY}), **объектов управления** (\mathcal{SX}), **технических средств автоматизации** (\mathcal{ST}). Естественно, что связи между системой специального математического обеспечения управления и перечисленными системами являются взаимными и проявляются как при ее построении, так и при использовании.

Полный состав параметрических связей системы специального математического обеспечения управления с взаимодействующими системами характеризуется

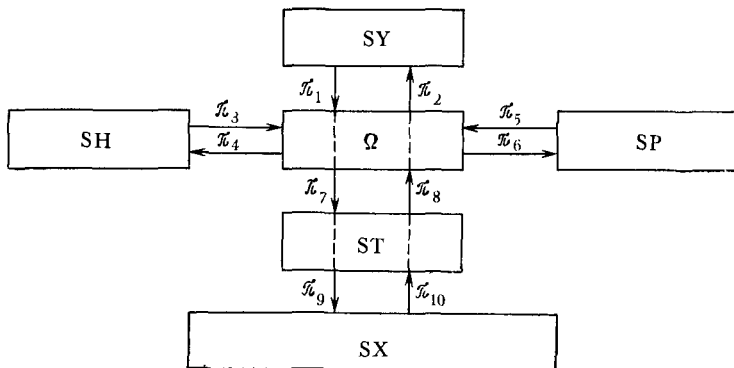
Кузнецов П. Г. Развитие народного хозяйства и проблема энерговооруженности труда. — В кн: Проблемы народнохозяйственного оптимума Новосибирск, «Наука», 1966.

множеством Π . Уточним содержание этих связей (рис. 2.1).

Взаимодействие системы специального математического обеспечения управления с системой органов управления характеризуется множествами π_1 и π_2 . Первое из них (π_1) определяет состав задач, которые органы управления ставят перед системой специального математического обеспечения управления. Эти задачи могут относиться как к развитию, так и к использованию системы. Второе (π_2) содержит реакцию системы специального математического обеспечения управления. Это могут быть как сообщения, являющиеся прямыми ответами на поставленные задачи (π_1), так и сообщения, являющиеся реакцией на другие внешние изменения. Так, в состав π_2 входят сведения о состоянии управляемых объектов и о результатах контроля выполнения ранее отданных указаний.

Взаимодействие системы специального математического обеспечения управления с системой научных знаний характеризуется множествами параметров π_3 и π_4 . Первое (π_3) определяет поток научных результатов, которые могут быть в формализованном виде поглощены системой Ω : познанные объективные законы общественного развития и законы управления, законы природы, математические методы, имитационные модели. Множество π_4 содержит параметры, характе-

Рис 2.1. Связи системы специального математического обеспечения с внешним миром.



ризующие результаты функционирования системы специального математического обеспечения, которые могут оказать влияние на развитие науки. Эти параметры можно рассматривать как результаты эксперимента, осуществляемого в «лаборатории» действующей системы управления. Они могут содержать характеристики выявленных закономерностей, полученные системой специального математического обеспечения управления при анализе многократно повторяющихся ситуаций, а также сведения о качестве используемых математических моделей и методов.

Взаимодействие системы специального математического обеспечения управления с промышленностью специального математического обеспечения характеризуется множеством параметров π_5 и π_6 . Первое (π_5) содержит результаты работы этой промышленности, которые после завершения отдельных работ поступают в систему Ω , где накапливаются, хранятся и используются. Второе (π_6) содержит поток сведений о состоянии системы специального математического обеспечения, которые помогают промышленности, разрабатывающей специальное математическое обеспечение управления, исключить дублирование разработок, вести разработки системно, согласованно, позволяют исключить противоречия между отдельными подсистемами. Кроме того, этот поток содержит оценки качества разработанного математического обеспечения, что позволяет совершенствовать его. Без этой обратной связи промышленность не сможет совершенствовать технологию своей работы.

Взаимодействие системы специального математического обеспечения управления с техническими средствами автоматизации характеризуется множеством параметров π_7 и π_8 . Первое (π_7) содержит поток заданий на выполнение работ, которые система Ω под воздействием потока, характеризуемого множеством π_4 , задает техническим средствам. Основным результатом этих работ является формирование рекомендаций органам управления либо распоряжений управляемым объектам. Второе (π_8) содержит результаты переработки потока, задаваемого множеством π_{10} , содержащим сведения, поступающие от объектов управления, а также сведения, характеризующие состояние

технических средств автоматизации. Фактически взаимодействие системы специального математического обеспечения с техническими средствами автоматизации имеет технологический, а не содержательный характер.

Взаимодействие системы специального математического обеспечения управления с объектами управления характеризуется множествами π_9 , π_{10} и осуществляется с помощью технических средств автоматизации. Множество π_9 содержит параметры, определяющие планы работ управляемых объектов, т. е. указания о том, **кто, когда, что, как** и в **каком** количестве должен сделать, от **кого, что, когда** и **сколько** должен получить, а также **когда, куда** и **сколько** отправить и **когда** и **кому** сообщить о результатах. Множество π_{10} содержит параметры, характеризующие результаты действий объектов управления, условия их действий и их состояние. Этот поток составляет источник сведений для единой информационной базы системы управления. Объединение этой базы с алгоритмами системы специального математического обеспечения позволяет автоматизировать процессы выработки планов согласования действий различных объектов, оперативно обработать сведения и выработать обоснованное решение, проконтролировать результаты действий. Наконец, такое объединение исключает ненужное (вредное) дублирование информационных потоков, передачу, накапливание и хранение параметров информации, которые нигде и никем не используются, а лишь служат для «демонстрации активности», создания видимости бурной деятельности на низших уровнях иерархии управления.

Рассмотрение множества параметрических связей системы специального математического обеспечения с внешним миром (**II**) позволяет сделать некоторые выводы о месте этой системы и о ее важности. Эта система является связующим звеном между органами управления и управляемыми объектами. Она поглощает все достижения науки управления, формализованные до уровня алгоритмов, способные оказать помощь при перспективном и текущем планировании, при выработке оперативных решений, при контроле за ходом выполнения планов и принятых решений и т. д.

Таким образом, эта система материализует все достижения науки в форме, позволяющей оперативно использовать их в процессах управления. Этим определяется важность системы специального математического обеспечения управления. Система становится главным помощником органов управления в получении научно обоснованных рекомендаций при управлении.

Система специального математического обеспечения является главным потребителем технических средств автоматизации, включающих и электронные вычислительные машины. Правильная оценка этого взаимодействия позволяет сделать выводы о распределении ресурсов на развитие двух систем: специального математического обеспечения управления и технической базы средств автоматизации.

Необходимость такого распределения очевидна, так как объем ресурсов всегда ограничен. Надежда на то, что система специального математического обеспечения управления будет создана только усилиями науки, не оправдалась¹. Поэтому ресурсы на автоматизацию управления должны распределяться между промышленностью специального математического обеспечения и промышленностью технических средств автоматизации переработки информации.

Если объем системы специального математического обеспечения управления по сравнению с объемом технической базы будет мал, то помощь ее в управлении будет недостаточной, а затраты на технические средства автоматизации окажутся неоправданными. Технические средства будут простаивать, изнашиваться морально и материально и не оправдают затрат на их создание.

Если объем системы специального математического обеспечения управления по сравнению с объемом технической базы будет велик, то органы управления не получат должной помощи, так как технические средства не будут иметь возможности реализовать все алгоритмы.

¹ Эта надежда могла создавать ложное представление о том, что специальное математическое обеспечение управления будет разработано «бесплатно».

Поэтому развитие системы специального математического обеспечения и технической базы автоматизации должно идти согласованно.

Положение, сложившееся в настоящее время, характеризуется отставанием развития системы специального математического обеспечения от развития технических средств¹. Это объясняется многими причинами. Некоторые из них уже были указаны. Еще одной причиной является то, что промышленность создания технических средств автоматизации уже есть, а промышленности создания системы специального математического обеспечения управления еще нет.

Система специального математического обеспечения вместе с техническими средствами создает основу автоматизированного управления. Средства этой системы будут использоваться людьми, осуществляющими управление. Внедрение этих средств будет происходить постепенно. Поэтому одновременно будут применяться как старые методы и средства управления, так и новые. В системе органов управления есть такие области функций, которые принципиально никогда не будут автоматизироваться, а есть такие, в которых автоматизация целесообразна. Граница между этими двумя областями не определена достаточно четко. Формальное ее определение является проблемой.

Развитие системы специального математического обеспечения окажет существенное влияние на структуру и организацию работы органов управления. Во-первых, создадутся благоприятные условия для повышения степени централизации управления. Во-вторых, можно предполагать повышение степени concentra-

¹ Это утверждение не означает, что в организации создания технических средств автоматизации нет проблем и недостатков. В частности, негармонично развиваются процессоры и средства общения человека с ними. Вычислительным машинам (процессорам и памяти) уделяется гораздо большее внимание и на их производство выделены гораздо большие ресурсы, чем на производство дисплеев, графопостроителей, абонентских пунктов и т. п., т. е. электронные вычислительные машины простаивают еще и от того, что не хватает средств ввода информации в них и получения результатов

ции руководства — один орган сможет взять на себя управление большим количеством объектов.

В-третьих, резко уменьшится количество людей, занятых в сфере управления нетворческим трудом, что позволит компенсировать потребности в персонале, обслуживающем средства автоматизации.

Развитие системы специального математического обеспечения окажет существенное влияние на развитие науки управления. Масштабы, в которых с помощью этой системы можно будет накапливать сведения о результатах влияния управления на ход течения процессов, существенно улучшат условия анализа и выявления законов управления. Наука в лице системы специального математического обеспечения управления получит «недремлющего» помощника, который с любой степенью детализации сможет фиксировать результаты течения процессов. На технические средства автоматизации система специального математического обеспечения управления окажет стабилизирующее влияние. В основном это влияние скажется на темпах принципиальных изменений вычислительных средств. Переход на новые вычислительные средства повлечет большие затраты для выполнения работ, связанных с отображением алгоритмов системы на язык этих технических средств.

С внедрением специального математического обеспечения оно станет органически необходимой частью системы управления. Без него система управления будет чувствовать себя так же, как, например, человечество без водопровода или электроэнергии. Поэтому внедрение принципиально новых вычислительных средств потребует экономического обоснования и будет происходить постепенно, так, чтобы не нарушать непрерывного функционирования системы специального математического обеспечения в общем процессе управления.

Однако внедрение системы специального математического обеспечения управления может повлечь лишь частичную стабилизацию в создании технических средств автоматизации. Это связано с диспропорцией между этой системой и технической базой автоматизации. Стабилизация будет временной, после чего, по всей видимости, начнется ускоренный рост объема

технических средств, стимулируемый развитием системы специального математического обеспечения управления.

Развитие системы специального математического обеспечения будет стимулироваться всеми сопряженными с ней системами.

Во-первых, управляемой системой (системами). Рост объемов производства, появление новых видов продукции, совершенствование технологии, освоение новых земель, внедрение новых источников энергии — все это будет стимулировать развитие и совершенствование системы.

Во-вторых, органом (органами) управления. Внедрение в систему управления новых принципов, новых экономических и других стимулов, введение новых нормативов, постановка перед управляемой системой новых задач — все это повлечет за собой развитие, совершенствование и модификацию системы специального математического обеспечения управления.

В-третьих, наукой. Появление новых, более совершенных математических моделей, новых математических методов (в первую очередь, методов оптимизации), выявление новых законов развития систем — все это повлечет за собой совершенствование аппарата системы специального математического обеспечения управления, повлияет на улучшение методов обоснования и принятия решения.

В-четвертых, совершенствованием промышленного производства математического обеспечения. Методы промышленной разработки специального математического обеспечения управления фактически еще не разработаны. Они в значительной степени определяют структуру системы специального математического обеспечения управления.

В-пятых, форма представления алгоритмов системы специального математического обеспечения будет определяться требованиями технической базы автоматизации. Если сегодня основными являются цифровые электронные вычислительные машины, которые требуют представления алгоритмов в форме программ, то завтра положение может измениться. Можно ждать появления новых технических принципов переработки информации. Это, естественно, повлечет за собой необ-

ходимость представления алгоритмов в новых формах. Содержание описываемых ими процессов не изменится, сохранятся функции, выполняемые алгоритмами, но изменится форма их представления.

Система специального математического обеспечения управления должна выполнять множество функций (F).

Перед тем, как перейти к рассмотрению основных функций, укажем три типа работ, которые могут производиться над информацией¹. Это, во-первых, *транспортировка* информации, т. е. перенесение ее в пространстве. Во-вторых, *хранение* информации, т. е. перенесение ее во времени и, в-третьих, *разделение* (изоляция) информационных потоков при выполнении первых двух работ.

Теперь рассмотрим эти функции, соотнеся их элементам множества II.

Множеству π_1 соответствуют две группы функций F_1 и F_2 . Группа F_1 объединяет работы, связанные с транспортировкой информации. К ним относится:

формирование вариантов долговременных (перспективных) и краткосрочных планов, содержащих оценки их качества, для выработки обоснованных рекомендаций в процессе управления, анализа качества работы управляемых объектов, выявления неиспользуемых ресурсов, распределения ресурсов и выработки плана обеспечивающих мероприятий;

оперативная переработка информации, содержащей директивные указания (приказы, распоряжения, рекомендации) органа управления, передача их управляемым объектам и постановка на автоматический контроль исполнения;

выполнение указаний по совершенствованию системы управления, в результате чего изменяется текущая структура системы специального математического обеспечения (при изменении структуры системы управления вносятся изменения в схемы распределения и адресования информации; при изменении системы экономических показателей анализируется их фор-

¹ Кузнецов П. Г., Стахеев Ю. И. Термодинамические аспекты труда как отношение человека к природе — В кн. Природа и общество. М., «Наука», 1968

мальная непротиворечивость с используемыми показателями; при выявлении противоречий формируются справки о их содержании, вырабатываются предложения по их устранению).

Группа F_2 объединяет работы, связанные с хранением информации, полученной от органов управления. Это работы по оформлению отдаваемых распоряжений в виде документов и накоплению сведений о содержании всех отданных распоряжений для последующего автоматического контроля их исполнения.

Множеству π_2 соответствуют две группы функций F_3 и F_4 . В группу F_3 входят следующие работы, связанные с транспортировкой информации: выдача органу управления (руководителям и должностным лицам) количественно обоснованных планов и рекомендаций к действиям, результатов контроля исполнения отданных им распоряжений, справок и сведений о состоянии управляемых объектов и условиях их действий, выдача информации о приближении критических ситуаций в управляемых системах или о возникших аварийных ситуациях. К этой группе функций относится анализ правильности обращения органа управления к средствам автоматизации, выработка и выдача информации о неправильных (некорректных) обращениях, а также «подсказок», облегчающих общение работников органа управления со средствами автоматизации. Группа F_4 связана с разделением (изоляция) информационных потоков и заключается в распределении потоков выдаваемой информации в соответствии с установленными схемами подчинения и адресования сведений.

Множеству π_3 соответствуют две группы функций F_5 и F_6 . Группа F_5 объединяет работы, связанные с «транспортировкой» научных результатов. При этом система специального математического обеспечения управления анализирует, не противоречат ли вновь поступающие научные результаты тем законам и принципам, которые уже заложены в ее алгоритмы. Такой анализ частично может осуществляться неавтоматизированно. Однако и в этом случае необходимы правила его проведения. По-видимому, с ростом объемов системы специального математического обеспечения такой анализ в значительной степени должен осуще-

ствляться автоматически Группа F_6 объединяет работы, связанные с хранением полученных сведений. Фактически это работы по совершенствованию и развитию системы специального математического обеспечения. При этом происходит включение в нее новых методов оценки эффективности и новых методов (алгоритмов) вычислений.

Множеству π_4 в системе специального математического обеспечения соответствуют две группы функций F_7 и F_8 . Группа F_7 осуществляет накапливание и хранение сведений, получаемых в процессе функционирования системы управления. При этом фиксируются взаимосвязи между содержанием принятых решений, условиями действий и результатами, достигнутыми управляемыми объектами. Группа F_8 осуществляет анализ накопленных сведений, выявление закономерностей в них, противоречий между планами и результатами, а также выдачу полученных выводов.

Множеству π_5 соответствуют две группы функций F_9 и F_{10} . Группа F_9 выполняет следующие работы: анализ новых алгоритмов на непротиворечивость существующему составу и их проверку на соответствие структурным требованиям, предъявляемым системой; модификацию алгоритмов, находящихся в системе, в том числе замену их более совершенными; исключение из системы устаревших алгоритмов; обработку запросов о состоянии системы (ее частей). Такие сведения необходимы промышленности создания специального математического обеспечения управления в процессе новых разработок. Эти сведения позволяют исключить дублирование, вести новые разработки согласованно с имеющимися уже алгоритмами и составом информационной базы. Кроме того, в них содержатся характеристики недостатков, выявленных в эксплуатируемых алгоритмах и используемой информационной базе. Их анализ является неперенным условием совершенствования системы. Это — обратная связь между промышленностью и результатами ее работы. Группа F_{10} осуществляет работы, связанные с хранением поступивших алгоритмов: их идентификацию; согласование с используемой системой алгоритмов и существующей информационной базой; размещение в памяти технических средств автоматизации.

Множеству π_6 соответствуют две группы функций F_{11} и F_{12} . Группа F_{11} формирует технологию и стандарты для промышленности специального математического обеспечения управления. Группа F_{12} формирует заказы промышленности на создание новых подсистем и по опыту эксплуатации заказы на модификацию и совершенствование существующих подсистем.

Множествам π_7 и π_9 соответствуют в системе специального математического обеспечения управления две группы функций F_{13} и F_{14} . Группа F_{13} выполняет работы, связанные с оперативным использованием технических средств при управлении: подготовку и выдачу заявок техническим средствам на выполнение вычислений для составления планов; оформление и передачу распоряжений объектам управления; контроль результатов выполнения планов. Группа F_{14} обслуживает только параметры множества π_7 , обеспечивая хранение информации: перенесение программ, реализующих алгоритмы специального математического обеспечения управления, в память вычислительных средств автоматизации и организация хранения в памяти вычислительных средств сведений, характеризующих структуру системы управления.

Множеству π_8 соответствуют две группы функций F_{15} и F_{16} . Группа F_{15} осуществляет обработку информации, характеризующей текущее состояние и степень загрузки технической базы автоматизации управления, разработку и реализацию плана перераспределения функций системы Ω между работающими техническими средствами. Группа F_{16} организует хранение сведений о конфигурации и возможностях технических средств автоматизации.

Множеству π_{10} соответствуют две группы функций F_{17} и F_{18} . Группа F_{17} осуществляет содержательную проверку правильности поступающих в систему сведений¹, их анализ и выявление ситуаций, требующих

¹ Появление ошибок в информации, поступающей от управляемой системы, практически неизбежно. Источниками этих ошибок могут быть объекты управления, кодирующие и передающие устройства. Выявление этих ошибок не может быть полностью возложено на общесистемное математическое обеспечение. Оно может только выявить синтаксические ошибки (ошибки формализации).

вмешательства органа управления. Группа F_{18} осуществляет организацию хранения сведений, поступивших от объектов управления.

2.1.2. *Морфологическое описание системы.* Состав системы специального математического обеспечения управления должен отражать цели ее создания и его можно определить, исходя из работ, производимых над информацией (транспортировка, хранение и изоляция).

Для того чтобы обеспечить хранение, т. е. накопление и перенос во времени, всех правил формализованной переработки информации, в системе специального математического обеспечения управления должна быть создана соответствующая структурная единица, которую мы назовем *фондом* (Φ). Изоляция фонда от других частей системы специального математического обеспечения управления осуществляется с помощью правил, определяющих порядок пополнения, обслуживания и использования фонда. Основной целью фонда является создание условий для развития системы специального математического обеспечения управления. Чтобы обеспечить использование при управлении правил формализованной переработки информации, в системе специального математического обеспечения управления должны быть выделены соответствующие структурные единицы, которые мы назовем *подсистемами* (Ψ). Число подсистем зависит от структуры системы управления. Например, каждая подсистема может обслуживать отрасль, объединение или предприятие.

Фонд специального математического обеспечения управления должен состоять из следующих частей: стандартов (B), множества стандартных алгоритмов (A_s), множества алгоритмов процессов управления (A_r), множества алгоритмов обслуживания (A_u), информа-

Выявление семантических ошибок возможно только с помощью алгоритмов специального математического обеспечения. Эта функция должна защитить информационную базу и органы управления от ошибочной (недостоверной) информации. Чем совершеннее будут алгоритмы выполнения этой функции, тем устойчивее будет система автоматизации управления к случайным воздействиям внешней среды.

ционной базы обслуживания (I_u), документации (D). Стандарты B включают в себя совокупность *обязательных правил*, которым подчиняется технология разработки всех частей системы специального математического обеспечения управления, и *обязательных свойств*, которыми должны обладать все элементы этой системы.

Множество A_s состоит из стандартных алгоритмов, которыми являются машинезависимые универсальные правила переработки информации. Алгоритмы этого множества должны использоваться для построения алгоритмов и программ процессов управления. Следовательно, в состав множества A_s включаются такие алгоритмы, которые могут быть многократно использованы при построении различных алгоритмов процессов управления.

Множество A_r состоит из машинезависимых алгоритмов процессов управления. Алгоритмы этого множества должны использоваться для воспроизведения программ множества Ψ при смене типов вычислительных машин.

Множество A_u состоит из алгоритмов и программ, осуществляющих автоматизацию работ, связанных с обслуживанием и использованием фонда, а также анализ результатов применения специального математического обеспечения в процессе управления.

Информационная база обслуживания I_u включает в себя параметры, описывающие состав и структуру фонда и результаты его использования. Она реализуется вычислительными машинами, обслуживающими фонд. В ней накапливаются сведения о результатах использования специального математического обеспечения в процессе управления. Она служит основой для анализа этих результатов с помощью алгоритмов множества A_u .

Документация D содержит описание состава фонда, правил и организации его использования и предназначена для разработчиков подсистем специального математического обеспечения управления, а также для научных консультантов и исследователей.

Основными функциями фонда специального математического обеспечения управления является накопление и хранение машинезависимых представлений

алгоритмов с целью формирования частных подсистем множества Ψ , анализ результатов использования специального математического обеспечения в процессе управления и разработка рекомендаций по совершенствованию системы Ω .

Таким образом, фонд обеспечивает устойчивость (жизнеспособность) системы специального математического обеспечения управления вне зависимости от изменения конкретных типов технических средств автоматизации переработки информации.

2.1.3. *Морфологическое описание подсистемы.* Множество Ψ состоит из совокупности подсистем специального математического обеспечения, реализуемых в конкретных автоматизированных системах управления. Каждая подсистема состоит из следующих частей: множества алгоритмов (A), множества программ (P), информационной базы (I), документации (D).

Алгоритмы множества A описывают правила переработки информации¹ с целью выработки рекомендаций в процессе управления.

Множество P представляет текущее отображение A на конкретный эксплуатируемый состав технических средств автоматизации. Это означает, что форма представления программ множества P изменяется с изменением типов технических средств. По выполняемым функциям A и P не тождественны.

Пусть $\mathcal{F}_1(A, T)$ — множество функций, которые способны выполнять алгоритмы множества A в момент времени T , а $\mathcal{F}_2(P, T)$ — множество функций, которые способны выполнять программы множества P в момент времени T . Тогда

$$\mathcal{F}_1(A, T) \cong \mathcal{F}_2(P, T),$$

т. е. множество функций, выполняемых P , содержится в множестве функций, выполняемых A . Это объясняется возможным запаздыванием в развитии P по отношению к A .

¹ Здесь и далее для сокращения под переработкой информации понимается весь процесс, включающий прием информации, ее преобразование, переработку, хранение, выработку и оценку вариантов решения, отображение (выдачу) результатов и заканчивающийся оформлением распоряжения (приказа) для управления.

Появление новых математических моделей и методов может несколько опережать рост возможностей технических средств автоматизации. Поэтому включение их в A может происходить раньше, чем появятся возможности их программного отображения на эксплуатируемых технических средствах. Подобные задержки могут иметь и организационный характер, связанный с внедрением алгоритмов (программ) и технических средств автоматизации в практику.

Информационная база I состоит из двух подмножеств: подмножества параметров, описывающих состояние системы управления, управляемых объектов и среды (условий), в которых они действуют (I_1); подмножества вспомогательных (служебных) параметров, описывающих состояние системы специального математического обеспечения управления и технических средств автоматизации (I_2).

Подмножество I_1 содержит значения параметров, необходимые для выполнения основных функций системы управления. Это подмножество является формализованным отображением управляющей системы, управляемой системы и условий их действия. По смыслу параметры этого подмножества эквивалентны характеристикам, которые используются при управлении без средств автоматизации. Основное отличие I_1 от совокупности этих характеристик заключается в том, что I_1 формализуется при разработке множества алгоритмов A . Это означает, что I_1 содержит более полный, научно обоснованный образ реальных объектов системы управления, в большей степени отражающий возможность количественного обоснования решений, принимаемых при управлении. В состав I_1 входят значения параметров, характеризующие не только текущее и планируемое состояния управляемой системы, но и «историю» процесса управления. Это означает, что I_1 содержит сведения о том, как протекал процесс управления, какие были достигнуты результаты. Эти сведения используются не только как справочные о достигнутых результатах, но и как основа обобщения опыта управления.

Подмножество I_2 содержит значения параметров, необходимые для организации работы средств автоматизации. Это подмножество является формализован-

ным отображением системы алгоритмов (программ) специального математического обеспечения, общесистемного математического обеспечения, информационной базы и технических средств автоматизации. В состав I_2 входят параметры, характеризующие структуру средств автоматизации, их пространственное размещение, а также их динамическое (текущее) состояние. Степень детализации в I_2 должна обеспечивать возможность организации использования средств автоматизации, а также их согласованное функционирование.

Документация D является множеством, содержащим документы, предназначенные для изучения, использования и обслуживания людьми всех остальных частей специального математического обеспечения управления. Эти документы являются отображением систем специального математического обеспечения управления в формах, удобных для восприятия людьми. Фактически это описание модели, обеспечивающее возможность использования системы и выполнение всех видов работ с ней.

Множество D состоит из подмножества D_1 , содержащего документы, обеспечивающие возможность содержательного использования алгоритмов множества A в процессе управления; подмножества D_2 , содержащего документы, обеспечивающие возможность использования алгоритмов множества A в процессе развития и совершенствования системы специального математического обеспечения управления; подмножества D_3 , содержащего документы, обеспечивающие возможность обслуживания и эксплуатации информационной базы I ; подмножества D_4 , содержащего документы, обеспечивающие возможность обслуживания и эксплуатации множества программ P .

Подмножество D_1 содержит документы, предназначенные для лиц, осуществляющих управление (руководящий состав). Эти документы должны содержать сведения, позволяющие уяснить возможности алгоритмов, понять условия их использования, ограничения и допущения, которые были приняты при их разработке. В них руководитель должен найти рекомендации по использованию алгоритмов. По форме представления эти документы в основном имеют вид традицион-

ных инструкций (печатных документов). Частично они могут быть представлены в форме алгоритмов подсказок, реализуемых техническими средствами автоматизации.

Подмножество D_2 содержит документы, позволяющие глубоко изучить содержание алгоритмов системы. Они предназначены, в первую очередь, для разработчиков системы специального математического обеспечения управления, а также для научных консультантов и исследователей.

Подмножество D_3 содержит документы, предназначенные для лиц, осуществляющих все виды работ с информационной базой I . Такими работами являются обеспечение хранения материальных носителей информационной базы, контроль за составом параметров информационной базы, пополнение его при необходимости (если оно автоматизировано частично). Если велика степень неопределенности исходной информации и алгоритмические методы построения информационной картины обстановки еще не разработаны, к этим работам относится анализ поступившей информации и принятие решения о составе и значениях соответствующих параметров информационной базы. Все эти работы регламентируются документами, входящими в состав D_3 . Форма представления документов может быть как традиционной, так и алгоритмической.

Подмножество D_4 содержит документы, предназначенные для лиц, организующих эксплуатацию программ системы. К этим работам относятся программное отображение алгоритмов множества A на конкретные технические средства, включение программ в функционирующие подсистемы (корректурa массивов справочной и служебной информации), обеспечение сохранности (восстановления) материальных носителей¹. Формы представления документов D_4 — как тра-

¹ Эти работы неразрывно связаны с теми, которые выполняются при эксплуатации общесистемного математического обеспечения. Поэтому множество D_4 может включать документы, общие как для системы специального, так и общесистемного математического обеспечения (так как одни и те же люди могут выполнять функции по эксплуатации обеих систем)

диционные (печатные документы), так и алгоритмические.

Состав множества A , по-видимому, будет изменяться по мере развития. На первых этапах развития оно будет иметь гетерогенный состав (содержать разнотипные элементы). На последующих этапах под влиянием стандартизации и унификации, с одной стороны, и совершенствования методов математического моделирования — с другой, его состав может приближаться все более к гомогенному.

По своим свойствам множество A относится к информационным, осуществляющим преобразование информации. Между элементами множества A могут быть прямые, обратные и нейтральные информационные связи. Эти свойства A в полной мере найдут отображения в множестве P .

Множества I_1 и I_2 целесообразно формировать из гомогенных элементов. Это обеспечит более эффективное использование памяти в процессе функционирования системы. По своим свойствам множества I_1 и I_2 относятся к информационным, осуществляющим запоминание информации.

Связи между элементами множества I_1 в основном нейтральные. Аналогичные связи — между элементами внутри I_2 .

Связи между элементами множеств I_1 и I_2 как прямые, так и обратные.

Связи между элементами множеств A и I прямые и обратные.

По характеру отношений между элементами A и I_1 структура множества Ψ относится к многосвязным. Этим обеспечивается одноразовый ввод значений параметров информационной базы.

Уточним состав множеств A и I_1 .

Множество A состоит из четырех подмножеств:

$$A \equiv \{A_1, A_2, A_3, A_4\}.$$

В состав A_1 входят алгоритмы, осуществляющие обработку информации с целью оценки сложившейся обстановки. Оценка обстановки (состояния объектов управления, результатов выполнения ими плановых заданий, условий внешней среды) необходима как первый этап выработки любого решения. Такими ре-

шениями могут быть: долгосрочный или краткосрочный план действий, указание на изменение плана, оперативное решение, определяющее действие в целях достижения задач, сформулированных планом, и т. п. Любое из этих решений начинается с оценки обстановки. Результатами такой оценки могут пользоваться как лица, осуществляющие управление, так и алгоритмы, вырабатывающие (дающие количественные обоснования) рациональные варианты действий.

В состав A_2 входят алгоритмы, осуществляющие переработку информации с целью выработки (выбора) целесообразного варианта решения.

В состав A_3 входят алгоритмы, осуществляющие переработку информации с целью обслуживания общения средств автоматизации с внешним миром. Эти алгоритмы обеспечивают получение лицами, осуществляющими управление, справочной информации на основе сведений, имеющихся в информационной базе I . Эти алгоритмы на основе результатов работы алгоритмов множества A_2 и информации, содержащейся в указаниях (распоряжениях, приказах, решениях) лиц, осуществляющих управление, формируют в виде документов (директив, приказов, указаний, распоряжений) управляющие параметры для выдачи объектам управления.

В состав A_4 входят алгоритмы, осуществляющие контроль результатов деятельности управляемых объектов, проверку выполнения плановых заданий и полученных распоряжений. Результаты проверки по запросам лиц, осуществляющих управление, выдаются в форме справок. Результаты проверки, инициированной самими алгоритмами контроля, требующие принятия срочных (немедленных) мер, выдаются в орган управления автоматически.

Множество I_1 состоит из пяти подмножеств:

$$I_1 \equiv \{I_1^{(1)}, I_1^{(2)}, I_1^{(3)}, I_1^{(4)}, I_1^{(5)}\}.$$

В состав $I_1^{(1)}$ входят параметры информационной базы, определяющие состав и состояние управляемых объектов. Эти параметры характеризуют текущее материально-техническое обеспечение, работоспособность объектов управления (и их составных частей),

производительность объектов управления, наличие готовой продукции и т. п.

В состав $I_1^{(2)}$ входят параметры информационной базы, характеризующие условия действий объектов управления. В состав этих параметров включаются такие, которые способны оказать влияние на результаты действий объекта управления, например метеорологические и гидрологические условия.

В состав $I_1^{(3)}$ входят параметры информационной базы, характеризующие плановые задания объектам управления.

В состав $I_1^{(4)}$ входят параметры информационной базы, определяющие содержание текущих указаний, распоряжений, приказов, отданных объекту управления вышестоящими органами управления.

В состав $I_1^{(5)}$ входят параметры информационной базы, характеризующие условия успешного функционирования объектов управления, например планы обеспечивающих мероприятий, планы материально-технического обеспечения и графики поставок.

2.2. ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ. Совокупность средств специального математического обеспечения управления будет постепенно превращаться в систему. Разработка и использование правил формализованной переработки информации вначале проводилась полностью автономно без какой-либо координации. По мере накопления опыта происходило его обобщение, формализовалась технология создания, разрабатывались методы координированного использования. Этот процесс только начался. В настоящее время на практике можно встретиться с различными по уровню обобщения и технологии создания элементами специального математического обеспечения.

Анализ опыта разработки и использования существующих средств математического обеспечения позволяет выделить его основные классы.

Для классификации основных типов специального математического обеспечения, характеризующих его с точки зрения организации разработки и использования, введем пять классификационных параметров: α характеризует источник постановки задачи на разработку алгоритмов специального математического обеспечения; β — разработчика алгоритма; γ — потребите-

ля разработанного алгоритма специального математического обеспечения; δ — организацию ввода перерабатываемой информации в алгоритмы (программы); η — организацию и условия выполнения алгоритма (программы) техническими средствами автоматизации (вычислительными машинами); τ — организацию использования потребителем результатов вычислений, получаемых при формализованной переработке информации.

Классификационные параметры и их значения приведены в табл. 2.1.

Для первого параметра определим три возможных значения: $\alpha \equiv \langle \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \rangle$. Значение α_1 характеризует индивидуального постановщика задачи, который формулирует ее для собственного последующего использования. Как правило, это сам автор последующей разработки, который разрабатывает для себя алгоритм и программу задачи. Значение α_2 характеризует источник постановки задачи, внешний по отношению к предполагаемой области ее использования: определяет ее содержание, условия решения, критерии эффективности, организацию взаимосвязи (взаимодействия) с другими задачами. Это типичная постановка задачи в иерархических системах управления, когда высший

Таблица 2 1

Обозначение параметра	Смысл параметра	Значение параметров		
α	Источник постановки задачи	α_1	α_2	α_3
β	Разработчик специального математического обеспечения управления	β_1	β_2	β_3
γ	Потребитель	γ_1	γ_2	γ_3
δ	Организация ввода информации (формирования информационной базы)	δ_1	δ_2	δ_3
η	Организация выполнения алгоритма (программы)	η_1	η_2	η_3
τ	Организация общения потребителя со средствами автоматизации	τ_1	τ_2	τ_3

уровень управления задает правила и условия работы низшего уровня. В этом случае особую роль играют критерии, определяющие степень выполнения задач, сформулированных высшим уровнем, ограничения (обязательные условия) на функционирование объектов низшего уровня, обязательные информационные связи. Значение α_3 характеризует источник, который формулирует задачу для собственного (внутреннего) использования, т. е. сам для себя определяет цели и условия решения задачи. Для такого источника (и таких задач) внешний мир выступает только в форме ограничений. Это типичная постановка задачи для старшего в иерархии систем управления органа.

Для второго параметра определим следующие три возможных значения: $\beta \equiv \langle \beta_1, \beta_2, \beta_3 \rangle$. Значение β_1 характеризует положение, при котором разработку алгоритма и программы осуществляет автор ее постановки. Особенностью такого положения является отсутствие искажений, связанных с неправильным толкованием при переходе от постановки задачи к разработке алгоритма.

Значение β_2 характеризует положение, при котором разработку алгоритма и программы осуществляет коллектив, состоящий из многих исполнителей. Как правило, это специализированный коллектив, который ведет разработку алгоритма (алгоритмов) и программ по определенному заказу не для собственного использования. Каждая такая работа ведется в рамках заданной постановки задачи и завершается сдачей разработанных алгоритмов и программ заказчику.

Особенность выполнения работ таким коллективом заключается в необходимости распределения работы между отдельными исполнителями и согласования частей работы, выполняемой каждым из них. Это особенно существенно для работ, выполняемых одновременно (параллельно). Такая согласованная работа коллектива разработчиков требует соответствующей технологии создания алгоритмов и программ специального математического обеспечения. В этой технологии должна найти отражение специализация выполняемых работ и деление работы на составные части для повышения качества и производительности труда.

Значение β_3 характеризует положение, при котором

разработку ведут различные коллективы, входящие в составы различных организаций разработчиков по одной или разным постановкам, в рамках одного или разных заказов. Как правило, такие разработки ведутся в разное время с разными целями. Для успешного разрешения возникающих при этом проблем необходимы современные системы управления комплексными программами. Наиболее важен и сложен учет взаимозависимости отдельных частей разрабатываемого математического обеспечения при условии, что они разрабатываются отдельно, в разное время, с разными целями, по разным заказам и для различных потребителей. Наличие взаимозависимости оказывает существенное влияние на общую технологию создания специального математического обеспечения управления. В этом случае необходимо создание координирующей организации, законов и правил, исполнение которых обязательны для всех отдельных коллективов разработчиков.

Для третьего классификационного параметра определим три возможных значения: $\gamma \equiv \langle \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3 \rangle$. Значение γ_1 характеризует отдельного потребителя. Это, как правило, постановщик задачи и автор алгоритма, который использует результаты в процессе личного труда. Значение γ_2 характеризует потребителя, которым является управляющий орган одного из автономных объектов общей системы управления. Для данной категории потребителей характерно наличие общей конкретной цели функционирования (производство определенного вида продукции), автономность организации и значительная функциональная независимость. Как правило, для такого потребителя специальное математическое обеспечение разрабатывается для одного или группы согласованных проектов под единым руководством для одного и того же заказчика. Значение γ_3 характеризует множество потребителей, имеющих как собственные, так и общие задачи (цели функционирования). Взаимосвязь между такими потребителями может быть как иерархической, так и неиерархической. Для таких потребителей характерно то, что специальное математическое обеспечение для них разрабатывается по разным постановкам, в разное время, различными организациями-разработчиками.

Для четвертого классификационного параметра введем следующие три значения $\delta \equiv \langle \delta_1, \delta_2, \delta_3 \rangle$. Значение δ_1 определяет такую организацию поступления информации в алгоритмы (программы) специального математического обеспечения, при которой состав перерабатываемой информации формируется потребителем алгоритма (программы) каждый раз при использовании данного алгоритма (программы). Такое формирование информации и ввод ее в память вычислительной машины происходит неавтоматически по указанию и с помощью потребителя алгоритма.

Значение δ_2 определяет такую организацию поступления информации в алгоритмы (программы) специального математического обеспечения, при которой формирование этой информации и ее использование происходят независимо. При этом формирование информационной базы в памяти вычислительных машин происходит автоматически: информация поступает от источников, сопряженных с вычислительной машиной, в ее память независимо от того, работают алгоритмы (программы) специального математического обеспечения, ее использующие, или нет. Источниками информации являются только объекты, входящие в состав организации потребителя этих алгоритмов, т. е. эти источники являются внутренними по отношению к этой организации. Для такой организации поступления информации характерно, что структура и состав информационной базы целиком определяются организацией-потребителем алгоритмов.

Значение δ_3 определяет такую организацию поступления информации в алгоритмы (программы), при которой часть объектов (источников информации) обязательно находится за пределами организации-потребителя этой информации — являются внешними по отношению к нему. Эти объекты (источники информации) как организационно, так и функционально не подчинены потребителю. Поэтому для такой организации информации характерно отсутствие возможности определения структуры и состава информационной базы под руководством одного потребителя. Появляется необходимость согласования ее структуры, состава и организации использования между отдельными потребителями. Информационная база перестает быть автоном-

ной собственностью одного потребителя, приобретает черты коллективной памяти. Это накладывает дополнительные требования на организацию и технологию создания специального математического обеспечения управления.

Для пятого параметра введем следующие три значения: $\eta \equiv \langle \eta_1, \eta_2, \eta_3 \rangle$. Значение η_1 определяет такую организацию исполнения алгоритма (программы), при которой он (алгоритм) является на период вычислений по нему единственным в оперативной памяти вычислительной машины. Это означает, что вычислительная машина используется несистемно, т. е. она на это время полностью отдана в распоряжение данного пользователя. Это однопрограммный режим. Такой режим снимает с программы необходимость настраиваться на работу в системе других программ, защищать свою информацию от других пользователей (от других программ).

Значение η_2 определяет такую организацию использования алгоритма (программы), при которой одновременно с ним в памяти вычислительной машины (вычислительного комплекса) могут находиться еще несколько алгоритмов, по которым производятся вычисления. Это режимы мультипрограммной работы или работы с разделением времени. При этом для каждого из алгоритмов (программ) соблюдается внешний эффект независимости исполнения от других, т. е. программы не объединяются в системы, а работают независимо друг от друга.

Значение η_3 определяет также одновременное многопрограммное исполнение в вычислительной машине (вычислительном комплексе). Однако, кроме этого, сами алгоритмы (программы) не являются независимыми. В процессе выполнения одного может понадобиться привлечение к вычислениям еще нескольких или выполнению данного алгоритма обязательно должно предшествовать выполнение одного или нескольких других. Ясно, что такая организация использования предъявляет определенные дополнительные требования как к самим алгоритмам (программам), так и к системе их обслуживания и существенно влияет на технологию разработки систем таких алгоритмов и программ.

Для шестого параметра введем следующие три значения: $\tau \equiv \langle \tau_1, \tau_2, \tau_3 \rangle$. Значение τ_1 определяет такую организацию общения потребителя (руководителя) с работающим алгоритмом (программой), при которой он лично не имеет с ним посредственной связи. Результаты поступают к нему через других лиц в форме докладов, обобщений, выводов. Это значит, что потребитель (руководитель) не получает в неизменном виде результаты работы алгоритма. Значение τ_2 определяет такую организацию общения потребителя (руководителя) с алгоритмом, при которой он не имеет с ним непосредственной связи, но результаты поступают к нему в том виде, в каком они получены от вычислительных машин, выполнявших алгоритм. Значение τ_3 определяет такую организацию общения потребителя, при которой он имеет с ним непосредственную связь и прямо (без участия других людей) получает результаты. Такая организация общения создает условия для оперативного и эффективного диалога руководителя со средствами автоматизации, превращает их в его непосредственного помощника при управлении. Используя эти шесть классификационных параметров ($\alpha, \beta, \gamma, \delta, \eta, \tau$), можно получить 729 различных вариантов классов математического обеспечения. Однако не все они допустимы и представляют достаточный интерес. Из них рассмотрим девять основных классов (K), представленных в табл. 2.2.

Таблица 2 2

Основные классы	Классификационные параметры					
	α	β	γ	δ	η	τ
K_1	α_1	β_1	γ_1	δ_1	η_1	τ_1
K_2	α_1	β_1	γ_1	δ_1	η_2	τ_1
K_3	α_1	β_1	γ_1	δ_2	η_2	τ_1
K_4	α_1	β_2	γ_2	δ_1	η_1	τ_1
K_5	α_1	β_2	γ_2	δ_2	η_2	τ_1
K_6	α_1	β_2	γ_2	δ_2	η_3	τ_1
K_7	α_2	β_2	γ_2	δ_3	η_3	τ_1
K_8	α_2	β_3	γ_3	δ_3	η_3	τ_1
K_9	α_3	β_3	γ_3	δ_3	η_3	τ_3

Класс K_1 характеризуется следующим сочетанием значений классификационных параметров:

$$\langle \alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \delta_1, \eta_1, \tau_1 \rangle \rightarrow K_1.$$

В этот класс входят алгоритмы и программы, являющиеся фактически личным инструментом автора. Это автономные алгоритмы, сформулированные автором и используемые им самим. Информацию для таких алгоритмов (программ) готовит сам автор. При разработке таких алгоритмов и программ нет необходимости в специальных правилах их оформления, за исключением удовлетворения требований той вычислительной системы, на средствах которой будут производиться вычисления. При их разработке нет необходимости использовать какие-либо заранее определенные формы представления исходной информации. Разрабатывая такие алгоритмы и программы, автор в максимальной степени может проявить творчество и удовлетворить свои потребности в автономной автоматизированной обработке информации. Как правило, такие алгоритмы и программы разрабатываются с исследовательскими целями. Они хранятся лично у автора. Использование этих алгоритмов другими лицами, как правило, невозможно либо чрезвычайно затруднительно. Это объясняется тем, что по ним обычно не составляется пользовательская документация. Кроме того, в программах содержится большое количество ситуаций, разобраться в которых может только автор. Срок жизни таких программ обычно невелик. Они уничтожаются после того, как автор достиг поставленной цели. Ясно, что с точки зрения развития специального математического обеспечения управления алгоритмы этого класса особой ценности не представляют. Они могут оказывать влияние на общее развитие науки управления либо служить промежуточным этапом при построении специального математического обеспечения управления. Как составные части специального математического обеспечения управления они использоваться не могут, так как их автономная разработка не создает условий для включения в системы других алгоритмов и программ. Этот класс является типичным представителем результатов стихийного развития алгоритмов и программ содержательной пе-

реработки информации. Вычислительные машины с их помощью используются в основном как «большие и быстрые арифмометры». Возможности вычислительной техники при этом не могут быть использованы в полной мере. Так, практически не используется наличие большой и быстрой памяти машин, позволяющей накапливать и хранить большие объемы информации в течение длительного времени, т. е. фактически «обучать» эти машины.

Класс K_2 характеризуется следующим сочетанием значений классификационных параметров:

$$\langle \alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \delta_1, \eta_2, \tau_1 \rangle \rightarrow K_2.$$

В него входят алгоритмы (программы), отличающиеся от алгоритмов класса K_1 только значением пятого классификационного параметра. Это отличие проявляется в том, что в алгоритме (программе) приходится предусматривать дополнительные служебные операции, связанные с необходимостью уточнения потребностей в ресурсах вычислительного комплекса и с защитой его информации.

Класс K_3 характеризуется следующим сочетанием классификационных параметров:

$$\langle \alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \delta_2, \eta_2, \tau_1 \rangle \rightarrow K_3.$$

В него входят алгоритмы и программы, отличающиеся от алгоритмов и программ класса K_2 значением четвертого классификационного параметра. Это означает, что программы этого класса опираются на информацию, поступающую в память вычислительных машин независимо от этих программ. Алгоритмы и программы этого класса должны в силу этого иметь более высокую степень организованности. Это означает, что они обязательно должны иметь возможность сопрягаться с системно формируемой информационной базой. В простейшем случае эта база может обслуживать только данный алгоритм. Тогда ее структура может иметь индивидуальный характер, настроенный только на данный алгоритм. Однако практически такое положение редко бывает целесообразным. Эффективнее, если информационная база существует независимо от алгоритмов, ее использующих. В этом случае она мо-

жет обслуживать не один, а много алгоритмов, авторами которых являются разные люди. Поэтому при разработке алгоритма и программы приходится использовать уже существующую структуру информационной базы и правила обращения к ней.

Кроме того, использование системной информационной базы вынуждает автора алгоритма предусматривать в нем реакцию на множество параметров информационной базы, которые с точки зрения автора алгоритма либо не представляют интереса, либо являются недопустимыми. При несистемной организации подготовки информации (первое значение четвертого классификационного параметра) подобные ситуации не имеют места, так как их исключает автор, сам готовящий все варианты исходной информации.

В алгоритмах третьего класса такие ситуации должны анализироваться автоматически и на них автоматически должна вырабатываться соответствующая реакция. Типичными алгоритмами этого класса являются отдельные алгоритмы (программы) для должностных лиц, пользующихся автоматизированной системой управления с целью изучения результатов течения управляемых процессов, проводимого, как правило, в инициативном порядке. Другим примером могут служить алгоритмы (программы) проведения научно-исследовательских экспериментальных работ с натурными испытаниями на объектах, которые являются источниками обрабатываемой информации. Алгоритмы (программы) этого класса в большей степени, чем первых двух классов, пригодны для развития специального математического обеспечения. Этому в значительной степени способствует дисциплинирующее влияние используемой ими системной информации. Однако для них типичной остается цель удовлетворения потребности индивидуального пользователя. Поэтому для большинства из них срок «жизни» будет невелик и они, как правило, будут разрушаться после того, как их автор достигнет поставленной цели. Вероятность их передачи другим пользователям, по нашему мнению, невелика. Это объясняется не только целями их разработки, но и уровнем квалификации разработчика программы, а он, как следует из целей и организации разработки, еще не будет профессиональным.

Класс K_4 характеризуется следующими значениями классификационных параметров:

$$\langle \alpha_1, \beta_2, \gamma_2, \delta_1, \eta_1, \tau_1 \rangle \rightarrow K_4.$$

Отличительными чертами алгоритмов этого класса являются следующие. Потребитель для себя формулирует по собственной инициативе постановку задачи, сам является инициатором автоматизации управления в пределах своего объекта. Поэтому он свободен в выборе критериев эффективности, объема автоматизируемых процессов, состава и структуры информационной базы и т. п. Разработку алгоритмов и программ для него ведет профессиональный разработчик (коллектив) по специальному заказу. Результаты разработки, проверенные на соответствие постановке (требованиям к заказу), будут использоваться многими должностными лицами на предприятии заказчика. Каждое должностное лицо готовит необходимую информацию для той части алгоритмов (программ), которыми пользуется. При этом отсутствует автоматизированная информационная база. Вычислительные машины (комплексы) используются либо последовательно для производства расчетов в соответствии с заданной очередностью, либо одновременно, но для производства независимых (автоматически не согласованных) вычислений. Этот класс математического обеспечения характерен для первого этапа внедрения средств автоматизации на предприятия. Он соответствует слабоорганизованным и малоэффективным автоматизированным системам управления. Как правило, при этом автоматизируются отдельные вычислительные процессы, такие, как начисление зарплаты, обработка бухгалтерских документов, учет кадров. В лучшем случае автоматизируются некоторые задачи, связанные с получением оптимальных планов частных производственных процессов. Такие системы лишь условно можно называть автоматизированными системами управления¹.

Несистемный подход при их построении проявляется в том, что очень многие работы, связанные с обработ-

¹ Они, скорее, только дискредитируют идею автоматизации управления и термин «автоматизированные системы управления».

кой информации, остаются неавтоматизированными. Это относится в первую очередь к построению информационной базы. Как следствие, этим предопределяется возможность рассогласования исходных данных, подготавливаемых различными должностными лицами для алгоритмов (программ), в частности, из-за трудностей временной синхронизации моментов работы должностных лиц при использовании алгоритмов. В идеале подобное положение должно быть устранено организационными мерами, однако фактически такая организация требует значительных усилий и затрат времени руководящего состава на ее создание и контроль выполнения. Автоматизация процесса построения информационной базы управления решает эту задачу органически. После создания аппарата автоматического формирования информационной базы управления все должностные лица будут иметь возможность пользоваться одной и той же информацией. Контроль за своевременным пополнением этой информационной базы также будет происходить автоматически.

Другим недостатком этого класса математического обеспечения является значительное влияние субъективного фактора на результаты принимаемых решений. Это также объясняется отсутствием автоматически формируемой информационной базы для алгоритмов (программ) специального математического обеспечения этого класса. При такой организации, естественно, не могут не возникнуть трудности согласования математического обеспечения, используемого при управлении на данном предприятии, с математическим обеспечением, используемым другими предприятиями или органами управления (как вышестоящих в общей иерархии управления, так данного или низшего уровня). Эти трудности могут существенно снизить общую эффективность внедрения средств автоматизации.

Однако этот класс алгоритмов (программ) в большей степени, чем предыдущие, может быть использован для создания специального математического обеспечения управления. Алгоритмы и программы этого класса обязательно снабжаются пользовательской документацией, что позволяет использовать их многим лицам, а не только автору (разработчику). Качество алгоритмов и программ этого класса определяется профессио-

нальным уровнем коллектива разработчиков. Необходимость передачи результатов разработки пользователю создает предпосылки формирования достаточно хороших условий хранения алгоритмов и программ. Поэтому алгоритмы и программы этого класса математического обеспечения имеют все условия для достаточно продолжительной «жизни». Основным недостатком этого класса является отсутствие общих принципов построения, что затруднит согласование результатов работы алгоритмов (программ) этого класса с им подобными в других системах по мере их развития. Существенным недостатком, неизбежно понижающим оперативность и повышающим влияние субъективных факторов на результаты использования алгоритмов (программ) этого класса, является отсутствие автоматически формируемой и используемой всеми программами информационной базы. Класс K_5 характеризуется следующими значениями классификационных параметров:

$$\langle \alpha_1, \beta_2, \gamma_2, \delta_2, \eta_2, \tau_1 \rangle \rightarrow K_5.$$

Особенностями этого класса алгоритмов являются следующие. Основные принципы автоматизации разрабатываются автономно, по инициативе и в рамках одного предприятия. Этим определяется свобода выбора критериев эффективности, состава автоматизируемых процессов, состава и структуры информационной базы. Однако наличие автоматически формируемой информационной базы с источниками сведений, находящимися в пределах этого предприятия, объективно создает условия для повышения степени автоматизации процессов переработки информации. Уже на этапе разработки структуры, состава и способов заполнения такой базы создаются благоприятные условия для более глубокого исследования всех информационных связей в системе управления. Это объективно и закономерно приводит к совершенствованию организации системы управления. При этом выявляются новые информационные связи, доступные для автоматизации переработки информации. Обеспечивается синхронизация всех значений параметров информационной базы (все руководители, пользующиеся ими, всегда оперируют одними и теми же значениями дан-

ных). Улучшаются условия контроля за сбором этой информации, так как при ее автоматическом поступлении в информационную базу контроль за своевременностью поступления также производится автоматически.

Наличие общей информационной базы алгоритмов (программ) переработки информации для получения планов работы, обоснования вариантов принимаемых решений и др. целей повышает вероятность того, что разные руководители в одинаковых условиях примут близкие решения. Если качество алгоритмов будет высоким и они будут выдавать оптимальные (или близкие к ним) рекомендации, то, следовательно, и решения руководителей будут близкими к наилучшим. Увеличение числа автоматизируемых процессов и особенно автоматизация процессов сбора, накопления, хранения и выдачи информации о состоянии управляемых объектов существенно повышают оперативность всего процесса управления. Однако для этого класса математического обеспечения сохраняется отмеченный для предыдущего класса недостаток. Развитие специального математического обеспечения, при согласовании взаимодействия с другими предприятиями и органами управления, по-прежнему, будет затруднено автономным подходом к построению алгоритмов и программ этого класса.

Обязательная системная организация использования алгоритмов (программ) этого класса, обеспечивающая возможность исполнения вычислительным комплексом нескольких независимых программ, приводит к усложнению самих программ специального математического обеспечения и к увеличению объемов работ по их обслуживанию. В частности, возникает проблема защиты памяти и информации различных программ друг от друга и от недопустимого использования. По разным причинам не все должностные лица должны и могут быть допущены ко всему объему сведений, хранящихся в информационной базе. Совместное исполнение многих программ в интересах различных должностных лиц требует автоматизации ограничения и контроля доступа к информации различных классов.

Таким образом, алгоритмы и программы этого класса приближаются к наиболее совершенным для автоном-

ных систем управления. Основным недостатком является отсутствие достаточных потенциальных условий для развития и совершенствования как внутреннего, так и внешнего (т. е. условий сопряжения с внешними системами).

Класс K_6 характеризуется следующими значениями классификационных параметров:

$$\langle \alpha_1, \beta_2, \gamma_2, \delta_2, \eta_3, \tau_1 \rangle \rightarrow K_6.$$

Для этого класса сохраняются все особенности пятого класса, за исключением одной. Алгоритмы (программы) этого класса не являются независимыми. Они представляют собой совокупность, объединенную не только внешней организацией (организацией их использования), но также и внутренней алгоритмической (функциональной) связью. Появление таких связей является следствием все более глубокого изучения механизма управления, при котором проявляются органические связи между отдельными подпроцессами общего процесса управления. Во-первых, эти связи могут проявляться в использовании общей информационной базы при условии определенной упорядоченной последовательности обращения к ней различных алгоритмов (программ). Это означает, что алгоритмы системы в определенном смысле теряют свою независимость. Во-вторых, такие связи могут проявляться в зависимости алгоритмов друг от друга. Это означает, что в процессе исполнения одного из них завершение вычислений невозможно без привлечения одного или нескольких других алгоритмов (программ) этого класса. Реализация такой возможности создает условия для развития системы алгоритмов (программ) данного класса.

По выполняемым функциям автоматизированные системы управления могут быть как открытого, так и закрытого типа. В открытых системах состав алгоритмов (программ) специального математического обеспечения может изменяться (наращивание, модификация, исключение) без изменения состава технических средств системы. Закрытые системы этим свойством не обладают. Состав алгоритмов (программ) специального математического обеспечения этих систем определяется при совместной разработке технических и

математических средств автоматизированной системы управления. Изменить его в процессе эксплуатации системы невозможно. Для этого необходимо вывести автоматизированную систему из режима эксплуатации и провести работы по такому изменению вместе с изменением технических средств автоматизации. По мнению авторов, такие автоматизированные системы в рассматриваемых человеко-машинных системах управления не могут быть жизнеспособными. Поэтому впредь, если не будет сделано особых оговорок, речь будет идти только о системах открытого типа.

Таким образом, свойство открытости автоматизированной системы управления вместе со способностью алгоритмов (программ) специального математического обеспечения образовывать функционально зависимые подсистемы обеспечивает все необходимые условия для развития специального математического обеспечения в процессе функционирования системы. Этим обеспечивается возможность совершенствования управления на базе функционирующих (эксплуатируемых) средств автоматизации. Такая возможность существенно увеличивает время «жизни» специального математического обеспечения этого класса. На алгоритмическом (машинонезависимом) уровне оно начинает жить и совершенствоваться «бесконечно». Естественно, что о неограниченном времени его «жизни» речь идет с точки зрения существования процессов управления, которые обеспечивают эти средства автоматизации.

Класс K_7 характеризуется следующими значениями классификационных параметров:

$$\langle \alpha_2, \beta_2, \gamma_2, \delta_3, \eta_3, \tau_1 \rangle \rightarrow K_7.$$

Он отличается от шестого класса значениями первого и четвертого параметров. Этот класс математического обеспечения сохраняет все положительные свойства предыдущего; при этом он приобретает еще следующие положительные качества. Источником постановки задачи о создании алгоритмов (программ) для автоматизации управления предприятием является внешний, как правило, вышестоящий по уровню иерархии управления орган. Этот вышестоящий орган определяет цели управления, критерии, с помощью которых бу-

дет осуществляться принятие решений, и состав параметров информационной базы управления.

Информационная база для алгоритмов этого класса состоит из параметров двух групп. Параметры первой группы характеризуют внешние условия. Их значения поступают от внешних (по отношению к данному предприятию) источников. Поэтому состав этих параметров, их характеристики должен определить источник постановки задачи со степенью детализации, достаточной для построения информационной базы автоматизации управления. Параметры второй группы характеризуют состояние управляемого объекта. Их значения поступают от внутренних источников информации. Параметры этих двух групп хранятся в общей информационной базе. Таким образом создаются условия унификации информационных баз всех предприятий, находящихся в подчинении органа управления, являющегося источником постановки задач для всех подчиненных ему предприятий. Алгоритмы и программы этого класса математического обеспечения можно строить в рамках общей идеологии, определяемой этим вышестоящим органом (источником постановок задач), что существенно улучшает условия развития специального математического обеспечения.

При создании идеологии автоматизации под руководством вышестоящего органа могут (и должны) быть предусмотрены возможности (средства, организация) согласования алгоритмов специального математического обеспечения управления этого органа и подчиненных предприятий, а также последних между собой. Естественно, что такие системы алгоритмов и программ более сложны, чем автономные. Наличие внешних системных источников информации усиливает роль контроля за составом поступающей информации. Как правило, такие внешние источники удалены от места размещения средств автоматизации на значительное расстояние. Поэтому контроль за поступлением информации усложняется в связи с ухудшением условий реализации обратной связи, как реакции на отклонения от нормального функционирования источников внешней информации или средств ее передачи.

Как будет видно из дальнейшего изложения, специальное математическое обеспечение управления не

только выполняет функции переработки информации в нормальных режимах функционирования, но и создает условия для сохранения этих нормальных режимов. Таким образом, появление удаленных внешних источников информации не может не оказать влияния на специальное математическое обеспечение этого класса. Следовательно, этот класс математического обеспечения более жизнеспособен, чем предыдущие. Организация разработки алгоритмов (программ) этого класса, невзирая на сохраняющийся локальный (в пределах одного предприятия) характер их использования, создает благоприятные условия для последующего системного развития математического обеспечения этого класса. По меньшей мере создаются условия для взаимосвязи средств специального математического обеспечения вышестоящего органа управления и управляемого предприятия.

Класс K_8 характеризуется следующими значениями классификационных параметров:

$$\langle \alpha_2, \beta_3, \gamma_3, \delta_3, \eta_3, \tau_1 \rangle \rightarrow K_8.$$

Главное отличие этого класса от предыдущего заключается в масштабе области использования. Однако различие этих классов носит не количественный, а качественный характер. По-прежнему, инициатором разработки математического обеспечения является источник постановки задач. Этим инициатором является вышестоящий орган управления по отношению к тем объектам (предприятиям), для которых этот орган формулирует постановку задачи о разработке специального математического обеспечения. В целом специальное математическое обеспечение этого класса охватывает как вышестоящий орган, так и все предприятия, для которых разрабатываются алгоритмы (программы).

В качестве примера, подчеркивающего масштабы этого класса, можно указать отрасль. Вышестоящим органом является министерство, а объектами — предприятия отрасли. Ясно, что специальное математическое обеспечение такого объема нельзя разработать одновременно в рамках одного заказа силами одного коллектива разработчиков. Это приводит к определенным особенностям в организации его разработки. Так как

алгоритмы (программы) этого класса должны быть согласованы, то работа коллективов разработчиков также должна осуществляться согласованно. Так как все специальное математическое обеспечение не может разрабатываться одновременно, то исключается возможность только организационного согласования. Поэтому для создания специального математического обеспечения необходима особая технология, обязательная для всех коллективов разработчиков. В значительной степени организация создания и использования такой технологии может быть облегчена внедрением отраслевых стандартов на специальное математическое обеспечение. Естественно, что эти стандарты будут распространяться на алгоритмы не только этого класса, но и других (низших) классов.

Шестой классификационный параметр всех рассмотренных классов специального математического обеспечения ($K_1—K_8$) имел одно и то же значение τ_1 . Это означает, что специальное математическое обеспечение этого класса не является непосредственным помощником руководителя. Между результатами, которые выработывает специальное математическое обеспечение, и руководителем, принимающим решение в процессе управления, находятся его помощники, которые осмысливают эти результаты, интерпретируют их и докладывают руководителю только выводы.

Ясно, что такой подход к построению и использованию специального математического обеспечения управления имеет свои преимущества и недостатки. Преимущество заключается в том, что руководитель освобождается от части работ по анализу качества ряда вариантов, подготовленных средствами автоматизации. Недостатком является то, что на решение руководителя в значительной степени оказывают влияние личные взгляды, навыки, подготовленность его непосредственных помощников.

Не вводя новых классов, укажем, что если для $K_1—K_8$ шестой классификационный параметр будет иметь значение τ_2 , то это означает, что руководитель будет иметь возможность получать результаты работы специального математического обеспечения в неизменном виде. По-видимому, право на существование имеют обе группы классов специального математического обеспе-

чения. В зависимости от принимаемых решений руководитель будет пользоваться в некоторых случаях помощью специального математического обеспечения непосредственно, а в некоторых случаях через своих помощников.

Отличие классов, характеризующихся $\tau = \tau_2$, от классов, характеризующихся $\tau = \tau_3$, носит технологический характер. При $\tau = \tau_2$ руководитель будет получать результаты работы математического обеспечения от персонала, обслуживающего средства автоматизации. При $\tau = \tau_3$ он будет получать эти результаты сам, непосредственно общаясь со средствами автоматизации. Это различие не является принципиальным, однако ясно, что непосредственное общение руководителя со средствами автоматизации позволяет повысить оперативность управления.

Класс K_9 характеризуется следующими значениями классификационных параметров:

$$\langle \alpha_3, \beta_3, \gamma_3, \delta_3, \eta_3, \tau_3 \rangle \rightarrow K_9.$$

Он отличается от предыдущего значениями первого и шестого классификационных параметров. Эти отличия означают, что специальное математическое обеспечение создается по заданию старшего в общей иерархии системы органа управления. Этим органом определяются цели и задачи управления, критерии для оценки его эффективности и организации управления. Внешние условия выступают при этом только в роли ограничений.

Примером такого органа управления может служить руководство страной. Никто извне не может служить источником постановок задач на разработку специального математического обеспечения управления. Никто извне не определит целей и задач развития. Никто не задаст критериев для оценки качества управления и развития. Все это определяется в рамках страны. Важность задачи позволяет утверждать, что это прерогатива высших руководящих органов страны. Основным источником для решения этой задачи являются объективные законы общественного развития. Увеличение масштабов приводит к новому качеству и новым областям приложения специального математического обеспечения. Если на уровне отрасли вопросы образо-

вания, здравоохранения, жилищного и бытового строительства, развития торговли и другие могли решаться только частично, то теперь они становятся основными, так же, как вопросы развития отраслей и размещения всей промышленности по районам страны, обеспечения безопасности страны и т. п.

По технологии использования этот класс специального математического обеспечения управления является самым совершенным.

2.3. ВЫВОДЫ. Повышение эффективности управления требует представления руководителю возможности оперативного (в темпе течения процесса управления) использования всех достижений современной науки в форме, удобной для принятия практических решений. В настоящее время коллективный разум человечества хранится в формах, затрудняющих и даже исключающих возможность его оперативного использования руководителями.

Формой представления объективных законов развития общества и достижений науки, позволяющей непосредственно и своевременно использовать их в практике управления, является **система специального математического обеспечения управления.**

Эта система представляет материализованный коллективный разум и предназначена для превращения всех достижений науки и техники в форму, в которой они доступны для оценки правильности принимаемых конкретных решений. Система специального математического обеспечения, дополняя форму хранения коллективного разума в виде книг и монографий, создает условия для его оперативного использования.

Система специального математического обеспечения как материализованный коллективный разум человечества будет существовать и совершенствоваться вечно.

Система специального математического обеспечения неразрывно связана с теорией управления, а не с теорией построения вычислительных машин. Эта система обеспечивает управление, а не работу технических средств.

Функции, выполняемые системой специального математического обеспечения управления, ее содержание не зависят от того, с помощью каких технических

средств переработки информации они будут выполняться. Поэтому система специального математического обеспечения управления сохранится при любых изменениях в технических средствах автоматизации переработки данных. При этом может меняться только форма представления описывающих их алгоритмов.

Система специального математического обеспечения является связующим звеном между руководителем (органом управления) и управляемыми объектами, выполняя функцию формализованной переработки информации для повышения качества управления и улучшения результатов функционирования управляемых объектов.

Между системой специального математического обеспечения управления и наукой существует неразрывная (прямая и обратная) связь. В этой системе материализуются и накапливаются все результаты науки, сформулированные как алгоритмы переработки информации, позволяющие улучшить качество оценки обстановки, обосновать рациональные планы и варианты действий, проконтролировать их результаты.

Система специального математического обеспечения управления будет стимулировать развитие всех наук, прямо или косвенно помогающих повысить эффективность управления. Она будет стимулировать представление результатов этих наук в форме алгоритмов. Таким образом, система специального математического обеспечения должна стать связующим звеном между наукой и практикой управления.

Реализуемый объем системы специального математического обеспечения определяется мощностью имеющихся технических средств автоматизации переработки информации и, в первую очередь, мощностью вычислительных машин. Поэтому необходимо рациональное распределение общего объема ресурсов, выделенных для создания средств повышения эффективности управления, между специальным математическим обеспечением и техническими средствами автоматизации. Непропорциональное распределение этих ресурсов приведет либо к неполному использованию возможностей технических средств, либо к неоправданным затратам на создание специального математического обеспечения управления.

ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛЬНОМУ МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ УПРАВЛЕНИЯ

глава

3

Для того чтобы система специального математического обеспечения управления могла стать полезной, она должна обладать определенными свойствами, удовлетворяя некоторым основным требованиям. Все требования могут быть разделены на две группы. К первой относятся требования, предъявляемые к системе в целом и определяющие ее способность быть необходимой в процессе использования (общие требования), ко второй — требования, предъявляемые к частным подсистемам и определяющие условия их создания (частные требования).

3.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ. Из всего множества общих требований к системе специального математического обеспечения нами выделено пять основных. Для того чтобы система специального математического обеспечения могла быть полезной при управлении, она должна обладать способностью помогать выработать *обоснованные* решения. Это первое и обязательное свойство. Понятие обоснованности решения сегодня больше интуитивное, чем формальное. Более обоснованное решение позволяет быстрее и с меньшими затратами придти к поставленной цели, не ухудшая при этом условий развития взаимосвязанных систем (процессов), на которые это решение может повлиять косвенно.

Однако даже обоснованное решение будет бесполезно, если будет выработано несвоевременно. Поэтому система специального математического обеспечения управления должна обладать способностью выработать решения своевременно в реальном темпе течения процесса управления (требование реального времени). Одной из основных особенностей области применения системы специального математического обеспечения

управления является глубоко творческий характер процессов, протекающих в ней. Поэтому система специального математического обеспечения управления сможет быть полезной только в том случае, если творческий характер процессов управления не будет вступать в конфликт с формализованной выработкой решений с помощью средств системы.

Человечеством накоплен огромный опыт управления. Этот опыт непрерывно пополняется. Ясно, что, если система специального математического обеспечения управления не будет обладать способностью к накоплению (материализации) этого опыта в формах, обеспечивающих его использование, она не сможет стать необходимой для руководителя. Таким образом, обязательно, чтобы система специального математического обеспечения управления обладала свойством материализации опыта управления.

Система управления непрерывно развивается и совершенствуется. Если система специального математического обеспечения не будет обладать способностью к развитию, то также не сможет быть полезной. Отсюда еще одно обязательное требование к системе — способность к развитию.

Создание и развитие системы требует затрат материальных ресурсов. Между затратами на создание технических средств автоматизации переработки информации и затратами на создание специального математического обеспечения управления должны соблюдаться определенные пропорции. Однако при этом предпочтение должно быть отдано распределению ресурсов, приводящему к опережающему развитию системы специального математического обеспечения управления. Это объясняется следующими тремя причинами.

Во-первых, опережающее развитие системы специального математического обеспечения управления позволит ей выполнять активную роль в формировании требований, определяющих развитие технических средств автоматизации переработки информации. Во-вторых, затраты на развитие специального математического обеспечения управления окупаются еще до реализации его алгоритмов техническими средствами автоматизации, так как в процессе развития производится анализ

и совершенствование структуры системы управления и документооборота. В-третьих, затраты на создание технических средств автоматизации, которые не могут быть немедленно использованы системой специального математического обеспечения, будут безвозвратно утеряны, в то время как затраты на создание специального математического обеспечения управления рано или поздно окупятся.

3.1.1. Обоснованность. Первое общее требование к системе специального математического обеспечения управления заключается в том, что она должна позволять вырабатывать обоснованные рекомендации в процессе управления. Основой принятия обоснованных решений являются объективные законы общественного развития. При управлении без использования математических методов руководитель с помощью сотрудников органа управления стремится принять наилучшее из возможных решение. Для этого рассматриваются различные варианты решения, оцениваются их последствия. Чем больше вариантов удастся рассмотреть, тем обоснованнее будет принятое решение.

Первая цель внедрения специального математического обеспечения управления — повысить степень обоснованности решений, принимаемых руководителем. Степень обоснованности повышается, если, во-первых, математические модели, применяемые для переработки информации, объективно отражают содержание процессов, протекающих в системе управления. Это достигается, если используются более точные методы переработки информации, а также если объем исходных данных больше, чем может переработать орган управления без математических моделей. Наиболее существенна возможность учета данных, характеризующих управляемую систему в целом, что позволяет оценить влияние связей между множеством взаимозависимых процессов. Во-вторых, степень обоснованности может быть повышена при многократном использовании математической модели для оценки различных вариантов решений.

Таким образом, требование обоснованности означает, что отдельные алгоритмы должны соответствовать содержанию описываемых процессов, а система в целом должна создавать условия для учета множества пара-

метров, характеризующих взаимосвязанные процессы, протекающие в сопряженных подсистемах и влияющие на принимаемое решение. Следовательно, подсистемы специального математического обеспечения множества Ψ должны быть взаимосвязаны, а их информационные базы I должны строиться с учетом взаимообмена данными между взаимосвязанными органами управления.

3 1.2. Творческое и формализованное. Процесс управления в сложных человеко-машинных системах всегда будет оставаться глубоко творческим. Непременной составной частью таких систем являются коллективы людей, поэтому попытка полностью формализовать процесс управления в подобных системах бесплодна. Творческий элемент всегда будет основой работы органов управления в таких системах.

Специальное математическое обеспечение управления как совокупность алгоритмов представляет собой формализованную базу переработки информации. Правда, эта формализация отражает объективные законы общественного развития. Она основана на обобщении творческого опыта людей и созданных ими научных теорий, накопленных множеством поколений. Однако формализованные модели не способны отобразить всего многообразия живого процесса управления. В связи с этим возникает необходимость в объединении формализованного механизма специального математического обеспечения управления и творческих возможностей руководителей.

После того как определена цель действий, необходимо создать план ее достижения. Процесс создания плана может быть достаточно хорошо формализован¹. Творческий элемент при его разработке проявляется в отыскании идей, с помощью которых цель может быть достигнута более эффективно, чем этого можно до-

¹ **Афанасьев В. Г., Чесноков В. С.** Системы целевого планирования — инструмент эффективного управления научными исследованиями — В кн.: Научное управление обществом Вып. 6. М., «Мысль», 1972 Авторами описываются системы «Спутник» и «Скалар», которые служат базой для формализации процесса создания плана, а также механизма контроля за его выполнением

биться, используя только формализованные методы. Вариант плана, вырабатываемый с помощью формализованных методов, является базовым, а новые варианты появляются под влиянием новых идей. В этом выражается творческая роль руководителя при управлении¹.

Таким образом, одним из основных требований к специальному математическому обеспечению управления является создание таких условий в его системе, при которых творческие возможности человека (руководителя) не будут ограничены. Если это требование не будет выполнено, то в процессе управления с использованием средств автоматизации люди откажутся от их помощи, как только столкнутся с ситуацией, когда их творческие возможности придут в противоречие с формализованными ограничениями средств автоматизации.

Может быть, нет смысла тратить время и силы на создание средств автоматизации, если человек (руководитель) может отказаться от помощи средств автоматизации вообще, а следовательно, и от специального математического обеспечения управления, как только ему это лично захочется или покажется целесообразным?

Ответ на этот вопрос не прост.

Во-первых, специальное математическое обеспечение управления как главная содержательная часть средств автоматизации управления должно стать полезным руководителю. Если оно будет полезным, то, естественно, станет и необходимым. Трудно представить себе, чтобы человек отказался просто так, по прихоти, от полезного средства (инструмента), от услуг помощника, помогающего ему много знать (получать полную, точную информацию), быстро оценивать обстановку, выбирать хорошие варианты решений, быстро и безошибочно оформлять их в виде документов, способного работать круглосуточно, следить за критическими

¹ Афанасьев В. Г. и Кузнецов П. Г. Некоторые вопросы управления научно-техническим прогрессом. — В кн. Научное управление обществом Вып. 4. М., «Мысль», 1970. Авторы удачно конкретизируют понятие творчества при управлении, как «список идей»

ситуациями, сигнализировать (автоматически) об их наступлении, запоминать события, происходящие за время отсутствия руководителя, и с любой степенью детализации давать сведения о них.

От такого хорошего неумолимого помощника без особой нужды не откажется ни один руководитель.

Во-вторых, специальное математическое обеспечение управления — объективный и беспристрастный свидетель (и соучастник) всего хода процесса управления, да к тому же обладающий безупречной памятью. Таким образом, имеются объективные условия для оценки качества работы руководителя. Это своего рода обратная связь между средствами автоматизации и лицами, их использующими. Поэтому и эта сторона дела ограничивает возможности руководителя беспричинно, по личным мотивам, отказаться от средств автоматизации, нанеся тем самым ущерб делу.

Если организация использования специального математического обеспечения управления позволит объединить вариант решения, вырабатываемый с помощью алгоритмов, и решения, принимаемого человеком, сохраняя приоритет за последним, то указанное требование — сочетание формализованного и творческого при принятии решения — можно считать выполненным.

Схема такого объединения творческого и формализованного имеет следующий вид.

Предположим, что цель управления известна и имеет критерий эффективности \mathcal{E} , по значениям которого можно судить о степени достижения цели:

$$\mathcal{E} = \mathcal{F}(X, Y, Z, U),$$

где

$$(3.1) \quad X \equiv \{x_1, x_2, \dots, x_l\}$$

— множество параметров, определяющих состояние управляемой системы (объекта управления);

$$(3.2) \quad Z \equiv \{z_1, z_2, \dots, z_m\}$$

— множество параметров, определяющих условия функционирования управляемой системы;

$$(3.3) \quad Y \equiv \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$$

— множество параметров, задаваемое органом управления и определяющее дальнейшее поведение управляемой системы (объекта);

$$(3.4) \quad U \equiv \{u_1, u_2, \dots, u_p\}$$

— множество параметров, характеризующих план мероприятий (действий), обеспечивающих реализацию управления, определяемого множеством Y .

Пусть

$$U \in U_g,$$

где U_g — область допустимых значений U ;

$$(3.5) \quad \mathcal{F}^{(s)}(X, Y, Z, U) = 0 \quad (s = 1, 2, \dots, N)$$

— ограничения на допустимые сочетания значений. План управления Y , удовлетворяющий условиям (3.5), является допустимым. Невыполнение условий (3.5) означает, что объективно реализовать управление, задаваемое множеством Y , нельзя. Причинами этого являются либо ограничения, связанные с реальными возможностями управляемой системы (объектов управления), либо невозможность реализации необходимого для этого обеспечения U .

В результате работы специального математического обеспечения управления будет определен формально наилучший вариант управления

$$Y^{(0)} \equiv \{y_1^{(0)}, y_2^{(0)}, \dots, y_n^{(0)}\},$$

удовлетворяющий условиям

$$\mathcal{F}^{(s)}(X, Y^{(0)}, Z, U^{(0)}) = 0 \quad (s = 1, 2, \dots, N),$$

где $U^{(0)}$ — план обеспечивающих $Y^{(0)}$ мероприятий.

Принципиальных препятствий для формализации процесса отыскания $U^{(0)}$ нет. Поэтому $U^{(0)}$, соответствующее $Y^{(0)}$, может быть найдено с помощью алгоритмов специального математического обеспечения.

Предположим, что, пользуясь неформализуемыми соображениями, руководитель принял в процессе управления решение, отличное от $Y^{(0)}$. Обозначим множество, характеризующее это решение, через

$$(3.6) \quad Y^{(p)} \equiv \{y_1^{(p)}, y_2^{(p)}, \dots, y_n^{(p)}\}.$$

Здесь $y_j^{(p)} \equiv \emptyset$, если по данному параметру управления решение человеком не принималось.

При этом возможны два случая:

1) в состав $Y^{(p)}$ входят все значения параметров, необходимые для управления (мощности множеств Y и $Y^{(p)}$ совпадают);

2) в составе $Y^{(p)}$ имеются только некоторые из параметров множества Y ; такое положение вполне естественно, так как формализованный аппарат специального математического обеспечения позволяет подготавливать варианты решений с гораздо более высокой степенью детализации, чем это доступно человеку.

В первом случае специальное математическое обеспечение управления может (должно) помочь человеку проверить *допустимость* определенного им плана, т. е. проверить возможность выполнения условий

$$\mathcal{F}^{(s)}(X, Y^{(p)}, Z, U^{(p)}) = 0 \quad (s = 1, 2, \dots, N), \quad (3.7)$$

$$U^{(0)} \in U_g,$$

и найти значения параметров множества $U^{(p)}$, т. е. автоматически определить соответствующий $Y^{(p)}$ план обеспечивающих мероприятий.

Если условия (3.7) не выполнены, то это означает, что план, определенный руководителем, не может быть выполнен без изменения (3.4) или (3.5), т. е. без расширения возможностей обеспечивающих мероприятий или без совершенствования управляемой системы (объекта управления).

Если предположить, что условия (3.4) и (3.5) обязательны, т. е. объективно определяют условия успешного функционирования управляемой системы, то руководитель должен признать, что его план $Y^{(p)}$ не может быть реализован. Творческие возможности человека при этом несколько не ограничены, но ему оказана помощь в оценке реализуемости решения.

Если условия (3.7) выполнены, то управление $Y^{(p)}$ допустимо и принимается к исполнению.

Во втором случае необходимо сформировать множество управляющих параметров $Y^{(c)}$ как объединение множеств $Y^{(0)}$ и $Y^{(p)}$. Объединение осуществляется преобразованием

$$Y^{(c)} \equiv \{y_1^{(c)}, y_2^{(c)}, \dots, y_n^{(c)}\},$$

где

$$y_i^{(c)} = y_i^{(0)}, \text{ если } y_i^{(p)} \equiv \emptyset, \text{ и } y_i^{(c)} = y_i^{(p)}, \text{ если } y_i^{(p)} \neq \emptyset.$$

Для множества $Y^{(c)}$ необходимо осуществить проверку допустимости этого плана, т. е. проверку возможности выполнения условий (3.7):

$$\mathcal{F}^{(s)}(X, Y^{(c)}, Z, U^{(c)}) = 0 \quad (s = 1, 2, \dots, N),$$

$$U^{(c)} \in U_g.$$

В остальном рассуждения аналогичны приведенным в предыдущем случае.

Таким образом, нет принципиальных трудностей на пути объединения творческого характера работы человека в сфере управления и формализованного характера функционирования специального математического обеспечения управления.

3.1.3. Материализация. Третье требование к системе специального математического обеспечения — создание условий для материализации процессов содержательной переработки информации. Поясним содержание этого требования.

Целенаправленная деятельность, вытекающая из объективных законов общественного развития, является основой существования общества. Непрерывно на всех уровнях управления руководителями принимаются различные решения. Количество таких решений достаточно велико. Каждое решение является следствием оценки обстановки и выбора одного из альтернативных вариантов решения, т. е. результатом содержательной переработки информации. Каждое решение оказывает влияние на управляемую систему (объект), приводя к некоторому результату. Эти результаты могут быть положительными (если цель решения достигнута) или отрицательными.

Таким образом, вся производственная деятельность людей является огромной, непрерывно функционирующей «лабораторией» управления. Опыт создания, использования и совершенствования системы управления, получаемый при этом, неоценим.

Механизм управления, особенно на высших иерархических уровнях системы управления, как правило, остается скрытым от «постороннего» взгляда.

Сам руководитель свой опыт управления обобщает в лучшем случае для себя и очень редко для его распространения. Это объясняется тем, что, как правило, такое обобщение не является его задачей. В функциональных обязанностях сотрудников органов управления (следует отметить, что таковые, к сожалению, далеко не всегда есть) часто нет функций обобщения опыта управления. По собственной инициативе орган управления занимается такими обобщениями редко, так как достаточно загружен выполнением основных функций.

Проследим пути накопления оценки, использования и распространения этого опыта ¹.

Опыт создания, использования и совершенствования систем управления и результаты управления материализуются в форме распоряжений, отчетных материалов об итогах производственной деятельности. Извлечь из этих документов рациональное зерно достаточно трудно. Трудно не только потому, что форма хранения этих сведений малопригодна для изучения, но и потому, что в этих материалах утеряна живая ситуация и конкретная обстановка, в которой протекало управление.

Следовательно, этот опыт фактически анализируется по чрезвычайно обобщенным характеристикам. Обобщение опыта материализуется в трудах ученых, а распространение опыта осуществляется путем публикаций в периодической печати и обучения. Наиболее оперативным способом распространения опыта является переподготовка руководящих кадров.

Однако кроме малой оперативности все эти способы имеют и другие недостатки.

¹ Один из примеров приводит Ст. Бир (Ст. Бир. Наука управления. М, «Энергия», 1971), рассматривая «управление путем исключения» (под исключением понимаются события (явления, закономерности), выявленные в процессе управления): «Если исключение все же обнаружится после проведения длительного исследования, то результаты исследования должны быть опубликованы, с тем чтобы избежать подобных повторений где-нибудь еще. Так, с трудом добытая информация оказывается неиспользованной». Таково положение сегодня с распространением опыта, получаемого в процессе управления

Во-первых, опыт создания, использования и совершенствования систем управления обобщается, как правило, в слабо формализованном виде, он не доводится до конкретных правил принятия рациональных решений. Этот недостаток является объективным следствием трудности формального описания конкретной обстановки, в которой должно приниматься решение, а также сложности больших систем управления, в которых довольно трудно выявить законы управления.

Во-вторых, при таких формах обобщения опыта теряется подавляющая часть информации, характеризующей его. Механизм принятия решения руководителем остается скрытым от исследователя, восстановить его при существующих формах материализации опыта управления практически невозможно.

Таким образом, огромное количество информации «лаборатории» текущего управления фактически утрачивается, а следовательно, не анализируется, не оценивается, не распространяется и не используется. Огромный «эксперимент», идущий непрерывно в практике управления, дает мало пользы.

Требование к системе специального математического обеспечения управления материализовать содержательные процессы переработки информации заключается, в первую очередь, в том, что система должна создать условия для накопления опыта работы органов управления, анализа этого опыта, выявления закономерностей течения процессов управления, фиксации этого опыта в формализованном виде: в форме алгоритмов переработки информации состояния в параметры управления, в форме решающих правил (алгоритмов) принятия рациональных решений. Такое накопление опыта должно производиться по системе управления в целом и по ее подсистемам.

Для реализации этого требования необходимы большие научные и практические усилия. Это действительно проблема, важность которой несомненна и к решению которой наука только приближается. Однако совершенствование управления — основа эффективного использования живого и материализованного человеческого труда, рационального использования природных ресурсов. Совершенствование управления требует обобщения, изучения и использования имею-

щегося в этой области опыта. Единственным средством, которое способно помочь науке в решении этой проблемы сегодня, является специальное математическое обеспечение управления, реализованное на технических средствах автоматизации, на вычислительных машинах и комплексах. Поэтому такое требование к системе специального математического обеспечения управления является обязательным: оно стимулирует его развитие в очень важном для практики направлении.

Укажем еще одно направление материализации содержательных процессов переработки информации с помощью специального математического обеспечения управления.

Сегодня экономическая наука и ряд других наук, целью которых является совершенствование организации и системы управления экономикой, не могут решить своих задач без применения количественных методов исследования. При этом они широко используют математическое моделирование, строят имитационные, эвристические и другие модели. Эти модели оформляются в виде алгоритмов и программ. Для их реализации используются электронные вычислительные машины. После завершения этих исследований разработанный аппарат в форме алгоритмов практически «повисает в воздухе». В лучшем случае, если работы велись применительно к конкретной системе, в рамках конкретного заказа (проекта), эти алгоритмы будут реализованы в этой системе. Если работы велись в инициативном порядке, что типично для научно-исследовательских организаций и высших учебных заведений, то автор может алгоритмы (программы) материализовать в государственном фонде алгоритмов и программ. При этом для последующего использования их (не автором) возникают существенные технологические трудности безошибочного воспроизведения алгоритма (программы) ¹. Кроме того, автор может по своим материалам опубликовать статью, монографию. В этом

¹ Организация передачи алгоритмов (программ) в этот фонд еще несовершенна и слабо стимулирует автора к этому. Во всяком случае, мера его заинтересованности в этом гораздо меньше, чем у авторов изобретений в патентовании

случае публикация алгоритмов (программ), особенно в статьях, встречает достаточно сильное сопротивление. Поэтому часто публикуется только идея (схема) алгоритма или его изложение на классическом математическом языке. Все эти формы плохо способствуют воспроизведению и использованию алгоритма (программы) другим лицом (не автором). Опубликованные алгоритмы (программы) содержат с большой вероятностью опечатки, т. е. не являются гарантированным эталоном. Это существенно затрудняет их воспроизведение и использование (специалисты хорошо представляют, с какими трудностями приходится сталкиваться при попытке воспользоваться чужой программой, особенно при отсутствии прямого контакта с автором).

Труд, связанный с восстановлением алгоритма (программы) по ее схеме или описанию на классическом математическом языке, по объему близок к затратам труда, выполненного автором работ при начальной разработке.

Таким образом, автор алгоритма (программы) лишен условий, при которых результаты его труда принимаются с благодарностью и применяются с пользой. Завершенный труд при этом фактически теряется, созданный инструмент разрушается.

Таково положение сегодня. Оно объясняется вполне объективными причинами. Назовем лишь основные. Результат труда очень отличен от традиционных. На алгоритм (программу) еще не начали смотреть как на материализацию результата научного труда, представляющую самостоятельную ценность. В алгоритме еще не видят «консервированной» мысли, способной к функционированию при создании необходимых условий. Алгоритм не воспринимается также как, например, элемент знаний, усвоенных человеком и сохраненных его мозгом. В мозгу человека «законсервированы» цепочки алгоритмов, которые поступили и поступают в процессе непрерывного обучения. Эти цепочки при возникновении соответствующей ситуации (определенной исходной информации состояния) осуществляют переработку информации и вырабатывают указание к действию. Мозг как материальный носитель знаний является непременным условием накопления и исполь-

зования опыта. Между знаниями, накапливаемыми человеческим мозгом, и знаниями, оформленными в виде алгоритмов, есть достаточно прозрачная аналогия. Разработанные алгоритмы фактически «повисают в воздухе», так как отсутствует «мозг», готовый их воспринять, сохранить и обеспечить их использование при необходимости.

Для сохранения результатов труда в форме алгоритмов необходима среда («мозг»), готовая их запомнить и обеспечить их использование. Такой средой должна стать система специального математического обеспечения управления.

Специальное математическое обеспечение управления должно (и может) стать основой материализации наиболее ценного опыта, получаемого в практике управления, основой материализации многих результатов науки, средством, с помощью которого этот коллективный опыт станет достоянием каждого руководителя, усилит его интеллектуальные возможности результатами труда наиболее опытных и талантливых руководителей, достижениями современной науки.

Укажем еще одно соображение, чтобы обосновать целесообразность материализации средств содержательных процессов переработки информации. Последние годы интенсивно растет число специалистов по разработке алгоритмов и программ. Часто эти специалисты работают самостоятельно в отдельных организациях, часто объединены в лаборатории и отделы. Результатом их труда являются алгоритмы и программы для исследования различных процессов. Частично они разрабатываются для включения в автоматизированные процессы управления. В первом случае (после завершения исследований) они просто утрачиваются, во втором — являются принадлежностью конкретной автоматизированной системы управления, поэтому они практически недоступны для использования в других системах.

Таким образом, результаты труда этой группы специалистов недостаточно хорошо сохраняются и не полностью используются. Их материализация с целью сохранения и улучшения использования также может (и должна) быть осуществлена с помощью системы специального математического обеспечения управле-

ния. Важность этого требования усиливается большими объемами затрат живого и материализованного труда, вкладываемого в разработку алгоритмов и программ, измеряемыми миллионами человеко-лет и миллиардами рублей в год.

3.1.4. Развитие. Следующее требование к системе специального математического обеспечения управления заключается в том, что она должна обладать способностью к развитию.

Развитием системы специального математического обеспечения является увеличение числа конкретных функций, которые могут быть выполнены с помощью алгоритмов, включенных в эту систему; улучшение качества работы этих алгоритмов, т. е. совершенствование аппарата переработки информации с целью выработки более обоснованных рекомендаций и решений; модификация функций, уже выполняющихся алгоритмами системы; исключение из состава системы ранее выполнявшихся функций.

К вопросам развития системы специального математического обеспечения относятся и задачи совершенствования ее информационной базы

Причины, приводящие к необходимости развития системы специального математического обеспечения, представляются достаточно ясными.

Во-первых, такая система не может быть создана (разработана) в рамках одного проекта (одного заказа) и внедрена одновременно во все органы системы управления на всех ее уровнях. Даже для одного органа управления разработать полный состав алгоритмов (программ), необходимый для обеспечения управления, пока не удастся. Поэтому неизбежны поэтапная разработка алгоритмов и включение их в систему специального математического обеспечения управления. Во-вторых, постоянно происходит развитие управляемых систем. Меняются предметы производства (появляются новые и исчезают устаревшие), совершенствуется технология производства, перед управлением ставятся новые задачи (оптимальное распределение сырьевых ресурсов, сохранение среды и т. п.), осваиваются новые экономические районы, строятся новые дороги и т. д. Все это приводит к необходимости создания новых алгоритмов для обеспечения функцио-

нирования системы управления с учетом новых условий.

В-третьих, совершенствуется сам механизм управления: изменяется число уровней управления, число управляющих органов, происходит перераспределение функций между ними, вводятся новые экономические показатели, регулирующие развитие хозяйства. Все это требует соответствующего изменения как самих алгоритмов специального математического обеспечения, так и системы их использования.

В-четвертых, совершенствуется механизм переработки информации. По мере того как увеличивается объем наших знаний о системе ведения хозяйства, выявляются новые законы и закономерности, которым подчиняется его развитие. Улучшаются методы и совершенствуются алгоритмы выработки рекомендаций при управлении.

Естественно, что все это сказывается и на составе параметров информационной базы системы специального математического обеспечения, которая развивается и совершенствуется вместе с изменением состава функций (алгоритмов) этой системы.

Особенно следует остановиться на вопросе исключения из состава алгоритмов специального математического обеспечения тех, которые потеряли смысл¹. Этот вопрос более сложный, чем может показаться на первый взгляд. В больших системах коллективного пользования, к каким относится и система специального математического обеспечения, ответить на вопрос о том, отпала ли потребность в какой-либо функции этой системы, не столь просто.

Первая трудность — в создании механизма (алгоритма) выявления таких функций (и алгоритмов, их реализующих). Количество здесь переходит в качество. Неавтоматизированный учет использования алгоритмов (программ) практически невозможен, так как

¹ На механизм и организацию роста и развития в больших системах, создаваемых людьми, всегда обращается большее внимание, чем на механизм ликвидации отжившего. Часто предполагается, что уничтожение отжившего произойдет само собой. Подобная практика приводит к значительным трудностям, особенно в системах, существующих десятилетиями (веками).

потребуется большого количества труда. Автоматизированный учет также может потребовать больших затрат времени и памяти вычислительных систем, так как частота использования алгоритмов (программ) без дополнительных исследований может быть неизвестна. Оставление в системе таких рудиментарных функций может повлечь за собой засорение системы специального математического обеспечения ненужными алгоритмами, что со временем затруднит ее использование. Если учесть, что эта система будет создаваться и использоваться веками, то станет ясной необходимость позаботиться об этой стороне развития системы заблаговременно.

Вторая трудность — в самом исключении отживших свой век алгоритмов и программ. Алгоритмы системы специального математического обеспечения в общем случае не являются независимыми. Поэтому подобное исключение должно происходить с учетом всех связей данного алгоритма (программы) с другими алгоритмами. Трудности, связанные с исключением устаревших алгоритмов и программ, естественно, будут существенно смягчены, если это требование будет осмысленно и удовлетворено уже на этапе создания системы специального математического обеспечения.

Аналогично дело обстоит и с составом параметров информационной базы системы.

Таким образом, уже при проектировании в систему специального математического обеспечения управления должны быть заложены принципы (свойства), обеспечивающие возможность ее развития. Эти свойства должны быть заложены в материальные элементы системы, в ее структуру, в информационную и функциональную ее части.

3.1.5. Реальное время. Следующее требование к системе специального математического обеспечения заключается в том, что результаты его работы должны своевременно поступать на объекты управления.

Алгоритмы (программы) специального математического обеспечения функционируют с помощью технических средств автоматизации: устройств сбора информации о состоянии управляемых систем и объектов; линий связи, передающих эту информацию в память вычислительных систем; вычислительных систем, со-

стоящих из вычислительных машин; устройств общения людей с вычислительными машинами; устройств передачи управляющих параметров объектам управления. Технические средства автоматизации имеют вполне определенную (ограниченную) производительность. Однако решение, принятое органом управления в виде управляющих параметров, должно своевременно поступить к объектам управления. Своевременно — это значит, что объекты управления не будут простаивать в ожидании этого решения, что у них будет достаточно времени (от момента получения этого решения до момента, когда должно начаться его выполнение) для того, чтобы осуществить все подготовительные (обеспечивающие) мероприятия.

Алгоритмы (программы) специального математического обеспечения управления требуют определенных затрат времени для переработки информации и подготовки рекомендаций или вариантов решений. Если в общей схеме прохождения информации на это будет затрачено больше времени, чем рассчитано в реальной системе для своевременной реакции объектов управления, то ясно, что такое специальное математическое обеспечение пользы принести не может. Положение осложняется тем, что экономическая эффективность диктует необходимость на один вычислительный комплекс возложить вычисления по многим программам. Таким образом, каждое конкретное решение может проходить на фоне множества ему подобных. Один вычислительный комплекс может готовить параметры для управления многими объектами.

Схема функционирования выглядит следующим образом.

Пусть:

n — множество объектов, которыми осуществляется управление с помощью алгоритмов (программ), выполняемых одним вычислительным комплексом;

$tx_i^{(k)}$ — моменты изменения состояний этих объектов или условий их действий, требующие выработки параметров управления ($k=1, 2, \dots, n; i=1, 2, \dots$);

$\tau c^{(k)}$ — время, необходимое для поступления сведений об изменении состояний объектов или условий их действий в память вычислительного комплекса ($k=1, 2, \dots, n$);

$A^{(k)}$ — множество алгоритмов (программ) специального математического обеспечения управления, используемых при выработке решений для управления k -м объектом ($k=1, 2, \dots, n$);

$Tm(A^{(k)})$ — минимальное время, затрачиваемое на подготовку параметров управления с помощью множества $A^{(k)}$ ($k=1, 2, \dots, n$);

$\tau r^{(k)}$ — время, необходимое для оформления решения и передачи его управляемым объектам ($k=1, 2, \dots, n$);

$Tg^{(k)}$ — допустимый интервал времени между моментом $tx_i^{(k)}$ и моментом поступления параметров управления на k -й объект;

$T_i^{(k)}$ — время, затрачиваемое на выработку параметров управления k -м объектом, как реакция на состояние объекта, которое он имел в момент $t_i^{(k)}$.

Обозначим:

$$(3.8) \quad \begin{aligned} tx &\equiv \{tx_i^{(k)}\}, \quad \tau c \equiv \{\tau c^{(k)}\}, \quad A \equiv \{A^{(k)}\}, \\ \tau r &\equiv \{\tau r^{(k)}\}, \quad Tm \equiv \{Tm(A^{(k)})\} \\ &(k=1, 2, \dots, n; i=1, 2, \dots). \end{aligned}$$

Время подготовки параметров управления зависит от множеств (3.8). Заметим, что оно является функцией состава очереди на обработку в вычислительном комплексе, которая также определяется множеством (3.8), т. е.

$$(3.9) \quad \begin{aligned} T_i^{(k)} &= \Phi(tx, \tau c, \tau r, A, Tm) \\ &(k=1, 2, \dots, n; i=1, 2, \dots). \end{aligned}$$

Если параметры управления поступают на объекты в моменты времени $ty_i^{(k)}$, удовлетворяющие условиям

$$\begin{aligned} ty_i^{(k)} &\leq tx_i^{(k)} + T_i^{(k)}; \\ T_i^{(k)} &\leq Tg^{(k)} \quad (k=1, 2, \dots, n; i=1, 2, \dots), \end{aligned}$$

то система управления своевременно вырабатывает решения. В общем виде поток, определяемый множеством tx , является случайным, поэтому величины $T_i^{(k)}$ также случайные.

Наибольшего внимания заслуживают вопросы определения времени, затрачиваемого на подготовку пара-

метров управления с помощью множества A . Множество Tm , входящее в (3.9), характеризует минимальное время, затрачиваемое на подготовку параметров управления k -м объектом с помощью множества алгоритмов A . Это означает, что при данных характеристиках вычислительного комплекса на вычисления по алгоритмам A не может быть затрачено времени меньше, чем $Tm(A^{(k)})$. Если окажется, что наличные ресурсы времени вычислительного комплекса для реализации $A^{(k)}$ меньше, чем $Tm(A^{(k)})$, то алгоритмы $A^{(k)}$ при данных характеристиках вычислительного комплекса и условиях, определяемых множеством (3.8), не способны обеспечить функционирование специального математического обеспечения в реальном времени.

Потенциальная возможность электронных вычислительных машин в высоком темпе моделировать ход течения процессов, реализуемая алгоритмами специального математического обеспечения управления, создаст предпосылки не только для своевременной выработки параметров управления, но и для глубокого прогнозирования последствий этого решения. Для многих реальных процессов скорость их течения намного меньше, чем скорость их моделирования на машинах. Это означает, что для выработки параметров управления ресурсы времени вычислительного комплекса, превышающие минимальные потребности $Tm(A^{(k)})$, могут быть рационально использованы в интересах выработки параметров управления k -м объектом. Дело в том, что процесс выработки решения проходит в диалоге между средствами автоматизации и человеком, осуществляющим управление. В процессе этого диалога человек должен предлагать и оценивать с помощью алгоритмов нетривиальные (творческие) альтернативные варианты, выработка которых недоступна алгоритмам.

Чем больше будет рассмотрено (проанализировано) и оценено таких вариантов, тем выше будет качество решения, принятого для управления, тем более обоснованным оно будет.

Таким образом, чем больше будет $\Delta T_i^{(k)}$:

$$\Delta T_i^{(k)} = Tg^{(k)} - T_i^{(k)}$$

в каждом конкретном случае, тем больше времени у человека останется для творческих размышлений, тем будет выше качество управления.

Требования к допустимому времени выработки параметров управления зависят от характера сложившейся на объекте управления ситуации, т. е. от ее содержания.

3.2. ЧАСТНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ. Если общие требования относились в основном к системе специального математического обеспечения в целом, то частные относятся к отдельным ее подсистемам Ψ , реализующим конкретные процессы управления.

3.2.1. Реализуемость. Каждый алгоритм, кроме удовлетворения общих требований к системе специального математического обеспечения управления, должен обладать свойствами реализуемости. Выделим шесть основных свойств, характеризующих *реализуемость* алгоритма.

Первое свойство: множество выходящих параметров замкнуто и по возможности полно. Под выходящими параметрами понимаются параметры управления, вырабатываемые алгоритмом. В это множество должны входить все параметры, выработка которых может быть формализована, т. е. алгоритмизирована. Это и есть свойство максимально возможной полноты множества выходных параметров.

Замкнутость этого множества заключается в том, что среди параметров управления, значение которых не может быть найдено алгоритмически, а следовательно, задается человеком, не должно быть таких, которые поступают на объект управления помимо средств автоматизации. Если множество Y не будет обладать свойством замкнутости, то решения, принятые человеком, могут вступить в противоречие со значениями управляющих параметров, которые определены алгоритмом.

Таким образом, создадутся условия выработки недопустимых (противоречивых, а следовательно, и невыполнимых) решений. Это повлечет за собой необходимость возложить на человека работу по выявлению подобных ситуаций и неавтоматизированную выработку параметров управления. Ясно, что это резко снизит эффективность автоматизации.

Свойство замкнутости множества выходящих параметров не вступает в противоречие с требованием возможности объединения творческого и формализованного при управлении. Для устранения возможных противоречий между параметрами управления, задаваемыми человеком и определяемыми алгоритмом, состав функций множества алгоритмов должен быть расширен: в него должны быть включены функции обработки параметров, заданных человеком, выявления противоречий между их значениями и значениями параметров управления, определяемых алгоритмически, а также пересчета значений параметров множества Y для устранения выявленных противоречий.

Второе свойство: значения выходных параметров должны быть максимально информативными. Напомним, что нами рассматриваются только автоматизированные системы, а не автоматические. Это означает, что средства автоматизации вырабатывают рекомендации для принятия решения, т. е. выступают в роли «советчика», а принятие решения остается за человеком. Для того чтобы алгоритм был в максимальной степени полезен человеку, осуществляющему управление, он должен выдавать результаты в форме, наиболее близкой к решениям, которые должен будет принять человек, т. е. в информативном виде. Отсутствие этого свойства может повлечь большую дополнительную ручную (неавтоматизированную) работу, без которой нельзя будет использовать выходные параметры.

Вопрос этот более сложен, чем может показаться на первый взгляд. Представьте себе, что в качестве метода формализации в алгоритме выбран аппарат теории игр. Тогда в качестве выходного параметра человек может получить смешанную стратегию. От нее до параметра управления еще достаточно далеко. С нашей точки зрения, этот параметр малоинформативен. Однако ясно, какие трудности лежат на пути перехода от него к более информативному.

Требование обеспечения информативности выходных параметров может привести к потере общей количественной картины для принятия решения. Устранить это противоречие частично можно с помощью вспомогательных выходных параметров (о которых будет сказано при рассмотрении организации диалога), а

также рациональным выбором методов формализации (что также будет рассмотрено далее).

Третье свойство: исходные параметры должны обладать свойством полноты. Под исходными параметрами понимается множество X аргументов, описывающих состояние объекта управления и условий его функционирования, поступающих в алгоритм.

Всякий алгоритм является моделью реального процесса. Любая модель дает приближенное представление процесса. Это приближение заключается как в составе выходных параметров, так и в точности получения их значений. Состав выходных параметров характеризуется выше двумя свойствами. Точность значений этих параметров зависит от состава аргументов (исходных параметров) математической модели и качества алгоритма их переработки.

Для каждого реального процесса можно определить точность, с которой необходимо определять значения параметров управления. Предположим, что алгоритм обладает способностью достаточно точно перерабатывать информацию. Тогда для получения заданной точности параметров управления необходимо иметь определенный состав множества X . Множество, обеспечивающее возможность получения параметров управления с заданной точностью, по определению обладает свойством полноты.

Авторы понимают, что гораздо легче потребовать соблюдения этого свойства, чем добиться его наличия. Конструктивные решения получения множеств аргументов, обладающих свойством полноты, существенно связаны с конкретными классами алгоритмов. Не для всех классов алгоритмов есть достаточно полная теоретическая база построения множеств аргументов. Однако это один из вопросов качества специального математического обеспечения. Поэтому он заслуживает самого большого внимания. Попытки строить по возможности более широкие множества аргументов нельзя считать удачными. Увеличение объема этих множеств приводит к усложнению алгоритмов, увеличению объемов вычислений, а следовательно, к увеличению влияния на результат всех погрешностей, неизбежно сопровождающих вычисление. Кроме того, увеличение числа аргументов усложняет процесс их

получения, что может затруднить практическое применение алгоритма.

Четвертое свойство: исходные параметры должны быть реально получаемыми. Это тривиальное свойство тем не менее может стать определяющим в жизнеспособности разработанного алгоритма. При построении алгоритма можно использовать только такие параметры, которые относятся к классу физически измеряемых величин. Это очевидно, однако этого мало. В множество исходных данных должны входить только такие параметры, значения которых могут быть своевременно получены при управлении. При отсутствии этого свойства множество аргументов может оказаться лишь теоретической базой для работы алгоритма.

Достаточно часто алгоритмы опираются на аргументы, получение которых не менее сложная проблема, чем, скажем, выработка самих параметров управления. Ясно, что о реализуемости таких алгоритмов не может быть и речи. Объективные причины такого положения понятны. Многие работы по созданию алгоритмов специального математического обеспечения ведутся не системно. Некоторые авторы (разработчики алгоритмов), не имея требований к создаваемому алгоритму, получают возможность использовать лучшие традиции математики, заявив: «Предположим, что...». Дальнейшие пути получения аргументов остаются за рамками алгоритмов.

Пятое свойство: алгоритм должен правильно отражать физические (реальные) свойства того процесса, для обеспечения управления которым он создается (это свойство отражает качество самого алгоритма).

В такой формулировке это свойство звучит как тривиальное. Действительно, если алгоритм неверен, то его применение не имеет смысла. Однако предъявление такого требования как самостоятельного к алгоритмам специального математического обеспечения вполне оправдано.

Начнем с рассмотрения влияния субъективизма и личности автора на результаты разработки алгоритмов.

Сначала шутка. К металлическим воротам нужно приделать ручку. Эту работу поручили электросварщику, не ограничив его выбором технологии. Можно быть уверенным, что электросварщик попытается в первую

очередь использовать привычный для себя способ — сварку. А если эту работу поручить токарю, воспользуется ли он этим путем? Скорее всего, нет. Токарь предложит выточить болты и гайки, просверлить в воротах отверстия и закрепить ручку болтами. Результат в обоих случаях получится один и тот же: на воротах будет ручка.

Теперь представьте себе, что алгоритм для определенного физического процесса поручено разрабатывать специалисту по линейному программированию. Можно с большой долей достоверности утверждать, что в качестве методологической основы построения алгоритма будет использован аппарат линейного программирования. Если разработку алгоритма для этого процесса поручить специалисту по теории массового обслуживания, то в разработанном алгоритме, скорее всего, найдут отражение идеи этой теории.

На первый взгляд может показаться, что положение столь же безобидно, как и в рассмотренном выше примере. Однако это далеко не так. Невольное стремление использовать при разработке алгоритма определенный математический аппарат приводит к необходимости вводить в алгоритм определенные ограничения и допущения (в явном и неявном виде), которые не могут не отразиться на степени близости результатов работы алгоритма к реальному физическому процессу. Стремление «подогнать» задачу под готовый математический аппарат довольно типично.

Выбор одного из созданных математических методов для решения поставленной задачи — вполне естественный путь создания алгоритмов. Этот путь диктуется всем опытом обучения в школе. По этому пути в значительной степени ведут студентов в высших учебных заведениях.

Хорошо, если такой готовый математический аппарат существует¹, хорошо, если разработчик алгоритма

¹ Многие, особенно молодые, специалисты и сегодня уверены, что математика всесильна, что в ней есть методы для решения любых задач, на все случаи жизни, что главное — найти такой метод. Почти весь опыт обучения направлен на укрепление такого взгляда. К сожалению, этот взгляд ошибочен. Пока не так часто можно найти готовый аппарат для решения конкретных задач.

владеет широким спектром математических методов и не находится под гипнозом тех методов, по которым он является специалистом. А если такого аппарата еще нет?

Здесь сформулированное свойство «правильного» алгоритма должно помешать «подгонке» задачи (физического процесса) под готовые математические методы¹.

Теперь рассмотрим объективное положение дел. История науки и математики показывает, что в тех случаях, когда наука шла от задачи к методам, рождался новый математический аппарат, рождались новые математические теории. Вспомним историю рождения дифференциального и интегрального исчислений.

В каждом конкретном случае разработанный алгоритм должен проходить проверку на удовлетворение требованию «правильности». К сожалению, подобная проверка является не только сложной теоретической проблемой, но и чрезвычайно трудоемкой практической задачей в каждом конкретном случае. Сложность алгоритма, проявляющаяся в чрезвычайно большом количестве вариантов, являющихся результатом его работы, почти всегда исключает возможность неавтоматизированной проверки его качества. Строгая проверка его правильности — сложная теоретическая проблема, не имеющая общих решений. Проверка экспериментом не всегда возможна и может потребовать больших материальных затрат и времени. Проверка моделированием, с помощью вычислительных машин, требует создания специальной методологии. Поэтому авторы видят в этом вопросе проблему, требующую большого внимания в силу ее сложности. В этой проблеме актуально все, начиная от понятия «правильности» при отражении алгоритмом физических свойств процессов и кончая аппаратом проверки правильности

¹ К сожалению, методологии построения алгоритмов специального математического обеспечения сегодня еще не обучают ни в университетах, ни в вузах. Такого курса нет. Существует мнение, не разделяемое авторами, что такого курса и не может быть, что обучить этому можно только на опыте (делай, как я, и ты научишься делать) либо эти знания сами выкристаллизуются в процессе обучения.

алгоритмов, т. е. критерии, методология и технология такой проверки.

Шестое свойство: алгоритм должен обладать способностью к диалоговому общению с человеком.

Отличительной чертой алгоритмов специального математического обеспечения управления является их многошаговое исполнение в диалоге с человеком. Это объясняется, во-первых, тем, что эти алгоритмы выполняют роль «советчика» человека. Поэтому после завершения некоторого этапа обработки информации они выдают результаты (рекомендации) человеку и должны быть готовы к продолжению работы по результатам его реакции. Во-вторых, это объясняется самой природой механизма осмысления обстановки и принятия решения. В этом процессе могут быть выделены следующие этапы.

Первый этап заканчивается тем, что алгоритм «сообщает» состав и значения параметров, характеризующих обстановку (состояние управляемого объекта и условия его действий). Если на условия действий существенное влияние оказывают случайные факторы и достоверность значений параметров, характеризующих эти условия, невысока, то человек может взять на себя уточнение и «утверждение» значений этих параметров для последующей обработки. Это уточнение и утверждение может проходить в диалоге между человеком и алгоритмом. Будем впредь называть место в алгоритме (оператор, группу команд), реализующее общение с человеком, «точкой диалога». Таким образом, в первой точке диалога происходит уточнение значений параметров обстановки.

После этого человек уточняет цели дальнейших действий (цель управления в конкретных условиях) и сообщает их алгоритму. Этот этап осуществляется во второй точке диалога.

В третьей точке диалога происходит анализ количественных оценок различных вариантов действий. Происходит объединение творческого и формализованного в выработку решения.

В четвертой точке диалога оформляется вариант распоряжения, включающий план обеспечивающих мероприятий, который утверждается человеком и передается управляемой системе.

Указанные точки диалога являются типовыми. Их состав и количество для каждого алгоритма определяют, исходя из содержания и организации процесса управления.

Способность к диалоговому общению является отличительной чертой алгоритмов специального математического обеспечения на достаточно высоких иерархических уровнях системы управления, там, где средства автоматизации могут выступать только в роли «советчиков», а окончательное решение остается за человеком.

Рассмотренные шесть основных свойств алгоритмов специального математического обеспечения определяют содержание требования, которое авторы определили как требование *реализуемости*. Эти свойства должны входить в состав необходимых условий успешного внедрения алгоритма в средства автоматизации управления. Они естественно, не исчерпывают всех необходимых свойств. Эти свойства характеризуют в основном способность алгоритма правильно отражать содержание автоматизируемого процесса с учетом необходимого состава выходных параметров алгоритма и неопределенности состава значений множества аргументов. Это требование к алгоритму дополняет введенные выше общие требования к системе специального математического обеспечения.

3.2.2. Эффективный диалог. Следующее требование к алгоритму специального математического обеспечения заключается в создании условий ведения эффективного диалога между человеком и средствами автоматизации.

Эффективность диалога можно характеризовать двумя показателями: временем и правильностью. Затраты времени на выполнение всех работ, связанных с диалогом, определяют его оперативность. Правильность относится ко всем этапам ведения диалога (правильность понимания человеком информации, полученной от алгоритма; правильность формирования и выдачи задания человеком алгоритму).

Средства автоматизации, в которых алгоритм играет роль «мозга» и выступает в роли «советчика», ведут с человеком, осуществляющим управление, диалог. Инициатором каждого тура такого диалога могут вы-

ступать как средства автоматизации (алгоритм), так и человек. Каждый тур такого диалога заканчивается решением, которое принимает человек и сообщает об этом средствам автоматизации. Производительность труда человека, использующего средства автоматизации, существенно зависит от того, насколько удобен механизм диалога, насколько содержателен (информативен) состав сведений (выходных параметров), поступающих от алгоритма.

При получении сведений от алгоритма существенное влияние на эффективность оказывают *формальные, содержательные и организационные* факторы.

Формальные факторы проявляются в выбранном алфавите, в форме представления информации (цифровая, буквенно-цифровая, текстовая, табличная, графическая, картинная). На формальную сторону большое влияние оказывают возможности технических средств автоматизации, особенно средств выдачи информации. Способ представления информации сказывается, главным образом, на времени ее восприятия человеком. При цифровом кодировании выдаваемой информации много времени приходится затрачивать на ее перекодирование для представления в форме, удобной к восприятию человеком. При буквенно-цифровом кодировании графической или картинной информации много времени затрачивается на восстановление этого фактически геометрического образа¹. Как вторичный эффект, при этом страдает правильность информации, получаемой руководителем. Это объясняется тем, что перекодирование информации, производимое неавтоматизированно, т. е. с участием человека, является источником существенных искажений. Человек с вероятностью, близкой к единице, делает по меньшей мере одну ошибку на 100 операций.

¹ Трудно представить себе организацию работы военачальника, лишенного топографической карты и карты с оперативной обстановкой

Тенденция перехода от текстовой информации к графической, а от нее к картинной является следствием объективного требования к увеличению скорости восприятия информации. Часто положение руководителей можно сравнить с положением военачальника, которому приходится управлять силами, не имея карты.

Таким образом, формализация представления информации, выдаваемой средствами автоматизации (алгоритмом), оказывает существенное влияние на оба показателя эффективности диалога.

Содержательная сторона при выдаче информации алгоритмом проявляется в составе выдаваемых параметров. Ранее отмечалось, что в различных точках диалога преследуется достижение различных целей. В точках диалога оценки обстановки состав параметров должен содержать основные сведения об объекте (системе) управления и условиях действий. Кроме того, должна быть обеспечена возможность получения детализированных справок по этим сведениям.

Если диалог начинается по инициативе алгоритма, то полезно формальное выделение тех параметров, которые привели к необходимости вмешательства человека, например, параметров, значения которых вышли за пределы допустимых.

Кроме самих параметров чрезвычайно полезно выделение специальной, вспомогательной информации, содержащей сведения с разъяснением сложившейся ситуации (результаты формального анализа сложившейся обстановки, произведенного алгоритмом). Простейший формальный анализ поможет человеку быстрее уяснить состояние вопроса.

В точках диалога количественной оценки альтернативных вариантов решений состав параметров содержит сведения, необходимые для принятия решения. В этих точках вспомогательная информация, содержащая разъяснение о том, почему целесообразен предлагаемый вариант решения, играет особую роль. В алгоритм при его разработке автор закладывает ряд допущений и ограничений. Функционирование алгоритма осуществляется на базе определенных концепций. Автор алгоритма, получая результаты, имеет возможность сопоставить их с этими известными ему свойствами алгоритма. Это позволяет ему глубже уяснить содержание полученных результатов. Так как алгоритмом пользуется не автор, а руководитель, который, как правило, лишен возможности привлечь автора алгоритма к обсуждению полученных результатов, то важность подобной вспомогательной информации становится еще более очевидной. «Советчиком» руководи-

теля является алгоритм. Поэтому он кроме «голой» рекомендации должен дать и соответствующие разъяснения (комментарии), которые повысят эффективность диалога, помогут быстрее добиться «взаимопонимания» между человеком и алгоритмом (и время, и правильность).

Организационная сторона при выдаче информации алгоритмом проявляется в создании условий для скорейшего получения подлинника результатов руководителем. Она достигается главным образом размещением технических средств автоматизации. Однако системный подход к рассмотрению требования эффективного диалога вынуждает сказать о ней здесь. Естественно стремление оснастить рабочее место руководителя (его кабинет) аппаратурой получения этой информации так же, как и всей остальной аппаратурой, необходимой для ведения диалога. Решающей здесь будет экономическая сторона. Но в рассмотренных вариантах размещения аппаратуры обязательно должен быть такой, при котором между руководителем и алгоритмом нет посредников. На средних и высших уровнях управления задержки во времени принятия решения в связи с неэффективным диалогом будут стоять намного больше, чем аппаратура автоматизации.

Укажем еще на две группы сведений, которые руководитель сможет получать от алгоритмов. Первая — «подсказка», содержащая сведения о том, что ему необходимо делать для использования средств автоматизации. Эта группа сведений является переходным звеном ко второй части диалога, когда человек выдает указания алгоритму. Для общения с алгоритмом человек должен владеть языком общения.

В идеале, возможно, уже в ближайшее время будут сняты все ограничения с языка задания работ человеком средствам автоматизации. Человек будет формулировать эти задания на своем неформализованном языке. В настоящее время еще необходимо предъявлять некоторые формальные требования к языку такого общения. Получается, что человек, использующий алгоритм, должен овладеть еще одним дополнительным языком. Для того чтобы процесс изучения языка не стал тормозом в эффективном диалоге, алгоритм

должен (и может) взять на себя функцию «подсказки» человеку о правильных способах общения с ним. Наличие этой функции полезно на первых стадиях общения человека со средствами автоматизации.

Вторая группа содержит сведения о режиме работы средств автоматизации вообще и о возможных нарушениях в работе данного алгоритма в частности. Такие нарушения могут быть связаны с поведением источников информации, с работой технических средств автоматизации, с ошибками в обращении человека к алгоритму. В этих ситуациях алгоритм нуждается в помощи человека. Эта группа сведений содержит в себе информацию о том, каков характер происшедшего нарушения и какая помощь нужна.

3.2.3. Адаптивность. Алгоритмы специального математического обеспечения должны обладать свойством адаптивности. Под адаптивностью понимается способность алгоритма выполнять заданные функции при изменениях условий его функционирования. Если алгоритм полностью лишен этого свойства, то любое изменение условий его функционирования будет приводить к тому, что он не сможет выполнять возложенные на него задачи. Ясно, что при этом степень его «жизнеспособности» будет очень низкой.

Адаптивность алгоритма не может быть безграничной. Увеличение степени адаптивности требует усложнения алгоритма. Поэтому можно говорить о рациональной границе в способности алгоритма к адаптации¹. Укажем на пять причин, вызывающих необходимость адаптации алгоритмов.

Первая причина: изменение типов вычислительных машин. История развития вычислительной техники показывает, что смена типов вычислительных машин в различных странах происходит за время от двух до пяти лет. Эксплуатация установленных машин до исчерпания технических ресурсов продолжается 7—10 лет. Алгоритмы специального математического обеспечения могут «жить» гораздо дольше. Поэтому следует заботиться о том, чтобы они были способны адапти-

¹ Следует заметить, что как мера адаптивности, так и способы определения ее рациональной границы являются самостоятельными проблемами, требующими решения

роваться к новой вычислительной среде. Этого можно достичь, в частности, внедрением машиннезависимых алгоритмических языков, используемых для описания всех алгоритмов системы специального математического обеспечения.

Вторая причина: различные системы управления, в которых может использоваться один и тот же алгоритм. Различие условий использования может ограничиваться формальными факторами, к которым относятся следующие: различные формы представления исходных данных; различные структуры информационных баз; различные системы измерения параметров; различные объемы информационных полей и т. п. Ясно, что введением в алгоритм блока настройки исходной информации можно адаптировать его к различным системам. Адаптация при этом осуществляется однократно, при настройке и включении алгоритма в систему.

Третья причина: временные изменения в конфигурации состава технических средств автоматизации. Временные изменения могут быть вызваны частичными неисправностями, не лишаящими полностью работоспособности вычислительный комплекс с сопряженной с ним аппаратурой ввода — вывода информации. Адаптация алгоритма в этом случае повысит общую готовность системы к эксплуатации.

Четвертая причина: возможная в некоторых случаях неполнота состава исходных параметров.

При классическом подходе для функционирования алгоритма необходимо наличие значений исходных параметров, являющихся его аргументами. При отсутствии значения хотя бы одного из аргументов алгоритм не может быть выполнен. Такой подход к построению алгоритмов специального математического обеспечения управления может привести к чрезвычайно большой «жесткости» средств автоматизации управления. Отдельные алгоритмы и система в целом могут оказаться нежизнеспособными. В сложных системах при большом числе параметров, описывающих их состояние, при вероятностном характере многих из них отсутствие значений некоторых параметров в определенные моменты времени может быть типичным. В таких системах информационная база строится и пополняется независимо от алгоритмов, использующих ее пара-

метры. Информационная база является общей и универсальной для алгоритмов данной системы. Отсутствие значений некоторых параметров может помешать использованию специального математического обеспечения не по существу, а только из формальных соображений, если алгоритмы не будут обладать указанным свойством.

Дело в том, что отсутствие значений некоторых аргументов может не настолько исказить картину обстановки, чтобы нельзя было принять решения. Во всяком случае человек вынужден и принимает решение с определенной мерой риска в его правильности. Поэтому объективно есть нижний допустимый уровень неполноты исходных данных, при котором алгоритм еще может быть использован для выработки рекомендаций руководителю для управления.

Степень полноты исходных данных влияет на качество решений, вырабатываемых алгоритмом. Чем выше степень полноты, тем выше качество решения. Определение уровня информации, ниже которого использование алгоритма нецелесообразно, является проблемой, не имеющей пока достаточной теоретической базы для своего решения.

Аналогично положение с зависимостью качества решения, вырабатываемого алгоритмом, от степени полноты исходной информации. Однако наряду с развитием теоретической базы решения указанной проблемы, в конкретных задачах можно находить вполне приемлемые, практически полезные, частные решения. Способность алгоритма функционировать при определенной неполноте исходных данных существенно повысит жизнеспособность системы алгоритмов специального математического обеспечения. Отсутствие этого свойства, по мнению авторов, может поставить под угрозу срыва решение проблемы автоматизации процессов управления.

Пятая причина: ограниченное время, которым, как правило, располагает орган управления для принятия решения. Если алгоритмы будут обладать способностью подготавливать вариант решения только за фиксированное время t , то они, как указывалось выше, будут бесполезны во всех ситуациях, если время, которым располагает орган управления для принятия решения,

меньше t . Если орган управления располагает большими чем t ресурсами времени, алгоритм с фиксированным временем решения не сможет использовать эти ресурсы. Таким образом, алгоритм должен обладать свойством адаптации к ресурсам времени, имеющимся для обоснования решения, т. е. он должен производить вычисления за заданный отрезок времени. Ясно, что имеется нижняя граница величины этого отрезка, за пределами которой выполнение указанного требования невозможно, во всяком случае при вычислениях с помощью машин определенного класса. Уменьшение ресурсов времени на вычисление неизбежно скажется на качестве результатов. Они будут менее точными, но при этом решение с помощью средств автоматизации будет принято.

3.2.4. Совместимость. Алгоритм специального математического обеспечения должен обладать способностью функционировать в реальных условиях, т. е. быть совместимым со средой, в которой он будет использоваться.

Среда характеризуется следующими пятью категориями: *организацией управления, существующей системой специального математического обеспечения управления, существующей информационной базой управления, техническими средствами автоматизации, общесистемным математическим обеспечением.*

Совместимость с организацией управления предполагает выполнение следующих основных условий. В системе управления имеется должностное лицо (должностные лица), которое может использовать алгоритм в процессе управления. Уровень прав этого должностного лица соответствует тем выходным параметрам, которые являются результатами работы алгоритма.

Если алгоритм имеет несколько точек диалога, в каждой из которых должно работать определенное должностное лицо, то состав этих точек диалога соответствует структуре органа управления, а состав выходных параметров в каждой из них — уровню прав и функциональным обязанностям этих лиц.

Требование совместимости с организацией управления не означает, что каждый алгоритм и вся система специального математического обеспечения управления должны подстраиваться под существующую структуру

системы управления. Более того, можно утверждать справедливость вывода, что эффективное использование средств автоматизации неизбежно влечет за собой пересмотр традиционной структуры органов (и системы) управления¹. Следовательно, алгоритмы специального математического обеспечения будут играть активную роль в изменении организации управления. Однако их разработка должна осуществляться одновременно с разработкой новой организации управления. Внедрение этих алгоритмов в практику управления должно происходить одновременно с внедрением соответствующей им (совместимой с ними) организации управления.

Совместимость алгоритма (предполагается нового алгоритма) с существующей системой специального математического обеспечения предполагает выполнение следующих основных условий. Критерии эффективности, используемые для обоснования выбора решений в процессе управления, примененные в этом алгоритме, должны согласовываться с системой критериев, реализованной в уже внедренных алгоритмах.

Согласование критериев эффективности в подсистемах специального математического обеспечения управления будет происходить естественно, если эта система будет строиться на базе объективных законов общественного развития. Отклонение от объективных законов неизбежно приведет к построению неработоспособной, внутренне противоречивой системы. Декомпозиция основных критериев общественного развития, таких, как темпы роста производительности труда и т. п., до частных критериев, используемых в конкретных подсистемах, будет показана в главе, посвященной проблемам эффективности специального математического обеспечения управления.

Совместимость алгоритма с существующей информационной базой управления предполагает выполнение следующих основных условий. Во-первых, информационная база содержит все параметры, необходимые для функционирования данного алгоритма. Если это усло-

¹ Глушков В. М. Введение в АСУ. Киев. «Техника», 1972.

Kusnetzow P. G. Sputnik-Scalar — «Technische Gemeinschaft», 1970, № 3, p 26—32

вие не соблюдено и алгоритм требует введения новых параметров, то информационная база по своей организации и объему позволяет осуществить необходимое расширение. Во-вторых, темп обновления и точность представления параметров информационной базы должны соответствовать потребностям нового алгоритма. Если это условие не выполняется, то имеется возможность провести соответствующую корректировку правил заполнения информационной базы.

Совместимость алгоритма с техническими средствами автоматизации предполагает выполнение следующих основных условий. Во-первых, сложность и трудоемкость алгоритма соответствуют классу машин вычислительного комплекса. Это означает, что по трудоемкости с учетом требований оперативности исполнения алгоритм может быть реализован на машинах вычислительного комплекса. Во-вторых, у средств автоматизации системы управления, в которую внедряется алгоритм, имеется достаточный резерв ресурсов, остающихся после реализации функций уже внедренного специального математического обеспечения управления, для того, чтобы реализовать новый алгоритм. Такими ресурсами, в первую очередь, являются объем памяти вычислительного комплекса, резервы времени процессоров, линий связи и периферийного оборудования. Кроме того, состав этого оборудования позволяет реализовать потребности алгоритма при выдаче результатов вычислений.

Совместимость алгоритма с общесистемным математическим обеспечением предполагает выполнение следующих основных условий. Структура алгоритма не вступает в противоречие с операционной системой, что позволяет включить алгоритм (реализующую его программу) в общую схему обслуживания. Алгоритм сопрягаем с основными обслуживающими подсистемами, такими, как ограничение доступа, документирование, учет и т. п.

Выполнение перечисленных требований необходимо для включения нового алгоритма в состав алгоритмов специального математического обеспечения управления конкретной функционирующей автоматизированной системы без радикальных изменений средств автоматизации, в частности их технической базы.

3.2.5. Надежность. Алгоритм должен обладать способностью правильно выполнять свои функции в реальных условиях, т. е. обладать надежностью. Под реальными условиями понимаются источники, способные помешать алгоритму правильно выполнять свои функции. Такими источниками могут быть следующие.

Первый источник — автор (или коллектив авторов) алгоритма. Частично вопросы правильности алгоритма рассматривались при формулировке требования реализуемости. Действительно, способность алгоритма правильно отражать физические свойства того процесса, для обеспечения управления которым он создается, имеет непосредственное отношение к надежности его функционирования.

Однако под правильностью в первую очередь понимаются вопросы, связанные с содержанием математического аппарата, с его способностью давать достаточно хорошую модель процесса. К надежности алгоритма прямое отношение имеет и формальная сторона построения алгоритма. Материализация заключается в изображении модели с помощью алгоритмического языка (алгоритмических языков) в форме алгоритма. При этом даже правильная (мыслимая) модель может быть изображена с ошибками в форме алгоритма. Более того, неавтоматизированный (ручной) труд неизбежно и объективно сопровождается ошибками (описками). Таковы психофизиологические свойства человека. Таким образом, помешать алгоритму правильно выполнять функции могут алгоритмические ошибки, источником которых является автор.

Для линейных алгоритмов, в которых все операции (действия) обязательно выполняются при любом наборе исходных данных, отыскание подобных ошибок является достаточно простой задачей. Большинство алгоритмов реализуют сложные, ветвящиеся вычислительные процессы. Количество возможных путей вычислений в зависимости от значений исходных данных чрезвычайно велико. Поэтому отыскание подобных алгоритмических ошибок несмотря на их формальный характер является сложной проблемой, так как из множества возможных вариантов (нескольких миллионов) работы алгоритма неверными могут быть лишь несколько.

Второй источник — программа. Программа является изображением алгоритма на языке (в системе команд) вычислительной машины. Период неавтоматического составления программ уже прошел. Программы строятся автоматически с помощью трансляторов, работающих на вычислительных машинах и переводящих алгоритм с алгоритмического языка на машинный. Однако в самих трансляторах, которые являются программами, несмотря на многолетний опыт эксплуатации некоторых из них, вероятность наличия ошибок не равна нулю. Кроме того, большие программные комплексы могут частично создаваться с применением ручного труда, в частности для составления справочной и другой вспомогательной информации. Таким образом, даже по абсолютно правильному алгоритму может быть получена программа, содержащая ошибки. Эти ошибки могут проявляться не при всех вариантах исходных данных, а только при некоторых.

Третий источник — исходная информация. Каждый алгоритм (программа) разработан в предположении, что аргументы для него (исходная информация) представлены в определенной форме и удовлетворяют некоторым ограничениям. Отклонения от этой формы и несоблюдение указанных ограничений могут приводить к тому, что алгоритм оказывается неспособным к выполнению функций. Ошибки в исходной информации неизбежны, если ее формирует и задает человек.

Четвертый источник — технические средства автоматизации. Эти средства являются той средой, в которой функционирует алгоритм (программа). В процессе работы возможны случайные отклонения от правильного режима функционирования технических средств автоматизации. Несмотря на специальные меры выявления этих случайных возмущений вычислительной среды, нет абсолютной гарантии того, что они будут выявлены полностью. Таким образом, алгоритм (программа) является объектом воздействия случайных отклонений от правильного режима функционирования технических средств. Эти отклонения могут помешать алгоритму правильно выполнять свои функции.

Таким образом, можно ввести следующие характеристики надежности алгоритма: *алгоритмическую, программную, информационную, вычислительную.*

Алгоритмическая надежность — способность алгоритма адекватно отражать реальные процессы управления.

Программная надежность — способность программы правильно (безошибочно) отражать алгоритм.

Информационная надежность — способность алгоритма правильно выполнять свои функции при различных ошибках в исходных данных.

Вычислительная надежность — способность алгоритма правильно выполнять свои функции при различных отклонениях от правильного режима функционирования технических средств автоматизации.

3.3. ВЫВОДЫ. Требования к системе специального математического обеспечения управления могут рассматриваться как **система стандартов, в которую входят стандарты двух типов: стратегические и тактические.**

Стратегические стандарты создают условия для согласованной работы всей системы специального математического обеспечения управления и в этом смысле не подлежат изменению. Стратегические стандарты отражают объективные законы общественного развития, т. е. содержательную сторону управления. Тактические стандарты обеспечивают технологию построения системы специального математического обеспечения с учетом конкретных технических средств, используемых как на объектах управления, так и на предприятиях, создающих специальное математическое обеспечение управления.

Система специального математического обеспечения и ее подсистемы должны удовлетворять следующим специфическим требованиям.

Система специального математического обеспечения должна обладать способностью к развитию. Выполнение этого требования позволяет совершенствовать систему специального математического обеспечения управления, отражая в ней изменения, происходящие в структуре системы управления, в том числе совершенствование механизма управления и появление новых методов переработки информации. Способность к развитию позволяет осуществлять последовательное наращивание этой системы.

Новые подсистемы специального математического обеспечения управления и их элементы должны быть

совместимы со структурой системы управления, с уже существующей частью системы специального математического обеспечения управления и ее информационной базы, а также с техническими средствами автоматизации и их общесистемным математическим обеспечением.

Каждая подсистема специального математического обеспечения должна обладать способностью к ведению диалога с руководителем. Удовлетворение этого требования позволяет совместить при обосновании и принятии решения творческие способности человека с формализованным способом переработки информации. Способность к диалогу повышает эффективность использования средств автоматизации, увеличивая информативность результатов, получаемых руководителем от средств автоматизации.

При ведении диалога специальное математическое обеспечение формирует для руководителя пояснения результатов, получаемых при переработке информации. Эти комментарии позволяют человеку быстрее уяснить особенности выданных ему для принятия решения рекомендаций. Математические модели, не обладающие этим свойством, не могут входить в состав специального математического обеспечения управления, так как ограничат творческие возможности человека и потребуют от него больших затрат времени на уяснение полученных рекомендаций.

Подсистема специального математического обеспечения управления должна обладать свойством адаптивности к имеющемуся в органе управления времени для принятия решения, к составу сведений, находящихся в информационной базе, к фактической конфигурации технических средств автоматизации. При отсутствии способности адаптации ко времени, которым располагает орган управления для принятия решения, специальное математическое обеспечение не создаст условий для своевременной выработки рекомендаций. При отсутствии способности адаптации к сведениям, фактически имеющимся в составе информационной базы, специальное математическое обеспечение управления окажется неработоспособным под влиянием неопределенности исходной информации. Отсутствие способности адаптации к конфигурации технических средств

автоматизации будет выводить подсистему специального математического обеспечения управления из строя при каждом изменении этой конфигурации.

Следовательно, математические модели, не обладающие способностью к адаптации, не могут быть использованы в качестве специального математического обеспечения управления.

Полезность специального математического обеспечения управления неразрывно связана с его способностью вырабатывать обоснованные рекомендации для принятия решения. Обоснованность решения означает, что оно в максимальной степени соответствует объективным законам, определяющим течение управляемых процессов. При разработке планов обоснованность заключается в том, что они позволяют оптимально использовать имеющиеся ресурсы и создают условия для получения наибольшей эффективности. Обоснованность решений, принимаемых на этапе оперативного управления, означает, что реальные результаты действий управляемых объектов в минимальной степени отклоняются от запланированных. Обоснованность принимаемых решений неразрывно связана с их объективной реализуемостью.

Специальное математическое обеспечение управления должно обладать способностью к проверке допустимости любого принимаемого решения, т. е. к проверке наличия необходимых материальных ресурсов, трудовых ресурсов и времени для его выполнения, при условии обязательного достижения поставленной цели. Проверку допустимости любого варианта решения следует выполнять, учитывая как параметры управления, которые задал руководитель, так и параметры, значения которых выработаны с помощью математических моделей специального математического обеспечения управления.

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ

глава

4

Из описания системы специального математического обеспечения управления следует, что ее создание является не одноразовой работой, а длительным процессом. Технология разработки специального математического обеспечения управления фактически еще не создана. Практически развитие идет методом проб и ошибок. Накопленный опыт позволяет сделать некоторые общие выводы о путях его разработки. Специальное математическое обеспечение отдельных подсистем (процессов) отражает специфику управляемых объектов. Это, естественно, находит отражение в специфике его разработки. Однако при всей специфике отдельных подсистем разработка для них специального математического обеспечения имеет много общего. Эти общие вопросы разработки будут рассмотрены в данной главе. Рассмотрение начнем с ответа на вопрос: что такое разработка специального математического обеспечения? Разработка — это процесс создания системы, состоящий из этапов, каждый из которых начинается с выявления потребностей конкретных органов управления в специальном математическом обеспечении и заканчивается внедрением разработанной подсистемы. Успешность разработки зависит от наличия необходимых условий.

Определим основные условия создания специального математического обеспечения как системы.

- 4.1. СИСТЕМНОСТЬ РАЗРАБОТКИ. Разработка такой большой системы, как система специального математического обеспечения управления, требует общего взгляда на ее структуру, состав, организацию развития, хранения, использования и т. п. Без такого общего взгляда трудно ждать эффективного использования ресурсов на ее создание, успешного ее развития.

4.1.1. Критерии. В первую очередь, должно быть выработано единство взглядов на систему критериев. Специальное математическое обеспечение должно создавать количественную базу для принимаемых решений. Поэтому основой его качества является правильно выбранная система критериев, позволяющая отдавать предпочтение одному варианту решения из множества альтернативных. Системный подход к анализу больших систем является объектом пристального внимания современной науки, и ему посвящено довольно много исследований.

Критерии эффективности в первую очередь должны отражать объективные законы общественного развития, что обеспечит единый подход к построению системы критериев¹. При разработке вопросов научного управления обществом установлена тесная связь между законом роста производительности труда и ростом энергетической мощности на душу населения: «Суммарное энергопотребление, осуществляемое обществом, является одной из измеряемых величин, характеризующих потенциальные производственные возможности общества как целостной системы. Суммарное энергопотребление измеряется за конечный отрезок времени и имеет размерность потока энергии в единицу времени. Этот поток энергии в системе общественного производства, определяющий потенциальные возможности общества, в процессе исторического развития увеличивается за счет практической реализации научных идей, позволяющих использовать новые потоки энергии.

Используемые в производстве технические средства (машина, механизм, технологический процесс) потребляют потоки энергии и вещества для преобразования их в предметы общественного или личного потребления. Однако в каждом таком преобразовании не вся подведенная к процессу энергия используется с пользой. Часто энергия бесполезно рассеивается. Разница между израсходованной энергией и энергией, бесполезно рассеянной, деленная на полное количество израсходованной энергии, образует коэффициент

¹ **Афанасьев В. Г.** Научное управление обществом (опыт системного исследования) М., «Мысль», 1968

полезного действия технического средства (машины, механизма, технологического процесса). Если суммировать произведения потока энергии на соответствующие коэффициенты полезного действия, то мы получим величину полного потока, умноженную на обобщенный коэффициент полезного действия. Эта величина в принципе поддается измерению и может служить мерой физической возможности общества, как целого...

На базе социалистической собственности формируется, функционирует и развивается плановая экономика, а это означает, что на каждый производимый продукт имеется заранее известный потребитель. Этим самым создаются условия для ощутимого сокращения, а в принципе полного прекращения всех видов бесполезных для общества работ. Причем под „бесполезными” работами здесь понимаются не только бесполезно затрачиваемый живой труд, но и труд овеществленный, воплощенный в сырье, материалах, зданиях, машинах и механизмах и т. д., которые или плохо используются, или не используются совсем, портятся, расхищаются, растрачиваются попусту, с чем мы, к сожалению, еще встречаемся в нашей повседневной жизни. Иными словами, речь идет об экономии, сбережении времени, затрачиваемого на производство материальных и духовных ценностей»¹.

Сформулированный подход может служить основой для выбора критериев, оценивающих влияние на результаты труда как технологии производства, так и организации управления.

Предположим, что в рассматриваемой системе функционирует n производственных процессов и каждый из них потребляет мощность, равную $W_i(t)$. Если во всех процессах используется «абсолютно» совершенная технология (коэффициент полезного действия равен единице), то суммарная полезная потребляемая и овеществленная в продукции мощность равна

$$(4.1) \quad S_1(t) = \sum_{i=1}^n W_i(t).$$

¹ Афанасьев В. Г. Научно-техническая революция, управление, образование М., Политиздат, 1972

Так как в каждом производственном процессе коэффициент полезного действия $\eta_i(t) < 1$, то полезная мощность, которая может быть овеществлена в продукции, равна

$$(4.2) \quad S_2(t) = \sum_{i=1}^n W_i(t) \eta_i(t)$$

и характеризует предельную (максимальную) производительность, которую можно получить при идеальной организации, т. е. в том случае, если все оборудование работает без простоев, если вся продукция находит потребителя и т. д. Так как реально подобное положение еще не имеет места, то можно ввести коэффициент, характеризующий степень организованности (или качество управления) в i -м процессе, $\varepsilon_i(t)$. Тогда фактическая полезная мощность, овеществленная в продукции, равна

$$(4.3) \quad S_3(t) = \sum_{i=1}^n W_i(t) \eta_i(t) \varepsilon_i(t).$$

В качестве критерия эффективности, характеризующего качество техники и степень совершенства технологии, может быть принята величина

$$(4.4) \quad \eta(t) = S_2(t)/S_1(t),$$

а в качестве критерия эффективности, характеризующего совершенство системы управления, — величина

$$(4.5) \quad \varepsilon(t) = S_3(t)/S_2(t).$$

Подобный подход ¹ может быть применен и при иных трактовках физического смысла величин $S_1(t)$, $S_2(t)$ и $S_3(t)$. Однако при этом сохранится их качественное соотношение: выражение типа (4.1) будет характеризовать верхний предел возможностей системы (идеальные технология и организация), выражение типа (4.2) — возможности системы при заданной технологии и идеальной организации, а выражение типа

¹ Энергетический подход к построению этих критериев позволяет предполагать, что подобный общий подход применим как к оценке систем, равных по масштабам стране, так и к частным подсистемам

(4.3) — ее возможности при существующей организации, т. е. при заданном качестве управления.

Одним из центральных вопросов управления является вопрос о критериях для оценки прогнозов планов развития. Принимая решение о строительстве новых предприятий или развитии существующих, об установке дополнительного или создании нового оборудования, руководитель любого уровня должен уметь оценить целесообразность таких мероприятий.

Изложим один из возможных путей выбора критериев для принятия подобных решений.

Всякое развитие начинается с затрат ресурсов $K(t_0)$ (энергии, денег и т. п.), которые на первом этапе $(0, t_0)$ никак не окупаются. На следующем этапе, после завершения строительства (установки оборудования), вложенные ресурсы начинают окупаться, например приносить $p(t)$ дохода в год, где $p(t)$ — доля от первоначального вложения $K(t_0)$. Величина $p(t)$ непостоянна. Со временем она убывает, так как увеличиваются расходы на ремонт оборудования, растет время простоев. Полученный за T лет эффект равен

$$(4.6) \quad K(T) = K(t_0) \prod_{i=1}^T [1 + p(i)]$$

в предположении, что величина $p(t)$ является постоянной в течение года.

Сама по себе функция $K(T)$ — плохой критерий эффективности, так как не отражает темпов отдачи капиталовложений. Если выбрать в качестве критерия время полной окупаемости капиталовложений (T_1) , то остается открытым вопрос о том полезном эффекте, который может быть получен после этого.

Этот вопрос не является праздным, особенно потому, что «доход» может существенно понижаться затратами на ремонт в связи с износом оборудования. Поэтому в качестве критерия целесообразно выбрать время, за которое первоначальные вложения $K(t_0)$ увеличатся в n раз (T_n) , например удвоятся (T_2) .

Так, например, если для простоты считать $p(t)$ константой, то

$$(4.7) \quad T_2 = \log 2 / \log (1 + p).$$

Из (4.7) может быть получена следующая интересная таблица зависимости между p и T_2 (табл. 4.1).

Из табл. 4.1 видно, что произведение pT_2 с точностью до 5% можно считать равным 72. Это дает простое приближенное правило для оценки T_2 по величине p . Более точный учет требует вычислений по (4.6) и оценки зависимости $p(t)$ от надежностных характеристик оборудования. При этом не обойтись без достаточно сложных математических моделей, описывающих как экономические, так и надежностные свойства создаваемого предприятия.

Изложенные подходы к определению критериев эффективности могут служить основой для построения их систем и обеспечивать выводимость критериев объектов нижестоящих уровней на основе целей и задач вышестоящих уровней управления в соответствии с объективными законами общественного развития.

4.1.2. Систематизированная информационная база. Информационная база является памятью автоматизированного управления. Общий взгляд на ее структуру и состав необходим, чтобы исключить противоречия между отдельными ее частями, дублирование параметров и т. п. Одним из важных вопросов является приведение содержания информационной базы к единому времени. Для системы специального математического обеспечения управления характерна большая пространственная разнесенность управляемых объектов, что требует согласованного (системного) подхода к учету времени при формировании состава информационной базы. Этот вопрос должен решаться как для источников информации, так и для ее потребителей.

Состав параметров информационной базы должен отвечать требованиям по точности их представления, необходимой для автоматизированной обработки

Таблица 4 1

$p, \%$	$T_2, \text{ в годах}$	$a = pT_2$
2	35	70
10	7,3	73
20	3,8	76

(переработки). Только системный подход к построению информационной базы может создать необходимые условия для ее разработки.

4.1.3. Внешние связи. Поэтапное развитие системы специального математического обеспечения управления приводит к необходимости учета обратных связей между созданными и создаваемыми его частями. Разработка новой подсистемы специального математического обеспечения потребует сведений о составе и состоянии сопрягаемых с ней подмножеств из A и I (гл. 2). Поэтому необходим общий подход к созданию условий для получения такой информации, а также для контроля выполнения всех требований по сопряжению после завершения разработки.

Кроме того, при создании новой подсистемы должны учитываться внешние связи с общесистемным математическим обеспечением и техническими средствами автоматизации. Поэтому необходим системный подход к обеспечению условий согласования в процессе разработки.

4.1.4. Условия хранения. Разработанная и внедренная часть системы специального математического обеспечения должна храниться в нескольких формах. Первая — алгоритмическая, обеспечивающая возможность воспроизведения при смене типа технических средств, а также являющаяся эталоном правильности. Вторая — программная, являющаяся отображением алгоритмической формы на конкретные технические средства автоматизации переработки информации. Третья — документальная, обеспечивающая возможность изучения содержания и использования (эксплуатации). Организация хранения обеспечивает возможность передачи опыта разработок.

4.1.5. Стандарты. Разработка специального математического обеспечения управления должна регламентироваться определенными стандартами. Это объясняется тем, что разработку системы ведут многие коллективы, что разработка и внедрение осуществляются поэтапно

Отсутствие стандартов неизбежно приведет к несогласованности отдельных подсистем специального математического обеспечения управления, лишит их возможности согласованно перерабатывать информацию

управления. Согласование подсистем специального математического обеспечения управления после завершения их разработки потребует больших дополнительных затрат труда и времени. Доработки в процессе внедрения неизбежно приведут к ухудшению качества разработанных подсистем, так как при этом неизбежно внесение ошибок.

Стандарты необходимы при любом виде промышленного производства. При производстве специального математического обеспечения управления они нужны особенно. По логической сложности специальное математическое обеспечение управления превосходит все виды промышленной продукции. Это следует из закона необходимого разнообразия, сформулированного Эшби¹. «Успешно справиться с разнообразием в управляемой системе может только такое управляющее устройство, которое само обладает достаточным разнообразием»².

Специальное математическое обеспечение управления является мозгом устройства управления, поэтому по своей сложности оно будет превосходить сложность (разнообразие) объектов управления. Стандарт на промышленную продукцию определяет один вид изделия (его свойства). Стандарт на специальное математическое обеспечение управления окажет косвенное влияние на всю систему управления, а следовательно, и на промышленность в целом.

Стандартизации подлежат следующие основные области разработки специального математического обеспечения управления.

Формы представления информации, описывающей состояние объектов управления и условия их действий. В первую очередь это относится к параметрам информации, используемым в системе управления в целом. Стандартизации подлежат формы представления информации на носителях. Этим будут улучшены условия использования документов и в существующей организации управления, но главным образом созданы условия, обеспечивающие эффективный ввод информации

¹ Эшби У. Росс. Введение в кибернетику. М., ИЛ, 1959.

² Ст. Бир. Кибернетика и управление производством М, Физматгиз, 1963

в память средств автоматизации¹. Стандартизованы должны быть формы представления информации в алгоритмах и программах специального математического обеспечения.

Формы представления документов, используемых людьми, а также управляющих параметров, выдаваемых алгоритмами и программами. Подобные стандарты окажут влияние и на технические средства отображения и выдачи информации, позволят их типизировать и унифицировать.

Формы представления вспомогательных параметров (множество I_2). Их стандартизация на носителях, используемых в системе алгоритмов (A) и программ (P), обеспечит возможность расширения системы специального математического обеспечения управления (Ω), ее модификацию и согласованное использование алгоритмов, программ и информационной базы I_1 .

Структура информационной базы I. Ее стандартизация создаст условия для организации разработки информационной базы, а также организации ее хранения.

Структура алгоритмов A. Стандартизации подлежит форма представления алгоритма, языки, на которых допускается их изложение, правила использования не локализованных в теле алгоритма параметров и процедур. Этим обеспечивается удобство изучения (исследования) алгоритма, возможность получения машинных программ (стандартизация языка обеспечит условия использования соответствующих трансляторов), а также условия для согласования каждого нового алгоритма с уже внедренными и используемыми.

Свойства алгоритмов A. Алгоритмы специального математического обеспечения управления должны удовлетворять требованиям, изложенным в гл. 3. Для того чтобы эти требования обрели права закона (для обеспечения должного качества алгоритмов), их следует детализировать в форме стандартов. В первую очередь это относится к частным требованиям соответствия алгоритма содержанию процесса, обеспечения эффективного диалога, адаптивности, совместимости,

¹ Этим будет оказано косвенное влияние и на технические средства подготовки информации для ввода ее в память машин. Можно будет создать серии однотипных устройств.

надежности, а также функционирования в реальном масштабе времени и возможности объединения творческой деятельности руководителей с формализованным способом переработки информации алгоритмом. *Структура программ Р.* Стандартизация программ обеспечит согласование их с общесистемным математическим обеспечением (в том числе и операционными системами) и техническими средствами автоматизации. Отсутствие таких стандартов приводит к тому, что функционирование программ совместно с операционными системами на конкретных технических средствах невозможно без дополнительной доработки.

Структура и состав документов D. Их стандартизация обеспечит эффективную эксплуатацию системы специального математического обеспечения управления. Особого внимания при этом заслуживают вопросы удобства и скорости восприятия информации, содержащейся в этих документах ¹.

Стандарты на специальное математическое обеспечение управления должны согласовываться со стандартами на общесистемное математическое обеспечение и технические средства автоматизации. В основном это согласование должно охватывать информационные связи между ними.

4.2. НАЧАЛЬНЫЙ ИМПУЛЬС. Уточним причины, под влиянием которых начинается разработка специального математического обеспечения.

Факторы, создающие предпосылки для начала разработки конкретной подсистемы специального математического обеспечения управления, можно разделить на две группы: субъективные и объективные.

4.2.1. Субъективные факторы. Субъективные факторы проявляются в первую очередь при устойчивом неудовлетворенном состоянии руководителя. Руководитель чувствует (видит), что он теряет свою ведущую роль в управлении. Ему приходится принимать решения в основном под воздействием случайных обстоя-

¹ К сожалению, положение, при котором опыт передается по принципу «делай, как я», достаточно типично. Отсутствие средств изучения и использования технологии и аппаратуры часто существенно снижает эффективность их использования. Внедрение стандартов может исключить подобное положение.

тельств. Организация его рабочего времени начинает носить ярко выраженный пассивный характер. Большое количество нерешенных вопросов откладывается на завтра. Руководителя захлестывает информация. Все это является свидетельством неудовлетворительной организации управленческого труда.

Являются ли эти симптомы достаточными, чтобы утверждать, что без специального математического обеспечения улучшить организацию управления нельзя?

Естественно, нет. Эти недостатки можно устранить с помощью других мер повышения организации труда руководителя. Правда, в подобных ситуациях специальное математическое обеспечение управления также может оказать существенную помощь. Но может оказаться, что для улучшения положения достаточно использовать более простые и более дешевые средства, например внедрить простейшие средства оргтехники, пересмотреть и уточнить функциональные обязанности сотрудников органа управления и т. п.

Но вот наступает время, когда руководитель чувствует, что он нуждается в помощи при обосновании решения, что возникла необходимость в принятии более глубоко продуманных решений, начинает понимать, что для повышения качества решения необходимо уметь «с числом в руках» отвечать на вопрос о том, почему им принято это решение, а не какое-либо другое. Ему становится ясной необходимость в принятии доказательных решений.

Достаточно ли этих условий для того, чтобы утверждать, что созрела необходимость в разработке специального математического обеспечения управления?

Нет, этих условий еще недостаточно. Если подобная потребность возникла у руководителя при принятии уникального, разового решения, то можно обойтись и без специального математического обеспечения. Можно привлечь ученых (научно-исследовательские институты) и в рамках одного проекта (заказа) получить обоснованный (рациональный) вариант решения.

Представьте себе, что эта потребность стала не разовой, что доказательные, обоснованные решения нужны руководителям в типовых, регулярно повторяющихся ситуациях. Привлечение ученых и научно-исследовательских институтов становится практически невоз-

возможным. Обоснованная рекомендация, полученная в процессе управления, рациональный план действий, основанный на сложившихся условиях, нужен сегодня, а использование традиционных форм организации исследований позволит получить ответ через... Здесь авторы затрудняются назвать срок: может быть месяц, а может быть год. В этой ситуации можно смело утверждать, что сложились условия для привлечения специального математического обеспечения в качестве «советчика» руководителя. Только оно способно создать условия для получения научно обоснованных рекомендаций для управления в темпе течения реального процесса.

Естественно, субъективные факторы плохо помогают при принятии решения о создании алгоритмов специального математического обеспечения управления конкретным предприятием. Они не создают предпосылок для обоснованного принятия подобного решения. Однако при этом не следует забывать, что решения принимает человек и его качественные оценки, даже субъективные, играют огромную роль.

4 2.2. *Объективные факторы.* Рассмотрим объективные факторы, создающие предпосылки для разработки конкретной подсистемы специального математического обеспечения.

Первый фактор: количество информации, поступающей в орган управления, превышает его возможности по ее переработке. Повторим, что переработка информации заключается в ее анализе с целью осмысления сложившейся (складывающейся) обстановки, определения целей действий в соответствии со сложившейся обстановкой, анализа возможных вариантов действий и выбора наилучшего из них, выработки плана обеспечивающих мероприятий, оформления выработанного решения и доведения его до управляемых объектов. Информация в орган управления может поступать от управляемых объектов, от смежных объектов (предприятий), от вышестоящих органов управления, от обеспечивающих подсистем. Эта информация может характеризовать текущее и прогнозируемое состояние объектов управления (их работоспособность, обеспеченность материальными и трудовыми ресурсами, транспортом и т. п.), состояние условий действий уп-

руляемых объектов (метеорологические, гидрологические и т. п.). Эта информация может содержать указания (распоряжения, приказы) вышестоящих органов управления. В ней могут быть сведения о перспективах и прогнозах развития новой технологии, нового оборудования и т. п. Без анализа и осмысления всей этой информации орган управления не способен эффективно выполнять свои функции, принимать решения, обеспечивающие как ближнюю, так и дальнюю перспективу развития и успешное функционирование управляемых объектов.

Объем этой информации достаточно велик. Зафиксирована тенденция роста объема информации.

Если орган управления не способен переработать поступающую информацию, то он неизбежно принимает менее обоснованные решения, чем мог бы¹. Последствия этого могут проявиться не сразу. Эти решения могут быть достаточно хорошими в локальном смысле, например, на протяжении небольшого отрезка времени. Их недостатки могут проявиться через значительный промежуток времени. Такие ошибки могут повлечь за собой трудно исправляемые последствия.

Является ли неспособность органа управления переработать всю поступающую информацию достаточным условием для того, чтобы принимать решение для создания специального математического обеспечения управления в его интересах? Конечно, нет. Прежде чем прийти к такому выводу, полезно поискать другие пути устранения этой трудности.

Первый шаг — анализ структуры и состава информации, поступающей в орган управления. Может оказаться, что сложившееся положение есть просто следствие плохо организованных информационных связей. В этом случае, улучшив эти связи и исключив избы-

¹ При слабо координированных и плохо организованных информационных связях органа управления с внешним миром (всеми источниками информации) в него, естественно, может поступать как полезная, так и избыточная информация. Здесь, естественно, речь идет о полезной информации. Однако и избыточная информация способна поглотить достаточное количество времени органа управления, так как для отсеивания ее требуется время на осмысление и оценку

точную информацию, можно улучшить положение.

Второй шаг — анализ структуры органа управления. Может оказаться, что информация проходит по его составным частям нерационально. Это означает, что отдельные должностные лица получают информацию, но не принимают на ее основе никаких решений. Являясь источниками излишней (паразитной) информации, которая рождается в результате составления ненужных справок, отчетов, они наносят двойной вред: кроме бесполезно истраченного труда они создают условия для отвлечения от работы других сотрудников органа управления. Уточнение функциональных обязанностей и правильное распределение работ между отдельными сотрудниками может повысить общую эффективность органа управления.

Таким образом, может оказаться, что улучшением внутренних информационных связей (структуры) органа управления его производительность будет существенно повышена и рассогласование между поступающей и перерабатываемой информацией устранено.

Третий шаг — оценка возможности перераспределения функций между данным и ему подчиненными органами управления. Может оказаться, что путем децентрализации управления указанное противоречие будет устранено. Такая надежда сохраняется, если подчиненные органы управления имеют резервы производительности. Не исключено, что положение может быть улучшено повышением степени централизации управления. При этом часть функций передается вышестоящему органу управления. Однако такое решение лежит вне рамок компетенции данного органа управления, а может быть принято только вышестоящим органом. Такое решение, как правило, будет затрагивать не один, а группу органов управления, подчиненную одному вышестоящему органу, который в этом случае возьмет на себя множество аналогичных функций, выполняемых всеми органами группы.

Четвертый шаг — усиление органа управления. Если предыдущие меры не привели к успеху¹, то следует

¹ Предполагается, что в органе управления используется наиболее совершенная оргтехника, но не специальное математическое обеспечение управления

попытаться увеличить число сотрудников в органе управления. На первый взгляд может показаться, что это универсальный путь, что, увеличивая число сотрудников, всегда можно добиться необходимой эффективности в работе органа управления. К сожалению, это не так. Увеличение числа сотрудников не может быть беспредельным и не ведет к прямо пропорциональному увеличению производительности труда органа управления. Начиная с некоторого уровня дополнительные вспомогательные информационные связи в органе управления, вносимые новым сотрудником (которые в общем-то являются «паразитными»), полностью поглощают прирост производительности труда органа управления. Это означает, что дальнейшее увеличение численности органа управления не имеет смысла. Дополнительные сотрудники будут ухудшать организацию и условия труда в органе управления и снижать эффективность его работы.

Действительно, каждый новый сотрудник (отдел, управление) добавляет в органе управления как минимум одну информационную связь. Это — линия связи его со своим руководителем (начальником). Значит, увеличивается нагрузка на руководителя. Если до включения нового сотрудника (отдела, управления) руководитель был уже полностью загружен работой, то эта дополнительная информационная связь ухудшает результаты его работы, т. е. бесполезна. Если новый сотрудник (отдел, управление), кроме того, должен работать в информационном контакте с другими сотрудниками (отделами, управлениями), что, как правило, имеет место, то нагрузка на орган управления, связанная с необходимостью затрат времени на переработку этой информации, еще более возрастает. Правда, при этом новый сотрудник (отдел, управление) может снять часть нагрузки с перегруженного сотрудника органа управления, но появление новых информационных связей и дополнительные затраты времени на их обслуживание неизбежны. Ясно, что есть уровень, при котором расширение органа управления к успеху не приведет.

Таким образом, когда на каком-то этапе исчерпаны все пути повышения производительности органа управления, а количество поступающей информации

продолжает превышать его возможности по ее переработке, единственным средством остается специальное математическое обеспечение управления. В этих условиях только путем его разработки и внедрения в систему управления вместе с техническими средствами автоматизации можно повысить эффективность работы органа управления.

Второй фактор: рассогласование между темпами течения процессов на объектах управления и темпами принятия решений руководителями. Может сложиться положение, при котором орган управления за достаточно большие промежутки времени успевает переработать всю поступившую в него информацию и выработать на ее основе решения. Однако при этом решения будут приниматься с запаздыванием. Это означает, что объекты управления не будут получать своевременно необходимые параметры управления. Следовательно, в зависимости от типов объектов управления они будут либо простаивать, либо функционировать по инерции. В первом случае имеет место абсолютная потеря живого и овеществленного труда. Во втором случае со значительной вероятностью объект управления может делать не то, что нужно, и не в том объеме, в каком это нужно. Результат близок к предыдущему — неизбежны потери труда.

Взаимосвязь производственных процессов (протекающих на различных объектах управления, в различных системах управления), которая является одним из проявлений специализации производства, усилит многократно потери труда, вызванные рассогласованием темпов управления и производства в одной системе управления. Другие объекты не получают своевременно сырье, комплектующие изделия, транспорт и т. п. Это приведет к простоям и последующим потерям труда. Ясно, что подобное рассогласование темпов управления и производства еще не достаточно для вывода о необходимости создания и внедрения специального математического обеспечения. Первые шаги аналогичны рассмотренным выше. При этом децентрализация может дать дополнительный эффект за счет сокращения информационных путей, т. е. сокращения времени на передачу информации по линиям прямой и обратной связи.

Если ни один из известных способов не позволил устранить указанное противоречие, то остающийся единственный путь состоит во внедрении специального математического обеспечения управления вместе с техническими средствами автоматизации.

Третий фактор: влияние принимаемых решений на дальнейшее длительное развитие процессов, которое невозможно предсказать без глубоких количественных обоснований принимаемых решений. Этот фактор можно определить как наличие существенного последствия принимаемого решения. Такие решения продолжают оказывать влияние на развитие и деятельность объектов управления на протяжении длительных отрезков времени. Трудность их обоснования заключается в большом количестве связей такого решения со многими последующими процессами. Как правило, учесть их только путем качественных оценок оказывается невозможным. Кроме того, существенно увеличивается влияние на принимаемое решение неопределенности информации о ходе будущего развития. Возможное число путей последующего развития оказывается огромным. По характеру процессы приближаются к вероятностным. В этом случае без глубокого количественного обоснования трудно принять рациональное решение. Необходимо создавать математические модели процессов, с помощью которых можно обосновывать такие решения. Подобные решения нельзя отнести к числу уникальных. Если бы это было так, то для их обоснования можно было бы ограничиться использованием традиционных способов (привлечением научно-исследовательских организаций и т. п.). Такие решения приходится принимать достаточно часто. Поясним это утверждение примером.

Леса, посаженные человеком, в перспективе составят основу лесистой поверхности земного шара. Значительная часть леса еще достаточно долго будет иметь промышленное значение. Обработка леса существенно упрощается, если стволы имеют стандартную толщину и высоту. В этом случае можно механизировать процессы рубки и освобождения стволов от сучьев. Ясно, что при этом существенно упрощается техника переработки леса, уменьшаются отходы неделовой древесины и т. п. Эффект очевиден.

Невольно напрашивается вопрос: а какое отношение к этому имеет специальное математическое обеспечение управления? На первый взгляд оно здесь ни при чем. Однако это не так. Чтобы добиться указанного эффекта, ростом леса нужно управлять. На различных участках почва имеет различный состав, различную влажность и т. п. Если не управлять ростом леса, то в итоге вырастет нестандартный лес. Управление заключается в различных формах химической и биологической обработки, дозированной в соответствии с особенностями участков леса. Для выработки параметров управления с учетом сроков созревания леса к определенному времени необходимы математические модели и текущая обработка информации о состоянии леса и условиях его роста. Решение такой задачи (непрерывное и многократное) не под силу человеку без средств автоматизации.

Поэтому для этой и подобных задач, требующих обработки больших объемов информации для количественного обоснования решений, окончательные результаты которых определяться в отдаленной перспективе, необходимо создание и внедрение специального математического обеспечения управления и технических средств автоматизации.

Четвертый фактор: результаты деятельности предприятий или отраслей. Если оказывается, что эти результаты существенно ниже возможных и научно обоснованных при данном составе оборудования и уровне технологии, т. е. все основания искать причины в качестве управления.

Мерой для оценки результатов деятельности предприятий (отраслей) могут служить показатели (4.1) — (4.5). В частности, если $\varepsilon(t) \ll 1$, то это означает, что реальные результаты деятельности предприятия (отрасли) намного ниже тех, которые могут быть получены, и что основной причиной подобного положения является низкий уровень организации управления.

В качестве примера можно воспользоваться анализом деятельности морского флота¹. Основным критерием

¹ Афанасьев В. Г., Кузнецов П. Г. Некоторые вопросы управления научно-техническим прогрессом — В кн. Научное управление обществом Вып 4 М, «Мысль», 1970

эффективности выбрана скорость продвижения 1 т груза. Эта величина как аналог S_1 (4.1) оказалась равной 25 узлам. Технические возможности морского флота оказываются равными 20 узлам. Это величина, отвечающая по смыслу S_2 (4.2). Фактические возможности, учитывающие простои судов, оформление документов, отсутствие сведений о расположении грузов, т. е. все то, что соответствует качеству управления, оказались равными 5 узлам. Эта величина соответствует по смыслу S_3 (4.3). Таким образом, значение критерия эффективности, характеризующего совершенство системы управления (4.5), равно

$$\epsilon = 5/20 = 0,25.$$

Столь низкий коэффициент качества управления свидетельствует о невозможности повышения эффективности функционирования данных объектов совершенствованием управления только традиционными способами. По-видимому, без создания специального математического обеспечения управления морским флотом и внедрения средств автоматизации повысить его эффективность не удастся по вполне объективным причинам: слишком сложны информационные связи и велико число объектов управления.

В любой отрасли имеются однородные предприятия с однотипным оборудованием, выпускающие одинаковую продукцию. Результаты труда этих предприятий часто бывают совершенно различными. Одно предприятие достигает намного лучших результатов, чем другие. В этом случае основная причина в организации и качестве управления. Специальное математическое обеспечение управления, реализующее в том числе и опыт лучшего предприятия, является одним из лучших средств передачи (и внедрения) наилучшего опыта управления. Опыт при этом передается в максимально алгоритмизированном (точно воспроизводимом) виде.

4 2.3. *Решение о разработке.* Перечисленные факторы создают условия для принятия решения о создании специального математического обеспечения управления. Они служат начальным импульсом для оценки

целесообразности его внедрения в практику управления конкретных органов управления.

Основой для принятия решения о разработке может служить критерий эффективности системы управления $\varepsilon(t)$ (4.5). Задача заключается в отыскании путей его увеличения. Так, для рассмотренного примера с морским флотом необходимо определить пути увеличения $\varepsilon(t)$ от зафиксированного уровня 0,25.

Чтобы обосновать необходимость разработки алгоритмов специального математического обеспечения следует произвести ряд оценок.

Оценить *информационные связи* органа управления: определить объемы, темпы и содержание информации, поступающей в орган управления; определить (формализовать) решения, которые должен принимать орган управления (содержание, объемы, темпы). В процессе такой оценки, естественно, происходит переосмысливание традиционно сложившихся информационных связей и их улучшение.

Оценить *фактическую пропускную способность* органа управления (его производительность): определить временные характеристики работы органа управления по классам принимаемых решений. При этом происходит оценка качества структуры органа управления (распределения обязанностей между должностными лицами и конкретизация их функциональных обязанностей) и улучшение внутренних информационных связей. По результатам этих оценок с учетом возможных оперативных улучшений информационных связей и структуры органа управления можно сделать выводы о соответствии его возможностей задачам, стоящим перед ним.

Не исключена возможность того, что уже проделанная работа даст необходимые результаты, т. е. орган управления сможет в сложившихся условиях успешно выполнять свои функции. Если этого не случилось, то необходимо продолжить анализ.

Оценить *влияние запаздывания* в принятии решений (по каждому классу решений) на эффективность работы управляемых объектов.

Оценить *влияние повышения степени централизации управления* на его эффективность. Повышение степени централизации, как правило, достигается внедрением

средств автоматизации. При этом повышение эффективности управления происходит не только благодаря возможной экономии количества сотрудников органа (органов) управления. Главным результатом повышения степени централизации управления является улучшение качества принимаемых решений за счет учета большего количества факторов и лучшего согласования работы многих управляемых объектов. Этим достигается значительная (если не основная) часть эффекта в повышении качества функционирования управляемых объектов.

Оценить *стоимость разработки* специального математического обеспечения, *стоимость внедрения* технических средств автоматизации, *стоимость их эксплуатации и обслуживания*. Эти оценки позволяют сделать вывод об экономической целесообразности внедрения средств автоматизации. Если достигаемая экономия живого и овеществленного труда больше, чем затраты на все средства автоматизации (математические и технические), их эксплуатацию и обслуживание, то автоматизация целесообразна. Следовательно, необходимо приступить к составлению плана разработки алгоритмов специального математического обеспечения управления с учетом реальных возможностей (и наличия) технических средств автоматизации.

4.3. ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ. Из всех вопросов организации разработки специального математического обеспечения управления выделим четыре основных: создание организаций, осуществляющих разработку; формирование коллективов-разработчиков; оценка роли потребителя в процессе создания специального математического обеспечения; особенности формирования производственной (технологической) базы, необходимой для разработки.

4.3.1. Организации-разработчики. Разработка специального математического обеспечения управления требует выделения достаточно больших ресурсов¹. В основном

¹ Добавим к этому, что по предварительным оценкам к концу 10-й пятилетки стоимость основных фондов средств автоматизации превысит 3 млрд. рублей («Вопросы экономики», 1975, № 2, с 125) Если напомнить, что стоимость специального математического обеспечения в 3—4 раза превышает стоимость технических

это трудовые ресурсы и производственная база, включающая кроме вспомогательного оборудования технические средства автоматизации, которые используются или будут использоваться в органах и на объектах управления. Для эффективного использования технических средств автоматизации стоимостью в 1 млрд. рублей необходимо затратить 3—4 млрд. рублей на разработку специального математического обеспечения. Для реализации 1 млрд. рублей на разработку специального математического обеспечения, только с учетом стоимости эксплуатации лабораторного оборудования, в течение года должны трудиться 100 тыс. специалистов¹. Трудно себе представить, что такой объем работы может быть успешно выполнен неспециализированными организациями в качестве побочной (второстепенной) продукции.

Эффективное использование ресурсов в таком объеме возможно только при создании специализированных организаций разработчиков. Имеющийся опыт позволяет утверждать, что подобные специализированные предприятия должны объединять 3—4 тыс. специалистов, так как без этого невозможно создать экономически оправданную технологическую базу, включающую высокопроизводительные вычислительные машины и техническое оборудование.

Таким образом, **необходима концентрация разработок (и разработчиков) в специализированных предприятиях, основной продукцией которых будет специальное математическое обеспечение.** Ясно, что для организации труда такого числа сотрудников нужно не одно, а много достаточно крупных предприятий. Координация их работ, включающая создание стандартов, создание и совершенствование технологии разработки математического обеспечения, потребует специальной организации, например формирования новой отрасли.

средств автоматизации, то станет ясно, какие затраты потребуются на его создание

¹ В эти оценки не включены затраты труда обеспечивающего персонала, в том числе и обслуживающего лабораторную базу (главным образом, электронные вычислительные машины и сопряженное с ними оборудование), и стоимость основных фондов (зданий, технических средств и т. п.).

Авторы считают необходимым еще раз подчеркнуть, что если не выделить достаточных ресурсов на создание специального математического обеспечения управления, то все затраты на электронные вычислительные машины и сопрягаемые с ними технические средства автоматизации будут омертвлены, не принесут пользы¹.

4.3.2. Коллектив разработчиков. Создание системы специального математического обеспечения управления требует централизованной координации и планирования всех работ. Подобные функции могут выполнять специалисты, обладающие знаниями общей структуры управления, умеющие количественно оценить результаты деятельности управляемой системы. Результатом их деятельности является согласованная система критериев эффективности деятельности объектов управления и задания на разработку частных подсистем специального математического обеспечения управления, которые реализуются коллективами разработчиков.

Разработка подсистемы специального математического обеспечения требует глубоких знаний в следующих трех областях.

Во-первых, это деятельность той системы управления, для которой будет разрабатываться специальное математическое обеспечение управления. Без этих знаний трудно выявить основные закономерности процессов, протекающих на объектах и в органах управления.

Во-вторых, это исследование операций и методы алгоритмизации (методы исследования операций, математический аппарат и методы алгоритмизации). Эти знания необходимы для формализации содержания процесса управления и построения математической модели (алгоритма) переработки информации в системе управления.

В-третьих, это совокупность средств автоматизации и

¹ С этим положением в значительной (если не в основной) степени связана существенная дискредитация автоматизированных систем управления в последние годы. Технические средства автоматизации сами по себе не оправдали возлагавшихся на них надежд, но они и не могли их оправдать без специального математического обеспечения управления

методов их использования. В эту область входят знания технических средств автоматизации, методов перевода алгоритмов на язык вычислительной машины, методов создания средств диалогового общения человека со средствами автоматизации, методов включения разработанных программ в функционирующие подсистемы специального математического обеспечения управления, знание состава функционирующих алгоритмов (программ) и используемой информационной базы. Без этих знаний невозможно использование технических средств автоматизации для реализации алгоритмов.

Для овладения каждой из этих трех областей знаний требуются большие затраты времени. К сожалению, в современных условиях все эти знания, как правило, не являются достоянием одного человека. Специализация и поддержание знаний на высоком профессиональном уровне в каждой из этих областей требуют специального обучения и полной отдачи всего рабочего времени соответствующего специалиста. Поэтому в состав коллектива разработчиков должны входить специалисты, обладающие профессиональными знаниями в указанных областях. Таким образом, коллектив разработчиков алгоритмов и программ специального математического обеспечения управления должен состоять из специалистов трех типов.

На различных этапах разработки эти специалисты принимают разное участие в работе. Каждый из них на определенном этапе играет ведущую роль. Весь процесс разработки можно условно разделить на четыре этапа: *анализ процесса и разработка его информационной модели, разработка математической модели (алгоритма), разработка программной модели, разработка документации.*

На первом этапе основную роль играют специалисты первого типа, работающие совместно со специалистами второго типа. Эти группы, анализируя работу системы (и органа) управления, должны сделать первый вывод о необходимости создания специального математического обеспечения для данной конкретной системы. Их вывод может оказаться отрицательным. В этом случае их работа не будет бесполезной: на ее основе будут даны рекомендации об улучшении работы

системы управления, позволяющие органу управления успешно выполнять функции, используя более простые и дешевые способы и средства¹.

Если в процессе работы группы будет сделан вывод о целесообразности внедрения в систему управления средств автоматизации и создании для этого специального математического обеспечения, то работа группы будет продолжена и должна завершиться созданием информационной модели как основы дальнейшей разработки.

Утверждение, что основную роль на этом этапе играют специалисты первого типа, носит условный характер. Сами по себе знания в определенной области не позволяют сделать вывода, кто фактически будет играть ведущую (руководящую) роль. Многое зависит от личных качеств и опыта. По мере накопления опыта в подобной группе деление на специальности будет все более условным. Объективно на завершающем этапе формирования системной модели объем труда, выполняемого специалистами в области исследования операций и алгоритмизации, будет возрастать. Следует отметить, что полезно частичное привлечение специалистов третьего типа к работам на этом этапе.

На втором этапе основную роль играют специалисты второго типа (в области исследования операций и алгоритмизации). В работе принимают участие специалисты двух других типов. Специалисты первого типа помогают формализовать структуру процесса переработки информации, уточнить состав критериев, оценить качество применяемых математических моделей (степень близости разработанных алгоритмов к реальным процессам). Специалисты третьего типа помогают использовать имеющиеся в системе специального математического обеспечения управления алгоритмы и модели, готовят материалы по составу информационной базы, помогают моделировать разрабатываемые алгоритмы на электронных вычислительных машинах, следят за выполнением требований существующей части системы и стандартов, помогают добиться

¹ Авторы считают, что такая организация разработки обязательна. Она исключит необоснованное внедрение средств автоматизации из соображений престижа, моды.

ся реализуемости создаваемых алгоритмов на существующей технической базе в реальном темпе течения процессов.

Результатом работы на этом этапе является математическая (алгоритмическая) модель как основа дальнейшей разработки.

На третьем этапе разработки системы основную роль играют специалисты третьего типа. В работе принимает участие вся группа. Специалисты первого типа помогают в уточнении форм общения людей со средствами автоматизации, а также принимают участие в проверке качества разрабатываемой программной модели. Специалисты второго типа помогают анализировать качество разработанных алгоритмов (формальную правильность, надежность), принимают участие в проверке качества программной модели. Результатом работы на этом этапе является программная модель, реализованная на технических средствах автоматизации конкретной системы управления, согласованная с уже эксплуатируемой частью системы специального математического обеспечения (с подмножествами A , P и I). Основные затраты труда на этом этапе связаны с проверкой качества разработанных моделей (их надежности и работоспособности), а также с выполнением работ по сопряжению с уже существующими средствами автоматизации.

На четвертом этапе работает вся группа. Основной работой этого этапа является создание документации на разработанную подсистему специального математического обеспечения, оформление алгоритмической модели для включения в множество A , а программной — в множество P . Документы подмножества D_1 в основном разрабатываются специалистами первого типа, документы подмножества D_2 — специалистами второго типа с привлечением специалистов третьего типа, документы подмножества D_3 — специалистами первого и третьего типа, документы подмножества D_4 — специалистами третьего типа.

На этом, собственно говоря, основная задача коллектива разработчиков решена. Однако после разработки начинается этап внедрения. Ясно, что внедрить подсистему специального математического обеспечения и научить потребителя пользоваться ею гораздо труднее,

чем, скажем, станок или даже автоматизированную линию. Успех этого этапа зависит в значительной мере от того, в какой степени были использованы для этого возможности процесса разработки. В период разработки на всех его этапах целесообразно привлечение для совместных работ и обучения всех категорий потребителей и обслуживающего персонала. На первом и двух последних этапах полезно привлечение руководящего состава органов управления. Со второго этапа полезно участие в разработке обслуживающего персонала, который будет осуществлять вспомогательные работы в процессе эксплуатации.

По-видимому, успешность работ этого этапа существенно зависит от наличия учебных программ, пособий, кинофильмов и т. п. Создание подобной методической базы требует существенного участия коллектива разработчиков.

4.3.3. Роль потребителя. Основным потребителем специального математического обеспечения управления является *первое лицо* в органе управления. Поэтому при разработке должны учитываться в первую очередь потребности первого лица, создаваться условия, обеспечивающие удобство его работы.

Потребитель алгоритмов (программ) специального математического обеспечения управления на всем протяжении разработки должен играть активную роль. Специальное математическое обеспечение управления является особым видом продукции. Если его разработку осуществлять в отрыве от органа управления, для которого он создается, то велика вероятность того, что практическое его использование окажется невозможным. Особенно велика роль потребителя (заказчика) на первом этапе, когда осуществляется анализ процесса и разработка системной модели.

Если внедрение специального математического обеспечения приводит к изменению внутренних информационных связей в органе управления или к изменению его структуры, то принять такое решение разработчик без руководства органа управления не может.

Если разрабатываемое специальное математическое обеспечение управления не приводит к подобным изменениям, то важно участие органа управления в согласовании организации и формы диалогового общения.

Показатели эффективности как количественная мера при выборе наилучших вариантов решений для достижения цели являются носителями основного содержания автоматизируемого управления. От них в основном зависит качество принимаемых решений.

О роли потребителя (заказчика) при выборе критериев сказано уже достаточно много. Так, существует точка зрения, что выбор критериев нельзя доверять заказчику¹, потому что он будет отстаивать ведомственную точку зрения, сознательно исходя только из узких интересов своего органа управления или находясь под влиянием традиционных способов управления. Эти соображения не лишены основания. По-видимому, лучшим способом будет решение этого вопроса группой разработки совместно с руководителями органов управления.

Организация диалогового общения и его формы определяют затраты труда в органе управления на использование алгоритмов специального математического обеспечения управления. Язык общения человека со средствами автоматизации определяет степень удобства, которую получает человек при общении со средствами автоматизации. Неудачно выбранные формы общения могут затормозить процесс внедрения созданных средств. Поэтому участие потребителя в определении организации и форм диалогового общения следует рассматривать как обязательное.

На этапах создания математической и программной модели в участии потребителя нет необходимости.

На всем протяжении разработки между потребителем и разработчиком должен поддерживаться постоянный контакт. Совершенствование процесса производства является объективной необходимостью, оно осуществляется непрерывно и оказывает влияние на процесс управления, приводя к изменениям в нем. Алгоритмы специального математического обеспечения управления должны обладать свойствами адаптации. Этим обеспечивается их настройка на изменения в процессе управления. Однако диапазон настройки, естественно, ограничен. Поэтому изменения, происшедшие в процессе управления до окончания разработки алгорит-

¹ Хитч Ч. Руководство обороной М, «Сов радио», 1968.

мов специального математического обеспечения, целесообразно учитывать в ходе этой разработки. Этим будет обеспечено повышение качества разработки.

4.3.4. Производственная база. Производственная база, которой должен располагать разработчик алгоритмов (программ) специального математического обеспечения управления, имеет ряд особенностей.

1. Наличие достаточно мощного парка электронных вычислительных машин. Опыт показывает, что разработчик алгоритма (программы) в среднем нуждается в 30 мин. чистого машинного времени за рабочий день. Чистым машинным временем являются затраты ресурсов процессора. Практика показывает, что эта величина мало зависит от мощности процессора. По всей видимости, это объясняется обратной связью между мощностью вычислительных машин и сложностью тех алгоритмов, которые с их помощью (и для них) создаются. Эта обратная связь проявляется в том, что разработчик алгоритма, пользуясь более мощной машиной, начинает строить более совершенные алгоритмы, которые являются более трудоемкими

Таким образом, в предположении, что рабочий день длится 8 ч, на коллектив из 16 разработчиков алгоритмов нужна одна ЭВМ. Внедрение вычислительных систем с разделением времени, повышающих эффективность использования процессоров, позволяет несколько ослабить это требование. Однако коллектив разработчиков алгоритмов специального математического обеспечения управления должен быть хорошо оснащен электронными вычислительными машинами, которые являются основным инструментом разработки.

2. Необходимость обеспечения разработчика средствами общения с вычислительной базой, которые будут использоваться потребителем при диалоговом общении в процессе управления. Без этих средств невозможна разработка алгоритмов и программ специального математического обеспечения управления.

3. Необходимость оснащения специальными стендами для автоматической отладки разрабатываемых алгоритмов (программ). Неавтоматическая проверка позволяет проанализировать работоспособность алгоритма (программы) по малому числу вариантов. Подобные стенды должны состоять из совокупности про-

граммных и технических средств, позволяющих автоматически формировать варианты исходных данных, организовать вычисления, анализировать результаты и протоколировать их.

4.4. ВЫВОДЫ. Разработка системы специального математического обеспечения управления **должна осуществляться под централизованным** руководством, целью которого является **выработка согласованной системы критериев** эффективности функционирования частных подсистем управления, **разработка плана** создания подсистем специального математического обеспечения управления и **координация деятельности** коллективов-разработчиков.

Началу разработки подсистем специального математического обеспечения для конкретного органа управления должен предшествовать этап анализа, завершающийся выводом о целесообразности разработки.

В некоторых случаях анализ может завершаться выявлением критериев эффективности для данной подсистемы и рекомендациями по способам совершенствования управления. Вывод о целесообразности разработки специального математического обеспечения управления может быть сделан, если другими средствами не удастся достичь такого темпа переработки информации, при котором решения вырабатываются своевременно, т. е. если запаздывания в принятии решения повлекут за собой потери, превышающие затраты на создание специального математического обеспечения, на установку и эксплуатацию технических средств автоматизации; если решения, принимаемые органом управления, имеют отдаленные последствия, прогнозировать которые не удастся без оперативного количественного обоснования. Затраты на подобный анализ окупаются даже при выводе о нецелесообразности разработки подсистемы специального математического обеспечения, так как в процессе его выявляются наиболее узкие места в работе органа управления, принимаются меры к полному использованию существующих средств обеспечения управления.

Для разработки специального математического обеспечения управления должны быть созданы три модели, описывающие формализованные правила переработки информации в органе управления: **информаци-**

онная (содержательная параметрическая модель), **математическая** и **программная**. Необходимость специализации вынуждает привлекать к этой разработке специалистов трех разных типов. Для разработки информационной модели целесообразно привлекать специалистов-практиков, глубоко знающих содержание процессов, протекающих в автоматизируемой системе управления. Этим в значительной степени может быть обеспечено активное участие будущего потребителя (органа управления) в разработке.

С целью разработки специального математического обеспечения должна создаваться **производственная база**, включающая вычислительные машины, оборудование, предназначенное для использования в органе управления, и специальное программное обеспечение для проверки качества и правильности всех моделей, а также для обеспечения их разработки.

Одним из основных вопросов создания системы специального математического обеспечения управления является вопрос выбора совокупности критериев эффективности, объективно отражающих законы течения управляемых процессов. Критерии эффективности должны иметь очевидный физический смысл и отражать взаимосвязь явлений, протекающих в системе управления. Так, в каждой системе может быть зафиксирован верхний предел ее возможностей, достигаемый при идеальной технологии работы и оптимальном управлении. Для каждой системы существует объективная граница достигаемого в каждый момент времени результата, определяемого качеством технологии и совершенством используемых технических средств. Реальный результат, получаемый каждой управляемой системой, зависит только от степени совершенства управления. При оптимальном управлении он равен предельной величине, определяемой совершенством технологии. Такой подход к системе критериев позволяет выделить две самостоятельные группы параметров: параметры, характеризующие уровень имеющейся техники, включая технологию труда, и параметры, определяющие качество управления. Первая группа параметров позволяет управлять развитием системы, а вторая группа обеспечивает управление использованием имеющимися ресурсами.

Построение системы специального математического обеспечения управления невозможно без создания постоянно существующей систематизированной информационной базы. Информационная база должна строиться на единых для всей системы специального математического обеспечения управления принципах, в состав которых входят требования единой для всех подсистем структуры, единых форм и методов обращения, единства кодирования и т. п. Разработка системы специального математического обеспечения управления требует создания совокупности опережающих стандартов, без которых разработка системы практически невозможна. Без стандартов не удастся согласовать результаты труда, выполняемого различными коллективами разработчиков, в разное время, по различным заказам, а следовательно, не удастся создать систему специального математического обеспечения управления. Стандартизации подлежат формы представления документов, являющихся результатами автоматизированной обработки информации, структура и состав алгоритмов, структура программ и отчетной документации.

Создание системы специального математического обеспечения управления требует выделения ресурсов труда. Оценки показывают, что пользу от технических средств автоматизации можно получить только при условии выделения существенных ресурсов на создание специального математического обеспечения управления.

Сложность процесса разработки отдельных частей специального математического обеспечения управления вынуждает расчленить его на ряд этапов. На каждом из них формируется определенная модель того процесса управления, для которого создается специальное математическое обеспечение.

Эти этапы, таким образом, являются технологическими и отражают современное состояние наших знаний, способность человека (группы, коллектива) охватить (осмыслить, проанализировать, сделать выводы) ограниченную часть процесса, мощность существующих средств алгоритмизации (существующие математические теории, методы и алгоритмические языки), уровень развития технических средств автоматизации.

Состав и содержание этих этапов могут изменяться с совершенствованием наших знаний и используемых средств. Так, совершенствование аппарата формализованного описания различных процессов увеличивает объемы (сложность) процессов, которые способен охватить (осмыслить, проанализировать) один человек. Совершенствование языков формализованного (количественного, алгоритмического) описания процессов даст возможность одному специалисту овладеть большим объемом знаний, и он сможет выполнять функции, которые в настоящее время выполняют несколько человек различных специальностей. Совершенствование технических средств автоматизации сбора, хранения и переработки информации позволит существенно изменить характер работы при выявлении закономерностей и построении алгоритмических описаний процессов.

Все это может привести к уменьшению числа этапов в технологической цепочке построения специального

математического обеспечения управления, к изменению содержания работ, выполняемых на отдельных этапах. Однако при этом основные принципы построения и основные функции, выполняемые при разработке специального математического обеспечения, не претерпят существенных изменений.

5.1. СОСТАВ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ. *Информационной моделью* авторы называют *параметрическое представление процесса циркуляции информации*, подлежащей автоматизированной обработке в системе управления. Эта модель является основой всех последующих работ по созданию специального математического обеспечения для данной системы управления.

5.1.1. Структура. Рассмотрим основные элементы, из которых формируется структура информационной модели. Они определяются целью построения информационной модели, которой является создание формализованной картины циркуляции информации в системе управления для последующего построения математической (алгоритмической) модели. Основными элементами модели являются: *блок переработки информации, информационный массив, точка диалога, параметрическая связь.*

Блоки переработки информации на уровне информационной модели представляются «черными ящиками», снабженными указанием цели их функционирования. *Информационные массивы* представляются связными совокупностями параметров, одновременно перемещаемыми или хранимыми при функционировании информационной модели.

Точки диалога являются узлами (вершинами) информационной модели, в которых осуществляется взаимодействие между человеком (людьми) и средствами автоматизации при их использовании в процессах управления.

Параметрические связи указывают направление переноса информации между отдельными элементами информационной модели.

Между элементами модели существуют только информационные взаимодействия.

Структура информационной модели описывается графом, вершинами которого являются блоки переработки

информации, точки диалога и один из классов информационных массивов, который будет уточнен ниже. Дугами графа являются параметрические связи.

5.1.2. Блоки переработки информации. Каждый блок обладает свойством *замкнутости*, проявляющемся в том, что при выполнении функций, возложенных на блок переработки информации, взаимосвязь его с остальными элементами информационной модели возможна только по фиксированным линиям параметрической связи. Это означает, что внутри блока не могут быть локализованы точки диалога.

Описание блока переработки состоит из описания цели переработки информации и описания функций, выполняемых блоком.

В описании функций обязательно должны находить отражение временные характеристики работы блока, которые определяют максимально допустимое время работы блока при выполнении каждой из функций. Если блок получает информацию по нескольким линиям параметрической связи, то обязательно должны быть описаны условия синхронизации обработки поступающей информации, в том числе сочетания подмножеств поступивших информационных массивов, без которых невозможно выполнение блоком своих функций. Эти описания могут осуществляться на любом языке (неформализованном, общепринятом математическом, алгоритмическом и т. п.).

Разнообразие функций, описываемых (представляемых) блоками переработки информации, должно обеспечивать возможность описания любых информационных моделей. Подробнее о составе этих функций будет рассказано в следующей главе.

5.1.3. Информационные массивы. Каждый информационный массив обладает свойством *целостности*, проявляющемся в том, что все параметры массива передаются по линиям параметрической связи как связная совокупность. Для выделения части параметров массива должна быть выполнена соответствующая функция, задаваемая (описываемая) блоком преобразования информации, которая осуществляет формирование нового информационного массива.

Описание информационного массива состоит из перечня идентификаторов параметров и их основных

характеристик (содержательный смысл, источник для получения значения, возможная точность получения значения параметра, если он численный, мера достоверности получаемых значений параметра и т. п.) и описания области допустимых значений параметров массивов с учетом допустимых взаимосвязей между ними. Эти описания могут осуществляться на любом языке.

По целям использования все информационные массивы делятся на три класса: массивы, содержащие исходную информацию для последующей переработки (перечни исходных данных); массивы, содержащие результаты функционирования блоков переработки информации (перечни выходных данных); массивы, осуществляющие накопление и хранение информации. Деление массивов на содержащие исходную информацию и результаты переработки информации (первый и второй классы) носит условный характер. Один и тот же массив может относиться к каждому из этих двух классов. Изменение принадлежности массива происходит динамически в процессе функционирования информационной модели в зависимости от той роли, которую он играет в данный момент.

Массивы первых двух классов относятся к массивам, циркулирующим (перемещаемым) по линиям параметрической связи при функционировании информационной модели. В связи с этим срок «жизни» значений параметров этих массивов соизмерим с временем цикла прохождения информации по системе управления, т. е. относительно невелик. Массивы третьего класса представляют информационную базу системы. Это, как правило, массивы с длительным хранением информации, содержащие сведения о динамическом состоянии системы управления, условиях и результатах ее действий, о планах и перспективах действий, а также сведения, описывающие «историю» процессов управления и характеристики достигнутых результатов. Массивы первого класса (содержащие исходную информацию) делятся на *внешние* и *внутренние*. Внешние массивы получают значения исходной информации от объектов управления и внешних сопряженных подсистем (характеристики условий действий, управляющие параметры от старших систем). Внешние массивы

вы, в свою очередь, делятся на *автономные* и *неавтономные*. Первые заполняются параметрами, значения которых определяются в пределах системы управления, описываемой информационной моделью, а вторые — параметрами, значения которых получаются извне системы управления.

Внутренние массивы получают значения параметров от блоков переработки информации, т. е. являются промежуточными носителями информации, играют вспомогательную (служебную) роль.

Массивы второго класса (содержащие результаты) делятся на *внутренние*, *диалоговые* и *конечные*. Внутренние массивы этого класса совпадают с внутренними массивами исходных данных. Для одних блоков переработки информации они служат местом хранения результатов их работы, а для других — источником исходных данных

Диалоговые массивы служат для сбора и передачи значений параметров, используемых в процессе общения между людьми и средствами автоматизации. Значения параметров эти массивы получают поочередно от блоков переработки информации и от людей дающих указание (задающих работу) средствам автоматизации.

Конечные массивы служат для сбора и передачи значений параметров, являющихся завершающим результатом переработки информации. Содержание этих массивов либо поступает на объекты управления, либо оформляется в виде документов (приказов, распоряжений, директив), либо выдается на технические средства отображения в виде картин, графиков, таблиц, справок для дальнейшего использования людьми, либо поступает в массивы третьего класса для длительного хранения. Возможно, что значения параметров одного массива одновременно используются для нескольких целей.

Массивы третьего класса (содержащие значения параметров длительного хранения) делятся на *оперативные* и *документальные*. Оперативные массивы служат для сбора и хранения значений параметров, необходимых для обоснования и принятия решений в процессе управления. Значения параметров этого массива используются в процессе текущего и перспективного

управления. Оперативные массивы в зависимости от содержания хранимой в них информации, в свою очередь, делятся на массивы, содержащие сведения о состояниях объектов управления; массивы, содержащие сведения о состоянии органов управления; массивы, содержащие сведения об условиях действий; массивы, содержащие сведения о достигнутых результатах функционирования объектов управления; массивы, содержащие справочную информацию; массивы, содержащие планы действий; массивы, содержащие командную информацию (приказы, распоряжения, директивы); массивы, содержащие сведения о результатах выполнения отданных приказов, распоряжений и т. п.

Документальные массивы служат для сбора и хранения значений параметров, которые необходимы для последующего анализа и обобщения опыта управления. Значения этих параметров уже утратили интерес для текущего функционирования системы управления, но необходимы для выявления тенденций и закономерностей процессов управления и могут быть использованы как для совершенствования системы управления, так и для развития средств автоматизации. Документальные массивы содержат «живой» опыт истории управления в данной системе и непрерывно пополняются содержанием оперативных массивов.

5.1.4. Точки диалога. Точки диалога являются местом объединения творческих возможностей людей и формализованных (алгоритмизированных) возможностей средств автоматизации.

Описание точки диалога состоит из описания целей деятельности людей в данной точке; перечня параметров, значения которых задаются людьми; описания правил, которыми руководствуются люди при определении значений параметров; оценки временных затрат людей на определение значений этих параметров; перечня диалоговых массивов, используемых в данной точке.

Все эти описания приводятся на любом удобном для этого языке.

Точки диалога делятся на *финальные*, *промежуточные* и *смешанные*. В финальной точке принимаются решения о формировании конечных информационных мас-

сивов, т. е. оперативных массивов, содержащих планы действий и командную информацию. В промежуточной точке диалога осуществляется подготовка вспомогательной информации для принятия решения. В смешанных точках диалога выполняются обе указанные функции, т. е. в процессе управления принимаются решения и готовится вспомогательная информация.

5.1.5. Параметрические связи. Параметрические связи реализуют взаимодействие между отдельными элементами информационной модели.

Описание параметрической связи состоит из списка элементов информационной модели, взаимодействие между которыми осуществляет данная параметрическая связь, включающая направление обмена информацией; перечня информационных массивов, передаваемых в направлении данной параметрической связи; описания правил, по которым осуществляется передача массивов.

Параметрические связи описывают взаимодействие между сопряженными с информационной моделью подсистемами, блоками переработки информации, точками диалога и информационными массивами.

Перечень информационных массивов, передаваемых в направлении параметрической связи, состоит только из массивов второго и третьего классов.

Параметрические связи делятся на *внешние* и *внутренние*. Внешняя параметрическая связь определяет взаимодействие между подсистемой, сопряженной с информационной моделью, и одним из ее элементов, внутренняя — определяет взаимодействие между парой элементов информационной модели.

5.1.6. Функционирование. Структура информационной модели описывается графом. Описание функционирования информационной модели состоит из описания функций, выполняемых в вершинах графа, и описания процесса циркуляции информации во времени.

Процессы управления имеют достаточно ярко выраженный циклический характер. Поэтому циркуляция информации в информационной модели может быть описана в пределах одного цикла с распространением этого описания на все последующие. Возможные отличия различных циклов управления указываются в описании цикла как варианты (особенности).

Введем следующие обозначения:

P — множество источников информации, поступающей в информационную модель;

R — множество получателей¹ информации, являющейся результатом обработки информации;

B — множество блоков переработки информации;

M — множество информационных массивов;

D — множество точек диалога;

Π — множество параметрических связей;

T — множество описаний временных характеристик перемещения информации по линиям параметрической связи.

Элементами множества T являются описания, определяющие циркуляцию информации по каждой линии параметрической связи. Это описание может осуществляться на любом удобном для этого языке. Так как по одной линии параметрической связи могут в разное время перемещаться различные информационные массивы, то каждому массиву для данной линии соответствует свое описание.

Обозначим через $\mathbf{O}(Z)$ описание элементов множества Z . Тогда $\mathbf{O}(P)$ представляет описание всех источников информации, $\mathbf{O}(R)$ — описание всех получателей информации и т. п. Описанием всех элементов информационной модели является $\mathbf{O}(\mathbf{G})$, где

$$\mathbf{G} \equiv \{P, R, B, M, D, \Pi, T\}.$$

Функционирование информационной модели может быть описано перечнем параметрических связей (π_i), каждой из которых ставится в соответствие множество

$$(5.1) \quad \{X_i, Y_i, \tilde{M}_i, \tilde{T}_i\},$$

где $\tilde{M}_i \subset M$; $\tilde{T}_i \subset T$.

В множестве (5.1) на первом месте стоит источник информации для параметрической связи π_i , на втором месте — получатель информации, поступающей по параметрической связи π_i . Таким образом, первые два элемента множества (5.1) определяют как направление перемещения информации, так и вершины графа

¹ Получателями являются объекты управления и внешние сопряженные подсистемы

информационной модели, связанные параметрической связью π_i . На третьем и четвертом месте в множестве (5.1) стоят подмножества, характеризующие состав перемещаемых информационных массивов (\tilde{M}_i) и временные характеристики, описывающие законы (правила) их перемещения (\tilde{T}_i). Каждому элементу из \tilde{M}_i поставлен в соответствие элемент из \tilde{T}_i .

Таким образом, множеством

$$(5.2) \quad \mathbf{Q} \equiv \{\pi_i, X_i, Y_i, \tilde{M}_i, \tilde{T}_i\}$$

описывается функционирование информационной модели. Следует отметить, что из множества (5.2) можно получить граф информационной модели. Следовательно, множество (5.2) вместе с описанием элементов множеств P, R, B, M, D, T составляет информационную модель.

Таким образом, информационная модель \mathbf{H} описывается множеством

$$\mathbf{H} \equiv \{\mathbf{Q}, \mathbf{O}(\mathbf{G})\}.$$

В таком представлении информационной модели содержится формализованная схема прохождения информации по системе управления. Детализация описаний элементов множества M до каждого параметра информационного массива дает полную картину состава информации (входящей, внутренней и выходящей), которая подвергается автоматической обработке или формируется в результате такой обработки. Неформализованными остаются описания процессов, осуществляющих переработку информации, представленные множеством B . Их формализация является основной задачей этапа построения математической модели.

5.2. РАЗРАБОТКА. Создание информационной модели является сложным и трудоемким процессом. При ее разработке кроме содержания функционирования системы управления должны учитываться особенности связей с сопрягаемыми системами, цель разработки (создание автоматизированного управления), особенности математических моделей, свойства (возможности) технических средств автоматизации. Существенное влияние на разработку оказывает разносторонний характер деятельности органов управления. Завершен-

ность параметрических связей и состава информационных массивов требует достаточно глубокого анализа функций, возлагаемых на блоки переработки информации, без чего нельзя сформировать состав параметров информационных массивов второго класса (содержащих результаты). Описание диалога и состав диалоговых массивов требуют детального изучения процесса общения руководителей со средствами специального математического обеспечения.

Рассмотрим основные принципы разработки информационных моделей и некоторые вопросы технологии их построения.

5.2.1. Общие принципы. Информационная модель является системным представлением процесса управления специалистами первой группы разработчиков специального математического обеспечения управления.

Обязательным элементом информационной модели является критерий эффективности, связывающий ее с другими подсистемами, который определяется централизованно как часть всей системы управления.

На практике достаточно часто можно встретиться со стремлением отразить в информационной модели структуру сложившейся организации работы органа управления. Естественно, что при этом возникают ограничения на использование всех возможностей как математических методов, так и остальных средств автоматизации управления и не удается добиться достаточно высокого уровня эффективности управления.

Поэтому информационная модель не должна являться адекватным отображением сложившейся практики функционирования системы управления. Это один из основных принципов построения информационной модели. Автоматизировать управление в таком виде, в каком оно сложилось на данный момент, это значит «увечковечить» существующие недостатки и не использовать тех новых возможностей, которые содержатся в средствах автоматизации для повышения эффективности управления. Поэтому при построении информационной модели процесса управления должны быть учтены возможности средств автоматизации. Их влияние может сказаться на всех основных элементах системы управления.

В первую очередь, должна быть уточнена *цель (цели) функционирования системы* управления и ее отдельных подсистем. Имеющийся опыт позволяет сделать вывод о том, что положение, при котором орган управления или его составные части существуют без ясно сформулированных целей, на практике встречается достаточно часто. Ясно, что автоматизация управления в таких системах не имеет смысла. Уточнение целей позволит оценить достаточность (избыточность) поступающей информации, минимизировать объемы информационных потоков, входящих в систему управления и выходящих из нее.

Наиболее просто учесть влияние целей на информационные связи. При построении графа информационной модели могут выявиться петли в существующей схеме циркуляции информации¹. Их устранение — косвенный эффект анализа системы.

При совместном рассмотрении состава информационных массивов, функций, выполняемых блоками обработки информации, и функций, выполняемых в точках диалога, естественно, будут исключены все «тупиковые» параметрические связи (т. е. связи, не ведущие к выработке параметров управления). Таким образом, можно ждать сокращения числа параметрических связей.

Анализ функций, выполняемых сотрудниками органа управления, позволит сократить число точек диалога благодаря автоматизации выполнения нетворческих функций и объединению функций, выполняемых в неавтоматизированном органе управления различными лицами.

При построении модели необходимо стремиться к минимизации числа параметрических связей и числа точек диалога.

При анализе временных характеристик потоков прохождения информации основное внимание должно

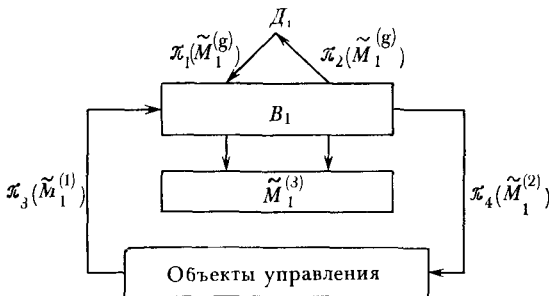
¹Наличие петель означает нерациональное расходование ресурсов. Обычно петли могут изыматься из структуры без всякого ущерба для ее функциональных и информационных свойств, это наиболее безболезненное «сокращение штатов» (Дружинин В. В., Конторов Д. С. Проблемы системологии. М., «Сов радио», 1976, с 79).

быть уделено влиянию задержек в принятии решения на эффективность функционирования объектов управления. Информационная модель должна обеспечивать синхронизацию действий объектов управления. Отражение этого требования в информационной модели позволит реализовать его в математической и программной моделях.

Предположим, что орган управления имеет только одну цель функционирования. В этом случае построение информационной модели начинается с уточнения цели деятельности старшего в иерархии системы органа управления (должностного лица). Этот орган управления на графе информационной модели представляется точкой диалога (D_1). Далее определяется множество информационных массивов ($\tilde{M}_1^{(2)}$) и состав параметров каждого из них. Значение каждого параметра должно быть определено в результате работы данного органа управления. Эти значения являются управляющими параметрами, ведущими к достижению целей управления. После этого определяется множество информационных массивов ($\tilde{M}_1^{(1)}$), содержащих исходные данные необходимые для получения этих результатов ($\tilde{M}_1^{(2)}$).

Контур управления (рис. 5.1), описывающий результаты первого шага построения информационной модели, состоит из блока переработки информации B_1 , параметрических связей и информационных массивов $\tilde{M}_1^{(1)}$, $\tilde{M}_1^{(2)}$, $\tilde{M}_1^{(g)}$, $\tilde{M}_1^{(3)}$, где $\tilde{M}_1^{(g)}$ — множество диалоговых массивов; $\tilde{M}_1^{(3)}$ — множество массивов информационной базы.

Рис 5.1. Простейший контур управления.



После этого анализируются возможности автоматизации процесса управления на базе сформированного контура. При этом оценивается способность органа управления принимать решения для формирования значений управляющих параметров ($\tilde{M}_1^{(2)}$) в необходимом темпе, а также возможность формализовать процесс переработки информации, т. е. реализовать блок переработки (B_1).

В простейших системах управления процесс построения информационной модели на этом может быть завершен. Если хоть одно из указанных условий не выполнено, процесс построения информационной модели продолжается.

Может оказаться, что в такой схеме руководитель (орган управления) не может выполнять всех функций по управлению в необходимом темпе. Это значит, что в одной точке диалога (D_1) нельзя обеспечить принятие всех необходимых решений, максимизирующих критерий эффективности, даже при использовании средств автоматизации. Значит, нужно расширить информационную модель, введя новые точки диалога.

Может оказаться, что в такой схеме функции блока переработки (B_1) не могут быть полностью возложены на средства автоматизации в связи с отсутствием возможности создания в приемлемое время адекватной математической модели. Следовательно, необходимо часть функций оставить за людьми, т. е. расширить информационную модель новыми точками диалога.

Поэтому вводится следующий (низший) уровень системы управления¹ и производится членение критерия эффективности. На этом уровне располагаются несколько подчиненных органов управления (должностных лиц), функционирование которых оценивается частными критериями эффективности. Между ними распределяются функции управления. Каждый из этих органов на графе информационной модели представляется точкой диалога ($D_2^{(1)}$, $D_2^{(2)}$, ..., $D_{2,i}^{(1)}$, ...). Для каждой из них определяются множества $\{\tilde{M}_{2,i}^{(1)}, \tilde{M}_{2,i}^{(2)}, \dots\}$.

¹ Мы не рассматриваем возможность деления системы управления на ряд независимых систем, так как этот вариант фактически не вносит ничего принципиально нового в исследование.

$\tilde{M}_{2,i}^{(g)}, \tilde{M}_{2,i}^{(3)}$ элементы которых с точностью до расширения вспомогательными массивами являются подмножествами соответствующих элементов множества $\{\tilde{M}_1^{(1)}, \tilde{M}_1^{(2)}, \tilde{M}_1^{(g)}, \tilde{M}_1^{(3)}\}$. После этого строится новый контур управления (рис. 5.2), в котором $V_{i,k}$ обозначают блоки переработки информации i -го уровня управления. Если в точках диалога $D_2^{(i)}$ дано право принимать самостоятельные решения, то вводятся параметрические связи от этой части контура к объекту управления. Если такое право не предоставляется, то после подготовки рекомендаций (варианта) осуществляется доклад вышестоящему органу (D_1). Для этого в информационную модель вводится параметрическая связь с этого уровня управления на высший.

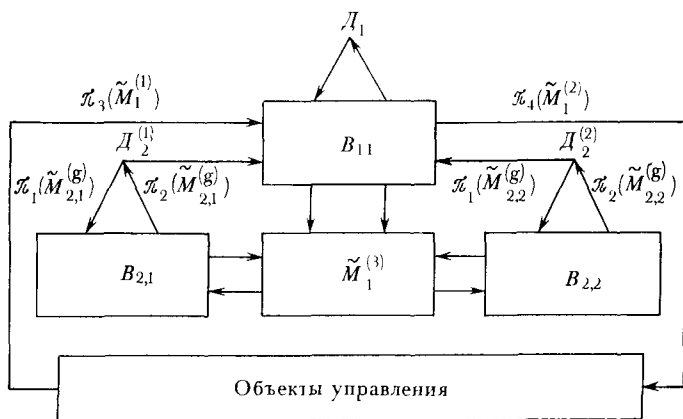
Для каждого из частных контуров с вершиной в точке диалога $D_2^{(i)}$ анализируется возможность автоматизации процесса управления и принимается решение о необходимости введения новых (низших) уровней иерархии в системе управления.

Процесс заканчивается тогда, когда на всех уровнях иерархии управления (во всех точках диалога) обеспечена возможность выработки решений в темпе течения реального процесса управления.

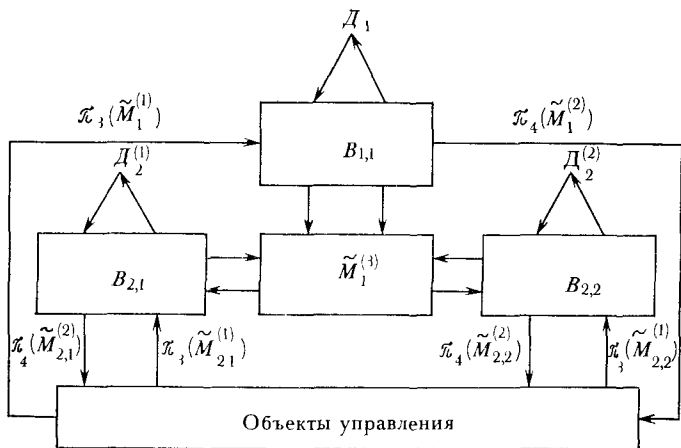
Изложенная последовательность действий при построении информационной модели, начинающаяся от контура с максимальной концентрацией функций управления и строгой централизацией, обеспечивает условия построения схемы управления с необходимым числом должностных лиц и максимальным уровнем автоматизации.

Сформированная таким образом информационная модель, которую будем называть *основной*, в полной мере отражает содержательную сторону процесса управления (критерии управления, цели управления и пути их достижения). В меньшей степени она отражает возможности построения математической и программной модели. При построении математической модели каждый из блоков переработки информации, который представлен «черным ящиком», должен быть заменен алгоритмом. При этом может возникнуть необходимость введения новых внутренних информационных связей, выполняющих служебные функции. Такие ин-

Рис. 5.2. Контур управления с двумя уровнями иерархии а — схема централизованного управления; б — схема смешанного управления



а)



б)

формационные связи могут понадобиться для получения значений параметров из общей информационной базы, для использования имеющихся стандартных алгоритмов, для комплексирования отдельных частей алгоритмов, для организации параллельных вычислительных процессов. Введение таких информационных связей неизбежно повлечет за собой расширение множества информационных массивов, увеличение числа параметрических связей. Все это потребует расширения (уточнения) информационной модели. Однако это расширение будет преследовать технологические цели. При построении программной модели также может понадобиться введение новых информационных массивов и параметрических связей. Это связано с ограниченными объемами оперативной памяти вычислительных комплексов, буферных устройств обмена информацией и т. п. Неизбежное при этом корректирование информационной модели также будет иметь технологический характер¹.

В отличие от основной информационной модели модель, которая формируется на этапах разработки математической и программной модели, будем называть *технологической информационной моделью*.

При достаточной мощности технических средств автоматизации и достаточной автономности алгоритмов блоков переработки информации основная информационная модель может совпадать с технологической информационной моделью. Таким образом, *основная информационная модель является минимальным образом технологической информационной модели*.

При разработке информационной модели создаются основные предпосылки успешного выполнения работ на последующих этапах. Если информационная модель разрабатывается без учета реальных возможностей технических средств автоматизации и мощности (состояния) существующего математического аппарата, то легко представить себе, к каким последствиям

¹ Вероятность подобного корректирования будет уменьшаться по мере перехода от вычислительных комплексов с централизованным управлением к однородным вычислительным средам, начало работы над которыми было положено Э. Евреиновым и Ю. Косаревым.

это может привести. Так, попытка возложить на блоки переработки информации функции, формализация (алгоритмизация) которых либо вызывает неразрешимые трудности, либо потребует многолетних усилий ученых и разработчиков, может поставить под угрозу успешность всей работы по созданию специального математического обеспечения управления для данной системы. Информационная модель при этом может иметь вполне логически завершенный вид, хорошо отражать потребности системы (и органа) управления и «обещать» высокий уровень автоматизации и экономию трудовых ресурсов (штатов). Однако такая информационная модель практически бесплодна. Попытка возложить на блоки (блок) переработки информации функции, непосильные для математических моделей, создаст лишь видимость успеха работы на первом этапе. Фактически этот этап придется повторять заново, уточнять информационную модель, вводить в нее новые точки диалога, передавать людям часть функций блоков переработки информации.

К аналогичным результатам приведут попытки возложить на блоки переработки столько функций, что их выполнение в темпе течения реального процесса управления окажется не под силу существующим техническим средствам автоматизации переработки информации. Это приведет к тому, что технические средства автоматизации не смогут реализовать подобную модель.

К такому же результату может привести непродуманное формирование информационных массивов всех видов. Если суммарный объем памяти, потребной для размещения этих массивов, окажется больше реальных объемов памяти вычислительных комплексов, то реализовать информационную модель на практике не удастся. Если окажется, что пропускная способность устройств обмена информацией ниже потребностей сформированной информационной модели, то внедрить в практику специальное математическое обеспечение будет невозможно ¹.

¹ Может показаться, что опасение авторов преувеличено. Вычислительные машины имеют оперативную память порядка миллионов бит, внешнюю память порядка миллиардов бит, быстродейст-

Таким образом, несмотря на то, что основная информационная модель в первую очередь должна отражать содержательную сторону процесса функционирования системы управления, при разработке должны обязательно учитываться последствия, возможности математических методов и ресурсы технических средств автоматизации.

Несмотря на это, основную информационную модель необходимо строить так, чтобы она представляла самостоятельную ценность, независимо от того, как она будет использована на последующих технологических этапах создания специального математического обеспечения управления. Это означает, что информационная модель должна быть алгоритмом, по которому может осуществляться управление, при условии, что «черные ящики» блоков переработки информации будут заменены какими-то средствами. Например, переработка информации, а точнее выработка значений параметров, необходимых для заполнения массивов резульативной информацией (перечней выходящей информации), будет возложена на специальные группы людей. Система, построенная таким образом, работающая в соответствии с описанием функционирования основной информационной модели, должна осуществлять управление.

Отметим еще одно важное обстоятельство, которое следует учитывать при разработке информационной модели. Модель должна содержать информацию, подлежащую автоматизированной переработке с помощью алгоритмов специального математического обеспечения. Если при создании модели учитывать только эту информацию, то велика вероятность возникновения противоречий между управляющими параметра-

вие — десятки миллионов операций в секунду. Казалось бы, при таких возможностях технических средств можно смело разрабатывать специальное математическое обеспечение, не оглядываясь на возможности технических средств автоматизации. Однако практика показывает, что при этом можно допустить серьезные ошибки, а это значит потерянное время, неоправданные затраты и потеря веры в возможности средств автоматизации управления. К сожалению, авторы могут указать не на один проект с подобным печальным результатом.

ми, определяемыми неавтоматизированным способом, и параметрами, которые будут вырабатываться с помощью средств автоматизации. Такие противоречия могут оказаться существенными, т. е. могут нарушать ритм функционирования объектов управления или ставить перед ними неразрешимые задачи. Поэтому при построении информационной модели должны учитываться все управляющие параметры, которые поступают на объекты управления. Учет заключается в создании средств устранения противоречий между значениями управляющих параметров. Это означает, что в состав информационных массивов должны включаться все управляющие параметры. Те, значения которых определяются неавтоматизированно, задаются людьми в процессе диалогового общения. В состав блоков переработки информации должны включаться блоки (функции) проверки допустимости (совместимости) значений параметров, выдаваемых объектам управления. Эти блоки, получая сведения из информационной базы (в том числе и об уже отданных распоряжениях), из диалоговых массивов и информационных массивов выходных данных, проверят непротиворечивость состава значений управляющих параметров. Выявленные противоречия будут устранены либо алгоритмами в соответствии с принципами, заложенными в блоке переработки информации, либо при диалоговом общении с работниками органа управления.

5.2.2. Информативность. На состав параметров, выдаваемых блоками переработки информации, большое влияние оказывают принципы построения моделей этих блоков. Параметры, поступающие в диалоговые массивы (используемые работниками органа управления), оказывают существенное влияние на производительность труда в системе общественного производства. Если эти параметры позволяют быстро оценить обстановку, уяснить содержание варианта решения, то затраты труда работников органа управления будут невелики.

Таким образом, информативность специального математического обеспечения управления заключается в его способности выделять основное, существенное в процессах управления и формировать параметры, характеризующие эти основные стороны процесса.

Оценка затрат труда на принятие решения в зависимости от состава параметров, выдаваемых блоками переработки информации, должна осуществляться на этапе построения информационной модели. На базе таких оценок вырабатываются составы параметров информационных массивов, содержащих результаты переработки информации. В этом проявляется активная роль первого этапа по отношению к этапу разработки математической модели.

Рассмотрим пример, иллюстрирующий это утверждение. Предположим, блок переработки информации в качестве результата выдает эффективность \mathcal{E} заданного плана действий Y^1 . В этом случае для принятия решения работники органа управления будут задавать варианты планов действий и на выходе получать оценки их эффективности:

$$Y^{(1)} \Rightarrow \mathcal{E}(Y^{(1)}).$$

Ясно, что при этом понадобятся достаточно большие затраты времени как на составление варианта плана, так и на перебор множества вариантов для выбора достаточно хорошего.

Предположим, что блок переработки информации на входе получает уровень эффективности $\mathcal{E}^{(0)}$, а на выходе выдает план $Y^{(0)}$, обеспечивающий эффективность не ниже заданного уровня:

$$\mathcal{E}^{(0)} \Rightarrow Y^{(0)} \mid \mathcal{E}(Y^{(0)}) \geq \mathcal{E}^{(0)}.$$

Ясно, что затраты труда работников органа управления гораздо меньше, чем в первом случае. Значительная часть труда при этом передана средствам автоматизации.

Предположим, что блок переработки информации на выходе дает план, наилучший из всех возможных по критерию \mathcal{E} . В этом случае работник органа управления задает один параметр σ , означающий просьбу выдать план, а на выходе получает наилучший (оптимальный по данному критерию) план

$$\sigma \Rightarrow Y^{(0)} \mid \mathcal{E}(Y^{(0)}) = \max_{\{Y\}} \mathcal{E}(Y).$$

¹ Для простоты рассуждений будем предполагать, что чем больше значение показателя эффективности, тем лучше план.

Затраты его труда в этом случае наименьшие, качество полученного ответа наивысшее, так как есть гарантия того, что полученный план — наилучший по данному критерию и возможности средств автоматизации в данных условиях используются максимально. Блок переработки информации выдает при этом максимально информативный результат.

Объем труда, затрачиваемого работником органа управления на общение со средствами автоматизации, зависит не только от содержания получаемой ими информации, но и от формы ее представления. Если при выдаче информации используется только цифровая кодировка, то для уяснения содержания полученных сообщений понадобится довольно много времени. При этом будет осуществляться отождествление полученных кодов с категориями, используемыми людьми для построения образов. Поэтому при формировании состава параметров информационной модели необходимо производить оценки скорости восприятия содержания информации в зависимости от способов ее представления. В идеале целесообразно практически отказаться от буквенно-цифровой кодировки и всю информацию представлять в графическом и картинном виде.

5.2.3. Диалог. Диалог между людьми и средствами автоматизации разрабатывается для выполнения как основных функций (обеспечение процесса управления), так и вспомогательных (организация использования и обслуживания математических и технических средств автоматизации)¹. Ограничимся рассмотрением вопросов разработки диалога для выполнения только основных функций специального математического обеспечения управления (рис. 5.3).

Основой успешного диалога является язык общения между людьми и средствами автоматизации. Естественно, что человек для диалога со средствами автоматизации предпочел бы привычный ему язык человеческого общения. Однако такая возможность на сегодня еще не предоставлена ни техническими, ни математическими средствами автоматизации. Пока ведутся экс-

¹ К вспомогательным функциям относятся все работы, связанные с поддержанием работоспособности технических и математических средств, с их настройкой для конкретных условий использования

периментальные работы. Кроме того, имеется одна принципиальная трудность — неформализованность языка общения между людьми, которая в силу неправильного толкования приказания, полученного средствами автоматизации, может привести к непланируемым последствиям. Поэтому язык общения человека со средствами автоматизации в обозримом будущем должен относиться к классу формализованных языков.

Рис. 5.3. Цикл выработки варианта решения в диалоге и состав основных информационных массивов: $\tilde{M}_a^{(g)}$ — подмножество массивов, выдаваемых автоматически; $\tilde{M}_z^{(g)}$ — подмножество массивов, содержащих запросы (указания на работу средствам автоматизации); $\tilde{M}_p^{(g)}$ — подмножество массивов, содержащих ответы на запросы.



К классу формализованных языков можно отнести графическое и картинное представления информации, подобное тому, которое используется при построении топографической карты.

Язык общения (или язык диалога) должен обладать следующими двумя основными свойствами: обеспечивать быстрое и правильное восприятие информации человеком и обеспечивать быстрое и безошибочное задание работ средствам автоматизации. Первое свойство необходимо для выполнения следующих основных функций: оценки сложившейся обстановки, осуществления контроля за выполненном планов и отданных распоряжений, прогнозирования дальнейшего течения процессов и обоснования решений в процессе управления. Второе свойство необходимо для выполнения следующих функций: задания работ средствам автоматизации (включая и значения исходной информации), корректирования вариантов решений, подготовленных алгоритмами специального математического обеспечения управления, утверждения решения, принимаемого в процессе управления.

Требование быстроты как восприятия информации человеком, так и задания работ средствам автоматизации имеет относительный характер и определяется содержанием и темпами течения реальных процессов в системах управления. При разработке диалога это требование должно учитываться не только по отношению к каждому акту общения при диалоге и диалогу в целом, но и по отношению к полному циклу прохождения информации в системе управления. Сокращение времени в каждом акте диалога создает предпосылки для удовлетворения требования реального времени функционирования средств автоматизации. Чем меньше это время, тем легче построить систему, в которой решения принимаются и передаются управляемым объектам своевременно. Кроме того, сокращение затрат времени в каждом акте диалога создает благоприятные условия для творческой деятельности людей, пользующихся средствами автоматизации, высвобождая время для размышлений.

Требование правильности восприятия информации человеком и безошибочности задания работ средствам автоматизации имеет «абсолютный» характер. Здесь

слово «абсолютный» означает, что диалог является единственным процессом в системе автоматизированного управления, в котором это требование имеет смысл. Дело в том, что между надежностью работы средств автоматизации и надежностью выполнения функций человеком существует большой разрыв. Под надежностью средств автоматизации понимается свойство, заключающееся в том, что информация ими будет обработана (переработана) правильно. Количественно это свойство определяется различными показателями. Например, для вычислительных машин таким показателем является число операций, которые они выполняют без ошибок¹, или время безошибочной работы между двумя смежными сбоями или двумя смежными отказами (время наработки на отказ). Так, вычислительные машины способны выполнить безошибочно миллионы операций, время между двумя смежными отказами (выходами машины из строя) составляет сотни и тысячи часов.

Программные системы, если в них отсутствуют ошибки, перерабатывают информацию абсолютно правильно. Правда, еще не удалось добиться отсутствия ошибок в больших программных системах. Однако вероятность того, что ошибки есть и что в данном варианте расчетов понадобится ветвь программы, содержащая ошибку, достаточно мала и она уменьшается с увеличением времени эксплуатации программы.

В этом смысле человек обладает гораздо более скромными возможностями. Его «надежность» на несколько порядков ниже. Так, при операциях над числовой информацией человек в среднем допускает одну ошибку на 100—200 операций. Вероятность того, что человек может допустить ошибку возрастает с временем его работы, с накапливанием усталости.

Эти достаточно очевидные положения приводят к серьезному выводу. Диалог является единственным местом, в котором объединяется работа высоконадежных средств автоматизации и работа человека, надеж-

¹ Эта величина, как и другие показатели надежности вычислительных машин, является случайной, поэтому для их характеристики используют неслучайные показатели, такие как математическое ожидание, дисперсия и т. п.

ность которого имеет принципиально не преодолимые границы¹.

Поэтому вопросам правильности и безошибочности при разработке диалога должно быть уделено особое внимание.

Основным путем обеспечения безошибочной² работы человека является минимизация объемов задаваемой им информации. Для этого языки диалога должны обладать минимальной избыточностью. Кроме того, значительную помощь в этом случае могут оказать средства автоматизации управления. На них в процессе разработки математического обеспечения могут (должны) быть возложены функции автоматической проверки правильности поступившей к ним информации. Между этими двумя путями есть внутреннее противоречие.

Алгоритмическая проверка правильности сообщений облегчается, если в текстах этих сообщений повышается степень избыточности. Поэтому возникает экстремальная задача по выбору состава и объемов информации, задаваемой человеком при диалоге. Общие решения этой задачи авторам неизвестны. По-видимому, это достаточно сложная проблема. Частные решения связаны со спецификой тех процессов, для которых создается специальное математическое обеспечение. Использование конкретных особенностей этих процессов позволяет выбрать (разработать) рациональный вариант специального языка диалога со средствами автоматизации.

Если проверка синтаксической правильности сообщений возможна для любого контекстно-свободного языка, то возможность проверки семантической правиль-

-
- ¹ Возможное возражение, что сегодня еще не все типы и образцы вычислительной техники работают так надежно, как хотелось бы, на наш взгляд, нельзя считать справедливым. Принципиально можно добиться сколь угодно надежной работы средств автоматизации. Эта надежность растет из года в год. Способности человека безошибочно выполнять свои функции остаются ограниченными.
 - ² Говоря о «безошибочной» работе, мы имеем в виду создание условий, при которых уменьшается вероятность ошибки, допущенной человеком в процессе диалога.

ности существенно зависит от того, насколько удачно создан специальный язык диалога.

Основным путем обеспечения правильности восприятия информации является сочетание информативности с детальными, автомагически формируемыми комментариями. Как отмечалось выше, информативность языка диалога заключается в том, что человек получает результаты в форме, достаточно близкой к той, которая ему нужна для принятия решения. Так как при этом полученные им результаты либо имеют форму параметров управления, либо достаточно близки к ней, то снижается вероятность того, что они будут истолкованы человеком неправильно. Правда, при этом возникает еще одна трудность. За пределами выданной информации остаются все параметры, содержащие сведения о том, почему рекомендуется (выработано) именно такое решение, а не какое-либо другое, остаются неизвестными «мотивы», обосновывающие рекомендуемое решение¹.

Отсутствие автора в процессе использования средств автоматизации не является достаточным основанием для того, чтобы отказаться от комментариев, необходимых для понимания предлагаемого варианта решения. Поэтому человеку должна быть предоставлена возможность при необходимости по его желанию (запросу) получить достаточно полные комментарии, позволяющие понять, почему предложенный вариант целесообразен.

Ясно, что такие комментарии могут формироваться автоматически. Система таких комментариев (подсказок, пояснений) может быть многоступенчатой, охватывающей различные «разрезы» сложившейся ситуации и процесса функционирования объектов управления.

¹ Если варианты решения руководителю готовят его помощники («советчики»), то они готовы дать справки, изложить мотивы, приведшие их к этому варианту. Если вариант подготовлен средствами автоматизации, то «мотивы», обосновывающие его, известны автору (авторам) алгоритмов специального математического обеспечения управления, которые не изложили их в форме частных рекомендаций по конкретной ситуации, а заложили в форме общих принципов и законов в алгоритмы

Сочетание информативности основных результатов с пояснениями, выдаваемыми автоматически или по просьбе человека, позволяет создать условия для правильного понимания тех результатов, которые будут выработаны специальным математическим обеспечением управления. При этом будет обеспечена психологическая уверенность руководителя в правильности полученных им рекомендаций. Руководитель получит информацию о том, при каких ограничениях и предположениях сформирован рекомендуемый ему вариант решения. Ясно, что при этом он сможет принять более обоснованное решение, в большей степени проявятся его творческие возможности.

Вопрос психологической уверенности руководителей в правильности полученной ими информации и в обоснованности полученных рекомендаций достаточно важный и сложный. Особенно он важен в системах управления, в которых промедление с принятием решения грозит невосполнимыми потерями, например в военных системах управления. Психологическая уверенность очень влияет на затраты времени для принятия решения. При высокой степени уверенности решение будет принято без промедления. При отсутствии подобной уверенности у руководителей неизбежны колебания и сомнения, а также затраты времени на их устранение.

Таким образом, при разработке языка диалога в него должны включаться средства выработки комментариев. Общие решения этой задачи пока не найдены. Поэтому возрастает роль учета особенностей конкретных процессов управления.

Сложность разработки этих вопросов на стадии создания информационной модели в значительной степени определяется тем, что состав параметров комментариев зависит от принципов и методов, которые будут использованы при разработке математических моделей. На этапе создания информационной модели невозможно учесть все особенности, которые выяснятся только при разработке математической модели. Поэтому состав параметров диалоговых массивов, содержащих справочную, поясняющую информацию, с большой вероятностью будет уточняться на втором этапе (при разработке математической модели).

Язык диалога должен оказать существенное влияние на технические средства общения человека с автоматизированной системой¹.

Построение эффективных языков диалога, как универсальных, так и специализированных, для общения людей со средствами автоматизации в динамике процессов управления является проблемой, требующей серьезных научных проработок. Из всех функций диалога наименее изучено утверждение решения, принимаемого руководителем в процессе управления.

В сложившейся практике управления между руководителем, принявшим решение, и объектами управления находится множество людей, которые выполняют технические работы по оформлению решения и доведению его до объектов управления. При этом, кроме задержек во времени получения распоряжения на объектах управления, создаются условия для внесения искажений (ошибок) в тексты принятых решений. При отсутствии дефицита времени решение может быть оформлено в виде документа (хорошо проверенного), и на объекты управления будет доставлен подлинник (или копия). При передаче распоряжений по линиям связи, что неизбежно, если объект управления удален от органа управления и решение должно быть доставлено достаточно быстро, вероятность внесения искажений в текст достаточно высока. Поэтому при разработке диалога целесообразно исключить все промежуточные неавтоматизированные звенья между лицом, принявшим (утвердившим) решение, и объектами, которые должны его исполнить.

Реализация этого требования на стадии разработки диалога приводит к необходимости введения специальных командных параметров в диалоговые массивы, которые воспринимаются блоками переработки информации, обслуживающими диалог, как сигналы утверждения решения.

¹ Существующая универсальность этих средств (например, дисплеев) вступает в противоречие с потребностями людей в процессах управления. Средства, применяемые для отработки и отладки алгоритмов, не будут столь же эффективными при использовании их в качестве инструмента для руководителя, принимающего решение.

На структуру языка диалога существенное влияние оказывают психофизиологические особенности человека. Так, известно, что скорость восприятия информации зрительно на несколько порядков выше, чем на слух. Текстовая (буквенно-цифровая) информация при восприятии фактически воспроизводится со скоростью звукового канала. Поэтому от средств автоматизации информацию человеку удобнее получать в графическом (картинном) виде. При задании работы средствам автоматизации, как отмечалось выше, целесообразно на человека возлагать минимум операций. Для этого можно рекомендовать использование специальных диалоговых таблиц. В этих таблицах зафиксированы сформированные специальным математическим обеспечением наименования параметров, которые должны быть заданы человеком. Поэтому ему остается заполнить эту таблицу значениями параметров и «вернуть» ее средствам автоматизации.

5.2.4. Сигнальная система. Система специального математического обеспечения вместе с остальными средствами автоматизации должна функционировать в темпе, соответствующем реальному времени протекания процессов на объектах управления. Выполнить это невозможно без соответствующей организации работы руководителей, принимающих решения. Для того чтобы руководитель мог своевременно принимать необходимые решения, ему нужна информация о ходе процессов, которая должна поступать к нему заблаговременно (своевременно). Своевременность заключается в том, что у руководителя после получения этой информации должно оставаться еще достаточно времени для принятия решения.

В состав этой информации, которая имеет вспомогательное (организующее) значение, должны входить следующие параметры: критический момент принятия решения; состав управляющих параметров, значения которых должны быть выработаны; значения тех параметров управления, которые уже утверждены руководителем; значения тех параметров управления, которые выработаны средствами автоматизации.

Критическим является момент времени, после которого решение, принятое руководителем, уже не может быть реализовано, т. е. либо оно не будет получено

объектами управления, либо они уже не смогут его выполнить.

Будем называть эту информацию сигнальными признаками. Своевременность выдачи сигнальных признаков руководителю означает, что от этого момента до критического момента учтены все работы, которые руководитель должен выполнить, используя средства автоматизации. Действительно, руководитель должен принимать множество решений. Если критические моменты их принятия сконцентрируются на достаточно малом отрезке времени, то напоминание об этом руководителю, сделанное с учетом только одного (наиболее раннего) решения, уже не спасет положения. Поэтому моменты выдачи сигнальных признаков должны прогнозироваться с учетом всех функций, выполняемых руководителем. Сигнальные признаки должны формироваться с помощью алгоритмов специального математического обеспечения.

Совокупность всех средств автоматизации, осуществляющих формирование и выдачу сигнальных признаков (включая и технические средства автоматизации), назовем командно-сигнальной системой.

Командно-сигнальная система организует взаимодействие руководителей со средствами автоматизации, обеспечивающее своевременное принятие решений. Это создает необходимые условия для синхронизации работы объектов управления, т. е. позволяет исключить простой из-за несвоевременного принятия решений.

Руководители могут (и будут) выполнять функции, не обеспеченные средствами автоматизации управления. Поэтому между информацией, выдаваемой сигнальной системой, и реальными возможностями руководителя могут возникать противоречия¹. Для их устранения на сигнальную систему могут быть возложены функции по общему наблюдению за планированием и использованием рабочего времени руководителя. Для этого в состав информационных массивов необходимо включить параметры, определяющие виды работ и временные затраты руководителя на их выполнение, а также

¹ Сигнальная система не может выработать сигнальных признаков по функциям (решениям), о которых в памяти средств автоматизации нет сведений

план работы руководителя. В этом случае сигнальная система становится автоматизированной «записной книжкой» руководителя.

Сигнальная система в значительной степени обеспечивает благоприятные условия для удовлетворения требования преемственности в органе управления. Даже при внезапной смене руководителя или другого должностного лица, работа которого обеспечивается этой системой, работник, его заменивший, своевременно получит информацию о том, какие решения он должен принимать, чтобы не нарушался процесс функционирования объектов управления. Сигнальная система обеспечивает оперативную преемственность, т. е. благоприятные условия для принятия текущих решений. Для того чтобы более глубоко изучить положение дел, включая перспективу, руководитель (новый) может воспользоваться данными информационной базы. При этом сведения он может получать по собственной инициативе (по запросам).

На специальное математическое обеспечение управления целесообразно возложить особую функцию по выдаче информации для передачи дел при смене должностных лиц. При разработке информационной модели должен быть определен состав параметров, выдаваемых по запросам при смене руководителей. Выполнение этой функции в сочетании с функциями командно-сигнальной системы существенно сократит время, необходимое новому руководителю или другому должностному лицу органа управления для того, чтобы начать успешно выполнять свои обязанности.

5.2.5. Контур управления. В реальных системах управления орган управления и его руководитель¹, как правило, имеют не одну цель, а несколько, достижение которых является их задачей.

Для таких систем метод построения информационной модели, изложенный в п. 5.2.1, должен быть расширен. Информационные потоки, обеспечивающие достижение

¹ В терминах системы «Спутник» — это «руководитель подразделения» (Афанасьев В. Г., Чесноков В. С. Системы целевого планирования — инструмент эффективного управления научными исследованиями — В кн. Научное управление обществом М, «Мысль», 1972)

каждой цели управления, могут иметь как общие, так и собственные (специфические) части.

В сложных системах управления совместный анализ всех информационных потоков, для достижения всех целей управления является часто очень трудной, практически необозримой задачей. В таких случаях на помощь может прийти метод, названный авторами методом единичных контуров.

Единичным контуром управления называется часть общего процесса циркуляции информации, связанная с достижением только одной цели функционирования системы управления, имеющая только одну точку диалога. Выделение одной цели управления существенно снижает сложность анализа этой части общей системы.

Первым шагом на пути построения информационной модели системы управления является деление всего контура управления на множество единичных контуров. Этот процесс начинается с последовательного рассмотрения целей управления. Для каждой цели формируется свой контур управления. Его анализ осуществляется в соответствии с методом построения информационной модели (в п. 5.2.1). Если простейший контур с одной точкой диалога поддается автоматизации, то он является единичным и для него строится информационная модель. Если автоматизация для него практически невозможна, продолжается деление этого контура на более простые так, как это было изложено в п. 5.2.1. При этом появляются новые точки диалога, в каждой из которых выполняется определенная функция по достижению основной цели. Для каждой цели управления этот процесс заканчивается формированием системы иерархически связанных единичных контуров управления. Для каждого единичного контура и контура достижения данной цели может быть построена информационная модель.

Пусть имеется n целей управления, тогда для каждой может быть построено описание информационной модели:

$$\mathbf{H}_b^{(k)} \equiv \{ \mathbf{Q}_b^{(k)}, \mathbf{O}(\mathbf{G}_b^{(k)}) \},$$

$$\mathbf{Q}_b^{(k)} \equiv \{ \Pi_{i,b}^{(k)}, X_{i,b}^{(k)}, Y_{i,b}^{(k)}, \tilde{M}_{i,b}^{(k)}, T_{i,b}^{(k)} \},$$

$$(5.3) \mathbf{G}_b^{(k)} \equiv \{P_b^{(k)}, R_b^{(k)}, B_b^{(k)}, M_b^{(k)}, D_b^{(k)}, \Pi_b^{(k)}, T_b^{(k)}\} \\ (k = 1, 2, \dots, n).$$

Нижний индекс (b) является признаком технологического характера информационной модели.

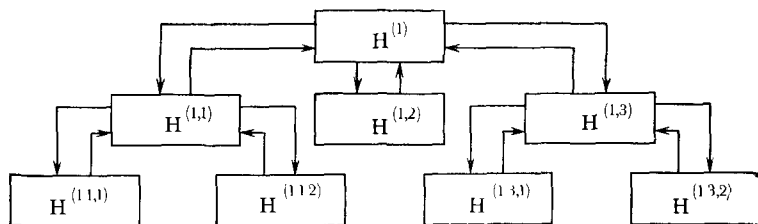
В этом описании между единичными контурами могут быть одноуровневые и многоуровневые связи. При одноуровневой связи единичных контуров управления (рис. 5.4) все они имеют общее звено принятия решения (общую точку диалога); при многоуровневой связи (рис. 5.5) между ними существует иерархическая взаимозависимость.

Информационные модели единичных контуров управления, как правило, являются промежуточными (технологическими); на их базе строится информационная модель всей системы управления. Синтез информационных моделей единичных контуров управления в информационную модель системы начинается с выделения подмножеств, имеющих общую точку диалога.

Рис. 5.4 Одноуровневая связь информационных моделей единичных контуров



Рис. 5.5 Многоуровневая связь информационных моделей единичных контуров.



Каждое из этих подмножеств определяет множество одноуровневых единичных контуров. Для каждого из этих множеств по описаниям из множества $\mathbf{O}(\mathbf{G}_b^{(k)})$, содержащим временные характеристики функционирования системы, оценивается возможность объединения всех точек диалога в одну и возможность объединения в одном управляющем звене всех работ по реализации функций этого множества единичных контуров. Если объединение возможно, то для этой точки диалога формируются информационные массивы, множества источников и получателей информации, множества блоков переработки информации, параметрических связей и описаний временных характеристик. Конечным результатом является информационная модель контура управления с вершиной в j -й точке диалога:

$$\mathbf{H}^{(j)} \equiv \{\mathbf{Q}^{(j)}, \mathbf{O}(\mathbf{G}^{(j)})\} \quad (j = 1, 2, \dots, m),$$

где m — общее число точек диалога информационной модели.

Если объединение функций управления множества одноуровневых единичных контуров в одном управляющем звене невозможно, то это множество делится на подмножества с разными точками диалога, и процесс, описанный выше, повторяется для каждой из них.

В результате образуется множество $\mathbf{H}^{(j)}$ ($j = 1, 2, \dots, m$) информационных моделей, каждая из которых имеет одну точку диалога.

Процесс циркуляции информации в контуре с вершиной в данной точке диалога осуществляется в интересах достижения всех n целей управления.

Следующим шагом синтеза информационной модели \mathbf{H} является объединение множеств $\mathbf{H}^{(j)}$ ($j = 1, 2, \dots, m$). Этот этап синтеза осуществляется над многоуровневыми контурами управления. Он, как правило, не затрагивает множеств P, R, M, D , которые являются объединением множеств $P^{(j)}, R^{(j)}, M^{(j)}, D^{(j)}$, входящих в описание $\mathbf{H}^{(j)}$:

$$P \equiv \bigcup_j P^{(j)}; \quad R \equiv \bigcup_j R^{(j)}; \quad M \equiv \bigcup_j M^{(j)}; \quad D \equiv \bigcup_j D^{(j)}.$$

Существенная часть работы при синтезе связана с корректированием множества параметрических связей Π и множества описаний временных характеристик T .

Объединение $\mathbf{H}^{(j)}$ требует введения новых параметрических связей, соединяющих частные информационные модели в общую, и уточнения временных характеристик перемещения информации по этим параметрическим связям.

Результатом синтеза является основная информационная модель.

5.2.6. Правильность. Информационная модель — это сложная конструкция с разветвленными и взаимосвязанными потоками параметров. Правильность этой модели является основой успешного выполнения всех последующих работ по созданию специального математического обеспечения для данной системы управления.

Любая ошибка в информационной модели может потребовать больших дополнительных затрат труда и времени на устранение ее последствий. На последующих этапах создания специального математического обеспечения обнаружение ошибок информационной модели будет все более затрудняться. Это связано с тем, что математическая и программная модели будут все в большей степени детализировать формализованное описание процесса. В этих деталях растворяется четкость информационных связей, присущая главным образом информационной модели. Таким образом, информационная модель является наилучшим объектом проверки правильности информационных связей, а момент, предшествующий началу разработки математической модели, — наиболее выгодным для такой проверки. Поэтому последним шагом этапа построения информационной модели является проверка ее правильности, т. е. ее выводимость из объективных законов развития.

Необходимо проверять содержательную (смысловую) и синтаксическую (структурную) правильность информационной модели. Для проверки содержательной правильности необходимо привлекать специалистов (практиков), осуществляющих управление. Лучшим путем является проведение деловой игры. Для проверки синтаксической правильности целесообразно использовать имитационную модель информационного процесса и реализовать ее с помощью вычислительных машин. С помощью такой модели можно установить

согласованность параметров всех информационных массивов.

Таким образом, на этапе создания информационной модели специальное математическое обеспечение управления приобретает способность своевременно вырабатывать решение, т. е. приобретает свойство оперативности.

5.3. ВЫВОДЫ. На этапе построения информационной модели подсистема специального математического обеспечения **приобретает способность к развитию**. Это достигается выбором такого состава и структуры информационных массивов всех типов, которые обеспечивают возможность наращивания подсистемы и ее параметрическую настройку.

Внедрение средств автоматизации в органы управления может приводить к изменению их структуры и организации работ. Основы этих изменений выявляются на этапе построения информационной модели и должны быть отражены в ней. Структурно эти изменения фиксируются точками диалога и параметрическими связями. Организация работы органа управления находит отражение в составе параметров информационных массивов и законах их циркуляции.

Информационная модель должна отражать структуру системы управления с необходимым числом должностных лиц и максимальной степенью автоматизации переработки информации. При создании информационной модели подсистема специального математического обеспечения **приобретает способность к ведению диалога с руководителем**. Точки диалога являются единственным местом информационной модели, в котором творческие возможности человека объединяются с возможностями специального математического обеспечения.

Процесс построения информационной модели является итерационным. Это в равной степени относится как к основной информационной модели, так и к технологической. Возможные корректировки основной информационной модели определяются в процессе проверки ее правильности, а также на этапе построения математической модели. Необходимость корректирования диктуется отсутствием аппарата для построения алгоритмов некоторых блоков переработки информации.

В основной информационной модели все ее составные части, кроме блоков переработки информации, имеют законченный вид.

Если отвлечься от реальных возможностей технических средств автоматизации, которые могут оказаться недостаточными для реализации информационной модели в полном объеме и в темпе течения реальных процессов, то все ее элементы, кроме блоков переработки информации, разработаны с достаточной полнотой и формализацией для включения модели в систему специального математического обеспечения.

Описание функций, выполняемых в точках диалога, позволяет руководителям промоделировать использование всех средств автоматизации. Информационные массивы содержат все параметры, обеспечивающие связь подсистемы специального математического обеспечения с «внешним миром». Они дают формализованную картину состояния объектов управления и условий их действий, содержат параметры, с помощью которых старший уровень управления задает цели функционирования и критерии управления для достижения этих целей. Параметрические связи определяют состав и направления циркуляции информационных потоков.

Единственными элементами основной информационной модели, для которых необходима дальнейшая формализация, без которой невозможно создание специального математического обеспечения управления, остаются блоки переработки информации. На информационной модели они представлены «черными ящиками». В их описании сформулированы цели переработки информации и определены основные функции, т. е. содержится указание о том, что должен делать каждый

блок переработки информации Вопрос о том, как он должен это делать, на этапе разработки информационной модели остается открытым.

Несколько отвлечемся от рассматриваемого процесса и качественно определим роль математической модели. Информационная модель содержит указания о том, какие задачи ставятся перед специальным математическим обеспечением управления. По ней можно сделать вывод о том, какие работы в случае успеха разработки удастся выполнять с помощью средств автоматизации, а какие останутся за людьми. При этом можно оценить долю труда руководителей, которые будут пользоваться средствами автоматизации, и степень загрузки специального математического обеспечения управления. Однако все «решения», принятые на этапе создания информационной модели, имеют в определенном смысле рекомендательный характер и являются в основном структурными, а не содержательными. На вопрос о том, насколько высоким качеством будет обладать подсистема специального математического обеспечения, ответ можно получить только на этапе создания математической модели.

Математические модели, формализующие блоки переработки информации, являются основными носителями «разума» специального математического обеспечения, т. е. являются выражением объективных законов общественного развития. С их помощью (в них) концентрируется содержательная сторона «коллективного автоматизированного мозга управления». Только они обеспечивают обоснованность (целесообразность, оптимальность) вариантов решений, принимаемых при управлении, подготавливаемых средствами автоматизации.

После этого отступления вернемся к основному вопросу.

Математической моделью блока переработки информации авторы называют алгоритмическое представление функций этого блока, обеспечивающее автоматизацию процесса переработки информации, содержащейся в массивах исходных данных, и формирование массивов выходных данных в соответствии с параметрическими связями информационной модели. Целью переработки информации является моделирование

процесса и прогнозирование характера его развития во времени.

На разработку математической модели каждого блока переработки информации оказывают влияние следующие три основных фактора: уровень развития математической теории и методов формализации процессов; возможности технических средств автоматизации; реальные ресурсы труда и времени, имеющиеся для разработки подсистемы специального математического обеспечения управления.

Рассмотрим структуру и основные функции математических моделей.

6.1. СОСТАВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ. Совокупность математических моделей всех блоков переработки информации вместе с информационной моделью составляют основу для построения (разработки) программной модели подсистемы специального математического обеспечения управления.

В описании каждого блока переработки информации, входящего в информационную модель, содержится состав функций, возлагаемых на этот блок. Будем называть эти функции основными. Состав и содержание основных функций блока переработки информации определяются содержанием автоматизируемого процесса управления. Для того чтобы математическая модель могла функционировать в системе специального математического обеспечения, на нее необходимо возложить ряд дополнительных (вспомогательных) функций, без которых математическая модель будет нежизнеспособной. Поэтому вспомогательные функции обязательно должны входить в состав каждой математической модели.

Рассмотрим состав множества вспомогательных функций.

6.1.1. Правильность. Анализ правильности значений исходных данных является первой вспомогательной функцией математической модели. Без этой функции алгоритмы математической модели фактически не смогут функционировать, так как каждый алгоритм может выполнять свои функции только при условии, что значения аргументов находятся в области допустимых значений.

Пусть $M^{(1)}$ – множество информационных массивов,

содержащих исходные данные, которые блок B использует в процессе переработки информации:

$$M^{(1)} \equiv \{M_i^{(1)}\} \quad (i = 1, 2, \dots).$$

Пусть области допустимых значений параметров из $M^{(1)}$ заданы множеством

$$W^{(1)} \equiv \{W_i^{(1)}\} \quad (i = 1, 2, \dots).$$

Если значения параметров $M_i^{(1)}$ не попадают в область допустимых значений $W_i^{(1)}$, то исходные данные заданы неправильно. Если значения параметров в $M^{(1)}$ взаимонезависимы, то на этом проверка правильности исходных данных может считаться законченной. Однако часто между значениями исходных данных существуют обязательные соотношения. В этом случае могут быть определены зависимости, выполнение которых означает, что обязательные соотношения выполнены.

Для параметров, принимающих действительные значения, эти зависимости могут быть вещественными функциями; для параметров, принимающих логические значения, — булевыми; для параметров, принимающих текстовые значения, — правилами вывода. Если значения параметров массивов $M^{(1)}$ удовлетворяют этим зависимостям, то проверку правильности можно считать законченной.

6.1.2. Реакция на нарушения. Выработка реакции в случаях, когда анализ правильности дал отрицательные результаты, является следующей вспомогательной функцией. Если оказалось, что значения исходных данных недопустимы, то алгоритм математической модели не может выполнить свои основные функции. Поэтому необходимо «обучить» его выработке реакции на подобные ситуации. Реакция зависит от содержания основных функций и конкретного типа возникшей ситуации (от характера ошибок, вызвавших нарушение правильности). К типовым реакциям можно отнести следующие.

1. Приведение математической модели в исходное состояние. В этом случае значения исходных данных отбрасываются (модель «забывает» о них), и модель готова к получению следующих значений исходных данных. Такая реакция допустима при достаточно

мощном однородном потоке исходных данных, если алгоритм математической модели осуществляет его сглаживание (усреднение) и процесс, описываемый математической моделью, достаточно устойчив (мало зависит от случайных сбоев в потоке исходных данных). Такая реакция допустима, если математическая модель обладает мощным аппаратом прогнозирования (экстраполяции), который позволяет построить достаточно точную картину течения процесса при случайном отсутствии некоторых сообщений из потока исходных данных.

2. Повторное (возможно многократное) обращение к источнику значений исходных данных с просьбой о повторении их выдачи. Такая реакция возможна, если каждое сообщение из потока исходных данных существенно изменяет результаты, вырабатываемые математической моделью, а источник информации обладает памятью, хранящей переданные им значения исходных данных, либо способностью к их восстановлению по запросу. В случае неуспеха при многократных повторных запросах реакция зависит от характера возникающих ошибок и возможностей технических средств автоматизации, на которых планируется реализация подсистемы специального математического обеспечения управления. Если технические средства имеют резервные связи с источником значений исходных данных, то может быть выработан сигнал об использовании этих связей. Если такой возможности технические средства автоматизации не предоставляют, то для выяснения причины нарушений может быть сформирован сигнал о проверке правильности работы технических средств.

Когда исчерпаны все возможности автоматического устранения последствий возникшей ситуации, вырабатывается обращение к операторам, обслуживающим или использующим средства автоматизации. В этом обращении формируются сведения, характеризующие возникшую неправильность, и результаты мер, которые были приняты автоматически. Такое обращение равносильно началу диалога между людьми и средствами автоматизации. В отличие от диалога, целью которого является обеспечение процесса управления и функции которого определены на этапе разработки

информационной модели, этот диалог осуществляется со служебными (вспомогательными) целями. Причиной диалога является наличие отклонений от основного режима функционирования средств автоматизации¹.

6.1.3. *Служебный диалог.* Следующей вспомогательной функцией математической модели является реализация диалога между людьми и средствами автоматизации, чтобы устранить причины отклонения от основного режима функционирования. Такой диалог может привести к устранению неправильностей, возникших в данной конкретной ситуации, например, путем исправления оператором ошибок значений параметров множества $M^{(1)}$. Диалог может завершиться устранением поломок, обнаруженных в технических средствах автоматизации, или выявлением органических недостатков всей автоматизированной человеко-машинной системы, требующих радикальных мер.

6.1.4. *Полнота.* Анализ полноты множества значений поступивших исходных данных — следующая вспомогательная функция математической модели.

Способность алгоритма математической модели выполнить основные функции определяется значениями параметров как множества $M^{(1)}$, так и множества $M^{(3)}$, которое определяет информационную базу. Совокупность значений параметров $M^{(1)}$ и $M^{(3)}$ определяет (при правильности значений параметров $M^{(1)}$) способность алгоритма математической модели переработать информацию. Алгоритм способен выполнять свои функции (или одну данную функцию), если для этого имеется определенный минимум информации. Поэтому

¹ Здесь под основным понимается такой режим, при котором специальное математическое обеспечение управления и все остальные средства автоматизации безошибочно выполняют только основные функции, обеспечивающие процесс управления. Этот режим — идеал ученого, конструктора, разработчика. Но так как реальные процессы, в том числе и протекающие в средствах автоматизации, подвергаются воздействию множества случайных факторов, то отклонения от основного режима неизбежны. Жизнеспособность специального математического обеспечения управления определяется его способностью выполнять основные функции в условиях помех.

одна из функций математической модели — определение наличия этого минимума информации в значениях исходных параметров.

Неопределенность является одной из характерных особенностей процессов управления. Под воздействием случайных факторов не всегда удается получить желательный состав значений параметров исходных данных. В системах, где сталкиваются интересы двух или нескольких сознательно действующих сторон, как, например, в системах вооруженной борьбы (и в мирный, и в военный периоды), значения параметров исходных данных приходится добывать при организованном противодействии. Это неизбежно приводит к неполноте имеющейся информации. Поэтому анализ полноты множества значений исходных данных — обязательная функция математической модели.

Автоматическая (алгоритмическая) проверка полноты исходных данных является довольно сложной проблемой. В простейшем случае, если природа источника информации позволяет утверждать, что получаемые от него значения исходных данных обладают гарантированной точностью и достоверностью, анализ полноты сводится к проверке наличия значения каждого параметра.

В более сложных случаях, когда значения параметров исходных данных могут поступать с ошибками, когда они могут содержать в себе сознательно формируемую дезинформацию, анализ полноты исходных данных является гораздо более сложной задачей. Если решения, принимаемые на основе исходных данных, относятся к чрезвычайно важным и влекут за собой очень существенные последствия, в анализ полноты исходных данных должен включиться человек¹. Таким образом расширяется состав функций, возлагаемых на

¹ Если эти соображения ясны уже на стадии разработки информационной модели, то выполнение этой функции, заключающейся в анализе и «утверждении» человеком значений исходных данных, фиксируется в этой модели. Если недостаточная мощность математического аппарата для решения этой задачи выявлена на этапе построения математической модели, то либо вводится новая точка диалога в информационную модель, либо эта функция добавляется к одной из существующих точек диалога.

диалог между человеком и средствами автоматизации.

6.1.5 Неопределенность. Выработка реакции, если анализ полноты значений исходных данных дал отрицательные результаты, является следующей вспомогательной функцией.

Как правило, независимо от того, имеется ли в органе управления полная информация или эта информация обладает существенной неполнотой, решение должно быть принято¹. Поэтому при неполной исходной информации необходимо принять меры к тому, чтобы математическая модель не лишилась бы полностью работоспособности. Если таких мер не принять, то «жизнеспособность» специального математического обеспечения и его полезность резко снизятся. В наиболее сложных ситуациях, а неполнота информации относится именно к таким, человек окажется без помощи средств автоматизации.

Реакция на возникшую ситуацию существенно зависит от содержания процесса управления и степени неопределенности исходных данных. Простейшая реакция заключается в привлечении человека. В этом случае организуется диалог для получения от человека значений недостающих параметров исходных данных. Однако эта реакция наиболее проста только с точки зрения разработки математической модели. Прибегать к такой реакции следует только в крайних случаях, когда оказались исчерпанными все остальные пути, позволяющие решить эту задачу алгоритмическими методами.

Более сложно оценить допустимость временной задержки в принятии решения. Такая задержка повышает вероятность того, что за это время поступят недостающие значения параметров исходных данных. Однако это решение не является радикальным. Оно толь-

¹ Момент принятия решения и влияния задержки в принятии решения на эффективность (успешность) функционирования объектов управления определяются особенностями конкретных систем. Однако орган управления, как правило, лишен возможности неограниченно ждать момента, когда исходная информация для принятия решения станет «абсолютно» полной. Он вынужден принимать решения и на базе недостаточно полной информации.

ко несколько оттягивает момент, когда принятие решения станет обязательным.

Следующее решение — пополнить недостающие значения параметров исходных данных прогнозированием на основе имеющегося опыта и сведений, хранящихся в информационной базе. Для этого в состав математической модели должны включаться специальные функции, обеспечивающие имитацию исходных данных. Эти функции в наиболее простых случаях могут реализовываться на базе экстраполяционных алгоритмов. В более сложных случаях могут создаваться обучаемые модели, самосовершенствующиеся по мере накопления опыта, т. е. обобщающие весь поток поступающих значений исходных данных и выявляющие закономерность в нем.

Устранение последствий неопределенности значений параметров исходных данных может быть возложено на алгоритмы, выполняющие основные функции математической модели. Для этого в ее состав включается множество алгоритмов, которые используются в зависимости от характера и степени неполноты исходных данных.

6.1.6 Обучение Организация обучения человека-пользователя является следующей вспомогательной функцией математической модели. Одним из источников исходной информации для математической модели являются люди, использующие специальное математическое обеспечение в процессах управления. Эта информация задается при диалоге. Значения параметров исходных данных несут в себе сведения как о заданиях, которые человек ставит перед средствами автоматизации, так и о целях управления, состоянии объектов управления и условиях функционирования объектов управления.

Для того чтобы правильно обращаться к средствам автоматизации, человек должен изучить язык диалога. При этом для обучения он может использовать документацию в форме описаний, инструкций и т. п. Однако, как отмечалось выше, человек объективно может допускать ошибки. Поэтому в значениях параметров исходных данных и в формах обращения человека к средствам автоматизации могут быть (и неизбежно будут) ошибки. Уяснить эти ошибки человек может

с помощью описаний (инструкций), содержащих рекомендации по устранению их последствий. Это — трудоемкий и недостаточно эффективный путь оказания помощи человеку.

Эффективнее (быстрее и удобнее) можно помочь человеку в подобной ситуации, если привлечь к этому математическую модель, на которую возложить функции по формированию рекомендаций человеку, связанных со спецификой данной модели. Такие рекомендации человек может получать по специальному обращению (запросу). При этом он будет обучаться пользованию аппаратом данной модели. Обучение может осуществляться непрерывно, т. е. с одновременным использованием модели в интересах управления. Указанные рекомендации человек может получать только в тех случаях, когда обнаружена ошибка, допущенная им при обращении к математической модели.

Эти рекомендации, оформленные в удобном для восприятия виде, содержащие анализ возникающей ситуации и указания о том, как избежать ошибок, могут быть включены в динамику диалога. Тогда человеку не придется повторять всех шагов, предшествовавших ошибке и выюлненных им правильно. Ему не придется повторять всей работы заново, а нужно будет только исправить ошибку, допущенную в данном шаге обращения к математической модели.

Эта функция, как видно из изложения, не является обязательной вспомогательной функцией. Однако в сложных системах управления на высших иерархических уровнях, где счет времени руководителей идет на минуты, включение этой функции следует считать вполне оправданным. Затраты времени на ее создание и реализацию вполне окупятся тем удобством, которое получает руководитель, использующий данную модель при управлении.

6.1.7. Пространство средств автоматизации. Организация вычислительного процесса в «пространстве» средств автоматизации управления является следующей вспомогательной функцией математической модели. «Пространство» средств автоматизации состоит из множества элементов специального математического обеспечения, общесистемного математического обеспечения и технических средств автоматизации. Математи-

ческая модель будет выполнять свои функции в этом «пространстве» и не сможет работать, если ее действия не будут согласованы с остальными частями этого «пространства».

Согласование разрабатываемой математической модели с уже работающим специальным математическим обеспечением управления заключается в следующем. Во-первых, при разработке математической модели целесообразно в максимальной степени использовать уже имеющиеся стандартные алгоритмы¹. Включение стандартных алгоритмов в математическую модель требует согласования по параметрам входа и выхода, по организации обращения к стандартному алгоритму.

Во-вторых, математическая модель может использовать результаты работы других математических моделей, которые уже функционируют в автоматизированной системе. Для этого также необходимо согласовать параметры входа и выхода и организацию обращения.

В-третьих, математическая модель может использовать параметры не только собственных информационных массивов, но и информационной базы, которая уже существует и используется. Для этого необходимо согласование содержания, формы представления, точности, а также способов запроса этих параметров из математической модели.

Согласование математической модели с общесистем-

¹ Целесообразность определяется тем, что использование готовых стандартных алгоритмов сокращает сроки разработки и повышает качество и надежность математической модели. Повышение качества определяется тем, что стандартные алгоритмы разрабатывают (и будут разрабатывать) наиболее квалифицированные специалисты в относительно узких областях знаний (их квалификация в данной области выше, чем у разработчиков, которых можно привлечь к созданию каждой частной подсистемы специального математического обеспечения). Повышение надежности определяется тем, что при долговременном использовании из стандартных алгоритмов исключаются все возможные ошибки. Поэтому чем больше будет в математической модели апробированных стандартных алгоритмов, тем меньше будет вероятность того, что в ней проявятся ошибки (недоработки)

ным математическим обеспечением заключается в следующем.

Во-первых, математическая модель всю исходную информацию будет получать с помощью общесистемного математического обеспечения, которое для ее представления пользуется стандартными и унифицированными для всех математических моделей формами.

Во-вторых, адресование результатов работы математической модели нецелесообразно жестко закреплять алгоритмами математической модели. Такое закрепление лишит возможности использовать математическую модель другими лицами и в других подсистемах специального математического обеспечения управления. Поэтому функцию адресования результатов выполняет общесистемное математическое обеспечение. Для использования этой функции математическая модель должна согласовываться с общесистемным математическим обеспечением.

В-третьих, общесистемное математическое обеспечение осуществляет редактирование результатов вычислений, приводя их к формам, позволяющим использовать технические средства выдачи информации из памяти вычислительных комплексов. Чтобы математическая модель могла использовать эти возможности общесистемного математического обеспечения, она должна создаваться с учетом такой необходимости.

В-четвертых, в математической модели должны быть отражены правила ведения диалога.

В-пятых, при возникновении аварийных ситуаций устранение их последствий осуществляется с привлечением общесистемного математического обеспечения. Организация такого согласования должна находить отражение в математической модели.

В-шестых, общесистемное математическое обеспечение выполняет множество дополнительных служебных функций, которые могут понадобиться математической модели (организация ограничения доступа к информации, регистрация и документирование информации и т. п.). Для того чтобы иметь возможность использовать эти функции, математическая модель должна удовлетворять соответствующим требованиям общесистемного математического обеспечения. Кроме того,

вместе с техническими средствами автоматизации общесистемное математическое обеспечение устанавливает ограничения на максимально допустимый размер части информационного массива, хранимого и перемещаемого как одно целое, и максимально допустимые размеры программы, которая может как одно целое находиться и исполняться в оперативной памяти. Эти ограничения оказывают влияние на структуру и объемы математической модели.

Согласование математической модели с техническими средствами автоматизации заключается в следующем. Технические средства автоматизации могут выполнять ряд функций, необходимых некоторым классам математических моделей. Примерами таких функций могут быть аппаратно вырабатываемые последовательности случайных чисел, аппаратные средства некоторых типов преобразований (например, преобразование Фурье). Для их использования математическая модель должна удовлетворять требованиям по правилам и формам обращения.

6.1.8. Время. Организация вычислительного процесса во времени является следующей вспомогательной функцией математической модели. Выше неоднократно отмечалось, что специальное математическое обеспечение должно выполнять свои функции своевременно, т. е. вырабатывать варианты решений в темпе более высоком, чем темпы управляемых процессов. Достичь этого можно соответствующей организацией разработки и использования всех средств автоматизации. Свою долю в это вносит и математическая модель.

Ясно, что математическая модель должна создавать условия для выработки решений на реальных технических средствах в достаточно высоком темпе. Если по вычислительной сложности методы математической модели таковы, что время, необходимое для обоснования и выработки одного варианта решения, больше, чем отрезок времени от момента формирования значений массивов исходных данных до момента, когда объекты управления должны получить значения параметров управления, то такая математическая модель не способна обеспечить автоматизацию управления в реальном темпе управляемых процессов. Спасти положение другими методами невозможно. Единственный

путь — уменьшение вычислительной сложности используемых математических методов.

В таком виде изложенная картина дает лишь приближенное представление о фактическом течении процессов. Дело в том, что в сложных процессах моменты поступления исходных данных заранее предсказать нельзя: они случайны. Поэтому и время, имеющееся для выработки варианта решения, случайно. Фактические затраты времени на подготовку варианта решения зависят от времени, которое затратят люди (руководители) в процессе диалога со средствами автоматизации, от состояния технических средств, от степени нагрузки на них в этот период времени (технические средства одновременно могут перерабатывать информацию по алгоритмам многих математических моделей).

Временные характеристики этих процессов также случайны. Поэтому в математическую модель не всегда можно заложить «жесткую» временную схему ее исполнения, гарантирующую своевременную выработку варианта решения. Из этого следует, что в математической модели должна быть функция (функции), обеспечивающая необходимый темп подготовки вариантов решений.

Математическая модель может и должна взять на себя контроль за временем выработки варианта решения. Оценка временных затрат на подготовку варианта решения алгоритмами математической модели является параметром для сигнальной системы (п. 5.2.4). Эта функция пассивная (констатирующая). Ею фиксируется сложившееся положение дел. В напряженных временных ситуациях поиск выхода из положения возлагается на человека. Он должен повысить темп своей работы и обеспечить своевременное принятие решения. Ясно, что при этом могут возникать ситуации, когда человеку придется отказаться от помощи средств автоматизации. Для того чтобы избежать подобных ситуаций, на математическую модель необходимо возложить активную роль при выборе путей для своевременной выработки вариантов решений. Такую возможность математическая модель будет иметь только при условии регулирования времени выполнения основных функций, возложенных на нее.

Технические средства автоматизации обладают фиксированной мощностью и, как правило, не могут обеспечить ускорение процесса вычислений¹. Поэтому математическая модель сама должна выбирать путь организации вычислений в зависимости от имеющихся ресурсов времени.

Для обеспечения такой возможности в математическую модель должны закладываться различные тактики организации вычислений. Простейшая из них следующая.

В математическую модель включаются несколько методов вычислений. Каждый из них способен по значениям перечня исходных данных определить значения выходных (результативных) данных, т. е. выполнить основные функции математической модели. Эти методы отличаются временными характеристиками. Так как экономии времени нельзя достичь «бесплатно», то, например, методы, требующие меньших затрат времени, будут давать менее точный результат. Естественно, что методы, дающие менее точные результаты с большими затратами времени, по сравнению с методами, дающими более точные результаты с меньшими затратами времени, в математическую модель включать нецелесообразно. Таким образом, в простейшем случае можно представить, что математическая модель имеет несколько путей достижения цели (выполнения основных функций), имеющих разные временные характеристики. Тогда в зависимости от имеющихся ресурсов времени с помощью специальной функции организации вычислительного процесса будет выбран и реализован путь, обеспечивающий получение наиболее точного результата при соблюдении ограничений по времени. Например, если в математической модели реализован метод получения оптимального плана, основанный на случайном поиске или на итерационном процессе, то регулирование времени выполнения основных функций можно осуществить, уменьшив число шагов.

¹ Предполагается, что уже исчерпаны возможности ускорить процесс вычислений: алгоритмам математической модели предоставлен максимальный объем ресурсов вычислительных средств и организованы параллельные вычислительные процессы.

6.1.9. Комментарии. Формирование комментариев результатов вычислений является следующей вспомогательной функцией математической модели. Выполнение основных функций математической модели завершается выработкой максимально информативных значений результатов. На этапе создания информационной модели комментарии к этим функциям еще не могут быть разработаны с достаточно полной детализацией.

Эта работа может быть завершена только на этапе создания математической модели. Комментарии должны содержать мотивированное обоснование выданного варианта решения. Поэтому в комментариях должны быть зафиксированы основные правила, по которым осуществлялся отбор рекомендуемого варианта решения как наилучшего из всех рассмотренных, в частности должны быть приведены значения показателя эффективности, характеризующего рекомендуемый вариант.

Однако абсолютное значение показателя эффективности одного варианта может недостаточно полно характеризовать этот вариант. Так, например, алгоритмический отбор отдает предпочтение варианту, который будет отличаться от множества рассмотренных на такое значение показателя, которым практически можно пренебречь. Поэтому для принятия решения человеку полезно знать, насколько этот вариант отличается от рассмотренных. Из множества вариантов с близкими показателями руководитель сможет утвердить один, пользуясь неформализованными правилами выбора. Поэтому в комментариях можно привести, например, минимальное значение показателя эффективности на множестве рассмотренных вариантов или число рассмотренных вариантов, у которых показатели эффективности отличаются от рекомендованного на значение, не превышающее заданного.

Комментарии могут содержать сведения о допустимых пределах изменения управляющих параметров. Это особенно важно в тех случаях, когда границы области изменения параметров являются переменными и зависят от сложившихся условий. Значение этих границ поможет руководителю оценить свободу вариации параметров управления.

Особым разделом комментариев являются характеристики степени неопределенности исходной информации, на базе которой вырабатывался рекомендуемый вариант. В них могут быть приведены оценки показателей достоверности использованных значений исходных данных, сведения об их источниках (реальные объекты или имитационные модели).

Существенной частью математической модели являются допущения (условия), при которых работоспособны математические методы и которые характеризуют степень близости математической модели к реальному процессу. Комментарии формируются с учетом этих допущений и использованной части математической модели.

При наличии взаимозависимости между значениями параметров управления комментарии могут содержать сведения о наличии таких зависимостей и пояснения, почему при данных значениях одних параметров другие не могут выходить за установленные границы либо они должны принимать заранее определенные значения.

Если руководитель внес изменения в вариант решения, обоснованный средствами специального математического обеспечения, в комментариях должны найти отражения изменения, которые при этом внесены в критерии эффективности (степень их уменьшения), а также должны быть зафиксированы изменения в параметрах управления, которые вырабатываются автоматически. Таким образом, комментарии помогут руководителю в каждом конкретном случае глубже уяснить содержание варианта решения, выработанного специальным математическим обеспечением, создадут благоприятные условия для внесения творческого вклада в процесс управления с применением средств автоматизации.

Совокупность вспомогательных функций, выполняемых математической моделью, обеспечивает взаимодействие этой модели с людьми, ее использующими, и средствами автоматизации. Без этих функций математическая модель будет представлять автономный алгоритм, для включения которого в состав средств автоматизации необходимо производить такие доработки, которые по затратам труда соизмеримы с соз-

данием алгоритмов, выполняющих основные функции¹.

6.1.10. Структура. Из описания функций математической модели видно, что она представляет собой сложную логическую структуру. Целью создания математической модели является такое формализованное описание процесса переработки информации, на базе которого можно вести разработку программной модели.

Это означает, что по степени детализации описание математической модели должно быть доведено до операций, исключающих возможность неоднозначного толкования правил их выполнения. Однако при этом формы описания математической модели должны обеспечивать хорошую ее обозримость. Язык, который одновременно обладает этими двумя свойствами (однозначностью и обозримостью), еще не создан. Поэтому математическая модель должна иметь двухуровневое описание. На первом уровне модель представляется в форме логической схемы, которая способна обеспечить достаточно хорошую обозримость модели². На втором уровне математическая модель представляется записью на алгоритмических языках³. Эта форма записи обеспечивает однозначное толкование математической модели.

¹ Такой подход к построению математической модели сегодня еще не стал общепризнанным. Часто математическую модель строят как элемент специального математического обеспечения первого или второго классов. Остальные функции пытаются добавить по мере возникновения потребностей в них на этапе программирования. Естественно, что отсутствие общего взгляда на построение математической модели затрудняет процесс создания подсистем специального математического обеспечения, ухудшает их качество, увеличивает время их разработки и внедрения, повышает затраты труда.

² Использование этой возможности зависит в определенной мере от людей, разрабатывающих схему.

³ Для описания различных частей математической модели могут использоваться разные алгоритмические языки. Выбор языка может определяться удобством изложения конкретных видов преобразований, имеющимися заделами, наличием трансляторов, обученностью разработчиков.

Логическая схема математической модели состоит из следующих элементов: перечней исходных данных, блоков алгоритмов, параметрических связей, перечней выходящей информации. Блоки алгоритмов графически отмечаются на логической схеме. Возможные логические переходы внутри этих блоков на схемах не отмечаются, а реализуются записью алгоритма на алгоритмическом языке. По содержанию эти блоки выполняют все функции математической модели. Остальные элементы логической схемы указывают состав информации и порядок (правила) связей между блоками алгоритмов.

6.2. РАЗРАБОТКА. На этапе создания математической модели специальное математическое обеспечение приобретает способность вырабатывать обоснованные рекомендации для управления. Свойство оперативности выступает на этом этапе в форме ограничения. Это означает, что вычислительная сложность алгоритмов математической модели не должна превосходить возможностей технических средств автоматизации, т. е. решения, принимаемые при управлении, должны вырабатываться по этим алгоритмам своевременно. Таким образом, существенное влияние на разработку математической модели оказывают существующий уровень развития математического аппарата и необходимость удовлетворения требований, определенных при создании информационной модели.

Рассмотрим основные принципы построения математических моделей и некоторые вопросы технологии их построения.

6.2.1. Общие принципы. Математическая модель является системным представлением процесса управления специалистами второй группы разработчиков специального математического обеспечения управления. Основной формой этого представления являются алгоритмы, осуществляющие преобразование параметров перечня исходных данных в перечень выходных данных (результаты). Состав исходной информации, необходимой для выполнения основных функций математической модели, однозначно определен информационной моделью. Этим разработчики математической модели лишаются свободы выбора параметров аргументов при разработке модели.

Это вполне естественное ограничение достаточно часто нарушается, если не соблюдаются основные этапы технологии специального математического обеспечения управления. Так, часто встречающаяся организация разработки программного обеспечения автоматизированной системы управления, при которой одновременно создается программное обеспечение и структура информационных связей (информационная модель), приводит иногда к нарушению этого ограничения. Информационная модель объединяется с логической схемой программы. В результате автор алгоритма (программы) получает свободу в формировании перечня исходных данных. Это приводит к тому, что перечень отражает не только информационную картину процесса управления, но и «потребности» создателя алгоритма. А эти потребности часто определяются ограниченными возможностями используемых математических методов. В результате фактическая информация, имеющаяся в реальном процессе управления, может не совпадать с той, которая необходима для подсистемы специального математического обеспечения. Последствия такого рассогласования очевидны. Таким образом, состав параметров перечня исходных данных, определенный информационной моделью, является *обязательным* для алгоритмов математической модели.

Разработка математической модели начинается с определения (уточнения) *ограничений*, при которых алгоритм модели должен осуществлять переработку информации. Эти ограничения должны быть представлены в формализованном виде, позволяющем осуществлять алгоритмическую проверку их удовлетворения. Ограничения должны описывать *обязательные свойства* исходной информации, обязательные свойства результатов вычислений и алгоритмов переработки информации.

Свойства исходной информации зависят от типа параметров и законов их изменения. Эти свойства определяют: *области допустимых значений* параметров; *достоверность* получаемых значений и их *точность*; *источники*, от которых поступают эти значения; *обязательные взаимосвязи* между значениями параметров; *законы изменения значений*.

Области допустимых значений параметров вещественного типа формально определяются допустимым интервалом (отрезком изменения). Для параметров, имеющих тип целых чисел, области задаются перечислением допустимых значений. Также задаются области допустимых значений для логических переменных и списковых структур. Для параметров, задаваемых текстами на формализованных языках, области допустимых значений задаются правилами вывода и алфавитом.

Достоверность значений параметров может характеризоваться вероятностью того, что полученное значение правильно. Параметры такого типа, как правило, поступают от автоматических источников, действующих в условиях сильных помех или передающих значения параметров на большие расстояния по линиям связи на фоне шумов. Кроме того, параметры такого типа могут поступать либо от источников, подвергающихся целенаправленному дезинформационному воздействию, либо от источников ложной информации. Совершенные способы обнаружения недостоверной информации по содержанию (или форме) значений параметров поступившей информации позволяют отделять достоверную информацию от недостоверной по формальным признакам.

Точность значений параметров исходной информации задается в зависимости от природы этих параметров и от типа значений параметров. Для параметров, имеющих тип вещественных чисел, точность задается погрешностями их значений (относительными, абсолютными). Для случайных параметров характеристикой точности получаемых значений может служить закон распределения.

Источники значений параметров исходной информации делятся на группы: неавтоматические, автоматические и параметры информационной базы. Источниками информации первой группы являются люди, источниками второй группы — технические средства, сопряженные с техническими средствами автоматизации; к третьей группе относятся массивы информационной базы.

Обязательные взаимосвязи между параметрами представляются функциональными зависимостями, связы-

вающими либо только их значения, либо их значения в виде функции времени¹.

Законы изменения значений параметров исходной информации отражают их стабильность, наличие случайных возмущений, содержат характеристики потоков поступления их значений.

Все перечисленные свойства исходной информации являются ограничениями, которые должны учитываться при разработке алгоритмов математических моделей.

Обязательные свойства результатов вычислений должны определять форму представления результатов, необходимую точность, обязательные взаимосвязи, допустимость изменения этих результатов человеком.

Форма представления результатов вычислений зависит от содержания результатов и целей дальнейшего их использования. Результаты желательно представлять в форме картин (карт), схем, графиков

Точность, с которой должны определяться результаты, зависит от целей их использования. Для картин (карт, схем) эта точность может задаваться допустимым относительным смещением частей изображения, для графиков — масштабами изображения, для числовых результатов — погрешностями их вычисления.

Обязательные взаимосвязи между значениями результатов вычислений задаются функциональными зависимостями.

Допустимость изменения человеком результатов, выдаваемых моделью, может фиксироваться признаком. Указание этого свойства результатов вычислений необходимо для того, чтобы фиксировать значения этих параметров при повторном применении алгоритмов

¹ Вопрос о приведении всех значений исходных параметров информационной базы специального математического обеспечения к единому времени заслуживает особого рассмотрения. Информационная база систем управления высшего уровня, охватывающих объекты управления, удаленные друг от друга (в разных временных поясах), должна строиться с приведением к единому времени. При этом должно учитываться возможное запаздывание во времени поступления значений отдельных параметров и его влияние на рекомендации, вырабатываемые алгоритмами специального математического обеспечения.

математической модели, так как они не подлежат автоматическому изменению, а после их задания человеком выступают в роли обязательных ограничений. Это свойство должно найти отражение в алгоритмах математической модели.

Обязательные свойства алгоритмов переработки информации, фиксируемые как ограничения, должны содержать сведения о максимально допустимом «объеме» алгоритмов математической модели и максимально допустимом времени получения результатов. «Объем» алгоритмов измеряется размером памяти вычислительных машин, на которых будут производиться вычисления по этим алгоритмам. Эти два свойства ограничивают «размеры» алгоритмов математической модели во времени и в «пространстве».

На следующем этапе определяются *допущения*, которые могут быть сделаны при разработке алгоритмов математической модели. Математическая модель является формализованным образом некоторых реальных объектов или процессов. Всякий формализованный образ является некоторым приближением к реальному объекту (процессу). Степень такого приближения определяет качество формализации¹. Формализованное представление реального объекта (процесса) дается совокупностью параметров, описывающих этот объект, законами получения значений этих параметров и законами преобразования их совокупности, описывающими функционирование объекта (течение процесса). В допущениях с учетом особенностей реальных объектов (процессов) определяется состав параметров, описывающих эти объекты, и формулируются предположения о законах изменения этих параметров.

Эти параметры относятся к параметрам, локализованным в алгоритме математической модели. Они используются для моделирования условий, в которых блок переработки информации выполняет функции, определенные информационной моделью.

¹ Общие методы определения степени близости модели (формализованного образа) к реальному объекту еще не созданы. Поэтому количественно эту задачу приходится решать для конкретных объектов (процессов) с учетом их особенностей.

Таким образом, разработчики алгоритмов математической модели имеют (должны иметь) к моменту выбора математических методов (математического аппарата) для создания алгоритма каждого из блоков переработки информации (B), определенных информационной моделью, следующие сведения:

— описание целей переработки информации этим блоком;

— описание функций, выполняемых блоком;

— перечень информационных массивов, содержащих исходную информацию;

— перечень информационных массивов, содержащих результаты работы блока;

— описание ограничений, содержащих обязательные свойства параметров исходной информации; обязательные свойства параметров, являющихся результатами переработки информации; ограничения на максимально допустимые размеры алгоритмов и время их выполнения;

— описание допущений, которые могут быть сделаны при разработке алгоритмов математической модели и при которых степень близости формализованного представления объектов (процессов) к реальным будет достаточной для того, чтобы на их основе можно было бы принимать обоснованные решения в процессе управления.

Обладая этими сведениями, разработчик алгоритма математической модели начинает завершающий этап работы. Его задачей является создание алгоритма, удовлетворяющего всем перечисленным выше требованиям. Естественно, что первая попытка — отыскание уже существующего математического аппарата, позволяющего построить алгоритм. Такая попытка может оказаться достаточно успешной. Например, можно утверждать, что если в качестве математического аппарата будет выбран метод статистических испытаний, то удастся построить алгоритм, обладающий всеми перечисленными выше свойствами, кроме двух — размера и времени.

Выбор математического аппарата это в настоящее время — искусство. Выше отмечалось, что попытка применить математический аппарат, неадекватный содержанию процесса, может привести к видимости ус-

пека. Неудачу при этом будет достаточно трудно разглядеть за «лесом» математических зависимостей, которые выглядят достаточно «доказательными». Отсутствие готового математического аппарата может привести к необходимости создания нового. Примеры, когда существенно развивается (совершенствуется) имеющийся математический аппарат или создается новый, не столь редки, как может показаться на первый взгляд. Поэтому при разработке алгоритма необходимо стремиться не к отысканию готового математического аппарата, а к созданию математической модели, обеспечивающей решение поставленной задачи.

6.2.2. Модульность. Разработка алгоритма математической модели как неделимого (целого) объекта возможна только при достаточно малой сложности функций блока переработки информации. Как правило, математическая модель делится на составные части, между которыми устанавливаются информационные связи; затем алгоритмы этих частей разрабатываются независимо друг от друга. Укажем четыре основные причины целесообразности такого подхода.

1. Сложность математической модели. Попытка рассматривать ее как одно целое может оказаться неуспешной из-за необозримости внутренних связей алгоритмов модели. Как следствие резко увеличится срок разработки, ухудшится качество (возможно появление большого количества трудно выявляемых ошибок).

2. Ограниченность сроков разработки. Это влечет за собой необходимость одновременно выполнять ряд работ по созданию алгоритмов. Деление математической модели на составные части позволяет расширить фронт работ, привлечь к ним большее число разработчиков.

3. Необходимость специализации разработчиков. Так, разработка алгоритмов для проверки правильности исходной информации, выработки реакции на нарушения требует особых знаний от разработчика. Аналогично для создания алгоритмов диалога, представления результатов вычислений в удобном для восприятия виде необходима специальная квалификация.

4. Ограничение возможности вычислительных средств. Вычислительные машины имеют ограниченную опера-

тивную память, которая определяет максимальный размер одновременно выполняемого алгоритма. Внешняя память вычислительных машин имеет определенную структуру, которую необходимо учитывать при разработке алгоритмов математической модели. Ограничена вычислительная мощность одной машины, а также пропускная способность одного канала для ввода (вывода) информации в память вычислительной машины. Все это приводит к тому, что алгоритмы математической модели должны быть разбиты на части.

Таким образом, математическая модель должна быть разделена на части (модули). Структурно каждый модуль состоит из трех частей: перечня исходных данных, определяющего состав аргументов; тела модуля, которым является алгоритм, описывающий функции, выполняемые модулем; перечня результатов работы модуля (перечень выходящих результатов).

Деление на модули обеспечивает ряд дополнительных существенных преимуществ. Модульное построение создает благоприятные условия для *стандартизации* алгоритмов. В виде модулей могут оформляться части вычислительных процессов (алгоритмы), имеющие самостоятельное значение и многократно встречающиеся в различных моделях (или в частях одной модели). Однократная их разработка при многократном использовании обеспечивает экономию труда при создании данной математической модели, создает предпосылки для экономии труда во всех последующих разработках, повышает качество математических моделей¹. Модульное построение позволяет использовать в наиболее удобном виде все имеющиеся на момент разработки алгоритмов математической модели заделы. Использование сводится к согласованию параметрических связей стандартного модуля с логической схемой математической модели. Стандартный модуль при этом может рассматриваться как «черный ящик» с определенными функциями и свойствами.

¹ Стандартный модуль (стандартный алгоритм, стандартная программа) разрабатывается наиболее квалифицированным в данной области специалистом и проходит тщательную проверку благодаря многократному использованию

Модульное построение упрощает *модификацию* разработанной математической модели. Ее совершенствование благодаря устранению обнаруженных ошибок и улучшению методов реализации отдельных частей будет сводиться к замене одного модуля другим.

Модульное построение облегчает *проверку качества* (отладку) алгоритмов математической модели. Автономная проверка каждого модуля — более простой процесс, чем проверка качества выполнения функций, реализуемых им в общем алгоритме модели. Автономно отлаженные модули позволяют проверить лишь правильность информационных связей между ними в процессе «сборки» математической модели.

Деление математической модели на модули производится в процессе создания логической схемы. Каждый модуль на такой схеме представляется блоком алгоритма. Математическая модель делится на части соответственно содержанию тех функций, которые на нее возлагаются информационной моделью. Каждая часть может выполнять одну функцию. При этом учитывается специфика этих функций, квалификация специалистов коллектива разработчиков. Таким образом формируются модули, выполняющие основные функции математической модели.

После этого определяется множество модулей, выполняющих вспомогательные функции математической модели. Множество этих модулей служат основой для построения логической схемы математической модели. В соответствии с функциями модулей из информационных массивов исходных данных выделяются параметры, необходимые для работы каждого из этих модулей. Совокупность этих параметров составляет модульный перечень исходных данных. Эти перечни должны формироваться (получать значения) в динамике работы математической модели на базе массивов исходных данных информационной модели, поэтому для их формирования вводятся дополнительные служебные модули. Эти служебные модули осуществляют выборку значений параметров из информационных массивов (информационной базы) и заполнение модульных перечней исходных данных. Аналогично определяются модульные перечни выходных данных (результатов) и вводятся служебные модули форми-

рования информационных массивов, содержащих результаты.

Алгоритмы, выполняющие вспомогательные функции, целесообразно в максимальной степени реализовать отдельными модулями. Объединение в общих модулях вспомогательных функций с основными затруднит возможность использования этих модулей как стандартных в других математических моделях. Так, модули, проверяющие правильность значений исходных данных, должны оформляться как автономные¹.

Для того чтобы избежать ошибок в значениях промежуточных параметров, функции проверки правильности результатов могут выполняться внутри модуля, их вычисляющего. Функции проверки правильности работы модуля, естественно, должны выполняться внутри него. Аналогично внутри каждого модуля формируется информация, характеризующая возникшее нарушение. Выработку реакции на нарушение целесообразно оформить отдельными модулями. Анализ полноты исходных данных и выработка реакции на ее отсутствие настолько тесно связаны с основными функциями математической модели, что нецелесообразно отделение такого анализа от выполнения основных функций. Оформление алгоритмов такого анализа в виде отдельных модулей может диктоваться только технологическими соображениями, так как совместное их исполнение неизбежно. Функции организации обучения пользователя рационально реализовать самостоятельными модулями. Аналогично следует реализовывать вспомогательные функции организации вычислительного процесса во времени и функции формирования комментариев результатов вычислений.

Множество модулей, перечней данных и параметрических связей составляет логическую схему математической модели. На этой схеме изображаются также точки ведения служебного диалога. Подобная схема разрабатывается для каждого блока переработки ин-

¹ Это не исключает возможность проверки правильности значений параметров исходной информации в начале каждого модуля, так как при этом повышается достоверность результатов и исключаются ошибки, которые могут возникнуть в результате сбоя в функционировании технических средств автоматизации.

формации, содержащегося в основной информационной модели. В результате расширения основной информационной модели логическими схемами математических моделей блоков переработки информации образуется технологическая информационная модель. Технологическая информационная модель — основа, необходимая для деления работ между группами разработчиков, для составления плана проверки работоспособности математической модели, для сборки модулей в систему. Технологическая информационная модель является основным рабочим документом для разработки программной модели.

Следующим этапом является разработка алгоритмов модулей. Эти алгоритмы целесообразно разрабатывать на одном из имеющихся алгоритмических языков¹. Партнером человека при проверке их качества является электронная вычислительная машина, на которой моделируется алгоритм.

6.2.3. Оптимизация. Основной целью математической модели является выработка количественно обоснованных рекомендаций (вариантов) в процессе управления, наилучших из множества возможных. В информационной модели содержатся лишь пожелания о том, чтобы результатом работы блоков переработки информации были рациональные решения, описания критериев, по которым оцениваются разные варианты.

Способность вырабатывать рациональные решения специальное математическое обеспечение приобретает на этапе разработки математической модели. Существующим методам и алгоритмам оптимизации посвящена обширная литература.

¹ Не так давно эти алгоритмы на этапе создания математической модели разрабатывались в форме логических схем или на общепринятом (не алгоритмическом) математическом языке. Разработка программы по ним осуществлялась на следующем этапе другими специалистами (программистами). Недостатки такой организации очевидны. Привлечение двух групп специалистов приводило к появлению дополнительного источника ошибок (неправильность толкования задания программистом, описки алгоритмиста). Затруднялся процесс исправления ошибок, обнаруженных в алгоритме (ошибку обнаруживал программист, объяснял ее содержание алгоритмисту и т. д.).

Бурное развитие методов началось с конца 30-х годов XX столетия. Ускорению темпов развития методов оптимизации способствовало появление исследования операций и создание электронных вычислительных машин. Аппарат оптимизации, которым располагает современная математика, связан с конкретными видами оптимизируемых функций. Так, имеются методы линейного программирования, позволяющие находить экстремальные значения линейных форм при линейных ограничениях, методы динамического программирования, методы нелинейного программирования и т. п. К наиболее универсальным методам относится метод случайного поиска, в котором «платой» за широкую область применения являются трудности в оценке близости полученного решения к оптимальному, а также достаточно большие затраты времени на вычисления.

Существующие методы оптимизации, так же как и весь разработанный математический аппарат, способны «увести» разработчика с пути построения модели, адекватной реальному процессу, на путь скорейшего построения алгоритма за счет применения имеющегося математического аппарата. Для математических моделей реальных процессов чаще оказывается, что готовый аппарат оптимизации отсутствует. В таких случаях целесообразнее воспользоваться приближенными методами оптимизации, чем изменять критерии, чтобы использовать готовый аппарат оптимизации.

В сложных системах управления эти формально наилучшие варианты следует рассматривать как рекомендации руководителю, пользуясь которыми, он может в полной мере использовать свои творческие способности и принять наилучшее решение.

6.2.4. Управление расчетами. Модульный подход к построению алгоритмов математической модели приводит к необходимости создания средств, способных управлять ходом вычислений. Управление расчетами заключается в том, что модули математической модели исполняются¹ в определенной последовательности. Последовательность выполнения модулей зависит от

¹ Под «исполнением» (выполнением) модуля понимается вычисление по алгоритму данного модуля

множества значений параметров исходной информации, поступившей в математическую модель, и от условий, в которых производятся вычисления (главным из них являются ресурсы времени). От множества значений параметров исходной информации зависит состав основных функций, которые должны быть выполнены математической моделью. При различных значениях параметров эти функции могут быть разными, а следовательно, для исполнения должны выбираться различные последовательности модулей, входящих в состав математической модели. От множества значений параметров исходной информации зависят результаты выполнения вспомогательных функций математической модели. От этих результатов, в свою очередь, будет зависеть порядок выбора и исполнения модулей. Так, если при анализе правильности значений исходных параметров обнаружатся ошибки, то необходимо исполнение модулей, вырабатывающих реакцию на нарушение и организующих (реализующих) служебный диалог.

Таким образом, средством, управляющим расчетами, является алгоритм (алгоритм управления расчетами), который вырабатывает правила определения необходимой последовательности исполнения модулей. Этот алгоритм может разрабатываться на базе двух разных принципов реализации: статического или динамического. Статическая реализация заключается в том, что однократно по содержанию значений параметров исходной информации определяется необходимая для ее обработки последовательность модулей. Использование такого подхода позволяет возложить функции алгоритма управления расчетами на один (или несколько) из вспомогательных модулей, для которых эти функции будут единственными (основными). Динамическая реализация заключается в том, что функции управления расчетами возлагаются как дополнительные на все модули математической модели. В зависимости от результатов своей работы и значений параметров исходной информации каждый модуль определит своего преемника и обеспечит его вызов для исполнения.

Достоинство статического принципа заключается в том, что при его использовании модули сохраняют

большую степень автономности. В них нет функции, отражающей только свойства данной математической модели. Это создает благоприятные условия для стандартизации и облегчает модификацию математической модели. Каждый модуль может быть без переделок использован в другой математической модели. Замена модуля при модификации математической модели не потребует специальной работы по включению в него функций управления расчетами. Недостатком статического принципа является невозможность учета промежуточной информации без выполнения ряда других модулей математической модели. Промежуточная информация может быть получена алгоритмом (модулем) управления расчетами только после того, как выполнят свои функции другие модули математической модели. Это приводит к необходимости многократного обращения к модулю, реализующему алгоритм управления расчетами.

Достоинства динамического принципа являются недостатками статического и наоборот. Таким образом, если не удастся в чистом виде использовать для реализации алгоритма управления расчетами статический принцип, то приходится использовать как статический, так и динамический принципы. Для того чтобы смягчить недостатки и усилить достоинства каждого из них, целесообразен следующий подход. Модули, реализующие основные функции математической модели, строить как автономные. Это позволяет использовать для управления расчетами при выполнении основных функций статический принцип. В модули, реализующие выполнение вспомогательных функций, включать при необходимости и функции управления расчетами. Так как эти модули, как правило, отражают особенности конкретной математической модели, то их относительно невысокий уровень стандартизации не будет существенно влиять на организацию разработки специального математического обеспечения в целом.

На алгоритм управления расчетами возлагается часть функций по регулированию времени выполнения алгоритмов математической модели. Организация вычислительного процесса должна осуществляться во времени (п. 6.1.8) При статическом принципе построения алгоритма управления расчетами прогнозирование

времени завершения работы математической модели является достаточно простой задачей. При динамическом принципе такое прогнозирование становится достаточно сложным. Необходимо уметь оценивать время завершения работы математической модели по значениям параметров исходной информации. Кроме того, статическая организация управления расчетами позволяет регулировать время при распределении его ресурсов между модулями. Динамическая организация управления расчетами вынуждает эту задачу полностью решать аппаратом каждого отдельного модуля математической модели. В этом еще одно существенное преимущество статического принципа построения алгоритма управления расчетами по сравнению с динамическим. Поэтому для модулей, реализующих основные функции математической модели, этот принцип построения алгоритма управления расчетами следует считать основным.

6.2.5. Правильность. Одним из центральных вопросов этапа разработки математической модели является вопрос правильности. На этом этапе проверке на правильность подлежат различные стороны разрабатываемой математической модели. Во-первых, математическая модель должна обладать смысловой правильностью, т. е. быть достаточно точным отражением тех реальных процессов, для обеспечения которых она создана. Во-вторых, множество математических моделей, реализующих блоки переработки информации информационной модели, должны обладать структурной правильностью. Это значит, что они должны по исходной и результативной информации правильно согласовываться с параметрами информационных массивов информационной модели. В-третьих, это означает, что математическая модель удовлетворяет требованиям по времени функционирования. В-четвертых, это означает, что в материальных носителях алгоритмов (модулей) и вспомогательных информационных массивах математической модели не содержится ошибок (описок), появившихся в результате ее оформления (размножения, описания и т. п.). Методология проверки смысловой (содержательной) правильности математической модели в основном базируется на законах общественного развития. Это са-

мый надежный путь проверки качества математической модели¹.

Если математический аппарат (математическая модель) разрабатывается в рамках проведения научных исследований, то, как правило, отсутствуют жесткие временные ограничения на сроки завершения этих работ. Научные исследования, отыскание истины — это процессы, протекающие непрерывно. В некоторых оптимистических оценках можно встретить утверждение, что сроки окончания научных работ можно планировать. С этим трудно спорить, так как и в этой области все в большей степени сказывается накопленный и обобщенный опыт, в том числе и опыт управления наукой. Поэтому математические модели, создаваемые для научных исследований, могут испытываться достаточно долго. Их правильность зачастую проверяется десятилетиями в процессе научных экспериментов.

По-иному обстоит дело с математическими моделями, создаваемыми как составные части специального математического обеспечения управления. Они как часть всей системы промышленного производства нужны к определенному сроку. Без них не могут быть завершены работы по созданию автоматизированных систем управления. Поэтому для проверки правильности математических моделей специального математического обеспечения необходимо искать пути ускорения этого процесса. Один из путей — создание специальных моделей (математических стендов). Такие модели должны обеспечивать возможность воспроизведения среды, в которой будет использоваться специальное математическое обеспечение управления. Они должны параметрически сопрягаться с проверяемой математической моделью.

В существующей практике преобладает следующий способ проверки правильности математической мо-

¹ «От живого созерцания к абстрактному мышлению, и от него к практике — таков диалектический путь познания истины...» (Ленин В. И. Полн. собр. соч. Т. 29, с. 152—153). Материальным носителем результатов абстрактного мышления является математическая модель. Правильность ее, глубина познания «истины» определяется практикой.

дели. Автор формирует варианты исходных данных и с помощью вычислительных машин осуществляет вычисления по алгоритму математической модели. Полученные результаты он анализирует с точки зрения их правильности. Если все рассмотренные им варианты оказываются с точки зрения автора (или другого человека, выполняющего эту работу) правильными, то делается вывод о том, что математическая модель не содержит ошибок и отвечает своему назначению. Недостатки такой технологии проверки очевидны.

Во-первых, человек может (физически) осуществить проверку весьма ограниченного числа вариантов. Во-вторых, оценка полноты проверки субъективна (нет гарантии того, что удалось проверить достаточно представительное множество вариантов исходных данных и проанализировать все логические разветвления математической модели). В-третьих, оценка правильности данного результата также субъективна. Отсутствие эталона для сравнения и показателей правильности результатов может привести к неправильным выводам. Этих недостатков можно избежать, создавая специальные модели для проверки (математические стенды проверки).

Основными функциями этих стендов должны быть следующие:

- автоматическая выработка значений параметров исходных данных, являющихся аргументами для испытываемой математической модели;
- автоматическая передача этих данных в алгоритм математической модели;
- анализ правильности полученных результатов;
- анализ полноты проведенных испытаний.

Функции математического стенда должны выполняться автоматически с помощью электронных вычислительных машин¹.

¹ Может возникнуть естественное возражение, что при такой технологии необходима проверка правильности алгоритмов самого «математического стенда», который фактически также относится к классу математических моделей. Не окажется ли при этом, что такая технология лишь создаст видимость глубокой и объективной проверки правильности математической модели? Ведь в алгоритмах стенда могут быть ошибки и для их устранения нужно

Таким образом, с помощью математического стенда проверка правильности математической модели может быть существенно ускорена. При этом исключается субъективизм в оценке полноты проверки и правильности результатов¹.

Проверка структурной правильности множества математических моделей является процессом, который может быть достаточно хорошо формализован. Эту проверку можно совместить с проверкой смысловой правильности математической модели на стенде, если мощности вычислительных машин, на которых осуществляется проверка правильности, достаточны для воспроизведения всего множества проверяемых математических моделей.

Проверка выполнения требований по времени реализации является трудоемким процессом. По-видимому, такая проверка должна осуществляться на всех этапах создания системы математических моделей и завершаться набором статистических данных. Эту работу можно совместить с проверкой правильности на математическом стенде.

Проверка правильности представления алгоритмов на материальных носителях, на первый взгляд, является

создавать еще один стенд! Эти возражения не лишены оснований. Однако в подобных математических стендах может быть использовано много стандартных (унифицированных) блоков (алгоритмов), общих для всех стендов проверки математических моделей. Стандартизация и многократное использование математического стенда являются тем экспериментом, той практикой, которая позволит устранить имеющиеся ошибки и обеспечит работоспособность стенда. Кроме того, моделирование исходных параметров и проверка правильности математической модели по ним существенно снизят вероятность того, что ошибка останется необнаруженной. Это объясняется тем, что совпадение ошибок одного типа как в стенде, так и в математической модели (а именно в этом случае они останутся необнаруженными) можно считать достаточно редким событием.

¹ Платой за эти достоинства являются недостатки, свойственные любому формализованному процессу. Однако в сочетании с проверкой правильности математической модели, осуществляемой автором, такой подход может существенно повысить скорость проверки правильности и улучшить качество результатов.

малосущественным этапом работы. Однако если напомнить, что искажение одного знака (буквы, цифры, символа) в тексте алгоритма может полностью лишить его работоспособности, то станет ясно, что этому этапу должно быть уделено соответствующее внимание. Основой технологии представления алгоритмов математической модели на материальных носителях должно стать полное исключение ручного (неавтоматизированного) труда из этого процесса. Любое вмешательство человека (переписка, пробивка перфокарт, печать) с вероятностью, близкой к единице, приведет к появлению ошибок. Это объясняется большими объемами алгоритмов математических моделей, которые измеряются миллионами знаков. Между автоматом (математическим стендом), завершившим проверку правильности математической модели, и материальным носителем ее записи не должно быть неавтоматизированных звеньев. Материальный носитель записи алгоритмов математической модели (магнитный диск, магнитная лента, перфокарта и др.) должен получить этот текст прямо от вычислительной машины. Аналогично при воспроизведении этой записи в составе системы специального математического обеспечения все работы должны выполняться автоматически.

6.3. ВЫВОДЫ. При разработке математической модели завершается процесс **отображения в формализованном виде объективных законов общественного развития и законов управления**, начатый на этапе построения информационной модели. Информационная модель содержит структурное отображение этих законов, а математическая модель доводит его до алгоритмов переработки информации. Если информационная модель должна **строиться** в полном соответствии с **стратегическими стандартами на специальное математическое обеспечение управления**, то математическая модель, кроме этого, должна подчиняться тактическим стандартам.

На этапе создания математической модели подсистема специального математического обеспечения приобретает **способность к адаптации**. Это достигается включением в математическую модель алгоритмов, выполняющих ряд вспомогательных функций. Адап-

тация к составу сведений, хранящихся в информационной базе, заключается в алгоритмическом анализе правильности и полноты исходных данных, в устранении последствий возможной неопределенности исходных данных. Адаптация к реальному времени, которым располагает орган управления, достигается использованием нескольких различных модулей, выполняющих одну функцию с разными затратами времени и разной точностью, или другими способами. Осуществляется адаптация алгоритмом, управляющим процессом вычислений.

Совокупность информационной и математической модели дает полное описание формализованных правил переработки информации в целях обеспечения управления. Реализуемость этих моделей определяется возможностями технических средств автоматизации. Разработка математической модели осуществляется с учетом этих возможностей.

Качество математической модели определяется ее принципиальной способностью вырабатывать оптимальные рекомендации для принятия решений при управлении. Это в равной степени относится к этапу планирования, на котором создается план достижения цели с оптимальным использованием имеющихся ресурсов, и к этапу оперативного управления, когда вырабатываются решения, обеспечивающие наилучшие условия для выполнения плана.

Эта способность математической модели вырабатывать **обоснованные** рекомендации в процессе управления является основной предпосылкой к тому, что с помощью специального математического обеспечения управления можно будет принимать решения, в наименьшей степени отклоняющиеся от течения процессов, диктуемого объективными законами.

Основная информационная модель описывает логику процесса переработки информации при управлении. Математическая модель вместе с технологической информационной моделью дает алгоритмическое описание процесса переработки информации при управлении. Таким образом, до этапа создания программной модели в полном объеме разработан формализованный аппарат переработки информации, т. е. создана содержательная часть подсистемы специального математического обеспечения управления. Для того чтобы эти модели могли выполнять свои функции в процессе управления, необходимо возложить их исполнение на технические средства автоматизации управления. На этапе создания программной модели специальное математическое обеспечение управления должно приобрести все свойства, необходимые для удовлетворения предъявляемых к нему требований. Основы удовлетворения этих требований должны быть заложены в информационную и математическую модели. Если они там отсутствуют, то на этапе создания программной модели спасти положение довольно трудно, а точнее, невозможно, без корректирования информационной и математической моделей. Однако на этапе создания программной модели эти свойства могут быть утрачены даже в том случае, если их основы заложены в информационную и математическую модели. Это относится в первую очередь к способности специального математического обеспечения управления выполнять свои функции в темпе, необходимом для своевременной выработки решений в процессе управления (требование реального времени), а также к способности выполнять функции правильно (требование надежности).

На разработку программной модели оказывают влияние следующие четыре основных фактора: возможности технических средств автоматизации управления; существующие средства преобразования алгоритмов на язык (языки) технических средств автоматизации; наличие средств проверки качества разрабатываемой программной модели; реальные ресурсы времени, имеющиеся для разработки подсистемы специального математического обеспечения управления. Рассмотрим структуру и основные функции программной модели

7.1. СОСТАВ ПРОГРАММНОЙ МОДЕЛИ. Эта модель завершает процесс создания математических средств автоматической переработки информации в интересах управления.

Программной моделью авторы называют *отображение информационно и математической моделей на языке технических средств автоматизации управления.*

7.1.1. Структура. Рассмотрим основные элементы, из которых формируется программная модель. Их состав определяется целью построения программной модели. Основными элементами программной модели являются следующие: *основные программные модули, вспомогательные программные модули, основные информационные модули и вспомогательные информационные модули.* Общим для всех этих элементов является принадлежность к одной и той же категории — категории модулей. Основным структурным свойством модуля является его целостность, проявляющаяся в том, что все его параметры хранятся и перемещаются от одного устройства технических средств автоматизации к другому как связанная совокупность (как одно целое). Это означает, что при хранении модуля в различных видах памяти технических средств автоматизации он размещается там как поименованное множество, для обращения к которому достаточно указания его имени. Основные достоинства модульного представления были указаны в гл. 6 при рассмотрении модульной структуры математической модели. Эти достоинства в полной мере сохраняются и для программной модели.

Модульное построение программной модели обеспечивает возможность организации параллельного выполнения многих работ. Все модули могут разрабаты-

ваться одновременно. Модульное построение программной модели улучшает условия для внедрения метода стандартизации. Типовые модули могут разрабатываться как стандартные. Одновременно улучшаются условия для повышения надежности (правильности) программной модели. Проверка качества (работоспособности) каждого модуля может осуществляться автономно, независимо от других модулей. Включение ранее разработанных стандартных модулей, прошедших длительную проверку в других программных моделях, не только повышает надежность, но и сокращает сроки создания программной модели.

Основные программные модули реализуют функции, определенные информационной и математической моделями. Между модулями математической модели и основными программными модулями может не быть взаимно-однозначного соответствия. Один модуль математической модели может отображаться несколькими основными программными модулями, и наоборот, один основной программный модуль может «поглотить» несколько модулей математической модели. Это объясняется тем, что математическая модель, учитывающая возможности технических средств автоматизации управления, тем не менее в значительной степени является машинезависимым объектом. Она вместе с информационной моделью может отображаться на различные технические средства автоматизации управления.

Вспомогательные программные модули реализуют функции сопряжения всех частей (модулей) программной модели с техническими средствами автоматизации, с общесистемным математическим обеспечением и с уже функционирующей (внедренной) частью специального математического обеспечения управления. Функции, выполняемые вспомогательными программными модулями, отражают особенности той конкретной среды, в которую будет внедряться программная модель. Состав этих функций будет изложен в п. 7.1.2.

Основные информационные модули программной модели предназначены для хранения параметров информационных массивов информационной и математической моделей. Так как информационные массивы ин-

формационной модели должны обладать свойством целостности, определяемым содержанием хранимых в них данных, а основные информационные модули программной модели — свойствами целостности, обеспечивающим технологические нужды хранения и передачи информации, то между ними возможны противоречия.

Объем информационного массива может не совпадать с объемом основного информационного модуля. Максимальный объем основного информационного модуля программной модели определяется возможностями технических средств автоматизации. Для информационных массивов, перерабатываемых и вырабатываемых математической моделью, этот объем определяется возможностями памяти вычислительных машин. Для диалоговых массивов этот объем определяется возможностями не только вычислительных машин, но и устройств, реализующих диалог. Объем информационного массива определяется содержанием процессов управления. Поэтому он может отличаться от максимального объема основного информационного модуля. Устранение этого противоречия в тех случаях, когда объем информационного массива больше максимального объема основного информационного модуля программной модели, заключается в делении информационного массива на несколько основных информационных модулей.

Для сохранения целостности информационных массивов в состав функций вспомогательных программных модулей включаются дополнительные функции, обеспечивающие сохранение этого свойства. Эти функции могут осуществлять «сборку» информационного массива на поле оперативной памяти вычислительных машин, если позволяют ее объемы. Если указанное решение невозможно, то для выполнения этих функций необходимо последовательное обращение к частям информационных массивов, хранящихся в различных информационных модулях программной модели. Последний путь может потребовать значительных затрат времени, и поэтому его использование требует особого внимания к сохранению ограничений (требований) на время функционирования программной модели.

Вспомогательные информационные модули содержат информацию, необходимую для выполнения вспомогательных программных модулей, а также для согласования программной модели с техническими средствами автоматизации, с общесистемным математическим обеспечением, с уже функционирующей частью специального математического обеспечения.

Программная модель строится из элементов четырех перечисленных типов. Она размещается в памяти технических средств автоматизации. Ее функционирование инициируется входящим потоком, который содержит задания, поступающие от вышестоящей системы управления, от руководящего состава системы управления, для которого создается специальное математическое обеспечение, от управляемых объектов, от среды, в которой они действуют. Кроме того, инициатором выполнения отдельных функций могут выступать решающие правила, оформленные в виде алгоритмов и реализованные в программных модулях. В определенные моменты времени либо через определенный промежуток времени эти правила могут приводить к выполнению программной моделью определенных функций (безусловно или в зависимости от условий, сложившихся на данный момент времени и зафиксированных значениями параметров информационных модулей).

7.1.2. Функции модулей. Состав функций, выполняемых основными программными модулями, однозначно определен информационной и математической моделями. Поэтому рассмотрим только основные виды функций, выполняемых вспомогательными программными модулями. Первой является функция, реализующая алгоритм управления вычислениями. Управление вычислениями заключается в определении порядка выполнения функций, реализуемых программными модулями (основными и вспомогательными), порядка вызова в оперативную память необходимых для их выполнения информационных модулей¹ и в подготов-

¹ Предполагается, что все программные и информационные модули постоянно хранятся во внешней памяти технических средств автоматизации. Под внешней понимается память, в которой невозможно выполнение функций программных модулей. Для выполнения

ке исходных данных для каждого программного модуля. В зависимости от состава исходной информации для вычислений могут понадобиться не все модули, а только их часть. В этом случае алгоритм управления вычислениями должен определить, какие именно модули необходимы и в каком порядке они должны быть выполнены. Исходной информацией для алгоритма управления вычислениями являются следующие данные: значения перечня исходных данных, время принятия решения, ресурсы технических средств автоматизации.

Значения перечня исходных данных позволяют определить состав модулей (программных и информационных), которые необходимы для вычислений, и порядок, в котором программные модули должны выполнять свои функции. На состав выбираемых модулей оказывает влияние время, имеющееся до момента обязательного принятия решения. При наличии нескольких путей получения результатов вычислений по имеющемуся составу значений параметров перечня исходных данных алгоритм управления вычислениями должен исключить все те пути, которые обеспечивают получение результатов позже необходимого срока.

Ресурсы технических средств автоматизации определяются объемами свободной оперативной памяти, наличием свободных каналов для обмена информацией, ресурсами времени вычислительных машин, наличием необходимых свободных внешних устройств для общения работников органа управления со средствами автоматизации и для оформления необходимых документов, получаемых автоматически в результате работы

функций по переработке информации программные модули (часть их множества) и необходимые информационные модули должны быть переписаны («вызваны») в оперативную память технических средств автоматизации. После выполнения этих функций оперативная память (или занятая ее часть) может быть освобождена и использована для выполнения других функций. Такова логика работы современных электронных вычислительных машин. Если программные и информационные модули могут постоянно храниться в оперативной (активной) памяти, то необходимость в переписи («вызове») отпадает. В этом случае достаточно только определять порядок их выполнения.

специального математического обеспечения управления. Этих ресурсов должно быть достаточно для удовлетворения минимальных потребностей программной модели¹.

Кроме того, алгоритм управления вычислениями осуществляет подготовку исходных данных для каждого из модулей программной модели. Состав параметров перечня исходных данных программной модели, как правило, не совпадает с составом параметров перечня исходных данных конкретного модуля. Для конкретного модуля в состав параметров перечня исходных данных входят параметры из перечня исходных данных программной модели и параметры, являющиеся результатами работы модулей, вычисления по которым были выполнены ранее. Поэтому для каждого модуля должен быть сформирован соответствующий ему перечень исходных данных. Эту функцию выполняет алгоритм управления вычислениями.

К вспомогательным относится функция заказа и распределения ресурсов технических средств автоматизации между модулями программной модели. Распределяются ресурсы памяти, внешние устройства и каналы обмена информацией. Особого внимания заслуживает вопрос распределения ресурсов времени. Время вычислений распределяется между отдельными программными модулями с помощью алгоритма управления вычислениями. Результаты такого распределения

¹ Для того чтобы программная модель могла выполнять свои функции, т. е. для того, чтобы по ней можно было бы производить вычисления, необходим определенный состав и объем ресурсов технических средств автоматизации. Если таких ресурсов нет, то программная модель выполнять свои функции не может. Это определяет алгоритм управления вычислениями, получив от общесистемного математического обеспечения сведения о наличных свободных ресурсах (часть из общего объема ресурсов может быть занята вычислениями, которые были начаты раньше). Если ресурсов свободных технических средств автоматизации больше необходимого минимального их объема, то в отдельных случаях получение результатов может быть ускорено. Это относится в первую очередь к ресурсам оперативной памяти и наличию свободных процессоров (при возможности организации по данной программной модели параллельных вычислительных процессов).

служат вспомогательными параметрами исходных данных для программных модулей и позволяют им в соответствии с алгоритмами математической модели выбирать тактику организации вычислений.

Следующей вспомогательной функцией является согласование параметров перечней исходных данных и параметров перечней результатов вычислений модулей программной модели по форме представления и единицам измерения с их общесистемным представлением. Формы представления и единицы измерения, используемые в системе в целом, могут отличаться от потребностей отдельных программных модулей. Поэтому перед началом выполнения функций основных программных модулей необходимо осуществить соответствующее согласование.

Вспомогательной является функция выработки реакции на аварийные ситуации в работе технических средств автоматизации. Подобные ситуации могут иметь характер случайных возмущений, когда возникшее отклонение от нормального режима работы (например, типа случайных сбоев) устраняется без вмешательства людей.

Аварийные ситуации могут приводить к длительному выходу из строя всех или только части технических средств автоматизации. Выработку реакции на подобные ситуации (для устранения их последствий) осуществляют технические средства автоматизации и общесистемное математическое обеспечение. Эти меры носят универсальный характер и распространяются на все программные модели, обслуживаемые этими средствами. Однако не всегда с помощью таких универсальных мер удастся полностью устранить последствия аварийных ситуаций. В этих случаях целесообразно привлечь и использовать особенности конкретных программных моделей для выработки реакции на подобные ситуации и устранения их последствий. Эти функции могут исполняться автономными вспомогательными программными модулями. Частично они могут быть реализованы внутри основных программных модулей. Включение таких функций в основные программные модули должно осуществляться системой, которая обеспечивает автоматическое формирование программного модуля.

В частности, особое внимание должно уделяться состоянию внешней памяти, хранящей результаты вычислений, которые могут использоваться при повторном исполнении программной модели. Если работа программной модели после прерывания не может быть продолжена с того места, на котором произошло прерывание, то, как правило, состояние внешней памяти, хранящей информационные модули, должно быть приведено к исходному. Необходимость этого и состав восстанавливаемых модулей определяются содержанием алгоритмов программной модели.

Поэтому организация восстановления исходного состояния информационных массивов возможна только средствами программной модели, т. е. только с помощью функций, выполняемых вспомогательными модулями.

7 2. РАЗРАБОТКА. Рассмотрим основные принципы разработки программных моделей и некоторые вопросы технологии их построения.

7 2 1. *Основные принципы.* Информационная и математическая модели описываются с помощью языков формализованного представления алгоритмов. Программная модель должна быть записана на языке технических средств автоматизации управления. Этот язык в настоящее время, как правило, недостаточно удобен для восприятия его людьми. Поэтому отображение информационной и математической модели на язык технических средств автоматизации — трудоемкий процесс. Выполнение этой работы людьми требует больших затрат времени и приводит к ряду существенных недостатков. Основным из них является неизбежное появление в текстах программной модели большого количества ошибок, определяемых неправильным толкованием содержания информационной и математической моделей, а также описок, допускаемых человеком в записи программы. Эти причины привели к тому, что неавтоматическое отображение информационной и математической моделей в программную модель фактически себя изживает. Такое отображение может и должно осуществляться автоматически.

Так, например, системы автоматического программирования позволяют алгоритмы, записанные на формализованных (алгоритмических) языках, автоматически

переводить на языки электронных вычислительных машин. Подобным образом автоматизируются процессы согласования программной модели с уже существующей средой общесистемного и специального математического обеспечения. Для этого программная модель должна сопровождаться параметрическим описанием ее состава и свойств отдельных элементов. Автоматическая обработка параметрического описания позволит заполнить данными служебные массивы, определяющие место каждой программной модели в общем составе средств автоматизации управления.

Программная модель должна строиться с максимальным использованием стандартизации. В состав средств автоматизации управления (на момент разработки конкретной программной модели) могут входить модули, способные выполнять часть функций программной модели. Включение таких модулей в состав программной модели может осуществляться как статически, так и динамически. При статическом включении модуль записывается в поле внешней памяти, где хранится программная модель (для модели снимается его копия). При динамическом включении такой модуль вызывается в нужный момент на поле оперативной памяти, и вычисления по нему производятся в составе программной модели.

Как правило, информационные модули, хранящие данные, поступающие от внешних источников, включаются в программную модель динамически. Этим обеспечивается однократный ввод каждого значения параметра при многократном использовании его всеми программными моделями. При статическом включении таких информационных модулей каждое изменение значений параметров приводит к необходимости внесения корректировок во все места памяти, где хранятся эти параметры. В любом случае включение стандартных модулей в программную модель должно производиться автоматически.

Программная модель может опираться при функционировании на другие программные модели специального математического обеспечения управления. При этом необходимо согласовывать их работу как по параметрам исходных данных и результатов, так и по времени исполнения. Такое согласование (комплекс-

рование программных моделей) должно осуществляться автоматически с помощью специальных технологических средств комплексирования.

Таким образом, для разработки программных моделей и включения их в состав средств автоматизации управления должны создаваться технологические средства, автоматизирующие процессы отображения информационной и математической моделей в программную модель.

При разработке программной модели должны быть приняты все возможные меры к сокращению времени ее выполнения, точнее, к созданию условий, при которых программная модель будет своевременно выполнять свои функции. Каждая программная модель осуществляет вычисления одновременно с другими программными моделями. В момент, когда появилась информация, требующая обработки с помощью данной программной модели, у технических средств автоматизации может не оказаться свободных ресурсов. В этом случае может образоваться очередь заявок на обработку.

Для обеспечения своевременной переработки информации на всех этапах создания средств автоматизации управления принимаются необходимые меры. Так, выбирается соответствующий по мощности состав технических средств автоматизации¹. При создании общесистемного математического обеспечения, и в частности операционных систем, выбираются и реализуются соответствующие дисциплины обслуживания очереди. Однако всех этих средств может оказаться недостаточно, если входящий поток заявок на обработку является случайным. В этом случае формируется случайный состав очереди заявок, требующий обслуживания, и может оказаться, что принятых мер недостаточно для обеспечения своевременной переработки информации. Поэтому при создании программной модели целесообразно стремиться к минимизации

¹ Это довольно сложная задача, так как выбирать наиболее мощные технические средства без должного обоснования экономически нецелесообразно. Однако недостаточно производительные технические средства автоматизации не смогут обеспечить своевременной выработки решений.

затрат времени на вычисление¹. Это относится в первую очередь к определению объема и состава каждого программного модуля. Математическая модель оставляет определенную свободу при размещении ее функций в основных программных модулях. Объем и состав вспомогательных программных модулей полностью определяется на этапе построения программной модели. Эта свобода должна использоваться для минимизации затрат времени на вспомогательные работы. Например, если модули программной модели хранятся во внешней памяти и для исполнения вызываются в оперативную, то затраты времени на обмен между внешней памятью и оперативной относятся к непроизводительным. Для их сокращения необходимо минимизировать число обращений за пределы каждого программного модуля. Это достигается как соответствующим размещением выполняемых функций по модулям, так и увеличением объема каждого модуля до максимально допустимых размеров. Аналогично необходимо размещать параметры в информационных модулях, стремясь к минимизации числа вызовов этих модулей из внешней памяти в оперативную.

7.2.2. Автоматизация разработки. Математическая модель разрабатывается с применением алгоритмических языков. Таким образом, при разработке программной модели используются модули математической модели, описанные на алгоритмических языках.

Если между модулями математической модели и основными программными модулями удастся установить взаимно-однозначное соответствие, то программы этих модулей получают автоматически путем трансляции, осуществляемой вычислительными машинами. Если такого соответствия нет, то построение программ также может быть автоматизировано с помощью специальных систем комплексирования. В этом случае неавтоматизированным остается процесс составления параметрического описания задания на комплексирование. Для разработки алгоритмов вспомогательных программных модулей может быть использован один

¹ Добиваться этого следует, сокращая не затраты времени на выполнение основных функций, а затраты на выполнение вспомогательных работ.

из алгоритмических языков. Тогда для создания программ таких модулей может быть использована система автоматизации программирования. Объединение всех модулей в программную модель с их размещением в памяти технических средств автоматизации также автоматизируется с помощью специальных программных систем. Выполнение функций, связанных с заполнением информационных модулей и получением значений параметров из них, может быть в значительной степени автоматизировано с помощью специальных информационно-поисковых систем и банков данных.

Таким образом, основной объем работ по созданию программной модели может быть выполнен вычислительными машинами и специальными программами, которые при этом выступают в роли технологического оборудования.

7.2.3. Оптимизация размещения. Кроме минимизации числа вызовов модулей программной модели из внешней памяти в оперативную, существенное влияние на время выполнения функций программной модели оказывает размещение модулей программной модели по уровням внешней памяти¹. С точки зрения одной программной модели ее модули выгоднее всего разместить на самом быстром уровне внешней памяти, что обеспечит минимальное время вычислений.

Однако такое решение может оказаться недостаточно обоснованным и эффективным с точки зрения всей совокупности средств автоматизации в данном органе управления. При этом может оказаться, что данная программная модель будет всегда не только своевременно, но и со значительным опережением выполнять свои функции, т. е. обеспечивать экономию времени в подготовке решения. Однако при этом другие программные модели не смогут своевременно выполнять свои функции только из-за недостатка объемов быстрой внешней памяти, необходимых для их размеще-

¹ У современных вычислительных машин, как правило, имеется несколько уровней внешней памяти. Эти уровни отличаются друг от друга скоростью обмена с оперативной памятью, объемом и стоимостью. Как правило, более быстрая память имеет меньшие объемы и большую стоимость по сравнению с более медленной.

ния. Если к этому добавить, что экономия времени при обосновании решения не имеет смысла¹, то станет очевидной возможность улучшения условий функционирования всей совокупности программных моделей (условий удовлетворения требований реального времени функционирования) рациональным размещением модулей во внешней памяти.

Таким образом, рациональное размещение модулей программных моделей по уровням внешней памяти является статическим методом удовлетворения требования реального времени к системе специального математического обеспечения. Этот метод дополняет динамическое регулирование времени выполнения программной модели.

7 2.4. Правильность. Создание программной модели является последним этапом разработки подсистемы специального математического обеспечения управления. На этом этапе завершается проверка правильности подсистем в целом. Оставшиеся ошибки будут выявляться при передаче выполненной работы потребителю (органу управления) и при использовании подсистемы специального математического обеспечения управления. Таким образом, на этом этапе проверка правильности подсистем приобретает особое значение. В процессе такой проверки продолжается анализ правильности, начатый на этапе создания информационной модели и продолженный на этапе создания математической модели.

Основная трудность проверки правильности программной модели определяется формой ее представления. Если правильность информационной модели еще можно было проверить неавтоматизированным методом, изучая и логически анализируя ее, то для программной модели такой метод совершенно не пригоден. Если правильность математической модели можно прове-

¹ Решение органом управления должно приниматься своевременно, а не как можно раньше «Досрочно» принятое решение не позволит учесть самой «свежей», самой последней информации об условиях действий и состоянии объектов управления. Поэтому и программные модели, обеспечивающие количественное обоснование вариантов решения, должны выполнять свои функции своевременно, а не досрочно

рять, повторяя математические выкладки, если математическая модель представлена в форме (на языке), легко воспринимаемой человеком, то программная модель этим свойством не обладает. Программная модель с точки зрения человека имеет вид «черного ящика» с определенными параметрическими связями. Это объясняется языком, на котором описана программная модель, понятным техническим средствам автоматизации. Поэтому методика проверки правильности программной модели может быть основана только на эксперименте.

Источниками ошибок в программной модели в основном являются те ее элементы, которые создаются неавтоматически, либо те, которые формируются автоматически, но по параметрам, определяемым на этапе создания программной модели. Так как модули математической модели автоматически транслируются в основные программные модули, то появление ошибок на этом этапе создания программной модели фактически исключено. Это позволяет результаты, полученные при проверке правильности математической модели, использовать в качестве эталонных для проверки правильности программной модели. Действительно, при проверке правильности математической модели может быть сохранено множество значений параметров исходных данных и соответствующих им значений результатов. В это множество включаются только те варианты, которые свидетельствуют о правильной работе математической модели. Ясно, что эти варианты можно использовать для проверки правильности работы программной модели.

Отклонения значений параметров, полученных с помощью программной модели, будут свидетельствовать о том, что либо математическая модель неправильно отображена в программную, либо во вспомогательных модулях есть ошибки, искажающие результаты.

Однако такой проверки правильности математической модели недостаточно. Поэтому проверка правильности программной модели на этапе ее создания должна быть более широкой.

Необходимость проверки ее по результатам функционирования приводит к выводу о необходимости создания специального моделирующего стенда. Такой стенд

должен автоматизировать процесс выработки значений перечня исходных параметров, передачи их в программную модель, получения результатов и анализа их правильности.

Выработку значений параметров перечня исходных данных следует осуществлять целенаправленно. При этом среди вариантов должны обязательно присутствовать варианты, содержащие граничные значения параметров из области допустимых значений (максимальные и минимальные). Кроме того, совокупность значений параметров исходных данных должна равномерно покрывать область допустимых значений. Этим снижается вероятность пропуска ошибки.

Такая экспериментальная проверка правильности программной модели трудоемка. В этом ее основной недостаток. Поэтому, естественно, необходимо использовать все способы сокращения объема проводимого эксперимента. Этого можно достичь, учитывая особенности конкретных программных моделей (содержание подсистем специального математического обеспечения). Такой путь специфичен и уникален для каждой подсистемы специального математического обеспечения управления. В этом его недостаток. Пока он не может быть поставлен на промышленный поток. Основным достоинством экспериментальной проверки является универсальность технологии, позволяющая значительный объем работ по проверке правильности программной модели переложить на вычислительные машины и специальные программные средства, т. е. автоматизировать.

7.3. ВЫВОДЫ. На этапе создания программной модели специальное математическое обеспечение управления согласовывается с техническими средствами автоматизации и общесистемным математическим обеспечением. На этом этапе завершаются работы по приданию ему способности адаптироваться к реальному времени и конфигурации технических средств.

Особого внимания на этом этапе заслуживают вопросы оптимизации размещения модулей программной модели в памяти вычислительных средств и проверки правильности программной модели. Фактически это последний этап разработки, на котором проверка правильности завершается силами авторского коллектива.

ВНЕДРЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ

8

На пути к использованию созданного специального математического обеспечения стоят немалые трудности, связанные со многими обстоятельствами. Первая заключается в том, что внедрение подсистемы осуществляется, как правило, не на «пустом месте»: специальное математическое обеспечение внедряется в функционирующую систему управления. Это означает, что нельзя на время «отключить» орган управления, внедрить специальное математическое обеспечение, а после этого опять «подключить» к системе управления. Сложность внедрения специального математического обеспечения усугубляется тем, что это — длительный и трудоемкий процесс.

Вторая трудность связана с тем, что для внедрения специального математического обеспечения в процессы управления необходимо преодолеть психологический барьер, особенно руководителям. Следует сказать, что эта трудность временная. С годами, по мере того, как специальное математическое обеспечение будет переходить в разряд привычных средств, степень влияния этой особенности будет снижаться.

8.1. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВНЕДРЕНИЯ. Использованию подсистемы специального математического обеспечения в процессах управления предшествует этап его внедрения. На этом этапе происходит согласование разработанной подсистемы с техническими средствами автоматизации органа управления. Для того чтобы эта работа была выполнена быстро и правильно, ее исполнение должно обеспечиваться специальными технологическими средствами автоматизации. Рассмотрим основные особенности этого этапа.

8.1.1. Средства внедрения. Подсистема специального математического обеспечения является логически слож-

ным объектом В состав программ подсистемы специального математического обеспечения может входить от десятков тысяч до миллионов элементарных операций (команд), а объем информационных массивов подсистемы измеряться миллионами параметров. Для того чтобы воспроизвести такую подсистему на технических средствах автоматизации объекта управления, необходимы специальные технологические средства. Воспроизведение должно включать в себя параметрическую настройку подсистемы на конкретные процессы управления в системе, в которую внедряется специальное математическое обеспечение. Параметрическая настройка осуществляет формирование информационных модулей в соответствии с конкретным структурным и материальным составом системы управления. Различные системы управления отличаются друг от друга числом объектов управления, структурой схемы прохождения информации состояния и информации управления, связями с вышестоящими органами управления, обеспечивающими системами (поставщиками сырья, транспортом и т. п.) и потребителями продукции.

Как отмечалось выше, подсистема специального математического обеспечения должна обладать свойством адаптивности. Это свойство используется, в частности, на этапе внедрения. Оно позволяет осуществить настройку подсистемы специального математического обеспечения с учетом конкретных условий использования. При настройке определяются схемы адресования информации, выбираются определенные размеры соответствующих информационных массивов и задаются значения параметров этих массивов. Кроме того, выбираются объемы информационных массивов для размещения справочной информации, характеризующей постоянные или медленно меняющиеся свойства объектов управления, технологии производства, сырьевой базы и т. п. Задаются значения параметров этих массивов, которыми заполняются информационные модули в памяти технических средств автоматизации управления, в том числе заполняются информационные массивы, содержащие номенклатуру всех материальных объектов, используемых в системе. Определяются объемы массивов информационной базы,

которые предназначены для хранения параметров, описывающих текущее состояние системы управления, а также для длительного (постоянного) хранения результатов работы системы.

При параметрической настройке подсистемы специального математического обеспечения управления осуществляется ее согласование с уже функционирующей частью системы. Функционирующая в данном органе управления часть системы специального математического обеспечения содержит информационную базу и программные модули, часть которых должна сопрягаться с внедряемой подсистемой. Сопряжение заключается в заполнении вспомогательных информационных модулей значениями параметров, указывающими место размещения необходимых параметров информационной базы и частей программных моделей.

Кроме того, при параметрической настройке подсистемы необходимо согласование ее частей с техническими средствами автоматизации и общесистемным математическим обеспечением. Согласование заключается в размещении программной модели в памяти технических средств автоматизации управления, в заполнении информационных модулей оглавлений, справочных таблиц) общесистемного математического обеспечения значениями параметров, описывающих принятое размещение.

Легко представить, какое количество ошибок может появиться, если параметрическую настройку подсистемы специального математического обеспечения на конкретном объекте осуществлять «вручную», без применения средств автоматизации. Эти работы должны выполняться с помощью специальных технологических средств, автоматизирующих их в максимальной степени. Такими средствами могут быть алгоритмы (программы), выполняемые с помощью вычислительных машин¹.

¹ В настоящее время имеются достаточно мощные аналоги систем параметрической настройки больших программных моделей. В качестве примера можно указать средства генерации операционных систем для ЕС ЭВМ. По параметрическому описанию нужной версии операционной системы, учитывающему состав ее функций, конфигурацию имеющихся технических средств вычислительного

Будем называть совокупность этих средств системой настройки. На эту систему целесообразно возложить не только функции по параметрической настройке подсистемы специального математического обеспечения управления, но и функции проверки правильности сформированного (настроенного) варианта подсистемы специального математического обеспечения.

Рассмотрим основные части системы настройки.

1. Язык описания варианта (версии) подсистемы специального математического обеспечения управления и среды, в которую она должна быть внедрена. Основными составляющими частями этого языка должны быть: описание системы управления и логической схемы циркуляции информации в ней, описание состава функций формируемой версии подсистемы специального математического обеспечения, описание конфигурации технических средств автоматизации, описание используемого общесистемного математического обеспечения, задание на формирование информационных массивов, задание на размещение программных и информационных модулей программной модели до уровня памяти.

2. Алгоритмы, обеспечивающие выполнение ее функций. Основные функции системы настройки следующие: формирование необходимого состава программных модулей, настройка информационных массивов, сопряжение программной модели с функционирующим специальным математическим обеспечением управления, размещение программной модели в памяти технических средств автоматизации в соответствии с логической схемой циркуляции информации в системе управления, согласование программной модели с об-

комплекса, система генерации автоматически формирует вариант программной модели операционной системы. О том, насколько это трудоемкая работа и какую часть труда система генерации снимает с людей, можно судить по тому, что на вычислительных машинах с быстродействием в несколько сотен тысяч операций в секунду и с достаточно быстрой внешней памятью на магнитных дисках генерация одной версии операционной системы объемом до миллиона команд занимает несколько часов. Ясно, что работы такого объема должны быть обязательно автоматизированы

щесистемным математическим обеспечением, заполнение информационных модулей (основных и вспомогательных) значениями параметров информации, проверка правильности сформированной версии подсистемы специального математического обеспечения.

3. Программная реализация системы на конкретных технических средствах.

4. Документация, обеспечивающая эксплуатацию системы настройки.

Как видно из изложенного, система настройки является достаточно сложным инструментом. Поэтому возникает задача стандартизации подсобного рода систем, что также является сложной задачей, решение которой еще следует искать. Рассмотрим только основные вопросы, связанные с ее решением.

Прежде всего это вопрос о связи системы настройки с конкретными техническими средствами автоматизации. На первый взгляд, такая связь неразрывна и, следовательно, о стандартизации целесообразно вести речь только в связи с конкретными (фиксированными) техническими средствами. Недостаток такого подхода в том, что системы настройки при этом превращаются в уникальные средства с очень узкой областью применения. По-видимому, стандартизация в области создания систем настройки может иметь гораздо большие масштабы. Прежде всего могут и, с нашей точки зрения, должны быть стандартизованы языки систем настройки специального математического обеспечения управления. Трудность этого связана с необходимостью внедрения стандартных форм изложения основных элементов информационных, математических и программных моделей. Стандартизация систем настройки потребует определенных решений при построении общесистемного математического обеспечения вообще и операционных систем в частности.

Такие меры создадут условия для разработки стандартных алгоритмов систем настройки специального математического обеспечения управления. Таким образом, значительная часть систем настройки может быть выполнена как универсальная, т. е. машинонезависимая. На ее базе может строиться программная часть системы настройки в соответствии с конкретными типами технических средств автоматизации.

В настоящее время невозможно представить себе использование вычислительных машин без применения систем программирования, позволяющих автоматизировать работу по составлению программ для этих машин путем трансляции записей на алгоритмических языках. Поэтому можно считать, что с началом использования любых конкретных вычислительных машин будут внедряться трансляторы системы программирования. Следовательно, если система настройки будет разработана в параметрическом виде на алгоритмическом языке, то построение ее программной части может быть выполнено автоматически с помощью готовой системы программирования.

8 1.2. *Правильность.* Особого внимания заслуживает правильность воспроизведения (формирования, генерации) конкретной версии подсистемы специального математического обеспечения. Создание условий для правильного воспроизведения начинается на стадии разработки подсистемы специального математического обеспечения. При наличии стандартов на информационную, математическую и программные модели, а также на документацию будут приняты меры, обеспечивающие правильность воспроизведения, в соответствии с требованиями этих стандартов. При отсутствии стандартов авторы подсистемы специального математического обеспечения управления на всех этапах работы должны искать решения, гарантирующие правильность выполнения работ на заключительном этапе внедрения¹. Поэтому разработка должна завершаться формулировкой гарантированных свойств подсистемы специального математического обеспечения, которые должны оформляться документально.

Естественно, что при этом должны определяться пути и методы проверки этих свойств. Аппарат проверки этих свойств должен входить в состав системы настройки.

¹ О роли авторского коллектива в процессе внедрения необходимо говорить особо, что и будет сделано позже. Пока заметим, что длительность «жизни» специального математического обеспечения заставляет предполагать, что авторы должны принимать все меры для того, чтобы подсистема специального математического обеспечения управления могла внедряться без их участия.

Достаточно важным и представляющим самостоятельный интерес является вопрос о составе свойств, гарантирующих правильность подсистемы специального математического обеспечения (и ее версий). К этим свойствам следует отнести способность алгоритмов подсистемы перерабатывать информацию из области допустимых значений исходных данных и выдавать результаты заданного качества¹, способность подсистемы специального математического обеспечения успешно функционировать при заданной степени неопределенности исходной информации, прогнозируя (экстраполируя, иммитируя, моделируя) ход течения процесса и вырабатывая обоснованные рекомендации в процессе управления, способность отдельных частей подсистемы специального математического обеспечения выполнять свои функции с затратами времени, не превышающими заданных, а также способность подсистемы выполнять свои функции при заданной степени технической надежности (ненадежности) средств автоматизации. Гарантируемые свойства должны обеспечивать способность каждого блока математической модели, вырабатывать решения совпадающие с эталонными.

Между завершением работ по созданию подсистемы специального математического обеспечения управления и ее внедрением на конкретные объекты управления может быть значительный промежуток времени. Следовательно, должно быть организовано хранение подсистем. Прежде всего тех частей подсистемы, которые воспроизводятся на технических средствах автоматически. Форма хранения этих частей исключает возможность визуальной проверки их качества, проверки сохранности информации, записанной на носителях. Причинами искажений могут быть климатические условия, радиационное воздействие и т. п. Поэтому должны быть определены условия хранения и транспортировки носителей информации, содержащих

¹ Авторы сознательно избегают здесь требование только «заданной точности результатов» Понятие «качество» результатов гораздо шире. Оно может включать в себя и требуемые формы представления результатов, и их наглядность, и степень разборчивости изображений и т. п

алгоритмы и программы специального математического обеспечения¹.

8.2. ОРГАНИЗАЦИЯ ВНЕДРЕНИЯ. Процесс внедрения подсистемы специального математического обеспечения требует соответствующей организации коллективов, выполняющих эту работу, и существенно зависит от их взаимодействия с руководством системы управления. Рассмотрим основные особенности этих вопросов.

8.2.1. Коллектив внедрения. Кто должен внедрять специальное математическое обеспечение управления? На этот вопрос, естественно, напрашивается ответ, что внедрять должен тот коллектив, который произвел разработку, т. е. коллектив авторов. Действительно, авторский коллектив лучше всех знает разработанную подсистему и, следовательно, успешнее всех сможет справиться с этой работой. Но есть соображения и против принятия такого решения.

Во-первых, подсистему специального математического обеспечения управления разрабатывает один авторский коллектив, а внедрять ее придется на многих объектах различных систем управления. Таким образом, сил авторского коллектива может оказаться недостаточно для того, чтобы справиться с этим объемом работ (либо при последовательном выполнении этих работ недопустимо растянутся сроки их выполнения).

Во-вторых, как отмечалось выше, между моментом

¹ У некоторой части читателей в этом месте может возникнуть мысль: «Подумаешь, какие-то алгоритмы, программы, перфокарты, магнитные ленты! Хранят люди в библиотеках книги, и никаких проблем». Поэтому авторы считают уместным напомнить, что специальное математическое обеспечение управления должно стать продукцией промышленного производства. Качество этой продукции должно быть гарантировано. Для этого необходимы специальные меры. Без них в процесс создания и внедрения специального математического обеспечения вторгнется безответственность. Вследствие этого могут быть утрачены результаты большого труда, будут расти затраты времени на внедрение специального математического обеспечения в органы управления, будет увеличиваться вероятность проникновения ошибок (искажений) в разработанные средства

завершения разработки подсистемы и моментом очередного ее воспроизведения (внедрения) на новом объекте управления может быть достаточно большой промежуток времени. За это время авторский коллектив может перестать существовать как организационная единица.

В-третьих, если эту работу оставить за авторским коллективом, то существенно затрудняется организация его труда. Потребности и темпы внедрения могут не совпадать с реальными возможностями этого коллектива. Может оказаться, что в некоторые периоды коллектив будет недостаточно загружен. В этом случае целесообразно привлечь его к новым разработкам. Однако после их завершения, даже если не учитывать сложности их проведения на фоне возможных отвлечений для внедрения, положение еще более усложнится тем, что авторский коллектив станет ответственным за внедрение нескольких подсистем специального математического обеспечения. Добавим к этому трудности, возникающие в связи с тем, что в новой разработке участие может принимать не весь коллектив, а его часть или часть авторского коллектива с привлечением новых разработчиков.

В-четвертых, уровень квалификации коллектива, способного создавать специальное математическое обеспечение, существенно выше уровня, которым нужно обладать, для того чтобы осуществлять его внедрение. Это неизбежно приведет к разрушению авторского коллектива, если на него возложить работы по внедрению: наиболее квалифицированные работники с высоким творческим потенциалом покинут его.

Таким образом, можно с достаточно высокой степенью достоверности утверждать, что попытки возложить на авторский коллектив все работы, связанные с внедрением созданных им подсистем специального математического обеспечения, по всей видимости, к успеху не приведут. Следовательно, необходимо искать другие пути решения этой проблемы.

Имеющийся опыт внедрения больших программных систем общесистемного математического обеспечения подтверждает этот вывод.

«Закабалить» организацию разработчиков «вечным» внедрением созданных ими систем, как правило, не удастся. В результате

либо гибнут созданные программные системы, к которым авторский коллектив теряет интерес после завершения работ, либо создаются организации, которые берут на себя труд по внедрению. Особого внимания заслуживает вопрос о «времени жизни» творческого коллектива. Если достаточно ясно, каким образом он формируется и приобретает организационные рамки для своего существования, то совсем не ясно, каким образом он должен прекращать свое существование. По мере «старения» коллектив исчерпывает область неизведанного, ради которой он создавался, снижается эффективность его труда. Для коллективов, разрабатывающих специальное математическое обеспечение, этот вопрос стоит особенно остро. По-видимому, в организационные принципы их создания целесообразно внедрить идею переменной (динамической) группы разработчиков. Эта идея вступает в противоречие с «удобными» формами существования «жестких» коллективов с фиксированным штатным расписанием, существенно упрощающим деятельность кадровых и финансовых подразделений. И все-таки, видимо, такая организация коллектива неизбежна для промышленной разработки специального математического обеспечения управления.

В отдельных случаях, конечно, эти работы будут выполняться коллективом авторов, однако в широких масштабах такой путь к успеху привести не может. Следовательно, необходимо создавать специальные коллективы, основной задачей которых будет внедрение специального математического обеспечения управления.

Создание таких коллективов приведет к появлению еще одного этапа на пути внедрения специального математического обеспечения. Каждая подсистема специального математического обеспечения управления после создания должна быть передана коллективом (организацией) авторов коллективу (организации), осуществляющему внедрение. Этот дополнительный этап неизбежен и себя оправдывает. Организация такой передачи требует создания соответствующих условий, к которым относится разработка технических условий на подсистему специального математического обеспечения управления, определяющих состав параметров, характеризующих ее свойства. Регламентирована должна быть организация процесса сдачи и приема материалов подсистемы, а также ответственность организации-разработчика.

Организации, осуществляющие внедрение, очевидно смогут взять на себя функции хранения эталонов подсистем специального математического обеспечения. Им, естественно, следует поручить и задачу сопровождения специального математического обеспечения управления. Сопровождение заключается в подготовке кадров, способных эксплуатировать внедренные подсистемы, в обеспечении организаций, их использующих, необходимыми консультациями, в разборе возникающих конфликтных ситуаций и устранении их причин. Это непрерывная и достаточно трудоемкая работа.

Между внедрением разработанного специального математического обеспечения управления и его совершенствованием существует неразрывная связь. Процесс совершенствования фактически должен начинаться уже на этапе внедрения, во время которого будет производиться оценка направлений дальнейшего развития. Если объем предполагаемых работ по совершенствованию велик, то коллектив внедрения полезно оставлять в составе авторского коллектива.

8.2.2. Психологический барьер. На пути внедрения специального математического обеспечения в практику работы органов управления, естественно, возникает психологический барьер. Рассмотрим основные причины его возникновения и пути его устранения.

Первая причина — привычка к определенным формам и методам работы. Это тривиальная причина, но она всегда играет свою роль при внедрении нового.

Специальное математическое обеспечение — совершенно новый элемент в организации и осуществлении управления. Представьте себе типичную обстановку кабинета руководителя: столы, множество телефонов и ... — вот, пожалуй, и все «оборудование» такого кабинета. Какие изменения вносит с собой в этот кабинет специальное математическое обеспечение? Это пульт, с помощью которого руководитель сможет давать работу средствам автоматизации; экран, на котором он получит от них ответ. Но это внешние, довольно эффективные, но отнюдь не главные изменения. Главное — вместе с техникой в кабинет войдет возможность количественно обосновать варианты решений, которые должен принимать руководитель.

У руководителя появится возможность оперативного и одновременно глубокого логического и количественного анализа хода и условий течения процессов на управляемых объектах. В сферу такого анализа попадет огромное количество информации, которая сегодня фактически отсутствует у руководителя, для анализа которой сегодня он не имеет реальных возможностей. Руководитель получит возможность оперативно восстановить картину как недалекого прошлого, так и отдаленных событий. Он получит возможность установить наличие в прошлом ситуаций, подобных текущей, познакомиться с решениями, которые принимались в подобных ситуациях его предшественниками, промоделировать ход течения процессов в зависимости от принимаемых им решений.

Для того чтобы воспользоваться всеми этими возможностями, руководитель должен быть подготовлен. В частности, он должен будет вспомнить (или освоить) много понятий, которые до этого им не использовались: критерий эффективности, оптимальное решение, вероятность, математическое ожидание, чистая и смешанная стратегия, доверительный интервал, степень риска и т. д. Освоение всех этих понятий потребует от руководителя (руководителей) значительных усилий¹. Опыт внедрения средств автоматизации показывает, что эти трудности носят временный характер. После первых успешных шагов использования эти понятия станут привычными, традиционными. Поэтому эта причина сама изживает себя. Лучшим способом преодоления отрицательного влияния этого субъективного фактора является переподготовка руководящих кадров на специальных курсах, где они смогут получить (возобновить) необходимые специальные знания.

Вторая причина — определенная степень недоверия к рекомендациям, которые руководители будут полу-

¹ Ясно, что это послужит толчком к тому, чтобы более требовательно и даже пристрастно подойти к оценке новых средств управления. Требовательные к себе руководители, обладающие чувством нового, легче преодолеют эти трудности. Для руководителей послабее они станут барьером на пути понимания и использования этих средств.

чать от специального математического обеспечения управления. Это недоверие вызывается самой областью, в которую «вторгается» специальное математическое обеспечение. Это область высшей творческой деятельности руководителя. Первое время он будет с недоверием относиться к получаемым рекомендациям, будет искать пути их проверки, будет стремиться найти пути их опровержения. Это недоверие неизбежно будет усиливаться любым обнаруженным недостатком.

Это недоверие объясняется также тем, что сам «механизм» переработки информации специальным математическим обеспечением управления остается «скрытым» от руководителя. Сложность этого механизма исключает возможность «полного» его изучения. Поэтому уверенность в правильности работы этого «партнера» придет к руководителю с практикой и опытом «взаимной» работы¹. Вначале руководитель будет с естественным недоверием относиться к «черному ящику», каким является подсистема специального математического обеспечения управления, которую ему предлагают рассматривать в качестве своего ближайшего «партнера» по принятию решений в процессе управления.

Третьей причиной может стать чувство «ущемленного собственного достоинства» руководителя, определенная доля чувства «ревности» к специальному математическому обеспечению управления, особенно при выполнении им контрольных функций, связанных с организацией работы руководителя. Автоматические подсказки (напоминания) о том, что наступило время для принятия решения, что решение, принятое после определенного момента, уже не может быть выполнено (реализовано), первое время могут раздражать руководителя, так как появляется ощущение утраченной

¹ Авторы сознательно подчеркивают, что специальное математическое обеспечение становится партнером руководителя. Оно действительно берет на себя часть функций секретаря, часть функций референта и часть функций руководителя. Это — автоматизированный партнер. Понятно, что вначале такое положение будет непривычным для руководителя, и нужно время для того, чтобы «найти общий язык»

«свободы» действий¹. Этот субъективный фактор нельзя не учитывать. Он может тормозить внедрение подсистемы математического обеспечения. Ясно, что никаких специальных мер для устранения этой причины не нужно. Подсистема специального математического обеспечения должна говорить сама за себя. Если она улучшает условия и качество управления, то руководитель поймет это в процессе эксплуатации.

Четвертой причиной может стать ощущение дополнительной нагрузки на руководителя.

Действительно, использование специального математического обеспечения потребует от руководителя выполнения ряда действий, от которых он фактически освобожден сегодня. Чтобы получить оценку возможного варианта действий, руководителю придется задать эту работу средствам автоматизации, а это для него дополнительная нагрузка, которой он не имеет сегодня.

Активная функция специального математического обеспечения по организации работы руководителя, контролирующая своевременность принятия решения, будет «вмешиваться» в привычный ритм работы, «нарушать» его и тем самым создавать ощущение дополнительной работы. Может появиться ощущение, что в дополнение ко всем имеющимся помощникам и начальникам появился еще один, самый настойчивый, самый требовательный, самый беспокойный, беспристрастно требующий внимания руководителя. Отсутствие гибкости человеческого мышления у этого помощника компенсируется объективностью оценок на основе критерия эффективности и формализованных решающих правил, заложенных в подсистему специ-

¹ Действительно, в условиях большого перенапряжения (перегрузки), в условиях неопределенности и слабого контроля за результатами выполнения принятых решений руководитель имеет «свободу» выбора решаемого в данный момент вопроса, но не имеет достаточно полной информации о том, к чему приведет задержка в принятии решения. Все это может создавать обманчивое ощущение «свободы» в организации работы. Условия деятельности руководителя, использующего специальное математическое обеспечение управления, будут существенно отличаться от традиционных типичных условий деятельности руководителя сегодня

ального математического обеспечения управления. Поэтому «вмешательство» специального математического обеспечения в работу руководителя, кроме того, что оно способствует активной организации его деятельности, будет требовать от руководителя дополнительных затрат времени¹.

Пятая причина — несовершенство специального математического обеспечения управления, которое может проявляться особенно в первое время эксплуатации каждой новой подсистемы. Причинами несовершенства могут быть технологические ошибки, недостаточный учет эргономических особенностей, принципиальные недоработки. Естественно, что проявление этих недостатков в процессе использования специального математического обеспечения неизбежно повлечет отрицательные оценки руководителей и будет затруднять его внедрение. Устранению этих причин в значительной степени содействует способность (свойство) математического обеспечения к модификации в процессе его использования. Все технические средства автоматизации за исключением «закрытых»² автоматизи-

¹ Один из проблемных вопросов организации взаимодействия руководителей со средствами автоматизации — отыскание рациональных форм взаимного общения. Необходимо искать пути оптимизации соотношения между затратами времени руководителя на использование средств автоматизации и той пользой, которую они приносят. Наличие оптимального (рационального) решения ясно априори. Без средств автоматизации дальнейшее совершенствование управления невозможно. Авторы считают это утверждение доказанным. С другой стороны, если на общение со средствами автоматизации руководитель вынужден будет затрачивать все свое время, то результаты его работы могут пострадать от недостатка времени на творческую деятельность в области, где специальное математическое обеспечение не является (не стало) его помощником. Поэтому между этими двумя крайними точками существует наилучшее решение

² Под «закрытыми» авторы понимают автоматизированные системы, у которых программы хранятся в устройствах памяти, исключающих возможность оперативного внесения изменений в них. Замена программ в них равносильна смене их физических носителей. Поэтому изменение программы может производиться промышленными предприятиями, а не в органах управления.

зированных систем позволяют корректировать математическое обеспечение без внесения в них изменений. Поэтому устранение недостатков, обнаруженных в подсистемах специального математического обеспечения, может производиться по мере их выявления. Из этого следует, что подсистемы специального математического обеспечения управления должны обслуживаться группами сопровождения, особенно в первый период внедрения подсистем.

8.3. ВНЕДРЕНИЕ В УПРАВЛЕНИЕ. В процессе внедрения подсистемы специального математического обеспечения в систему управления можно выделить пять основных этапов: подготовку личного состава (подготовку кадров) к эксплуатации и использованию подсистемы, подготовку и размещение средств специального математического обеспечения внедряемой подсистемы в системе управления, проверку работоспособности внедряемой подсистемы, передачу подсистемы пользователю, опытную эксплуатацию подсистемы. Рассмотрим содержание работ, выполняемых на этих этапах внедрения подсистемы специального математического обеспечения

8.3.1. Подготовка кадров Первый этап должен начинаться задолго до того, как завершена разработка подсистемы. Фактически она начинается с участия руководства органа управления в выработке идеологии построения подсистемы специального математического обеспечения для данной системы управления. Кроме подготовки руководства органа управления необходимо осуществить подготовку всего личного состава, который должен выполнять работы по формированию значений параметров исходных данных для информационной базы подсистемы, глубоко знать сущность информационной и математической моделей и уметь анализировать вырабатываемые подсистемой рекомендации, разбирать конфликтные ситуации, возникающие в процессе использования подсистемы, поддерживать материальные носители программной модели в рабочем состоянии.

Различие в этих видах работ приводит к необходимости формирования разных групп специалистов, обеспечивающих использование и эксплуатацию подсистемы. Если исходные данные поступают от источников,

находящихся за пределами органов управления (на объектах управления и в сопряженных системах), то необходима подготовка людей, обеспечивающих выполнение работ по формализации и вводу исходных данных либо осуществляющих обслуживание технических устройств (датчиков), от которых эти данные поступают. Эти работы в зависимости от их трудоемкости, которая различна для разных подсистем специального математического обеспечения, могут либо производиться отдельными группами специалистов, либо совмещаться с другими работами, выполняемыми на источниках информации.

На объектах управления, как правило, необходимо создать две группы специалистов. Первая группа должна состоять из специалистов в области количественных методов обоснования решений. Фактически это группа консультантов (референтов), достаточно глубоко знающих как аппарат подсистемы специального математического обеспечения, так и содержание процессов, протекающих в органе управления. Вторая группа должна состоять из специалистов в области программного обеспечения технических средств автоматизации, которые должны обеспечивать сохранность материальных носителей программной модели подсистемы, включая дублирование и тиражирование, оперативное использование программ, разбор аварийных ситуаций, возникающих в процессе использования под воздействием различных ситуаций, и устранение последствий этих ситуаций. Как правило, подобные группы обслуживают не одну подсистему, а всю совокупность специального математического обеспечения данного органа управления.

Подготовка всех специалистов может осуществляться как на специальных курсах, так и силами авторского коллектива или коллектива, осуществляющего внедрение подсистемы. Составные части подсистемы специального математического обеспечения могут быть удалены друг от друга на значительные расстояния. Успешность ее функционирования зависит от качества и согласованности работы всего коллектива, осуществляющего эксплуатацию. Большая степень связности всех составных частей требует специальной подготовки групп эксплуатации и использования. Поэтому про-

блеме подготовки кадров должно быть уделено достаточно большое внимание.

Этап завершается комплексной проверкой подготовленности личного состава. Такая проверка может проходить в несколько стадий. Последняя стадия осуществляется в конце третьего этапа внедрения, когда проверена работоспособность подсистемы, и подготовленность личного состава можно проверить на функционирующей подсистеме.

8.3.2. Размещение. Второй этап начинается с анализа условий размещения подсистемы специального математического обеспечения. Наиболее сложными являются вопросы размещения программной модели в памяти технических средств автоматизации. Можно выделить две типовых ситуации при внедрении подсистемы специального математического обеспечения: внедрение в органы управления, которые до этого им не пользовались, и внедрение в органы управления, уже использующие другие подсистемы.

В первом случае задача внедрения усложняется отсутствием необходимого опыта и подготовленных кадров в органе управления, одновременно задача внедрения упрощается, так как нет необходимости в согласовании внедряемой подсистемы с уже используемыми. Во втором случае в органе управления имеется определенный опыт и подготовленные кадры, но задача внедрения подсистемы специального математического обеспечения усложняется тем, что необходимо осуществлять согласование новой подсистемы с уже функционирующими.

Основными узлами, в которых должно осуществляться это согласование, являются следующие: точки диалога, источники информации, информационная база, алгоритмы (программы) подсистем.

В точках диалога специальное математическое обеспечение используют работники органа управления. Появление новой подсистемы специального математического обеспечения может повлиять на организацию их работы. В этих точках согласование новой подсистемы с уже функционирующими заключается в уточнении режима работы людей, в разработке новых инструктивных документов, регламентирующих их работу.

Источники информации снабжают орган управления сведениями, необходимыми для принятия решений. Если новая подсистема специального математического обеспечения не нуждается в дополнительных сведениях, то это означает, что в существующей информационной базе имеются все параметры, необходимые для ее работы. Если новая подсистема нуждается в данных, которые до этого времени не поступали в информационную базу функционирующего математического обеспечения управления, то в организацию работы источников информации должны быть внесены изменения. На источниках информации должна быть проведена подготовительная работа. Если информация должна поступать от автоматических датчиков, то работа сводится к их установке, связи с органом управления и организации обслуживания. Если информация должна поступать от людей, то подготовительная работа заключается в обучении людей формализации данных, вводу этих данных в линии связи и в организации работ по вводу этих данных.

Информационная база функционирующего специального математического обеспечения должна быть расширена информационными массивами, содержащими значения параметров исходных данных для новой подсистемы, а также для хранения результатов работы этой подсистемы.

Подобное расширение информационной базы может сказаться на размещении массивов информационной базы в памяти вычислительных средств автоматизации управления на объекте. Кроме того, сопряжение включает в себя организацию использования новой подсистемой значений параметров исходных данных, уже имеющихся в информационной базе. Для такой организации требуется не только параметрическая настройка новой подсистемы специального математического обеспечения, но и реализация доступа новых программ к имеющимся данным и контроля правильности обращений новых программ к данным существующей информационной базы.

В больших коллективных системах автоматической переработки информации имеется проблема разграничения доступа к информации, массивам, программам, работам, входящим в состав и выполняемым как общесистемным, так и специальным матема-

тическим обеспечениям управления Ограничение доступа преследует ряд целей.

Во-первых, не всем должностным лицам разрешается знать все сведения и выполнять все работы. В традиционных (неавтоматизированных системах управления) такое ограничение осуществляется организационно. Дела, содержащие такие сведения, хранятся в определенных местах, и к ним допускаются только определенные должностные лица. Распоряжение (указание, приказание) принимается к исполнению только в том случае, если оно поступает от определенных должностных лиц либо оформлено специальным документом (приказом), имеющим признаки того, что он одобрен этим лицом (подпись, печать, специальный бланк и т. п.).

В автоматизированных системах одних организационных мер мало, поэтому необходимо создание специальных средств, выполняющих эти функции. В значительной степени эти функции выполняются с помощью средств математического обеспечения.

Во-вторых, ограничение (разрешение) доступа к информационным и программным массивам как должностных лиц, так и других алгоритмов (программ) повышает надежность работы математического обеспечения управления, так как снижает вероятность того, что их содержание будет испорчено неправильным обращением, которое может быть как следствием преднамеренных действий, так и следствием сбоев (отклонениями от правильных режимов функционирования технических и математических средств автоматизации).

Согласование алгоритмов функционирующего специального математического обеспечения с новой подсистемой заключается в организации их совместной работы. Взаимодействие между ними может носить только односторонний характер. Алгоритмы новой подсистемы могут опираться (использовать в работе) на алгоритмы функционирующего специального математического обеспечения управления. Обратная связь на этапе внедрения новой системы, как правило, отсутствует. Она может появиться впоследствии, при модификации и совершенствовании функционирующих подсистем.

Организация совместной работы заключается в реализации доступа к уже функционирующим алгоритмам, а также в параметрической настройке алгоритмов (программ) новой подсистемы на правила использования функционирующих алгоритмов.

Таким образом, подготовка к размещению подсистемы специального математического обеспечения завершается разработкой схемы согласования подсистемы с средствами функционирующего органа управления. Реализация этой схемы, т. е. размещение средств подсистемы, существенно затрудняется необходимостью выполнять эти работы на фоне работающей системы управления. Как правило, система управления и органы управления не могут временно прекратить функционирование для внедрения подсистемы специального математического обеспечения и продолжить его после завершения внедрения. Правилom, а не исключением является положение, при котором внедрение подсистемы осуществляется в «живую» систему управления. Это неизбежно, как неизбежна необходимость совершенствования средств обеспечения управления. Ясно, какие трудности встречаются на пути внедрения подсистемы.

Положение упрощается, если подсистема специального математического обеспечения внедряется вместе с новыми техническими средствами автоматизации управления. В этом случае размещение ее средств производится в значительной степени автономно (независимо от функционирующей системы). Однако такое положение не обязательно или даже типично. Как отмечалось раньше, одни и те же технические средства автоматизации могут использоваться для реализации многих подсистем специального математического обеспечения. Это, как правило, экономически целесообразный путь. Поэтому размещение средств новой подсистемы должно проходить так, чтобы работа сопрягаемых с ними и функционирующих средств обеспечения управления при этом не нарушалась¹. В частности,

¹ Здесь мы имеем дело с положением, подобным тому, которое имеет место в системах водоснабжения, отопления, электроснабжения и т. п. Эти системы приходится наращивать, модифицировать, однако при этом недопустимо отключение их от объектов потребления (жилых домов, действующих предприятий) на срок, нарушающий нормальный режим существования или деятельности. При внедрении подсистемы специального математического обеспечения подобное положение усугубляется более высокой структурной сложностью этих подсистем. Подсистемы традицион-

это требует непрерывного контроля правильности в выполнении каждого шага работы.

8.3.3. Проверка работоспособности. На третьем этапе производится проверка работоспособности подсистемы, средства которой уже размещены. Фактически при проверке правильности размещения отдельных частей подсистемы, осуществляемой на втором этапе, проходит автономная проверка работоспособности этих частей. Таким образом, основной задачей третьего этапа является комплексная проверка работоспособности всех средств подсистемы.

Сложность подсистем специального математического обеспечения управления не позволяет, как правило, осуществить полную и глубокую комплексную проверку правильности функционирования, так как для этого потребовались бы большие (очень большие) затраты времени. Поэтому основные работы, гарантирующие правильность воспроизведения подсистемы специального математического обеспечения, должны быть выполнены на предыдущем этапе при автономной проверке работоспособности отдельных частей подсистемы. Работы на третьем этапе имеют скорее демонстрационный характер и позволяют проверить перед сдачей комплексную готовность всей подсистемы, проследить за качеством выполнения всех работ на предыдущих этапах, проверить готовность личного состава к самостоятельной эксплуатации подсистемы. Комплексную проверку можно осуществлять по нескольким основным вариантам, содержащим сценарии основных функций подсистемы, выполняемых как работниками органа управления, так и средствами автоматизации.

8.3.4. Передача. На четвертом этапе личный состав системы управления принимает подсистему. При правильной организации работ на предыдущих этапах этот этап имеет скорее юридический характер. Под правильной понимается такая организация, при которой работники системы управления заранее детально

ных систем обеспечения имеют гораздо большую степень автономности, меньшую степень пространственной концентрации, обладают большей логической простотой по сравнению со средствами специального математического обеспечения управления. Это оказывает существенное влияние на технологию их внедрения

изучили все средства и документацию подсистемы. При таком положении процесс приема заключается в контроле выполнения всех работ, связанных с созданием и внедрением подсистемы¹. Основными объектами контроля при приеме являются информационные массивы, содержащие сведения о структуре системы управления, справочную информацию о размещении программной модели в памяти технических средств автоматизации.

Существующая практика сдачи выполненных работ потребителю заключается в проверке их соответствия заданным свойствам по заранее составленной методике испытаний. К подсистемам специального математического обеспечения такая практика может быть применена условно. Основное условие заключается в том, что методика испытаний должна оставлять возможность осуществлять приемку не на заранее согласованной условной информации, а на реальной информации, которая образовалась в момент (на этапе) приемки, т. е. конкретные значения параметров исходной информации заранее неизвестны коллективу, осуществляющему сдачу. Такой подход к выполнению работ на этом этапе имеет обратную связь с глубиной и качеством работ, выполняемых коллективом, внедряющим (сдающим) подсистему, на всех предыдущих этапах. Если этот коллектив знает, что сдавать подсистему он будет по заранее утвержденным методикой испытаний значениям условных исходных данных, то он примет все меры, чтобы методика испытаний была утверждена как можно раньше. Пользуясь исходны-

¹ К сожалению, существующий опыт внедрения больших программных систем (не обязательно специального математического обеспечения) показывает, что часто к моменту их приема организация, которой предстоит ее использовать, к этому совершенно не подготовлена. При этом этап приемки фактически начинается с изучения пользователем свойств принимаемой подсистемы. Естественно, что при этом, учитывая большие объемы и сложность программных подсистем, он (коллектив пользователей) успевает познакомиться с подсистемой поверхностно. А так как время, отведенное на приемку, ограничено, то серьезный анализ проведен быть не может, и пользователь принимает подсистему «на веру» либо отклоняет ее без должных оснований.

ми данными, он заранее проверит работоспособность системы по этим вариантам исходных данных. Проверке правильности выполненных работ по большому и представительному спектру вариантов исходных данных он уделит гораздо меньшее внимание.

Если коллектив, осуществляющий внедрение, знает, что проверка на этом этапе будет производиться по случайным значениям исходных данных, реально сформировавшихся в системе управления, то он примет все меры к глубокой и всесторонней проверке подсистемы в условиях, максимально приближенных к реальным. Такой подход может обеспечить создание качественно новых условий на этом этапе по сравнению с предыдущими.

8.3.5. Опытная эксплуатация. Пятый этап условно назван опытной эксплуатацией. На этом этапе подсистема специального математического обеспечения полностью находится в руках работников системы управления. Основной особенностью этого этапа является наличие в системе управления двух одновременно существующих и функционирующих каналов выполнения одних и тех же функций. С одной стороны, система управления еще не отказалась от ранее использовавшейся организации выработки и принятия решения. Действует и является основной старая схема управления. С другой стороны, в системе управления присутствует и способна функционировать подсистема, которая может обеспечить выполнение тех же функций, но на базе новых средств выработки и обоснования принимаемых решений. Все или значительная часть решений, принимаемых в процессе управления, сравниваются с теми, которые «предлагает» новая подсистема. При таком сравнении оценивается качество подсистемы, выявляются ее преимущества и недостатки. Если решения, полученные с помощью подсистемы специального математического обеспечения, оцениваются как более точные (более правильные), то они принимаются к исполнению.

Между этими двумя способами обеспечения управления идет «соревнование». Таким образом, подсистема проходит серьезное и глубокое испытание практикой. На этом этапе подсистема может использоваться не непрерывно, а периодически

В процессе опытной эксплуатации завершается подготовка личного состава системы управления к самостоятельной работе с подсистемой специального математического обеспечения в реальных условиях. Так как информационная база подсистемы, как правило, не может быть заполнена информацией «мгновенно», то на этапе опытной эксплуатации все источники информации должны будут работать непрерывно, т. е. как в режиме основного использования. Тогда на какой-то стадии опытной эксплуатации информационная база войдет в стационарный режим и будет готова к использованию.

Для выполнения ряда функций специального математического обеспечения недостаточно «мгновенных» значений параметров, характеризующих состояние объектов управления и условий их действий в данный (текущий) момент времени. Эти функции нуждаются в сведениях за некоторый промежуток времени, без которых они не могут выполняться с достаточной степенью обоснованности. Поэтому на начальной стадии опытной эксплуатации информационная база будет находиться в переходном состоянии, из которого с течением времени по мере накопления сведений она будет переходить в стационарное состояние. Примером таких данных может служить информация о производительности труда и объеме выпускаемой продукции. Без этих данных подсистема специального математического обеспечения не сможет дать ответа на вопросы о прогнозах выполнения плана, о рациональном перераспределении ресурсов и т. п. Если эти данные имеются только за одни сутки, то ответы на подобные вопросы неизбежно будут содержать значительные погрешности, так как отсутствуют сведения о случайных (или закономерных) изменениях этих величин.

В процессе эксплуатации в информационной базе накопятся сведения за значительный промежуток времени, и варианты решений, вырабатываемых подсистемой специального математического обеспечения, будут более обоснованными.

Организацию опытной эксплуатации затрудняет возможное несовпадение существующей структуры органа управления и той, которая целесообразна (необходима) при использовании данной подсистемы специального математического обеспечения. Наиболее сложно устранимыми являются различия между составом и функциями, выполняемыми в точках диалога, и существующим распределением обязанностей между долж-

ностными лицами органа управления. Для устранения этого различия может потребоваться дополнительная нагрузка на руководителей органов управления в период опытной эксплуатации. Эти трудности могут быть смягчены поэтапным внедрением функций подсистемы специального математического обеспечения в основной режим использования: не вся подсистема и не сразу будет переведена в основной режим. Высвобождающиеся или перемещаемые при этом сотрудники органа управления могут использоваться в качестве резерва для осуществления опытной эксплуатации остальных частей.

В процессе опытной эксплуатации корректируются документы, регламентирующие деятельность должностных лиц, использующих в своей работе подсистему специального математического обеспечения. Такие документы при создании подсистемы не могут быть разработаны без ошибок и неточностей, так как они должны отражать реальные условия конкретных систем управления. Эти конкретные условия вместе с документацией на подсистему являются основой разработки функциональных обязанностей должностных лиц, инструкций по работе при использовании подсистемы. В этих регламентирующих документах должна найти отражение новая структура органа управления, распределение ответственности и обязанностей должностных лиц.

Опытная эксплуатация сопровождается устранением выявленных в ее ходе недостатков. Погрешности, внесенные в процессе внедрения, устраняются коллективом, его осуществившим. Обнаруженные погрешности, виновниками которых является авторский коллектив, устраняются им, если с этой работой не может справиться коллектив, ответственный за внедрение. Опытная эксплуатация завершается тем, что старая организация управления отменяется, а точнее, «отмирает», и основной становится организация управления с использованием внедренной подсистемы специального математического обеспечения.

Несколько слов о предложенной организации внедрения подсистем специального математического обеспечения в практику работы систем (органов) управления. Может показаться, что предлагается недостаю-

но «решительный» путь внедрения. Не проще ли директивным путем, опираясь на авторитет науки, представителями которой в данной ситуации является коллектив авторов, обязать использовать подсистему сразу после проверки ее работоспособности? При этом можно ликвидировать этап параллельного использования двух каналов выработки одних и тех же решений. Авторы считают, что подобное внедрение специального математического обеспечения управления может принести только вред.

Велика роль управления в современном обществе. Недопустимо экспериментирование в этой важной области. Совершенствование управления должно проходить без ошибок и без излишнего риска. Только практика может быть безошибочным критерием правильности выводов и рекомендаций науки. Поэтому этап опытной эксплуатации является той практикой, без которой нельзя сделать вывода о правильности, эффективности, полезности подсистемы специального математического обеспечения управления. Эта подсистема должна доказать свое преимущество перед существующими методами выполнения аналогичных работ (функций). Только после этого можно отказаться от старых методов. Фактически они «отомрут» сами, не выдержав соревнования с более совершенными методами обеспечения управления. В этом соревновании, естественно, будут разрушены психологические барьеры на пути внедрения специального математического обеспечения в практику управления. Таким образом, дополнительные затраты времени и сил на проведение опытной эксплуатации следует считать вполне закономерными и оправданными. Этап опытной эксплуатации нельзя форсировать. Этап должен завершаться естественным признанием руководством органа управления преимуществ подсистемы специального математического обеспечения.

Такой путь внедрения авторы считают правильным для головных систем и объектов управления, в которые данная конкретная подсистема специального математического обеспечения внедряется впервые. Для последующих систем управления с успехом может быть использован опыт, приобретенный на головном объекте. Этот обобщенный опыт в сочетании с дока-

занной правильностью и полезностью подсистемы позволит планировать реальные сроки завершения внедрения данной подсистемы.

8.4. ВНЕДРЕНИЕ В СИСТЕМУ. Выше рассмотрены вопросы внедрения подсистемы специального математического обеспечения в конкретные органы управления. Рассмотрим вопросы внедрения подсистемы в общую систему специального математического обеспечения управления. Целями такого внедрения является создание условий, при которых вышестоящие органы управления смогут воспользоваться материалами (информацией и алгоритмами) подсистемы, внедренной в подчиненные подсистемы; создание условий для использования полученных результатов в других органах управления; создание машинезависимой базы построения специального математического обеспечения, которая является основой его воспроизведения при смене технических средств автоматизации.

8.4.1. *Старшая система.* Рассмотрим пути достижения первой цели внедрения подсистемы специального математического обеспечения в систему. Старший орган управления имеет технические средства автоматизации и систему специального математического обеспечения, которые использует для обоснования принимаемых им решений и создания условий внедрения специального математического обеспечения в подчиненные органы управления (в подчиненные подсистемы).

На решения, принимаемые этим органом управления, оказывает влияние состояние подчиненных подсистем, результаты их деятельности. Без такой обратной связи управление невозможно. Если при внедрении средств автоматизации сохранить традиционные способы сбора и передачи информации от подчиненных подсистем основному (старшему) органу управления, то эффективность автоматизации будет существенно снижена. При этом фактически автономно будут функционировать средства автоматизации основного органа управления и средства автоматизации подчиненных подсистем.

Обратная связь, замедленная существующей организацией и средствами передачи информации, не позволит старшему органу управления своевременно получать сведения о состоянии и результатах деятельности

подчиненных подсистем, а следовательно, использовать все преимущества средств автоматизации для своевременного принятия количественно обоснованных решений при управлении.

Таким образом, внедрение подсистемы специального математического обеспечения управления в подчиненные системы управления должно сопровождаться мероприятиями, позволяющими основному органу управления использовать это новое состояние для повышения эффективности управления.

Рассмотрим основное содержание таких мероприятий. Во-первых, система автоматизированного управления старшего органа должна получать необходимый минимум информации от подчиненной системы управления, позволяющий органу управления оценивать результаты ее деятельности, состояние выполнения плановых заданий, перспективу развития, принимать решения для создания условий, необходимых для успешного функционирования подчиненной системы. Часть этих сведений, которая обслуживается внедренной подсистемой специального математического обеспечения управления, содержится в ее информационной базе. Степень их детализации определяется на этапе создания информационной модели подсистемы. Модель должна обеспечивать как локальное функционирование подсистемы, так и связь ее с внешним миром. Таким образом, в информационной базе содержатся сведения, нужные старшему органу управления, с необходимой для его деятельности степенью детализации.

Следовательно, с внедрением подсистемы специального математического обеспечения в подчиненные органы, система специального математического обеспечения основного органа должна получить сведения о том, где имеется необходимая информация, как она будет поступать, каким образом ее можно получить¹. В сис-

¹ У читателя могут возникнуть естественные вопросы: почему авторы рекомендуют такой поэтапный и недостаточно централизованный путь внедрения специального математического обеспечения управления, нельзя ли сразу разработать все необходимое специальное математическое обеспечение управления и внедрить его одновременно? Авторы вынуждены ответить, что этого сде-

тему специального математического обеспечения основного органа управления такая информация в зависимости от ее содержания может поступать как по инициативе подчиненной подсистемы, так и по указанию основного органа управления.

Таким образом, в систему специального математического обеспечения основного органа управления должны быть включены информационные массивы (либо указаны уже имеющиеся) для размещения информации, поступающей от подчиненной подсистемы. Должны быть введены (откорректированы) справочные массивы, в которых размещаются сведения о содержании, месте хранения и способах получения необходимых сведений из информационной базы внедренной подсистемы. При наличии автоматизированной связи между техническими средствами основного органа управления и подчиненной системы значения этих данных можно получать автоматически (межмашинным обменом по линиям связи). При отсутствии такой связи необходимые сведения могут быть получены полуавтоматически (по указанию с помощью обслуживающего персонала средств автоматизации подчиненной подсистемы). При этом автоматически будет сформирован отчетный документ, который содержит объективные сведения. Это означает, что основной орган быстрее получит более достоверные сведения.

Во-вторых, вышестоящий орган управления, как правило, контролирует деятельность подчиненных систем. Такой контроль осуществляется периодически. Традиционная форма контроля — это организация специальных проверочных комиссий. При внедрении в подчиненные системы специального математического

лать нельзя. При современном уровне технологии создания средств автоматизации, при реальных ресурсах, которые могут быть выделены и освоены для внедрения технических и математических средств автоматизации управления создание всей системы специального математического обеспечения управления в рамках одного проекта, одного заказа нереально. Это объясняется сложностью процессов управления и масштабами внедрения средств автоматизации. Поэтому неизбежна последовательная разработка и поэтапное внедрение специального математического обеспечения управления.

обеспечения естественно возникает вопрос о совершенствовании организации подобного контроля. Информационная база внедренной подсистемы содержит сведения о состоянии деятельности подчиненной системы, о решениях, принимаемых руководством этой системы, о результатах выполнения этих решений. Все эти сведения в информационной базе накапливаются за достаточно большие промежутки времени и могут служить объективным материалом для контроля деятельности руководства подчиненной системы.

К этому следует добавить, что эти сведения вышестоящий орган управления может получать независимо от желания и без разрешения руководства подчиненной системы. При наличии автоматизированной связи эти сведения могут быть получены в любой момент времени¹. При ее отсутствии они также могут быть получены вышестоящим органом управления достаточно оперативно, для того чтобы осуществить контроль.

Для того чтобы все эти возможности были реализованы, в системе специального математического обеспечения вышестоящего органа управления должны быть произведены соответствующие изменения. Так, в справочных таблицах информационной базы должен быть отражен состав, содержание и способы получения сведений из информационной базы подсистемы специального математического обеспечения подчиненной системы. В состав алгоритмов специального математиче-

¹ Преимущества такой организации контроля деятельности подчиненных систем (объектов) очевидны. Контроль может осуществляться объективно, чему способствует его внезапность. Контроль может осуществляться без выезда комиссии на подчиненные объекты. Контроль будет осуществляться без нарушения ритма работы руководящего состава подчиненной системы, который при этом не будет отвлекаться для участия в работе комиссии, а еще больше для подготовки к ее приему. Более того, контроль может быть комплексным, с проверкой результатов деятельности множества родственных предприятий в одно и то же время, т. е. в равных условиях. При этом более ясно будут видны достоинства одних предприятий и их руководителей и недостатки других. Все это будет способствовать объективным оценкам деятельности и, что еще более важно, своевременному распространению передового опыта и устранению обнаруженных недостатков.

ского обеспечения должны быть введены алгоритмы, позволяющие получать сведения из информационной базы подчиненной системы. Такая организация взаимодействия вышестоящего и подчиненного органов управления, кроме того, создает благоприятные условия для резервирования в системах управления¹.

Углубленный контроль деятельности подчиненного органа управления может потребовать использования старшим органом аппарата автоматической переработки информации подчиненного органа. Это может оказаться целесообразным не только для выполнения контрольных функций, но в отдельных случаях и для более детального обоснования решений, принимаемых вышестоящим органом управления. В идеале этого можно добиться размещением в технических средствах автоматизации основного органа управления всех подсистем специального математического обеспечения подчиненных систем (органов). Однако в настоящее время такое идеальное решение не может быть реализовано из-за недостаточной мощности технической базы. Поэтому одним из путей достижения поставленной цели может быть использование вышестоящим органом управления технических средств автоматизации и специального математического обеспечения подчиненных систем. Это вполне реально и оправданно при наличии автоматической связи между техническими средствами автоматизации вышестоящего и подчиненного органов управления. Отсутствие такой связи затрудняет подобное использование, и целесообразность его организации необходимо оценить в каждом конкретном случае отдельно.

При положительном результате таких оценок или при наличии автоматической связи в состав справочных таблиц системы специального математического обес-

¹ Это свойство может оказаться наиболее ценным для систем военного назначения. На период перемещения нижестоящего органа управления или при выходе его из строя возможность быстрого получения содержания информационной базы создает благоприятные условия для того, чтобы вышестоящий орган взял управление на себя. При наличии автоматизированной связи между органами управления создаются благоприятные условия для резервирования управления на одном уровне иерархии.

печения основного органа управления должны быть введены сведения о функциях, выполняемых алгоритмами подсистемы, и способах обращения для их выполнения.

В состав алгоритмов системы специального математического обеспечения основного органа управления должны быть введены алгоритмы, обеспечивающие обращение к подсистеме математического обеспечения подчиненного объекта управления с получением результатов от нее.

Таковы пути достижения первой цели внедрения частных подсистем специального математического обеспечения подчиненных органов управления в систему специального математического обеспечения основного (высшего) органа управления.

8.4.2. Сопряженные системы. Рассмотрим пути достижения второй цели внедрения подсистемы специального математического обеспечения в систему.

Во-первых, результаты и опыт, полученные при внедрении подсистемы специального математического обеспечения в одну систему, должны быть распространены на другие системы. Для этого весь опыт подобного внедрения должен обобщаться, систематизироваться и конкретизироваться в одном месте. Опыт должен фиксироваться не только в памяти людей, но и в формализованном виде, обеспечивающем его удобное использование и однозначное толкование. Таким местом концентрации является система специального математического обеспечения.

В частности, в ней целесообразно организовать раздел хранения эталонных экземпляров материальных носителей внедренных подсистем специального математического обеспечения управления в форме программных носителей для конкретных типов техники автоматизации управления.

Во-вторых, взаимосвязанные системы управления (организации, предприятия) координируют свою деятельность, контролируют ход выполнения взаимных обязательств и их результаты. Внедрение подсистемы специального математического обеспечения в одной из подсистем может улучшить условия выполнения этих работ, повысить оперативность координации и контроля, точность и объективность информации о результа-

тах взаимодействия. Для этого в подсистемах специального математического обеспечения управления сопряженных систем должно быть произведено корректирование.

В справочные таблицы должны быть введены сведения о том, где в информационной базе внедренной подсистемы специального математического обеспечения находятся данные о результатах взаимодействия, какие это данные, в какой форме они могут быть представлены, каким образом их можно получить. В состав алгоритмов сопряженных систем должны быть введены алгоритмы, обеспечивающие обмен данными о результатах взаимодействия, анализ этих результатов и их оценку.

При наличии автоматизированной связи между средствами автоматизации взаимодействующих систем может быть получен наилучший результат, при котором синхронизируются результаты взаимодействия¹. Отсутствие автоматизированной связи снижает, но не ликвидирует полезности использования подсистем специального математического обеспечения управления для улучшения результатов взаимодействия связанных систем.

Для подготовки информации о результатах взаимодействия может быть использовано специальное математическое обеспечение одной системы, а для ввода в память средств автоматизации и обработки — другой. Передаваться эта информация может по линиям обычной связи.

В-третьих, при наличии свободных ресурсов технических средств автоматизации в одной системе они могут быть использованы в интересах другой системы. Такое использование может быть особенно полезным, если это однотипные системы (однородные предприятия, организации, объекты). Для организации подобного взаимодействия система, использующая «чужие» ресурсы, должна иметь информацию о составе и возможно-

¹ Эффективность подобной синхронизации определяется уменьшением объемов складских запасов, времени неоправданных простоев и т. п. Для систем военного назначения такая синхронизация повышает степень боевой готовности и коэффициент оперативного использования сил

стях специального математического обеспечения в том объеме, в каком ей разрешено им пользоваться¹.

8.4.3. *Фонд*. Рассмотрим пути достижения третьей цели внедрения подсистемы специального математического обеспечения управления в общую систему — создания машиннезависимой базы. В конкретных системах управления подсистема специального математического обеспечения внедряется в форме программной реализации, ориентированной на конкретные вычислительные машины и другие средства автоматизации управления. Это естественный и правильный путь их внедрения.

Однако этот путь таит в себе опасность, последствия которой проявятся в перспективе. «Привязывая» специальное математическое обеспечение к конкретным типам технических средств автоматизации, мы готовим для себя капкан, в который неизбежно попадем. Чем больше труда мы вложим в создание специального математического обеспечения, реализованного на конкретных технических средствах автоматизации, чем полезнее и нужнее станут при этом для нас средства автоматизации управления, чем больший объем работ по обеспечению управления мы возложим на них, тем труднее будут решаться вопросы перехода на новые технические средства, тем больший объем труда понадобится для повторения уже выполненных работ, при воспроизведении специального математического обеспечения управления на новой технической базе.

При построении и внедрении технических средств автоматизации, и в первую очередь электронных вычислительных машин, в настоящее время создаются предпосылки для того, чтобы эта техника обладала ресурсами времени и памяти, позволяющими наращивать число функций, выполняемых ими, т. е. увеличивать объем специального математического обеспечения без смены технических средств.

¹ Здесь мы предполагаем, что технические средства автоматизации, реализующие специальное математическое обеспечение, закреплены за конкретными системами управления. В перспективе можно предполагать, что частично технические средства автоматизации управления будут «безличными», такими, как, например, сегодня являются электростанции

Однако неизбежно наступление момента, когда технические средства автоматизации исчерпают свои возможности и дальнейшее совершенствование управления на их базе станет невозможным. В этот момент особенно ярко станет видно, что специальное математическое обеспечение управления не устарело, что оно должно функционировать в системах управления непрерывно, что его нужно переносить на новые технические средства. Если оно будет неразрывно связано с техническими средствами, если фактически оно будет существовать только в форме программной реализации, то такой перенос превратится в сложную техническую проблему и потребует больших затрат труда и времени.

С подобной проблемой человечество уже сталкивалось при переходе с одного типа электронных вычислительных машин на другой. Смена типов машин вынуждала искать пути сокращения трудозатрат на перенос программных средств с одного типа машин на другой. Основными путями такого переноса в настоящее время являются: использование принципа эмуляции, изложение алгоритмов на алгоритмических языках, сохранение систем команд при совершенствовании элементной базы. Первый путь заключается в создании специальных аппаратных средств, вводимых в состав новых машин и позволяющих им выполнять программы, написанные с использованием систем команд старых машин, без их переделки. Этот путь не универсален, так как за период существования программ математического обеспечения может смениться несколько типов (поколений) вычислительных машин и аппарат эмуляции станет достаточно громоздким, так как появится необходимость воспроизведения на одной машине программ для нескольких типов машин. Однако этот путь хорош для одной смены типа машины.

Второй путь достаточно универсален. Достаточно создать необходимые трансляторы для машины нового типа, и все алгоритмы могут быть воспроизведены. Трудность при этом в сложности изложения очень больших программных систем на алгоритмическом языке при соблюдении требования высокой эффективности воспроизведения на машине. Однако эта трудность не принципиальна и может быть устранена со временем.

Третий путь является наименее удачным. Использование фиксированной (неразвивающейся) системы команд будет тормозить совершенствование вычислительной техники. Этот недостаток может быть смягчен применением принципа совместимости сни-

зу—вверх, при котором программы более слабых (менее мощных) машин могут исполняться на более мощных машинах, в то время как обратное не обязательно. Однако использование этого принципа не решает проблемы и лишь временно может улучшить положение

Специальное математическое обеспечение управления, по мнению авторов, становится «вечным» помощником человека и человечества. Поэтому необходимо заранее принять меры, чтобы смена технической базы автоматизации управления не нарушала непрерывного функционирования специального математического обеспечения управления.

С этой целью следует формировать машиннезависимый образ системы специального математического обеспечения, т. е. мозг автоматизированного управления должен быть отделен от технических средств и должны быть созданы условия его хранения, обеспечивающие возможность его воспроизведения на новых технических средствах.

В настоящее время для этого наиболее подходит представление подсистем специального математического обеспечения на машиннезависимых алгоритмических языках. Такое представление, как было показано выше, может быть осуществлено на этапе создания математической модели. В общей системе специального математического обеспечения управления **должен быть создан централизованный фонд накопления, хранения, тиражирования и воспроизведения** подсистем специального математического обеспечения управления. Внедрять каждую созданную подсистему в этот фонд нецелесообразно до завершения ее опытной эксплуатации. Это естественное требование, так как только после завершения опытной эксплуатации можно утверждать, что созданная подсистема обладает необходимыми свойствами.

Может возникнуть естественный вопрос: чем такой фонд должен отличаться от обычной библиотеки? Укажем ряд таких отличий. Первым отличием является то, что в фонде в формализованном виде хранится накопленный опыт, который руководитель может использовать без помощи человека-посредника в лице референта, консультанта и т. п. Этот фонд должен обеспечивать гораздо более высокую надежность хра-

нения и создавать условия для корректирования находящихся в нем моделей специального математического обеспечения. Такое корректирование неизбежно по результатам использования подсистем в практике управления, во время которого будут обнаруживаться технические недоработки (ошибки) либо принципиальные недостатки, требующие совершенствования подсистемы. Фонд должен иметь возможность анализировать обоснованность, целесообразность и качество изменений, уметь оперативно корректировать имеющиеся эталоны, информировать о корректировании все другие системы управления и осуществлять наблюдение (а может быть и производить работы) за корректированием.

Для выполнения всех этих функций фонд системы специального математического обеспечения должен обладать соответствующими техническими средствами, включающими и вычислительную технику.

На фонд специального математического обеспечения управления естественно возложить также справочную службу о том, где и какая «автоматизированная информация» хранится в информационных базах подсистем и как ею воспользоваться; где и какие функции (программы их реализующие) имеются и что с их помощью можно получить.

8.5. ВЫВОДЫ. Внедрение подсистемы специального математического обеспечения должно начинаться задолго до завершения ее разработки. Фактически оно начинается с этапа создания информационной модели, когда в состав авторского коллектива включается представитель органа управления, знающий особенности описываемого процесса. На него могут быть возложены основные функции внедрения подсистемы в орган управления. Внедрение подсистемы будет существенно облегчено предварительной подготовкой коллектива пользователей органа управления на стендах предприятия, осуществившего разработку подсистемы специального математического обеспечения.

Существенным этапом внедрения является заполнение информационной базы сведениями, необходимыми для работы подсистемы в реальных условиях. Этот этап может оказаться достаточно продолжительным.

Особого внимания заслуживают проблемы, связанные с совмещением в органе управления существующей и внедряемой организаций переработки информации. При этом в процессе опытной эксплуатации идет соревнование между старой и новой организациями работ.

Наибольшие технические трудности внедрения связаны с необходимостью сохранения непрерывности процесса управления. На первом этапе внедрения может использоваться при управлении как старая организация, так и новая. Основные организационные трудности внедрения связаны с необходимостью преодоления психологического барьера руководителей. Существенную роль в преодолении этой трудности может сыграть продуманная система обучения руководителей. С этой целью должен быть разработан стандарт, определяющий минимальный объем сведений, которыми обязан овладеть руководитель, использующий средства системы специального математического обеспечения управления.

Большого внимания при внедрении подсистемы специального математического обеспечения заслуживают вопросы согласования ее функционирования с сопряженными системами управления, так как для органов управления сопряженных подсистем участие в опытной эксплуатации может оказаться лишней и потому нежелательной нагрузкой.

Время, затрачиваемое на внедрение подсистемы специального математического обеспечения управления, существенно зависит от совершенства технологии, обеспечивающей процесс внедрения. Технологические средства обеспечения процесса внедрения должны включать в свой состав аппарат настройки на конкретный объект управления и заданную конфигурацию технических средств переработки, передачи и отображения информации, а также аппарат проверки правильности выполнения всех функций при внедрении.

Наиболее трудным является процесс внедрения подсистемы специального математического обеспечения управления в органы, которые до этого не пользовались средствами автоматизации управления. Степень этих трудностей существенно зависит от того, насколько при разработке был использован принцип «первого ли-

ца», а также от наличия опыта внедрения и использования подсистемы в аналогичных, родственных организациях. При существенном участии руководителя органа управления в процессе создания подсистемы, также как и при наличии положительного опыта у родственного предприятия, процесс внедрения проходит намного успешнее.

Успешность этапа внедрения существенно зависит от правильного распределения работ между авторским коллективом и организацией, основной функцией которой является внедрение и сопровождение подсистемы специального математического обеспечения управления. При этом особую роль должен начать играть фонд системы специального математического обеспечения управления как организация, выполняющая функции контроля качества, хранения, тиражирования и обслуживания потребителей. В перспективе такой фонд может стать основной организацией, осуществляющей внедрение специального математического обеспечения в практику управления.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ

глава

9

Рассмотрим общие вопросы использования специального математического обеспечения управления. Одним из них является правовой вопрос, возникающий в связи с использованием математического обеспечения управления.

На первый взгляд может показаться, что никаких особых проблем права здесь возникнуть не должно. Однако более детальный анализ показывает, что кроме внешне простой проблемы о распределении ответственности между человеком и автоматом возникает ряд важных вопросов о юридической силе документов, выработанных средствами автоматизации, о праве человека на корректирование этих документов, об ответственности за работу с информацией.

Области использования специального математического обеспечения при управлении настолько широки, что авторы считают возможным ограничиться рассмотрением только некоторых из них.

- 9.1. ПРАВО. Внедрение средств автоматизации в процессы управления выдвигает ряд правовых проблем. Так как «мозгом» автоматизированного управления является специальное математическое обеспечение, то в основном эти проблемы связаны с правовыми нормами его использования¹. Рассмотрим основные из этих проблем.

¹ Вопросам организационно-правовых аспектов автоматизированных систем управления посвящен сборник «Правовые проблемы АСУ» под общей редакцией Ю. А. Тихомирова и с предисловием Д. Г. Жимерина (М., Ин-т государства и права АН СССР, 1973). В нем изложен ряд иногда противоречивых точек зрения на указанную проблему. Однако сборник является одной из первых и очень важных публикаций на эту тему.

9.1.1. Ответственность. Первой из этих проблем является проблема распределения ответственности между человеком и машиной при использовании специального математического обеспечения в процессе управления. Ясно, что средства автоматизации никакой ответственности за качество принимаемых решений нести не могут. Специальное математическое обеспечение управления является выразителем сложившихся концепций и идеологии, реализацию которых осуществил коллектив разработчиков. Так как разработка проводится под наблюдением заказчика, который в период опытной эксплуатации проверяет соответствие выполненной разработки своим потребностям, то, естественно, всю ответственность за результаты использования следует возложить на лиц, принимающих решения, а не на средства автоматизации.

Вопрос об ответственности особенно остро возникает тогда, когда выявились ошибки, просчеты в результатах действий.

Таким образом, фактически речь идет о контроле правильности результатов, подготавливаемых с помощью специального математического обеспечения управления. Если правильность их гарантирована, то руководителям легче соглашаться с тем, что ответственность за принятие результатов будет возложена на них.

При традиционных (существующих) способах и средствах выработки решения в процессе управления контролю правильности подлежит *конкретное решение*. Этот контроль осуществляется на этапе выработки решения. С внедрением средств автоматизации этот этап контроля сохранится, но возникнет еще один этап, предшествующий указанному. На этом этапе должна быть проверена правильность не одного конкретного решения, а *совокупности правил*, по которым такие конкретные решения будут вырабатывать в различных ситуациях, т. е. проверена правильность законов, заложенных в алгоритмы выработки решений, материализованные в специальном математическом обеспечении. Таким образом, *новизна сложившейся ситуации* в том, что *проверке правильности подлежат не конкретные решения, а правила их выработки*.

Сложность положения руководителя, использующего специальное математическое обеспечение управления,

ясна. Ответственность за последствия несет он, а правила выработки решения созданы другими. Однако такое положение позволяет вырабатывать конкретные решения не индивидуально и даже не только с помощью подчиненного аппарата, а с помощью «коллективного мозга», впитавшего достижения науки и вековой опыт управления.

9.1.2. *Правовая сила документа.* Рассмотрим вопрос о юридической силе документов, вырабатываемых средствами автоматизации. Для всех документов, вырабатываемых средствами специального математического обеспечения управления, введем два класса, которые отражают их правовое положение.

К первому классу отнесем документы, которые приобретают силу юридически состоятельных только после того, как они утверждены, одобрены, завизированы должностными лицами. Таким образом, документы этого класса принимаются к исполнению только после того, как они рассмотрены должностными лицами. Назовем документы этого класса юридически несостоятельными.

Ко второму классу отнесем документы, которые приобретают юридическую силу сразу после того, как они сформированы специальным математическим обеспечением управления. Это означает, что в соответствии с нормами права эти документы должны быть приняты к исполнению немедленно после выдачи их средствами автоматизации. Назовем документы этого класса юридически состоятельными.

Вопрос о принадлежности документа к одному из этих двух классов должен решаться для каждого документа отдельно. Можно утверждать, что многие документы целесообразно принимать к исполнению без дополнительной обработки их человеком¹. Это

¹ Минимальный объем дополнительной обработки заключается в визировании человеком (подписи) такого документа, а максимальный — в полном контроле правильности выданных результатов. В первом случае «доработка» носит формальный характер и может быть проведена организационными мерами по регламентации документооборота, размещению технических средств выдачи документов, а также организацией автоматического регистрирования выданных документов, организацией автоматического разграниче-

значит, что они могут рассматриваться как официальные (имеющие правовой статус) сразу после выдачи и оформления их средствами автоматизации. В каждом конкретном случае на решение этого вопроса влияние окажут важность выдаваемого документа и степень защиты содержания документа от искажения.

Важность документа определяется его содержанием, тем влиянием, которое он оказывает на результаты и эффективность функционирования системы управления. Ясно, что наиболее ответственные документы должны приобретать силу юридических, обязательных к исполнению после того, как руководитель утвердил их¹, т. е. относиться к первому классу документов, вырабатываемых средствами автоматизации.

Реальная возможность выполнения руководителем этой функции существенно зависит от объема документа и формы его представления. Даже без средств автоматизации в прошлом возникали ситуации, когда большой объем документов вступал в противоречие с целью их создания². С внедрением средств автоматизации в сферу управления положение стало более серьезным. Они обладают фактической возможностью «завалить» руководителя таким количеством документов, данных и сведений, с которым он не только не сможет ознакомиться, но которые «способны физиче-

ния доступа к работам, выполняемым средствами автоматизации. Во втором случае объем контроля правильности может оказаться очень большим и даже непосильным для человека, так как работа, выполненная средствами автоматизации, не может быть повторена неавтоматическими методами.

- ¹ Вопрос об утверждении документа руководителем при использовании в управлении средств автоматизации заслуживает особого внимания. Как «утвердить» документ? Традиционным методом (поставив подпись) или иначе? Эти вопросы будут рассмотрены позже.
- ² Так, П. Диксон (Диксон П. Фабрика мысли М, «Прогресс», 1976), ссылаясь на работу комиссии, созданной Веймарской республикой для изучения причин поражения Германии в первой мировой войне, указывает: «Комиссия обнаружила, что одной из главных причин проигрыша войны было огромное количество писанины, которой завалили вооруженные силы. К концу они были буквально погребены под бумагами». (*Курсив наш.*)

ски» вытеснить его с рабочего места (из кабинета). Поэтому в процессе использования средств автоматизации руководитель должен иметь возможность утверждать наиболее важные документы. Состав и содержание документооборота, реализуемого специальным математическим обеспечением управления, определяются на этапе создания информационной модели. Основы правовых норм их использования также должны определяться на этом этапе. Однако структура специального математического обеспечения должна позволять изменять правовую категорию документа в процессе использования средств автоматизации. Этим будет обеспечена возможность регулировать объем работ, выполняемых руководителем, по результатам использования специального математического обеспечения управления.

Документы, содержащие очевидные решения, могут приобретать юридическую силу без дополнительного рассмотрения и утверждения человеком. Примерами таких документов могут служить счета за оплату выполненных работ или за полученные материалы, оборудование, наряды по распределению транспорта на данные сутки. Такое положение вещей совсем не означает, что исключение контроля за отдельным подобным документом создает условия полной бесконтрольности при принятии таких решений. Контроль остается, но он приобретает новое качество. Вместо сиюминутной проверки *отдельного документа* (решения), отвлекающей человека на выполнение частной работы, появляется возможность проверить правильность *множества решений*, анализа их эффективности, выявления закономерностей. Результатом такого анализа является улучшение не частного решения, а их множества, что достигается совершенствованием правил принятия решений, реализуемых алгоритмами¹.

¹ В процессе воспитания ребенка можно давать ему указание, как он должен правильно поступить в каждом конкретном случае. При этом есть надежда, что ребенок сможет на множестве частных примеров вскрыть закономерности (принципы, правила), которыми руководствуется старший, когда вырабатывает эти указания. Можно поступать иначе: познакомить ребенка с принци-

У такого подхода есть еще одно чрезвычайно важное положительное свойство. Если человек контролирует каждое частное действие средств автоматизации, то этим он может существенно замедлить процесс использования решений, то есть ликвидировать одно из основных достоинств этих средств — способность своевременно вырабатывать решения (функционировать в реальном темпе течения управляемых процессов). Таким образом, совокупность документов, вырабатываемая специальным математическим обеспечением, должна анализироваться с правовой точки зрения. Каждый из них должен быть рассмотрен с позиций возможности включения в класс документов, имеющих юридическую силу сразу после формирования средствами автоматизации.

Рассмотрим влияние степени защиты содержания документа, выдаваемого средствами автоматизации, от искажения на его правовой статус. Даже если по содержанию документ может быть отнесен к классу юридически состоятельных, то, прежде чем принять такое решение, необходимо оценить способность средств автоматизации довести его (документ) до исполнителей в неискаженном виде. Если вероятность искажения велика, то неизбежен контроль со стороны человека за содержанием документов, выдаваемых средствами автоматизации и передаваемых по линиям связи. Основными источниками искажения содержания документов могут быть следующие: специальное математическое обеспечение управления (программная модель подсистемы), вычислительные средства, технические средства выдачи документа (устройства печати, отображения), условия и средства передачи информации из места ее обработки к управляемым

пами, правилами, по которым следует принимать решения. Пользуясь ими, он сможет в каждом конкретном случае сам принять правильное решение. Контроль за его общим поведением осуществляется не ежесекундно, а интегрально. По результатам контроля делаются выводы. Ясно, что при воспитании ребенка следует использовать оба подхода. В организации использования документов, которые получили юридическое право на «самостоятельность» после автоматического их формирования, мы имеем дело с подходом, аналогичным второму.

объектам (исполнительным органам, сопряженным системам).

Специальное математическое обеспечение может вносить искажения в документ в том случае, если в математической или программной модели остались невыявленные ошибки. Такие ошибки, как правило, приводят к систематическим искажениям в одних и тех же типах документов. Поэтому при контроле за документами эти искажения и их причины будут обнаружены и устранены либо в период опытной эксплуатации, либо в начальный период использования. Отсюда следует вывод, что на первом этапе использования каждой подсистемы специального математического обеспечения в процессах управления все подготавливаемые и выдаваемые им документы (вне зависимости от правовой принадлежности) должны подвергаться контролю и утверждению должностным лицом. По мере того как будет накапливаться опыт эксплуатации, можно будет сделать вывод об отсутствии искажений из-за ошибок в специальном математическом обеспечении управления и отказаться от этого контроля.

При неустойчивой работе вычислительных средств также могут появиться искажения в документах. Однако можно твердо утверждать, что достоверность (надежность) работы вычислительных средств автоматизации, находящихся под наблюдением средств встроенного аппаратного контроля и диагностических систем, достаточно высока. Вероятность искажения в документах по их вине намного меньше, чем вероятность того, что искажение внесет человек при традиционных методах оформления документов. Поэтому этот фактор не играет существенной роли и может быть исключен, если правильно выбрать средства вычислительной техники и правильно организовать ее эксплуатацию.

Технические средства выдачи документа имеют значительно меньшую надежность, чем вычислительные средства, поэтому они являются существенным источником ошибок в документах. Практически вопрос стоит следующим образом: либо контролировать каждый документ (анализировать его на наличие искажений), либо организовать надежный профилактический конт-

роль работоспособности технических средств выдачи документов. Обоснованный ответ на этот вопрос можно дать в конкретных условиях, для определенных типов средств выдачи, в зависимости от содержания выдаваемых документов. Если поток документов, выдаваемых данным устройством, мал, то может оказаться, что целесообразнее контролировать их правильность (отсутствие искажений). Если поток документов велик, то, как правило, выгоднее организовать контроль правильности работы устройств выдачи документов.

Условия передачи документов из мест их подготовки (выдачи) к исполнительным органам могут оказать существенное влияние на появление (внесение) искажений. Нельзя не учитывать возможности сознательного (целенаправленного) внесения искажений в документы. Поэтому, если между местом подготовки документа и исполнительным органом существует значительное расстояние и передача документа ведется неавтоматизированным способом, создаются благоприятные условия для внесения искажений. В таких условиях документы должны организационно защищаться от искажений.

Современные автоматические средства передачи документов достаточно надежны. С помощью аппаратуры повышения достоверности вероятность искажения одного знака сообщения может быть уменьшена до 10^{-6} — 10^{-8} . Еще лучшие результаты может дать факсимильный способ передачи документов. Этот метод, кроме высокой достоверности передачи и отличной имитозащищенности документа, создает благоприятные условия для повышения психологической уверенности у личного состава в правильности принятого документа, его подлинности. Это достигается возможностью передачи документа точно в той форме, которую он получил в органе управления ¹.

¹ Факсимильный метод создает благоприятные условия для объединения документа, выданного средствами автоматизации, и той корректировки, которую в нем считает необходимым сделать руководитель. При этом на объект управления поступит точная копия откорректированного подлинника. Это особенно важно для систем военного назначения

Таким образом, если опытная эксплуатация показала, что совокупность всех средств автоматической подготовки документов дает вероятность искажения меньше, чем при обработке их человеком, то все эти документы могут быть отнесены ко второму классу (юридически состоятельных), если они и по содержанию своему могут быть отнесены к этому классу.

9.1.3. *Право на корректирование.* Третьей правовой проблемой является проблема внесения должностным лицом корректировок в документы, подготовленные средствами автоматизации. Вопрос заключается в следующем: всегда ли должностное лицо должно иметь право вносить изменения в документы, полученные с помощью специального математического обеспечения управления? На первый взгляд на этот вопрос следует дать положительный ответ. Действительно, сегодня все решения и все документы в органе управления готовят должностные лица. Поэтому нет оснований считать, что с появлением средств автоматизации в органе управления изменится правовое отношение должностных лиц к вырабатываемым (разрабатываемым) документам, даже если эта работа осуществляется с помощью новых средств.

Такой взгляд, по нашему мнению, неверен. Внедрение специального математического обеспечения в системы управления, создание автоматизированных систем управления сопровождается неизбежной, более глубокой логической формализацией организации работы органов и систем управления¹. Это в полной мере относит-

¹ В качестве примера приведем один пункт рекомендаций совещания по правовым вопросам создания и функционирования автоматизированных систем управления (Правовые проблемы АСУ. М., Ин-т государства и права АН СССР, 1973). Рекомендую расширить разработку правовых проблем создания АСУ, совещание указывает в том числе на необходимость следующих работ: « . д) правовые способы изменения порядка выполнения функций в системе управления и их своевременного перераспределения между различными звеньями; е) теоретические вопросы использования правовых норм в применении экономико-математических и других методов и построения моделей процессов управления». Но ведь эти вопросы существовали и решались до того, как начали создавать автоматизированные системы управления

ся к области права формирования документа и его корректирования. Можно утверждать, что документы в органах управления не всегда составляются с достаточным правовым обоснованием. Использование специального математического обеспечения обостряет необходимость решения этого вопроса. По-видимому, не во все документы, вырабатываемые автоматически, можно допустить внесение корректировок должностными лицами. Все документы, а точнее, параметры, формируемые и оформляемые автоматически, можно разделить на два класса. К первому классу отнесем параметры, значения которых могут быть изменены должностным лицом, в правах которого имеется соответствующее разрешение. Ко второму классу отнесем те параметры, значения которых не имеет права изменять ни одно должностное лицо органа управления.

Параметрами первого класса являются решения, принимаемые должностными лицами органа управления. Естественно, что вариант предлагаемого решения, как бы хорошо он ни был обоснован средствами специального математического обеспечения, продолжает оставаться лишь рекомендацией руководителю. Эта рекомендация может быть им утверждена, откорректирована или отвергнута. Это правильный и естественный путь использования средств автоматизации при управлении.

Параметрами второго класса являются все величины, характеризующие состояние хода течения процесса, его результаты, все объективные данные, хранящиеся в информационной базе. Их *изменение* после выдачи средствами автоматизации *недопустимо*. Ни одно должностное лицо не может изменить объективной оценки сложившейся обстановки, и это должно быть отражено в правовом положении всех документов (параметров), формируемых автоматически.

Изменение параметров второго класса человеком равносильно сознательному, преднамеренному искажению

на базе электронной вычислительной техники. Однако, по-видимому, глубина их проработки была недостаточной для того, чтобы создать условия эффективного внедрения новых средств обеспечения управления

сведений о фактической обстановке (это подделка, приписка и т. п.)¹.

9.1.4. Поставка информации. Четвертой правовой проблемой, которую мы рассмотрим, является ответственность за формирование информационной базы специального математического обеспечения управления. Польза от этого обеспечения управления находится в прямой связи с фактическим состоянием информационной базы.

Если информационная база пуста, если она содержит искаженную картину обстановки, если значения параметров поступают в нее с опозданием, то специальное математическое обеспечение управления либо не сможет выполнять своих функций, либо, выполняя их, дезинформирует орган управления, что приведет к ошибкам в принятии решения со всеми вытекающими из этого последствиями. Значения параметров, поступающих в информационную базу, являются тем исходным «строительным» материалом, без которого нельзя построить «здание» управления. Авторы сознательно уделили так много внимания роли информационной базы в системе автоматизированного управления, чтобы стала ясна роль и ответственность источников значений параметров (источников поступления информации).

Независимо от того, как эта информация поступает в информационную базу (полностью автоматически, полуавтоматически или неавтоматически), ответственность за своевременность ее поступления и ее качество несут люди. Если сведения поступают от автоматических датчиков, то ответственность несут люди, их обслуживающие. При неавтоматическом вводе исход-

¹ Понимание подобного исхода внедрения средств автоматизации оказывает сдерживающее влияние на слабых, не соответствующих занимаемым им постам руководителей, когда им приходится принимать решение о внедрении средств автоматизации. Понимая, что улучшатся условия получения объективных сведений о результатах их деятельности, они теряют энтузиазм при решении вопроса о внедрении этих средств. К сожалению, авторам известны примеры, когда кроме «потери энтузиазма» такие руководители принимали организационные меры к задержке внедрения средств автоматизации.

ных данных ответственность несут люди, готовящие значения параметров, переносящие эти значения на машинные носители, осуществляющие ввод информации в информационную базу. Плохо организованная, недоброкачественная работа этих людей при использовании специального математического обеспечения управления может нанести намного больший ущерб, чем это имеет место сейчас, при неавтоматизированном управлении.

Сейчас, если какие-то данные отсутствуют и их не удастся получить, работники системы управления творчески оценивают возможные ситуации и принимают решения. Конечно, и специальное математическое обеспечение не беспомощно в подобных ситуациях. Имеется план поступления значений параметров исходных данных в информационную базу, выполнение которого автоматически контролируется. При нарушении этого плана автоматически формируется запрос на эти значения и справка о нарушении плана. При отсутствии данных они автоматически экстраполируются на основе имеющегося опыта. Наконец, алгоритмы математической модели строятся с учетом возможной неопределенности исходных данных. Однако ущерб, который наносит отсутствие (или неточность) отдельных данных в информационной базе, многократно увеличивается тем, что они должны использоваться в системе. Любой недостаток исходных данных может повлечь за собой существенные отрицательные последствия. Поэтому вопрос об ответственности за формирование информационной базы должен быть поставлен на ясную правовую основу.

Аналогично должен быть поставлен вопрос о сохранении информационной базы. В ней накапливаются многодневные и даже многолетние данные. Утеря их может оказаться просто невозможной. Поэтому должна быть определена ответственность лиц, осуществляющих сохранность информационной базы, а также тех, кто своими преднамеренными или непреднамеренными действиями нанес ущерб ее содержанию, исказил или уничтожил информацию.

9.2. ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ. Трудность рассмотрения областей использования специального математического обеспечения управления заключается

в том, что авторы не видят принципиальных ограничений его применения там, где необходимо принимать обоснованное и оперативное (своевременное) решение. Поэтому ограничимся рассмотрением нескольких частных областей его использования.

9.2.1. Долгосрочное планирование. Долгосрочный план — основа успешного, целенаправленного и эффективного развития. Технический прогресс приводит к естественной необходимости увеличения временного горизонта планирования¹. При этом обоснованный план не может быть разработан без учета межотраслевых связей и комплексного подхода. Построение долгосрочного плана требует глубокого количественного обоснования принимаемых решений. Это большое исследование, выполняемое органами планирования с привлечением множества научно-исследовательских институтов. Процесс долгосрочного планирования не является одноразовым, с возвращением к нему только при наступлении определенных этапов либо истечением срока планирования. Этот процесс все более приобретает характер непрерывного. Во всяком случае процесс обоснования перспектив должен идти непрерывно, в то время как решения на их основе могут приниматься периодически.

Чрезвычайно важной представляется возможность воспроизведения условий, в которых проходило обоснование решений и возможность повторения всей логики обоснования.

Таким образом, необходимость учета большого количества исходных данных, характеризующих межотраслевые связи, количественного обоснования, непрерывного учета новых факторов и корректирования

¹ Основные факторы этой тенденции хорошо систематизированы Г. Х. Поповым (Эффективное управление. М., «Экономика», 1976). Это — стремление более полно использовать преимущества научно-технической революции; необходимость разработки крупных комплексных программ; необходимость учета влияния деятельности человека на экономические последствия; влияние экономической интеграции на рост благосостояния трудящихся; инерционность, при которой эффективность сделанных капиталовложений проявляется не сразу. Срок планирования под влиянием всех этих факторов возрастает уже сейчас до 10—15 лет.

принятых решений — все это приводит к выводу о целесообразности использования специального математического обеспечения для долгосрочного планирования. Включение аппарата для долгосрочного планирования в состав специального математического обеспечения управления позволит существенно повысить стабильность математического обеспечения, улучшит условия преемственности и снизит субъективность рекомендаций¹. Это важное обстоятельство, так как наука начинается там, где созданы условия для многократного воспроизведения эксперимента².

Возможность воспроизведения не означает, что при включении аппарата долгосрочного планирования в состав системы специального математического обеспечения управления будут «узаконены» недостатки в методах обоснования плана. Наоборот, возможность повторения процесса построения плана или его частей позволит со временем обнаружить основные недостатки примененной методологии планирования и устранить их. Ясно, что специальное математическое обеспечение управления для долгосрочного планирования не может быть создано одновременно, в рамках одного заказа.

Все методы и модели, используемые для долгосрочного планирования, должны включаться в систему специального математического обеспечения управления. Чем больше будет объем методов и моделей долгосрочного планирования, включенных в эту систему, тем выше будет качество планирования.

9.2.2. Оперативное управление. Текущее оперативное управление является еще одним примером области

-
- ¹ Представьте себе, что коллективом, осуществившим разработку долгосрочного плана, предложили повторить эту работу. Можно с уверенностью сказать, что это задание будет выполнено с большим трудом и без гарантии совпадения результатов, при полном соблюдении исходных предпосылок. Причинами этого являются слабая материализация методологии исследования даже в одной организации, не говоря уже о группе организаций, и естественная смена составов сотрудников, при которой в значительной степени теряется накопленный опыт.
 - ² Таким своеобразным экспериментом является разработка долгосрочного плана.

использования специального математического обеспечения. Пожалуй, это наиболее яркий и убедительный пример того, что без подобного обеспечения сегодня невозможно эффективное функционирование промышленных, транспортных и экономических систем. Необходимость принятия обоснованных решений при управлениях в этих системах очевидна. Без количественного обоснования нельзя построить рационального плана распределения транспортных мощностей (вагонов, судов, автомобилей), нельзя вносить изменений в состав производимых продуктов. Столь же очевидна необходимость принятия своевременных (оперативных) решений. Запоздалые решения о выпуске товаров народного потребления приводят к огромным потерям в связи с затовариванием или дефицитом определенных видов продукции. Несвоевременные решения о распределении железнодорожных вагонов (а жизнь дает особенно много примеров в этой области) приводят к нарушениям в ритме работы промышленных предприятий, к потере зерна и т. п.

Таким образом, текущее оперативное управление может считаться одной из основных областей, в которых ожидается значительный эффект от применения специального математического обеспечения управления.

9.2 3. Синхронизация. В качестве одной из областей применения специального математического обеспечения следует указать задачи синхронизации работы отдельных звеньев хозяйственного механизма¹. Отсутствие синхронизации работы отдельных звеньев не является следствием воли нерадивых руководителей, снабженцев и транспорта. Это объективное следствие трудностей, возникающих при попытке осуществить такую синхронизацию, при которой своевременно подавались

¹ Эту область можно лишь условно называть самостоятельной. Система специального математического обеспечения управления—едина Обеспечение оперативного управления фактически приведет и к достижению цели синхронизации работы отдельных предприятий, транспорта и т. п. Однако важность этой задачи, полезность и экономическая целесообразность ее решения — все это объясняет желание авторов обратить особое внимание на задачу синхронизации.

бы транспортные средства, своевременно поступало сырье и комплектующие изделия¹.

Потери труда в результате несвоевременной поставки огромны. Не меньший вред наносят излишние запасы, которые стремятся создать предприятия для обеспечения стабильности работы. Информационные базы подсистем специального математического обеспечения взаимосвязанных звеньев способны создать условия для выработки опережающих решений при возникновении угрозы нарушений в синхронности работы. В настоящее время срыв проявляется тогда, когда предприятие уже не может нормально (планово) выполнять свои функции. Использование специального математического обеспечения может зафиксировать невыполнение сроков отгрузки, изыскать резервы, найти необходимые пути доставки, если такие существуют.

9.2.4. Теория. По мнению авторов, еще одна чрезвычайно важная область использования специального математического обеспечения — теория управления. Создание теории управления является насущной задачей современности. На пути ее стоят немалые трудности, одной из которых является отсутствие возможности повторения ситуации, возникшей при управлении, и необходимость объединения опыта руководителей и аналитических способностей ученых. Но руководители заняты практикой руководства, а не созданием теории, в то время как ученые, как правило, не имеют опыта управления.

Например, Г. Х. Попов пишет:

«Итак, теория управления невозможна без участия руководителей и контакта с руководством. Она не может быть создана и без ученых. И в то же время сами ученые создать и развивать теорию не смогут. Видим, необходим особый механизм, который бы связал вместе руководителей и ученых. Этот механизм должен быть постоянно действующим. Этот механизм должен соединить

¹ По-видимому, в этой области еще не исчерпаны все возможности существующих форм и методов управления, не использованы все возможности экономических путей достижения цели. Однако в большом централизованном хозяйстве, каким является народное хозяйство нашей страны, без средств автоматизации переработки информации при решении этой задачи не обойтись.

опыт, знания и умения руководителя с способностью ученого анализировать, обобщать, оценивать, формулировать. Вероятно, именно отсутствием такого механизма и можно объяснить тот факт, что все еще не создана теория управления, о необходимости которой говорил еще В. И. Ленин. И пока этот механизм не будет ясно осознан и практически внедрен, ни новые учреждения, ни новые штаты проблем создания теории управления не решат. Ученые будут «растекаться» по темам, относящимся к отдельным частям управления — планированию, учету, организации производства. И институт станет еще одним набором лабораторий и отделов, занятых различными участками управления. В лучшем случае это пойдет на пользу этим участкам. А в худшем случае будет дискредитирована идея теории управления»¹

Необходимость «особого механизма» выделена в книге автором (Г. Х. Поповым). В качестве части такого механизма автор предлагает «рационализацию руководства и учебу руководителей». Однако, по нашему мнению, оба эти пути недостаточны. Особенно мало надежды на то, что в результате учебы руководителей, когда они общаются с ученым-преподавателем, родится теория управления.

Видимо, для создания теории управления необходим особый механизм, отвечающий указанным требованиям. Таким механизмом (а может быть, существенной его частью) может стать специальное математическое обеспечение управления. Оно может стать «микроскопом», объединенным с мощным аппаратом регистрации и анализа процессов, с помощью которого ученые смогут не только воспользоваться опытом руководителей, но и проследить за фактическими результатами управления.

Этот механизм (специальное математическое обеспечение управления) является постоянно действующим. Он фактически работает непрерывно. В нем интегрируются отдельные части и этапы управления (планирование, контроль и принятие решений). В нем кроме решений, принимаемых на каждом этапе управления, фиксируются суммарные достигнутые результаты. Этот механизм представляет всю систему управления и достигнутые результаты как единое целое. Таким образом, есть все основания предполагать, что система специального математического обеспечения управле-

¹ Попов Г. Х. Проблемы теории управления М, «Экономнка», 1974.

ния станет мощным инструментом создания и совершенствования теории управления, «лабораторной базой» этой теории.

9 2.5. *Контроль результатов.* Еще одной важной областью использования специального математического обеспечения управления может быть контроль результатов труда предприятий, оценка достигнутых результатов и их качества. Необходимость такого контроля очевидна. По результатам его определяются размеры материального стимулирования предприятий, т. е. осуществляется обратная связь между достигнутыми результатами и мерой поощрения. Поэтому оценка результатов должна быть обоснованной, объективной и своевременной.

Основными являются вопросы о том, *кто* должен осуществлять подобную оценку и *на основе какой информации*. Естественно, что наилучшей является централизованная оценка результатов вышестоящим органом, который при этом может сравнивать результаты, достигнутые родственными предприятиями, сохраняя полную объективность. Степень обоснованности выводов и оценок существенным образом зависит от информации, характеризующей результаты деятельности предприятий. В основном сегодня эти сведения поступают от самих предприятий. Такой подход таит в себе определенную опасность. Во-первых, отсутствует возможность при использовании существующих средств обеспечения управления производить централизованную оценку реальных резервов предприятий. А без такой возможности не может быть речи об объективной оценке достигнутых результатов. Во-вторых, отмечается субъективизм предприятий, заключающийся в стремлении к снижению плановых заданий вместо повышения производительности труда и усиления производственной активности.

В качестве примера укажем на результаты анализа, проведенного Г. Х Поповым При рассмотрении опыта формирования фонда стимулирования «. размеры стимулирования и разница в отчислениях оказались такими, что предприятия, как и раньше, нередко предпочитали не брать напряженного плана. А центральные органы, не имеющие возможности оценивать реальные резервы предприятий, неизбежно склонялись к методам планирования «от достигнутого уровня» Нормативы отчислений в фонды стимули-

рования были установлены по итогам года, что создало разрыв между ориентированными на перспективу пятилетними заданиями и экономическим механизмом, ориентирующим на годовые рамки К тому же групповые нормативы отчислений, которые позволили бы поощрять лучшие предприятия, зачастую так и не были разработаны В результате же установления индивидуальных нормативов предприятия, работающие в равных условиях, но достигшие разных результатов, оказались с одной и той же суммой премии. Вместо объективной оценки появилась возможность субъективных «усмотрений» и возможность компенсировать недостаточные усилия на производстве активностью, направленной на то, чтобы добиться от органов управления снижения плановых заданий и увеличения индивидуальных нормативов отчислений в фонд стимулирования»¹

Таким образом, ясно, что данные, поступающие от предприятий, не являются достаточно надежной объективной основой для оценки результатов их деятельности. Потребитель также не всегда является достаточно объективным источником данных о работе других предприятий, так как находится в существенной зависимости от них.

Приведем еще один пример: «Прибыль, полученная за счет интенсивных факторов, должна давать предприятию наибольшие отчисления В принципе это очень правильный подход. Но реализовать его оказывается нелегко. Например, предприятие сообщает, что треть его прибыли получена за счет интенсивных факторов. Однако такого рода данные всегда сложно проверить. ... три месяца назад образец получил Знак качества Но не ухудшилась ли продукция сейчас? Госстандарт лишает Знака качества те заводы, которые ухудшили выпускаемую продукцию Но не может же он по всей стране посылать экспедиции контролеров. Контролировать должен потребитель, у которого есть право на рекламацию .. Потребитель в связи с дефицитом нередко вынужден взять то, что ему поставили. иначе будет сорван его собственный план И рекламацию он не предъявит, поскольку опасается, что «обидевшийся» поставщик в следующий раз попытается вообще этого «капризного» потребителя обойти»¹.

Радикальное решение проблемы оценки результатов и качества работы предприятий заключается в использовании специального математического обеспечения управления. В его информационной базе, в каждой из

¹ Попов Г. Х. Эффективное управление М, «Экономика», 1976.

подсистем, будут фиксироваться объективные данные о времени выпуска продукции, о времени его поставки потребителям, об использовании потребителем этой продукции, о времени безотказной работы полученной продукции. Госстандарту не нужно будет непрерывно посылать своих контролеров по стране. Непрерывным контролером станет система специального математического обеспечения управления. Она позволит не только получить объективные данные, но и переработать их, чтобы получить основные обобщенные показатели, характеризующие качество выпущенной продукции, а следовательно, и результаты работы предприятий, ее выпускавших.

9.3. ОРГАНИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ. Рассмотрим основные особенности использования специального математического обеспечения, реализованного техническими средствами автоматизации. Организация использования существенно зависит от того, как руководитель общается с этими средствами. Можно выделить три основных варианта такого взаимодействия. Первый вариант предполагает непосредственное общение руководителя со средствами автоматизации. Это означает, что руководитель лично (без привлечения помощников) обращается к средствам автоматизации и лично получает необходимую информацию (справки, варианты планов, их оценки). Во втором варианте руководитель лично получает результаты работы средств автоматизации, в то время как работу им он задает с помощью своих помощников. В третьем варианте непосредственное общение со средствами автоматизации осуществляют только помощники (обслуживающий персонал), а руководитель заслушивает результаты их работы и принимает решения. Возможны другие варианты, смешанные по отношению к трем рассмотренным.

Ограничимся рассмотрением организации использования при первом варианте взаимодействия. Интерпретация его на остальные варианты может быть осуществлена без особого труда.

Из всего множества вопросов рассмотрим организацию работы руководителя и использование специального математического обеспечения управления в информационных целях.

9.3.1. Организация работы. Все работы, выполняемые руководителем, можно разделить на две группы. К первой группе относятся работы, определяемые занимаемой должностью, регламентированные руководящими документами, т. е. обязательные к исполнению. Ко второй группе относятся работы, проводимые по инициативе самого руководителя. Эти работы также вытекают из его служебных обязанностей, но необходимость и порядок их выполнения определяет руководитель. К этим работам относятся также и те, которые вызваны внешними воздействиями, так как за руководителем, как правило, сохраняется право выполнять их лично либо передать подчиненному аппарату.

Организация работы требует ответа на ряд следующих вопросов: что делать, к какому сроку, как делать, в каком порядке? Для первой группы работ специальное математическое обеспечение может помочь получить ответ на все указанные вопросы. Если сегодня для того, чтобы узнать что и к какому сроку обязан делать руководитель, ему необходимо перевернуть груды должностных инструкций, то с помощью специального математического обеспечения он сможет получить ответ быстро и точно (полнота сведений гарантирована). Этот ответ может быть отнесен к любому промежутку времени. Например, что нужно сделать в данный день года, на текущей неделе, за месяц и т. д. Эта организующая функция очень важна для нового руководителя. Она поможет ему не допускать крупных ошибок, особенно на первых шагах деятельности. Она уменьшит влияние субъективных особенностей руководителя, связанных с областью его предыдущей специализации¹. Эта организующая функция особенно важна в период особой перегрузки руководи-

¹ Как свидетельствует Г. Х. Попов (Проблемы теории управления. М., «Экономика», 1974), «Американские специалисты установили, что руководитель склонен «втягиваться» в сферу, которую он знает, и стремится избегать чуждых ему областей. Если директор по образованию инженер, он много внимания уделяет конструкторским службам. Если директор бывший финансист, он пытается больше, чем нужно руководителю, заниматься балансом, финансами, акциями».

теля. Она поможет ему лучше ориентироваться и не позволит упустить важные вопросы¹.

Ответы на вопросы, как ему выполнять данную работу, какими законами (правилами, руководствами) пользоваться, какова методология выполнения работы и т. д., сегодня руководитель может получить либо в период специального обучения, либо в процессе практической деятельности, либо от более опытных руководителей или подчиненных. Методологические (руководящие) документы либо отсутствуют, либо так громоздки, что своевременно ответ получить нельзя. Здесь специальное математическое обеспечение может внести много нового и полезного в практику управления, так как в нем могут концентрировать необходимые сведения, с его помощью могут оперативно формироваться и представляться в форме справок ответы на любые вопросы руководителя.

В организации выполнения работ второй группы (проводимых по инициативе руководителя) средства автоматизации могут выполнять роль автоматизированного секретаря, запоминая и напоминая, что и когда нужно делать. Кроме того, с учетом загрузки руководителя работами первой группы они способны помочь определить порядок работы (участки наименьшей загрузки). При выполнении функций по организации работы руководителя специальное математическое обеспечение может играть как пассивную роль, отвечая на вопросы, поставленные руководителем, так и активную роль, своевременно напоминая руководителю о приближении сроков выполнения определенных работ, а также о имеющихся задолженностях.

9.3.2. Обеспечение информацией. Принятие обоснованного решения невозможно без достоверных и достаточно полных сведений о ходе и условиях течения управляемых процессов. Информационная база системы специального математического обеспечения может стать на-

¹ Аналогичные функции специальное математическое обеспечение может выполнять и для подчиненных должностных лиц. Это обеспечивает руководителю возможность оперативно контролировать их работу. Использование для этой цели только должностных инструкций и нормативных актов резко снижает возможности по глубине и частоте контроля

дежным источником сведений для руководителя. Существующая организация обеспечения руководителей сведениями еще далека от совершенства. Руководитель не всегда своевременно получает сведения, даже если они имеются в органе управления; он не всегда получает достаточно полные сведения, необходимые для принятия решения; получаемые сведения не всегда представлены в форме, удобной для восприятия, среди полученных руководителем сведений не все нужны ему для принятия решения.

Эти недостатки отрицательно сказываются на качестве принимаемых решений. В значительной степени они могут быть устранены при использовании специального математического обеспечения управления. Своевременность получения сведений обеспечивается быстродействием средств автоматизации и организацией использования специального математического обеспечения. С одной стороны, таким путем можно добиться своевременного поступления сведений в информационную базу. Для этого в ней должен быть представлен план поступления сведений, в котором отражены данные о том, *кто, когда и какие сведения* должен представить для занесения в информационную базу. В составе алгоритмов системы должны быть алгоритмы, выполняющие функции контроля этого плана. При нарушении плана алгоритм автоматически формирует сигналы (сообщения) о срыве плана и требует от источников представления необходимых данных. Исполнение алгоритма контроля целесообразно инициировать автоматически, без участия человека. Так можно повысить своевременность поступления данных в информационную базу.

С другой стороны, своевременность представления данных руководителю может быть обеспечена соответствующей организацией использования специального математического обеспечения управления. Для обеспечения организации работы руководителя составляется план работ органа управления. В соответствии с этим планом специальное математическое обеспечение способно к определенному сроку подготовить и даже выдать автоматически те данные (сведения), которые нужны руководителю для выполнения запланированной работы. Для того чтобы состав представляемых

данных обладал необходимой полнотой и не содержал лишних сведений, целесообразно реализовать следующую схему в использовании информационной базы. Состав данных, необходимых руководителю для решения конкретного вопроса, относящегося к первой группе выполняемых им работ (обязательные работы), может быть определен один раз заранее. Подготовка этих данных может быть автоматизирована с помощью одного из алгоритмов специального математического обеспечения. Исполнение этого алгоритма может быть инициировано руководителем с помощью одного вопроса (запроса, сигнала), переданного средствам автоматизации. Реализация такой схемы обеспечивает ряд существенных преимуществ: руководителю не нужно «мучительно» вспоминать, какие сведения ему нужны для решения данного вопроса, где они находятся в информационной базе и как их запросить; вместо множества запросов для получения частных данных руководитель дает только один запрос, что существенно упрощает его диалог со средствами автоматизации, повышает оперативность работы¹.

Возможность представления сведений в форме, удобной для восприятия, существенно зависит от возможностей технических средств выдачи данных. Сегодня имеется принципиальная (и фактическая) возможность получать эти сведения в форме таблиц, текстов, графиков на бумаге, на фоне заданной схемы (карты), на пленке, на экране, на электронно-лучевой трубке. Математическое обеспечение позволяет формировать данные в нужной форме, в заданном порядке, в определенном масштабе.

9.4. ВЫВОДЫ. Использование специального математического обеспечения управления в органах управления выдвигает новую проблему, связанную с определением правого положения информации, хранящейся в информационной базе и вырабатываемой алгоритмами. Вся

¹ Еще раз подчеркнем, что специальное математическое обеспечение в процессе эксплуатации без всякой переделки технических средств позволяет осуществлять настройку на разные схемы выдачи необходимых данных для решения конкретных вопросов. В этом отношении оно обладает гибкостью и приспособляемостью.

информация должна быть **разделена на два класса**. К первому относятся сведения, которые человек **не имеет права менять**. Эти сведения характеризуют объективное положение дел в системе и на объектах управления.

Ко второму относятся сведения, **право изменения которых предоставлено человеку**. Это параметры управления, варианты которых готовит специальное математическое обеспечение, но утверждает руководитель. Руководителю предоставлено право менять их по своему усмотрению. Это право реализуется в процессе диалога между руководителем и специальным математическим обеспечением. Допустимые пределы изменения этих параметров определяются свойствами разработанного специального математического обеспечения управления, которые находят выражения в правилах заполнения перечней исходных и выходных данных. В связи с этим внедрение специального математического обеспечения в управление повлечет за собой дальнейшее совершенствование области административного права.

Использование специального математического обеспечения позволяет по-новому поставить и решить вопросы организации контроля выполнения принятых решений. Для решений, оформленных документами, имеющими юридическую силу без дополнительного их рассмотрения человеком, переход от проверки результатов выполнения одного решения к проверке результатов выполнения множества решений является неизбежным и вполне естественным. Аналогичный алгоритмический контроль может быть реализован и для всех других решений.

Полнота и качество контроля с помощью специального математического обеспечения управления зависит от наличия объективной информации, которая хранится в информационной базе и характеризует как ход течения процесса управления, так и его результаты. На базе таких сведений процесс контроля может осуществляться с помощью алгоритмов специального математического обеспечения управления, т. е. быть более полным, глубоким и объективным. При наличии автоматизированных линий связи между контрольными органами и объектами управления такой контроль

можно осуществлять периодически, на расстоянии, без непосредственного выезда специалистов на объекты.

Использование специального математического обеспечения в процессе долгосрочного планирования не только создаст условия для получения оптимальных планов, но также позволит многократно воспроизводить **идентичные** условия, при которых производилось планирование, что естественно приведет к повышению как качества планов, так и методологии планирования.

Использование специального математического обеспечения при оперативном управлении существенно улучшит взаимоотношения потребителей и поставщиков, так как объективный контроль деятельности предприятий неизбежно повысит ответственность поставщиков. Условия такого контроля создаются информационной базой, в которой будут зафиксированы как объемы и сроки поставок, так и качество продукции.

Использование специального математического обеспечения позволит руководителю лучше организовать рабочий день путем автоматизации контроля выполненных функций и прогнозирования хода течения управляемого процесса.

Использование специального математического обеспечения управления существенно улучшит синхронизацию в функционировании всех звеньев производственного механизма, так как позволит в темпе течения управляемых процессов учесть множество взаимосвязей, которые без него ускользают от оперативного учета.

Предположим, что специальное математическое обеспечение управления как система, состоящая из подсистем, создано¹ и используется. Возникает вопрос, нуждается ли эта система в особом обслуживании? Для ответа на этот вопрос следует определить цель обслуживания. Такой целью является поддержание системы специального математического обеспечения и ее подсистем в таком состоянии, при котором они могут выполнять свои функции, т. е. поддержание в работоспособном состоянии.

10.1. НЕОБХОДИМОСТЬ ОБСЛУЖИВАНИЯ. На первый взгляд может показаться, что нет необходимости в обслуживании системы. Действительно, разработали, проверили работоспособность и внедрили в систему программную модель, а в фонд — ее машиннезависимый образ. «Математика» не подвержена «ржавлению» и другим видам разрушения. Формулы (программы, алгоритмы) не меняются и не разрушаются. Если вычислительные машины и остальная техника автоматизации управления работоспособна, то все будет хорошо и без обслуживания системы специального математического обеспечения управления. Достаточно организовать обслуживание технических средств автоматизации управления.

Однако при более детальном рассмотрении легко прийти к выводу, что такое заключение необосновано. Можно утверждать, что «безнадзорная» система специального математического обеспечения управления довольно быстро придет в состояние, при котором ее

¹ Здесь под словом «создано» следует понимать, что сформированы условия, обеспечивающие развитие и функционирование системы, и что система уже не пуста

использование станет невозможным. Система специального математического обеспечения постоянно находится под воздействием внешней среды, которая способна приводить к положению, при котором она не сможет выполнять своих функций. Укажем три основных источника такого воздействия.

10.1.1. Информационное воздействие. Первый источник является принципиально новым, так как не имеет аналогов при организации использования других видов промышленной продукции. Этим источником является информационное воздействие. Информационное воздействие осуществляется потоком сведений, поступающих в систему специального математического обеспечения. Источникам информационного воздействия являются: поток сведений, поступающих от объектов управления и сопряженных подсистем; распоряжения, указания, приказы, запросы, поступающие от должностных лиц органа управления; подтверждения о получении распоряжений, указаний, приказов, поступающие от управляемых объектов; сведения, характеризующие состояние технических средств автоматизации и режимы их использования; сообщения о недостатках, обнаруженных в специальном математическом обеспечении управления, и способах их устранения. Результатом информационного воздействия является изменение состояния системы специального математического обеспечения управления.

Под влиянием некоторых воздействий система временно изменяет свое состояние, после чего возвращается в исходное состояние. Примерами таких воздействий могут служить сведения об изменении состояния технических средств автоматизации и режимов их использования. Так, если в этих сообщениях содержатся сведения о временном выходе из строя некоторых устройств либо сведения об их отключении в связи с профилактическими работами, то после ремонта и подключения этих устройств система (подсистема) специального математического обеспечения управления придет в первоначальное состояние.

Под влиянием других воздействий система специального математического обеспечения может безвозвратно изменить свое состояние. Так, например, получив сведения, подлежащие длительному (постоянному)

хранению, изменит свое состояние информационная база. С получением исправлений обнаруженных недостатков могут измениться как алгоритмы системы, так и ее информационная база. Если, например, в алгоритмах использованы адаптивные принципы, то под влиянием информационного потока меняется состояние системы алгоритмов.

Таким образом, если обозначить через $\Omega(t, \Lambda)$ состояние системы специального математического обеспечения управления в момент времени t как функцию от потока поступивших сообщений Λ , то справедливо утверждение

$$\Lambda(t_2 - t_1) \neq \emptyset \vee t_2 \gg t_1 \Rightarrow \Omega(t_1, \Lambda) \neq \Omega(t_2, \Lambda).$$

Изменение состояния системы, как следует из вышеизложенного, происходит как автоматически, так и с помощью людей. Для того чтобы осуществлять эти изменения, контролировать правильность происходящих изменений в системе специального математического обеспечения управления, без чего нельзя гарантировать ее работоспособности, необходима соответствующая организация работ по обслуживанию этой системы.

10.1.2. Материальные носители. Вторым источником воздействия на систему являются материальные носители математической и программной модели системы специального математического обеспечения управления. Такими материальными носителями являются магнитные диски, магнитные ленты, перфокарты и другие виды памяти вычислительных машин. Все эти виды памяти подвержены внешним физическим воздействиям, под влиянием которых они могут менять свои свойства. Изменение свойств может приводить к тому, что записанные на них части системы специального математического обеспечения искажаются, становятся неработоспособными (теряют способность выполнять свои функции). Искажение одного разряда (одной буквы, цифры) может привести к срыву выполнения определенных функций. Такие искажения легко обнаруживаются и устраняются с помощью заранее предусмотренных мер. Искажение нескольких разрядов может привести к непредвиденным последствиям. В лучшем случае часть функций системы специального

математического обеспечения останутся невыполненными и это автоматически обнаружится при попытке их исполнения. В худшем случае исполнение функций будет осуществляться неправильно.

Для исключения подобных ситуаций и устранения последствий при их возникновении необходима организация работ по постоянному наблюдению за состоянием и обслуживанию не только материальных носителей, но и специального математического обеспечения, записанного на них в форме алгоритмов, программ и информационных массивов.

10.1.3. Технические средства. Третьим источником воздействия на систему являются технические средства автоматизации, на которых реализовано специальное математическое обеспечение управления. Размещение (отображение) системы специального математического обеспечения и ее частей на технических средствах автоматизации зависит от конфигурации системы технических средств¹. Вслед за изменением конфигурации системы технических средств автоматизации должен изменяться вид отображения соответствующей части специального математического обеспечения управления. Такое изменение иногда может осуществляться автоматически без вмешательства человека. В некоторых случаях такое изменение невозможно без участия человека, т. е. без определенного обслуживания системы специального математического обеспечения управления.

Срок «жизни» подсистем специального математического обеспечения управления не совпадает со сроком «жизни» технических средств автоматизации. Состав

¹ Конфигурацией системы называется состав и взаимосвязь устройств технических средств переработки информации. Конфигурация системы может изменяться в процессе эксплуатации технических средств. Причинами такого изменения могут быть плановые профилактические или ремонтные работы, выход из строя отдельных устройств или наращивание состава системы новыми техническими средствами. От конфигурации в значительной степени зависит производительность системы. Вид конфигурации определяет допустимые режимы использования технических средств системы, а в некоторых случаях однозначно определяет возможный режим.

этих средств может наращиваться при неизменных функциях специального математического обеспечения управления. При этом происходит изменение конфигурации системы технических средств автоматизации и может изменяться отображение на них соответствующих частей системы специального математического обеспечения управления.

Наиболее существенные изменения может вызвать замена типов вычислительных машин. Это, как уже отмечалось, объясняется тем, что период смены типов машин на данном этапе находится в пределах 2—5 лет. Полезные ресурсы вычислительных машин, не говоря уже об их моральном старении, исчерпываются за 7—10 лет. За это время промышленность, как правило, прекращает выпуск первоначально установленных типов вычислительных машин. Можно ждать, что срок «жизни» подсистем специального математического обеспечения управления будет измеряться десятилетиями. Таким образом, за время «жизни» подсистемы специального математического обеспечения управления смена типов вычислительных машин технической базы автоматизации неизбежна и, возможно, будет осуществляться неоднократно.

При всякой такой смене необходимо изменение отображения соответствующих частей системы специального математического обеспечения управления на новые технические средства автоматизации. Эта работа усложняется тем, что изменение отображения части системы специального математического обеспечения управления не должно нарушать непрерывности исполнения функций при управлении. Подобная работа по обслуживанию системы специального математического обеспечения управления может быть выполнена только людьми (по их указаниям и под их наблюдением).

Следовательно, можно считать доказанным, что система специального математического обеспечения нуждается в обязательном обслуживании, без чего она быстро потеряет свою работоспособность и использование ее станет невозможным.

10.2. ОБЛАСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ. Можно выделить следующие три основные области обслуживания системы специального математического обеспечения управ-

ления: фонд, информационная база и процесс использования. Рассмотрим виды и особенности обслуживания каждой из этих областей.

10.2.1. Фонд. Фонд системы специального математического обеспечения, как отмечалось выше, является местом хранения как машиннезависимой части специального математического обеспечения управления, так и эталонов программных моделей подсистем для конкретных типов вычислительных машин и других технических средств автоматизации управления. Фонд системы специального математического обеспечения связан с внешним миром параметрическими связями $\pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6$ (см. рис. 2.1) и является местом централизации всех результатов разработки специального математического обеспечения управления. В состав фонда включаются новые разработки, но из него также должны исключаться те подсистемы специального математического обеспечения управления, которые уже устарели¹.

Для того чтобы судить о степени использования подсистем специального математического обеспечения в органах систем управления, фонд должен систематически вести статистическую обработку сведений, поступающих в него. Фонд является единственным местом в системе специального математического обеспечения управления, где целесообразно (и возможно) выполнение анализа результатов обработки этих сведений. Такую задачу нельзя решить в частных подсистемах управления, так как одни и те же средства специального математического обеспечения управления одновременно могут быть использованы многими различными подсистемами и органами системы управления².

¹ Исключение может, например, заключаться в переводе из области оперативного использования материалов фонда в область архивного хранения.

² Естественно, что фонд может быть разделен на составные части, каждая из которых обслуживает определенную область средств специального математического обеспечения управления, соответствующую автономной группе подсистем управления, объединенных, например, по отраслевому или иному другому признаку. Однако такая «децентрализация» носит формальный характер.

Поэтому только централизованный сбор сведений о том, где и какие программные модели (и их части) используются, может обеспечить обоснованные выводы о том, что из состава системы специального математического обеспечения уже устарело и может быть исключено из оперативной части фонда.

Фонд является оперативно используемой частью системы специального математического обеспечения. Это использование осуществляется путем выполнения функций $\{F_5 \div F_{12}\}$.

Часть специального математического обеспечения управления, входящая в состав фонда, подвержена всем трем видам воздействия внешней среды. Информационное воздействие заключается в корректировании средств, входящих в состав фонда. Если средства специального математического обеспечения, входящие в состав фонда, используются с помощью средств автоматического обслуживания, то информационное воздействие может быть результатом обработки заявок на их использование.

Таким образом, для того чтобы фонд успешно выполнял свои функции, средства специального математического обеспечения, в него входящие, должны обслуживаться.

10.2.2. Информационная база. Информационная база является местом хранения всех сведений системы специального математического обеспечения о «внешнем мире»: его составе, состоянии, планах, результатах и истории действий.

Информационная база специального математического обеспечения связана с внешним миром всеми параметрическими связями множества Π . Информационная база является постоянно и оперативно используемой частью системы (подсистемы) специального математического обеспечения управления. Содержание значений параметров информационной базы используется при выполнении всех функций множества F . Информационная база системы специального математического обеспечения управления наиболее подвержена информационному воздействию.

Вычислительная техника обладает двумя качествами, обеспечивающими возможность ее использования для управления: способностью быстро (намного быстрее,

чем это может делать человек) перерабатывать информацию и способностью запоминать (накапливать) информацию. Основой реализации информационной базы является использование этого второго качества вычислительной техники. Ресурсы памяти вычислительных машин достаточно велики. Память вычислительных машин, как правило, делится на две категории. К первой категории относится та память вычислительных машин, к которой процессор может обращаться автоматически¹, ко второй категории — та память вычислительных машин, к которой процессор обращается с помощью людей.

Технически эта категория памяти может быть реализована на таких же носителях, как и память первой категории. Однако носители информации памяти второй категории хранятся отдельно от вычислительного комплекса (не на устройствах записи и считывания, а в шкафах). Для получения сведений, хранящихся в памяти второй категории, эти носители устанавливаются людьми на устройства записи и считывания. Таким образом, наличие памяти второй категории определяется ограниченным числом устройств записи и считывания информации.

Память второй категории используется тогда, когда исчерпаны ресурсы памяти первой категории.

Ясно, что при длительном использовании средств автоматизации в процессах управления ресурсы памяти первой категории со временем будут исчерпаны хотя бы потому, что в информационной базе будут накапливаться сведения о результатах течения процессов управления за длительные промежутки времени. Поэтому периодически часть сведений информационной базы, которые подлежат длительному хранению и использованию, должна переноситься в память второй категории, т. е. на внешние носители информации.

В перспективе, при значительном увеличении объемов памяти вычислительных машин, можно ждать исчезновения памяти второй категории. Это произойдет тогда, когда ресурсов памяти первой категории будет достаточно для длительного хранения очень больших объемов информации. Настолько больших, что темп ста-

¹ Технически эта категория памяти реализуется на носителях информации, обслуживаемых специальными устройствами записи и считывания.

рения сведений информационной базы сможет сравниться с темпом поступления новых сведений. Этому процессу может помочь алгоритмическая (автоматическая) оценка снижения ценности информации со временем ее хранения, с автоматическим исключением сведений, потерявших ценность. Однако в настоящее время у автоматизированных систем управления, как правило, имеется память как первой, так и второй категорий.

Информационная база подвержена всем трем видам воздействия внешней среды, которые были указаны ранее. Информационное воздействие заключается во внесении новых сведений в состав информационной базы. Воздействие материальных носителей информации заключается в том, что их старение приводит к невозможности использования части информационной базы. Это вызывает необходимость перемещения части сведений информационной базы на новые материальные носители информации. Воздействие технических средств заключается в том, что при выходе из строя (возникновении необходимости профилактики) устройств записи и считывания информации, а также после их ввода в рабочий режим изменяются объемы памяти первой категории. Это приводит к необходимости изменения отображения информационной базы на технические средства автоматизации.

При смене типов вычислительных средств возникает необходимость в перенесении содержания информационной базы на новые материальные носители информации. Такая работа должна осуществляться без нарушений непрерывности управления. Наиболее сложной является синхронизация состава текущей информации на старых и новых носителях.

Таким образом, для того чтобы информационная база специального математического обеспечения находилась в работоспособном состоянии, ее необходимо обслуживать.

10.2.3. Процесс использования. Еще одной областью обслуживания специального математического обеспечения управления является процесс его использования в общей системе средств автоматизации.

При централизованной обработке потоков информации должна быть предусмотрена возможность появления очереди на обработку. Как правило, механизм обработки очереди автоматизирован. С помощью системы

приоритетов, с учетом потребных и наличных ресурсов технических средств автоматизации из очереди последовательно выбираются и обрабатываются поступившие заявки (сообщения, распоряжения и т. п.). Этот механизм является принадлежностью общесистемного математического обеспечения. Однако не исключена *вероятность возникновения ситуаций, при которых для организации обслуживания очереди на обработку необходимо привлечь людей*. Это объясняется тем, что не всегда удастся заранее проанализировать и алгоритмически описать все ситуации и способы действий при их возникновении. Технические средства автоматизации могут выходить из строя. Время восстановления может быть достаточно большим. Длина очереди на обработку зависит от продолжительности этого времени. В некоторых ситуациях дисциплину дальнейшего обслуживания очереди могут определить только люди. Не исключено, что часть сообщений, находящихся в очереди на обработку, за время перерыва утратит свое значение и должна быть исключена из процесса обработки.

Аналогичное положение и с обслуживанием очереди на выдачу результатов обработки информации из памяти вычислительного комплекса. При выходе из строя устройства выдачи информации, если заранее не предусмотрены резервные пути для выдачи информации, решение может принять только человек.

В процессе использования средств автоматизации может (и должна) меняться организация доступа сотрудников к сведениям, хранящимся в информационной базе, и алгоритмам (программам), осуществляющим обработку поступивших сообщений. Такие изменения возможны в связи с перераспределением служебных обязанностей, изменением в структуре органа управления и т. п. Кроме того, сама организация ограничения доступа требует изменений в тех случаях, когда способы ограничения становятся известными не только тем сотрудникам, которые должны их знать. Ясно, что средства ограничения доступа в этом случае перестают выполнять свои функции. Для того чтобы этого не произошло, часть средств системы ограничения доступа, реализованную с помощью специального математического обеспечения, необходимо обслуживать.

При использовании средств автоматизации могут возникать конфликтные ситуации между этими средствами и обслуживаемыми процессами управления: средства автоматизации оказываются не способными к выполнению возложенных на них функций. Причинами этого могут быть такие нарушения правил их использования, автоматический анализ которых не был предусмотрен либо автоматическое устранение которых оказалось невозможным. Причиной конфликтной ситуации может оказаться и ранее не проявившийся недостаток в системе специального математического обеспечения управления, а также ошибки в функционировании технических средств автоматизации. В подобных ситуациях необходима помощь людей.

Во-первых, необходимо устранить последствия конфликта так, чтобы не пострадал процесс управления. Ясно, что в ряде случаев только человек (люди), пользуясь неформальными методами, способен выполнить такие работы. Косвенно эти работы относятся к обслуживанию специального математического обеспечения управления. Во-вторых, необходимо выяснить причины возникновения конфликта. Эти причины могут не лежать на поверхности явления, и тогда необходимо анализировать все источники. Сложность заключается в неоднозначности связей между причинами и следствием. Эту работу также следует отнести к обслуживанию специального математического обеспечения, которое могут выполнить только люди.

В процессе функционирования средств автоматизации может меняться конфигурация технических средств, в частности, в связи с выходом из строя некоторых устройств. В некоторых ситуациях для изменения отображения специального математического обеспечения на эти средства недостаточно разработанного и автоматически функционирующего аппарата. В этих случаях изменение отображения на работоспособную часть технических средств автоматизации осуществляют люди. Аналогичная ситуация может возникнуть после восстановления работоспособности устройств, вышедших из строя.

В процессе функционирования средств автоматизации в системе управления могут меняться направления информационных потоков. Причинами таких изменений

может быть перемещение руководящего состава и сотрудников органов управления, появление новых или исключение старых источников информации. При всех таких изменениях должны соответствующим образом корректироваться схемы (массивы), определяющие адресование информации.

Таким образом, организация использования средств автоматизации в процессе управления требует выполнения работ, связанных с обслуживанием специального математического обеспечения.

10.3. ОБСЛУЖИВАНИЕ ФОНДА. Централизованный фонд специального математического обеспечения управления в перспективе будет большой, непрерывно функционирующей организацией. Обслуживание фонда специального математического обеспечения заключается в выполнении следующих работ.

10.3.1. Пополнение фонда. Пополнение фонда заключается во введении в состав фонда новых подсистем специального математического обеспечения управления. Работа по включению новой подсистемы в состав фонда должна отличаться от той, которую выполняют библиотеки, принимая новые поступления. Принимая новую книгу, библиотека не контролирует правильность каждого поступившего экземпляра: наличие всех страниц и правильность брошюровки. Такая работа была бы слишком трудоемкой. Главной причиной является отсутствие непоправимых последствий при последующем выявлении подобных недостатков. Дело не в том, что при обнаружении брака в конкретном экземпляре можно запросить (найти) другой, без брака, а в том, что даже если весь тираж окажется с недостатками, то это не приведет к существенным потерям для общества в целом. Во всяком случае, трудно представить ситуацию, при которой потери были бы очень существенными¹. Кроме того, если книга окажется нужной (читаемой), то эти недостатки без труда будут выявлены читателем.

¹ Авторы сознательно так детально остановились на этом примере, так как он позволяет хорошо «прочувствовать» различие между обычными хранилищами информации и фондом специального математического обеспечения управления — различие, заключающееся в возможных последствиях.

Иное положение с включением новых средств математического обеспечения в состав фонда. Если в фонд будут включены средства математического обеспечения с «браком», то неизбежны значительные затраты труда и времени для выявления и устранения этих недостатков в дальнейшем. Косвенные потери связаны с тем, что потребители материалов фонда, проинформированные о его возможностях и построившие свои планы с их учетом, будут поставлены в трудное положение. Ясно, что все это может привести к значительным материальным потерям.

Таким образом, при включении новых средств математического обеспечения в состав фонда их правильность обязательно должна контролироваться. Контроль правильности достаточно сложный процесс. Контролироваться должны правильность записи текстов алгоритмов и программ на машинные носители, а также материалы, подтверждающие обоснованность выводов по результатам предшествующих проверок. Наиболее сложной является проверка наличия заданных (объявленных) свойств у включаемых алгоритмов и программ. Все это процессы, требующие совершенствования¹.

Однако можно утверждать, что централизованный фонд нельзя рассматривать как безответственный «склад» средств специального математического обеспечения. Он должен стать заинтересованным контролером качества, наделенным как правами, так и средствами, позволяющими ему выполнять функции контроля.

10.3.2. Проверка непротиворечивости. Проверка непротиворечивости средств специального математического обеспечения является одной из работ, входящих в число функций обслуживания фонда. Если локальная проверка качества отдельной подсистемы специального математического обеспечения в значительной степени может быть осуществлена до ее включения в фонд

¹ Существующая организация и методы проверки правильности средств математического обеспечения при передаче их одним предприятием (разработчиком) другому (потребителю) с трудом могут быть признаны удовлетворительными. Они нуждаются в радикальном совершенствовании

силами разработчиков, то непротиворечивость ее в общей системе фонда может быть проверена только централизованно.

Уточним, что нами понимается под непротиворечивостью отдельных подсистем специального математического обеспечения управления. Все подсистемы специального математического обеспечения управления должны быть согласованы как по исходным параметрам, так и по результатам¹. Если взаимосвязанные подсистемы специального математического обеспечения используют общие параметры информационной базы, то новая подсистема должна использовать уже имеющийся параметр информационной базы. Иначе может возникнуть противоречие, определяемое необходимостью многозначного ввода значения параметра и различиями в его значениях в разных местах информационной базы.

Если результаты работы моделей одной подсистемы являются аргументами для другой, то не должно быть разночтений в системе используемых единиц и формах представления.

Если результаты работы моделей разных подсистем используются для принятия решений в одном процессе управления, то не должно возникать противоречий в рекомендациях, которые можно получить, используя эти результаты.

Ясно, что уже на стадии разработки новой подсистемы специального математического обеспечения управления учитывается необходимость исключения возможного появления подобных противоречий. Однако их отсутствие должно проверяться централизованно. Представляется, что для выполнения этих работ наиболее удобен фонд специального математического обеспечения управления, в котором будут сосредоточены все выполненные разработки.

10.3.3. Идентификация. Идентификация является сле-

¹ Естественно, речь идет только о взаимосвязанных подсистемах. Взаимосвязь между ними заключается в том, что они могут опираться на общие параметры информационной базы, либо результаты работы одних подсистем являются аргументами для других, либо эти результаты используются в одних и тех же процессах управления.

дующей работой, которая выполняется в процессе обслуживания фонда специального математического обеспечения управления. Речь идет об идентификации всех элементов системы специального математического обеспечения управления. Без такой идентификации использование материалов фонда, естественно, будет невозможно.

Во-первых, идентифицированы должны быть подсистемы. Необходимо искать пути объединения идентификации с содержательной классификацией подсистем. Этим будут облегчены работы по изучению состава фонда, по отысканию его материалов для конкретных областей и процессов управления.

Во-вторых, идентифицированы должны быть основные информационные массивы. Если идентификация вспомогательных информационных массивов упрощается тем, что они локализованы в каждой из подсистем специального математического обеспечения, то некоторые основные информационные массивы могут выступать как глобальные. Это означает, что они могут использоваться несколькими подсистемами специального математического обеспечения управления. Такие информационные массивы должны иметь общую идентификацию в пределах всего фонда, т. е. идентификатор должен однозначно определять информационный массив.

В-третьих, должны быть идентифицированы те алгоритмы и программы, которые могут быть использованы в других подсистемах специального математического обеспечения управления (при новых разработках) либо в других процессах управления (выходящих за рамки данной подсистемы).

Идентификация, являющаяся технической работой, достаточно трудоемка. Объем работ увеличивается с ростом системы специального математического обеспечения управления.

Фактически идентификацией завершается процесс включения новых средств специального математического обеспечения в состав фонда.

10.3.4. Аннотирование. Одной из работ по обслуживанию фонда специального математического обеспечения управления является аннотирование его состава. Известно, что в современном море информации зачастую так

трудно найти сведения о выполненных разработках, что часто их быстрее удастся повторить заново¹. Создание системы специального математического обеспечения превратит со временем «море» информации в «океан». Поэтому аннотация имеющихся в фонде средств является обязательным условием эффективного использования уже созданного специального математического обеспечения управления.

10.3.5. Хранение. В обслуживание фонда входит организация его хранения. Организация хранения в первую очередь относится к машинным носителям алгоритмов и программ. Выше уже отмечалось, что любое искажение в тексте алгоритма или программы фактически лишает их работоспособности. Хранение их в виде текстов как основной формы для последующего размножения и переноса на машинные носители информации приводит к ряду недостатков. Главный из них связан с отсутствием технических устройств автоматического переноса текста алгоритма (программы) на машинный носитель информации. Поэтому такой перенос осуществляется вручную, а это трудоемкий процесс. Кроме того, в процессе такого переноса возникают благоприятные условия для появления ошибок в текстах на машинных носителях. Поэтому в фонде алгоритмы и программы выгоднее хранить в форме машинных носителей информации. Процесс снятия копий с них автоматизирован.

Так как машинные носители подвержены физическому старению и достаточно чувствительны к воздействиям внешней среды (влаги, температуры, излучения), то хранение должно осуществляться несколькими копиями в специально приспособленных под данный тип машинного носителя информации помещениях. Сохранность записей на них должна регулярно проверяться.

¹ Так, химики часто повторяют синтез нового вещества, дублируя уже выполненные ранее работы. Это оказывается быстрее (и дешевле), чем изучить выполненные работы и сделать вывод о том, нет ли уже готовых рецептов. Нельзя сбросить со счетов и то, что при изучении уже проделанных работ может оказаться, что необходимая тебе работа еще не выполнена. В этих случаях затраты труда на анализ информации просто остаются неоправданными, а время, затраченное на его выполнение, потерянным.

Копии, вышедшие из строя, должны регулярно восстанавливаться.

Кроме того, так как хранение материалов фонда может продолжаться десятилетиями, то периодически возникает необходимость переноса алгоритмов и программ на новые типы машинных носителей информации. Такая необходимость будет появляться каждый раз, когда данный тип машинного носителя будет устаревать и исключаться из эксплуатации.

Обслуживание и хранение документации на специальное математическое обеспечение мало чем будет отличаться от работ, проводимых в библиотеках.

Таким образом, хранение материалов фонда требует создания специальных условий и является достаточно трудоемкой работой.

10.3.6. Выдача справок. Подготовка и выдача справочных материалов о составе и состоянии фонда специального математического обеспечения управления является очевидной необходимостью. Без информации о составе и состоянии фонда использование его материалов практически невозможно¹. В подобной информации нуждаются разработчики новых подсистем специального математического обеспечения управления. Она позволит им избежать дублирования в разработках, повысить качество разработок. Без такой информации нельзя согласовать разрабатываемую подсистему с функционирующим составом фонда.

Такая информация нужна пользователям, т. е. органам управления. С ее помощью они могут принять решение, что из имеющегося в фонде специального математического обеспечения может быть ими использовано в практике управления.

В этой информации нуждаются ученые и научные учреждения. Она обеспечивает возможность более обоснованного планирования работ по созданию методов и

¹ В настоящее время даже в пределах одной организации с достаточно высокой культурой разработки математического обеспечения и использования вычислительной техники сотрудники одних подразделений не всегда знают о работах соседей. Естественно, что они лишены возможности использовать эти результаты. Это неизбежно приводит к излишним затратам времени и труда, к дублированию разработок отдельных алгоритмов и программ.

моделей, которые могут быть использованы при разработке специального математического обеспечения.

Справочная информация, по-видимому, должна выдаваться как периодически, так и по запросам. В составе сведений, выдаваемых по запросам, должны быть не только данные о составе фонда, но и характеристики состава фонда, нужда в которых носит не общий, а индивидуальный характер. Такими данными могут быть сведения об объемах отдельных подсистем, времени и авторах, их создавших, частоте использования, числе и частоте внесения корректировок и т. п.

Для того чтобы иметь возможность выдавать такие сведения справочная служба фонда должна обладать соответствующим техническим вооружением. Без него ответы будут выдаваться несвоевременно. Можно (и нужно) решить задачу о целесообразном уровне затрат на техническое вооружение справочной (и других) службы фонда. Фактором, стимулирующим повышение затрат, являются потери труда и времени потребителей, которые будут тем больше, чем больше время ожидания ответа на запрос. По-видимому, служба справок фонда с ростом его объема и ростом числа потребителей станет достаточно мощной с хорошим техническим вооружением.

10.3.7. Размножение эталонов. Одной из работ, связанной с обслуживанием фонда специального математического обеспечения управления, является размножение эталонов и представление копий потребителям. Выполнение этой работы требует специального оборудования. Если эталоны хранятся на машинных носителях информации, то их копирование возможно с помощью вычислительных машин или специального оборудования, осуществляющего копирование. Если эталоны хранятся в форме текстов, то нужно оборудование для их воспроизведения ¹.

¹ Ясно, что размножение и рассылка копий эталонов является технической работой. Однако технология ее выполнения должна исключать возможность появления искажений на всех этапах от снятия копии до завершения транспортировки. В отечественной практике такая технология еще не обрела законченный вид и никак не узаконена. В этом процессе нет мелочей. Здесь важно все, вплоть до вида упаковки.

Вышеизложенное позволяет утверждать, что фонд специального математического обеспечения управления должен быть оснащен вычислительной техникой и периферийным оборудованием как первоклассный вычислительный центр. Более того, он должен иметь технические средства для подготовки любых машинных носителей информации. В состав оборудования должны входить вычислительные машины всех типов, используемых в вычислительных комплексах автоматизированных систем управления. Фонд должен оснащаться подобными машинами в первую очередь, так как иначе он не сможет своевременно подготовиться к выполнению своих функций.

10.3.8. Корректирование. Следующей работой, связанной с обслуживанием фонда специального математического обеспечения управления, является корректирование и оповещение о нем всех заинтересованных потребителей.

Мы неоднократно уже указывали, что необходимость модификации (корректирования) подсистем специального математического обеспечения является объективным следствием законов его развития. Поэтому фонд должен быть способен выполнять работы, связанные с подобным корректированием.

Корректирование — процесс не менее (если не более) сложный, чем включение в фонд новой подсистемы. В процессе внесения корректировки должна быть проверена ее правильность, установлено, что она не приведет к появлению противоречий в составе специального математического обеспечения фонда. При необходимости должна быть проведена дополнительная идентификация. Так как одни и те же средства специального математического обеспечения будут использоваться во многих системах, многими органами управления, то представляется естественным оповещение о корректировке, связанной с обнаружением недостатков, возложить на организацию, обслуживающую фонд. Поручать оповещение о корректировке организации, осуществившей разработку (корректуру), нецелесообразно, так как она не может (и не должна) знать всех потребителей. Поэтому при обслуживании фонда необходимо выполнять еще одну функцию — учет всех потребителей каждой подсистемы специаль-

ного математического обеспечения управления, хранящейся в фонде. Такой учет обеспечит возможность своевременного оповещения о сделанных корректировках и способах их осуществления.

10.3.9. Анализ статистики. Работой, связанной с обслуживанием фонда, является сбор, обработка и анализ статистики по результатам использования специального математического обеспечения в подсистемах и органах управления. Выше были изложены причины, по которым эту работу целесообразно осуществлять централизованно, т. е. отнести к обслуживанию фонда.

Анализ статистики использования специального математического обеспечения преследует следующие основные цели.

Во-первых, необходим централизованный сбор сведений о недостатках, обнаруженных в процессе использования подсистем специального математического обеспечения управления. Если используются одни и те же средства специального математического обеспечения в разных системах управления, то при централизованном анализе недостатков можно существенно сократить время их выявления (за счет массовости использования). При этом если между фондом и всеми органами, где используется специальное математическое обеспечение, имеется обратная связь, то оповещение об обнаруженных недостатках может обеспечить существенную экономию труда. Дело в том, что, если появилось подозрение, что обнаружен недостаток (ошибка), приходится затрачивать много труда и времени для того, чтобы это подозрение превратилось в уверенность. Это время уходит на анализ возникшей ситуации, на уточнение причин, приводящих к ее возникновению, т. е. на доказательство того, что действительно выявлен недостаток. Ясно, что обмен информацией между фондом и органами управления поможет сократить затраты времени на подобный анализ. Кроме того, централизованный анализ выявленных недостатков повышает обоснованность выводов, так как одни и те же недостатки могут выявляться во многих органах управления либо будут подтверждены теми органами управления, которые получают оповещение. Все это снижает вероятность ошибочности заключения о выявленном недостатке.

Во-вторых, необходим централизованный сбор сведений о степени использования при управлении внедренных средств специального математического обеспечения. Анализ этих сведений позволит сделать вывод о целесообразности сохранения отдельных подсистем в фонде. Эта функция обслуживания фонда будет играть все большую роль по мере того, как объем фонда будет расти, а состав его отдельных подсистем стареть¹. Без нее нельзя будет определить состава оперативно используемой части фонда. Это, в свою очередь, повлечет за собой необоснованные расходы ресурсов на поддержание в состоянии оперативной готовности тех подсистем или средств специального математического обеспечения, которые уже фактически устарели и в системах управления не используются.

10.3.10. Исключение из фонда. В процессе использования фонда специального математического обеспечения появляется необходимость исключения из его состава устаревших подсистем или средств. Можно предположить, что в составе фонда будет не одна, а несколько форм хранения средств специального математического обеспечения. Основной будет форма, обеспечивающая возможность оперативного использования. Так будут храниться те средства фонда, которые используются в системах управления. По мере их старения и исключения из режима регулярного использования они будут переходить в другую часть фонда, где будут храниться до тех пор, пока вероятность того, что они еще понадобятся, не станет фактически нулевой. После этого они будут либо уничтожаться, либо передаваться на архивное хранение как объекты, имеющие лишь историческую ценность. Важность этой функции будет возрастать по мере развития фонда.

¹ Авторы еще и еще раз возвращаются к мысли, что система специального математического обеспечения управления (и ее фонд) будет существовать достаточно долго, если не сказать, вечно, т. е. столько, сколько будет существовать человеческое общество. Эта система является «коллективным автоматизированным мозгом» общественного управления и без нее рациональное использование и развитие материальных ресурсов общества будет невозможно.

Для принятия решения о переводе средств специального математического обеспечения управления из одной части фонда в другую мало иметь сведения о прямом использовании этих средств в органах управления. Кроме этих сведений необходимо учитывать связи между данными средствами и остальной частью системы. Это объясняется тем, что часть средств специального математического обеспечения может не использоваться явно, но оставаться в роли обеспечивающих для других средств (подсистем). Такой анализ взаимосвязи средств специального математического обеспечения должен осуществляться перед принятием решения об исключении части средств из фонда.

10.4. ОБСЛУЖИВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ.

Информационная база системы специального математического обеспечения состоит из совокупности информационных баз подсистем. Каждая из них содержит параметры, необходимые для обеспечения управления на конкретном уровне иерархии системы управления. По мере повышения уровня управления параметры, входящие в состав информационной базы подсистемы данного уровня, укрупняются (обобщаются). Если в одной подсистеме управления необходимо использовать сведения из другой подсистемы, между их информационными базами устанавливается взаимосвязь. Эта взаимосвязь может быть либо постоянной (регулярной), либо периодической. В первом случае сведения из информационной базы одной подсистемы поступают в информационную базу другой автоматически, в соответствии с установленными алгоритмическими связями, во втором — передаются по специальным запросам тогда, когда в этом возникает необходимость.

Для того чтобы информационная база каждой подсистемы специального математического обеспечения могла выполнять свои функции, необходимы следующие работы по ее обслуживанию.

10.4.1. Контроль поступления сведений. Первой работой по обслуживанию информационной базы является контроль соблюдения правил поступления сведений в информационную базу. Эти правила определяют, от каких источников, какие сведения должны поступать,

каков состав этих сведений. Контроль выполнения этих правил в значительной степени может быть автоматизирован. При их нарушении формируется сигнал (справка) о характере нарушения, Если сведения поступают не от того источника, который должен и имеет права их выдавать, то сигнал поступает к персоналу, обслуживающему информационную базу. Если нарушен состав поступивших сведений, то сигнал об этом поступает на источник информации, а также для учета к обслуживающему персоналу. Если нарушения в содержании поступивших сведений носят формальный характер (например, нарушен синтаксис записи и т. п.), то исправление и повторный ввод таких сообщений может осуществляться персоналом, обслуживающим информационную базу. Если известны правила, определяющие необходимый темп поступления сведений, то при нарушении автоматически могут формироваться запросы к источникам сведений, нарушившим правила, и справки обслуживающему персоналу о происшедшем нарушении.

Так как вероятность ненадежной работы каналов связи вычислительного комплекса с источником информации не равна нулю, то в критических ситуациях меры должен принимать персонал, обслуживающий информационную базу. В первую очередь это касается важных сведений, оказывающих наиболее существенное влияние на качество принимаемых решений. К таким мерам относится попытка воспользоваться резервными неавтоматизированными линиями связи или другими путями получения сведений для ввода их в информационную базу.

10.4.2. Правильность использования. Следующей работой по обслуживанию информационной базы специального математического обеспечения управления является контроль за соблюдением правил использования сведений информационной базы. Выше отмечалось, что круг лиц, допущенных к определенным сведениям, хранящимся в информационной базе, ограничен, так же как состав алгоритмов (программ), которым разрешено обращаться за этими сведениями. Эти ограничения задают правилами, устанавливающими соответствие между областями информационной базы и кругом допущенных лиц. Выполнение этих правил должно про-

веряться автоматически, а меры при их нарушении должны принимать люди¹.

10.4.3. Контроль содержания. Контроль правильности содержания поступающих в информационную базу сведений, осуществляемый как автоматически, так и людьми, проводимый для каждого сообщения, еще не гарантирует того, что содержание всей информационной базы правильно. Это объясняется тем, что из правильности составляющих не всегда вытекает правильность целого. Поэтому периодически содержание информационной базы должно подвергаться системному анализу на правильность. Такая проверка может производиться с помощью алгоритмических средств, контролирующих допустимость и непротиворечивость состава сведений информационной базы.

Наиболее важные области информационной базы, кроме того, могут контролироваться обслуживающим персоналом.

10.4.4. Проверка сохранности. В процессе обслуживания информационной базы необходим контроль работоспособности материальных носителей данных и восстановление их работоспособности. Как отмечалось выше, информационная база может храниться в памяти как первой категории (доступной для автоматической записи и считывания сведений в вычислительный комплекс), так и второй категории. Материальные носители данных, находящиеся в памяти первой категории, контролируются на работоспособность (полностью или частично) при каждом обращении к ним вычислительного комплекса. Поэтому объем проверок этих носителей на работоспособность относительно невелик. Так как, как правило, в памяти этой категории одновременно хранится несколько копий идентичных данных, то при выходе из строя одной из них она автоматически восстанавливается на другом. Поэтому работы по обслуживанию части информационной базы, хранящейся в памяти первой категории, в основном ограничиваются тем, что осуществляется замена носителей данных, полностью вышедших из строя.

¹ Эта функция важна для экономических систем управления, но особое значение она приобретает в военных системах, в информационной базе которых хранятся секретные сведения.

Значительно большего объема работ требует обслуживание части информационной базы, хранящейся в памяти второй категории. Напомним, что данные, хранящиеся в этой памяти, недоступны для автоматического считывания их в оперативную память вычислительного комплекса. Поэтому для проверки на работоспособность (и сохранность сведений) эти материальные носители периодически устанавливаются на устройства записи и считывания. Для их проверки необходимо выделить рабочее время вычислительных машин. В случае порчи сведений они должны восстанавливаться с копий, а неработоспособные материальные носители информации заменяться.

Если на одном машинном носителе хранится несколько информационных массивов, то вероятность того, что на всех копиях искажен один и тот же массив, достаточно мала. Поэтому правильный экземпляр машинного носителя может быть восстановлен путем объединения неискаженных массивов. Если на всех копиях все же искажен один и тот же массив, то вероятность того, что в них искажены одни и те же сведения (величины) еще меньше. Пользуясь всеми копиями, можно сформировать правильный массив. Например, при трех копиях можно воспользоваться логикой «два из трех». Если на всех копиях искажена одна и та же величина, то к восстановлению ее правильного значения должны быть привлечены люди, знающие содержательную сторону вопроса.

10.4.5. Перенос данных. Как уже отмечалось ранее, перенос данных из памяти одной категории в другую обусловлен ограниченными объемами памяти первой категории. Часть сведений информационной базы переносится в память второй категории только тогда, когда исчерпаны ресурсы памяти первой категории. Объем этих работ может быть существенно уменьшен, если автоматизирован учет интенсивности обращений к материальным носителям данных, хранящихся в памяти первой категории. По частоте обращений и распределению числа обращений во времени может быть выбрана наилучшая стратегия переноса материальных носителей данных.

Часть сведений информационной базы, хранящихся в памяти второй категории, продолжает относиться

к числу оперативно используемых сведений при управлении.

Поэтому справочные данные о месте их хранения должны оставаться в памяти первой категории. При возникновении необходимости в этих сведениях по справочным данным определяется место их хранения и автоматически формируется заявка на их перенос из памяти второй категории в память первой. По статистике обращений к сведениям, находящимся в памяти первой категории, определяется, какие из них при этом могут быть перенесены в память второй категории. Если в обращении к сведениям информационной базы имеется определенная закономерность, то можно построить план перемещения материальных носителей данных из памяти одной категории в память другой. Тогда обслуживание заключается в выполнении этого плана.

10.4.6. Архивное хранение. Практически объемы памяти второй категории можно считать неограниченными. Однако хранение в ней всех сведений, поступивших в информационную базу за время функционирования автоматизированной системы управления, нецелесообразно, так как при этом оперативное использование сведений информационной базы может стать практически невозможным. Поэтому те сведения информационной базы, нужда в оперативном (текущем) использовании которых отпала, должны либо уничтожаться (если необходимость в них уже никогда не возникнет), либо переноситься на архивное хранение¹.

Наиболее сложно выделить устаревшие данные из всех сведений информационной базы. Естественно, что необходимость выполнения этой работы ясна уже на этапе создания подсистемы специального математического обеспечения. Поэтому при создании информационной базы должны быть использованы структурные формы, облегчающие выполнение работ по переносу сведений на архивное хранение. Так, если структура информационной базы такова, что устаревание сведений происходит связными массивами, а еще лучше единицами материальных носителей данных, то выпол-

¹ Формы архивных документов могут быть разнообразными: от текстов на бумаге до голографических пленок.

нение работ по переносу на архивное хранение существенно упрощается¹.

При создании программной модели также могут быть приняты меры, облегчающие выполнение работ по переносу сведений на архивное хранение. В частности, могут быть созданы алгоритмы выделения таких сведений из общего состава информационной базы, перемещения оставшихся сведений в пределах информационных массивов, перемещения массивов в пределах материального носителя данных и т. п. Все это может существенно облегчить работы по переносу сведений на архивное хранение, а также уменьшить вероятность появления ошибок при выполнении этих работ. Если сведения, переносимые на архивное хранение, составляют часть информационного массива, то при их выделении могут быть допущены ошибки. Поэтому эти работы необходимо максимально автоматизировать, чтобы снизить вероятность появления ошибок в оставшейся части сведений информационной базы.

10.4.7. Корректирование структуры и состава. Система специального математического обеспечения и ее отдельные подсистемы являются развивающимися (изменяющимися) объектами. В эту систему (и ее подсистемы) в процессе использования будут включаться новые алгоритмы. Отдельные подсистемы будут сопрягаться с новыми внедряемыми подсистемами. Все это неизбежно повлечет за собой необходимость корректировать структуру и состав информационной базы как системы специального математического обеспечения управления, так и ее подсистем. При корректировании можно выделить два основных вида работ: наращивание информационной базы и исключение из нее отдельных параметров. Сложность корректирования определяется следующими тремя обстоятельствами: не должна нарушаться непрерывность в работе системы управления; не должны быть нарушены свойства информационной базы (оперативность и т. п.); не долж-

¹ Правда, при этом еще нужно убедиться, что подобная структура не ухудшит других свойств информационной базы, например не увеличит время считывания сведений, не ухудшит условия переноса части сведений информационной базы из памяти одной категории в другую и т. п.

на нарушаться правильность информационной базы. Учет первого обстоятельства требует автономного проведения всех подготовительных работ по созданию структуры скорректированной информационной базы. Наибольшие трудности появляются на последнем этапе, когда нужно сведения из старой структуры информационной базы перенести в ее новую структуру.

Учет второго обстоятельства требует обоснования оптимальности скорректированной структуры информационной базы. При разработке подсистемы специального математического обеспечения выбирается и обосновывается рациональная структура информационной базы, позволяющая минимизировать время обращения к ней вычислительного комплекса, создающая условия для сокращения времени выполнения работ на перенос сведений из одной категории памяти в другую, на выделение сведений для архивного хранения и т. п. Ясно, что при корректировании эти свойства не должны ухудшаться.

Учет третьего обстоятельства требует максимальной автоматизации всех работ, выполняемых при корректировании информационной базы, без чего будет велика вероятность внесения ошибок.

10.4.8. Новые носители. Перенос (полный или частичный) сведений информационной базы на новые виды материальных носителей данных необходим тогда, когда в состав технических средств автоматизации включаются новые типы устройств записи и считывания информации, использующие новые виды материальных носителей данных. Ясно, что эта работа по обслуживанию информационной базы проводится редко.

Укажем на одну сложность выполнения этой работы. Поток сведений поступает в информационную базу непрерывно. Для переноса сведений со старых носителей на новые необходимо время. За это время на старые носители информационной базы будут продолжать поступать сведения. Задача заключается в том, чтобы в момент замены старых носителей новыми состав сведений на них был бы идентичным.

10.5. ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРОЦЕССА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ. В процессе функционирования специальное математическое обеспечение используется в общей системе средств автоматизации управления. Поэтому

обслуживание процесса его использования не всегда можно отделить от обслуживания остальных средств автоматизации. Этим объясняются возможные пересечения областей обслуживания, что находит отражение в последующем изложении. Основными работами по обслуживанию процесса использования специального математического обеспечения управления являются следующие.

10.5.1. Очередь входящих сообщений. В процессе использования средств автоматизации может возникать необходимость в изменении дисциплины обслуживания очереди входящих сообщений. Как правило, определенные принципы очередности обслуживания поступающих сообщений алгоритмизируются и реализуются автоматически. Часто целью введения дисциплины обслуживания является стремление повысить эффективность использования технических средств автоматизации. Реже эта цель отражает стремление удовлетворить содержательные потребности процесса управления. При этом правила, определяющие эти потребности, учитывают их в среднем. Индивидуальный учет потребностей процесса управления в очередности (приоритетности) обработки сообщений с оценкой конкретно сложившейся обстановки не всегда удается (а точнее, почти никогда не удается) представить совокупностью формализованных правил. Наиболее гибким является путь задания приоритета (срочности) обработки в самом тексте сообщения. Однако при этом сохраняется субъективность оценок срочности источниками сообщений.

Каждый источник фактически не может оценить ситуацию, сложившуюся в системе управления. Поэтому средства, определяющие дисциплину обслуживания очереди, целесообразно строить как параметрически настраиваемые и перестраиваемые. Параметрической настройкой их можно установить такую дисциплину обслуживания, которая в наибольшей степени отвечала бы обстановке, сложившейся в системе управления. При изменении обстановки с помощью этих средств соответствующим образом может быть изменена дисциплина обслуживания. При этом может быть учтена как обстановка, сложившаяся на объектах и в органах управления, так и состояние технических средств авто-

матизации управления. Изменение дисциплины обслуживания включает и исключение из очереди сообщений, обработка которых в связи с задержками либо по каким-то другим причинам полностью потеряла смысл.

10.5.2. Очередь результатов. Если на один канал обмена или на одно устройство выдачи с интенсивностью, превышающей их пропускную способность, поступит несколько результатов переработки информации, то неизбежно образуется очередь на выдачу. Эта очередь будет обслуживаться автоматически в соответствии с заранее установленной дисциплиной ее обслуживания.

На случай выхода из строя канала или устройства могут быть заранее предусмотрены резервные пути. Если окажется, что все заранее предусмотренные запасные варианты исчерпаны, то решение, как и куда выдать результаты, уже подготовленные к выдаче и находящиеся в очереди, может принять только человек. Обслуживание очереди в этом случае заключается в определении устройств, на которые могут быть выданы результаты, и в определении путей доставки их адресатам.

10.5.3. Ограничение доступа. Система доступа тем лучше выполняет свои функции, чем меньше сведений о ней известно лицам, доступ которых ограничивается. Следовательно, необходимо в процессе ее обслуживания стремиться к положению, при котором количество информации, известной об этой системе во «внешнем мире», было бы минимальным, а степень неопределенности наибольшей.

В процессе эксплуатации часть сведений о системе доступа будет выходить за пределы допустимой области. Чем большим будет время ее эксплуатации, тем большими сведениями о ней будет располагать «внешний мир», если состав и состояние системы доступа будут оставаться неизменными. Следовательно, в процессе обслуживания системы доступа она должна подвергаться таким изменениям, чтобы степень неопределенности знаний о ней во «внешнем мире» оставалась бы не ниже заданной. Например, должно оставаться неизменным содержание массивов данных системы доступа. Для этого их можно формировать из двух частей:

первая является постоянной и содержит данные о фактическом составе и размещении сведений в информационной базе, о способах работы с ними и способах их получения (записи), вторая — переменной, она устанавливает соответствие между правилами доступа и содержанием первой части массивов.

Для того чтобы воспользоваться возможностями, которые предоставляются постоянной частью массивов, нужно знать значение переменных частей (пароли, ключи и т. п.). Таким образом, при каждой смене значений переменных частей степень неопределенности сведений о системе доступа увеличивается. Еще один способ уменьшения сведений о системе доступа заключается в периодической смене правил доступа, о которых в момент ее производства становится известно только определенному кругу лиц.

Кроме этих работ в обслуживание системы доступа включаются следующие функции: изменение персонального состава должностных лиц, имеющих право пользоваться средствами автоматизации (оно может заключаться во включении новых должностных лиц, исключении старых или персональной смене конкретного должностного лица); изменение областей доступа конкретных должностных лиц; включение новых областей доступа, которое происходит при расширении состава специального математического обеспечения управления или исключение старых.

10.5.4. Источники сведений. Следующей работой по обслуживанию процесса использования специального математического обеспечения управления является корректура состава источников сведений, поступающих в информационную базу. Источники сведений, поступающих в информационную базу, формируются в соответствии с определенными правовыми нормами. Поэтому при подключении нового источника должно проверяться, обладает ли этот источник необходимыми юридическими правами. При положительном ответе корректируются схемы, обслуживающие потоки сведений, поступающих от источников в информационную базу.

Аналогично должно проводиться отключение источников сведений. Это в равной степени относится как к постоянному их отключению, так и к временному.

Его нельзя осуществлять без законных оснований¹.

10.5.5. Получатели сведений. Следующей работой по обслуживанию процесса использования специального математического обеспечения управления является изменение направлений потоков результатов. Расположение технических средств автоматизации, как правило, в значительной степени стационарно. Места расположения устройств ввода и получения информации фиксированы. Поэтому при изменениях в структуре расположения должностных лиц, использующих при управлении средства автоматизации, нужно либо перемещать вслед за ними эти устройства, либо изменять направления потоков результатов. Последнее возможно, если в новых местах расположения должностных лиц имеются аналогичные устройства либо устройства, позволяющие выполнять необходимые функции. Ясно, что при временном перемещении должностных лиц второй путь должен быть основным. Для его осуществления необходима перенастройка математического обеспечения.

10.5.6. Конфигурация технических средств. При всех изменениях конфигурации неизбежна перестройка специального математического обеспечения. Так, при изменении числа работающих процессоров может возникнуть необходимость в корректуре плана распределения между ними функций, выполняемых специальным математическим обеспечением управления. При изменении числа работающих устройств записи и считывании информации изменяется объем памяти первой категории, что может привести к необходимости перемещения не только массивов информационной базы, но и программных массивов специального математического обеспечения управления.

В значительной степени состав этих работ по отображению средств специального математического обеспечения на изменяющийся состав технических средств может быть проанализирован заранее. Для этого мо-

¹ По-видимому, эта область обслуживания должна находиться под контролем системы документирования, которая позволит проверить допустимость и правильность выполнения работы, особенно, как нам кажется, при временном изменении состава источников сведений.

гут быть созданы алгоритмы (программы), которые будут выполняться автоматически в зависимости от образовавшейся конфигурации. Если будут возникать непредвиденные заранее ситуации, принять решения и выполнить функции обслуживания по перенастройке специального математического обеспечения управления должны люди.

10.5.7. Конфликтные ситуации. Конфликтной является ситуация, при которой средства автоматизации оказались неспособными к выполнению некоторых своих функций. Подобная ситуация анализируется с двумя основными целями. Первой является принятие мер, с помощью которых не был бы нарушен процесс управления. Это ближняя и самая важная цель с точки зрения принятия своевременного решения в процессе управления.

Второй целью является выявление причин возникновения конфликтной ситуации и создание условий, исключающих возможность появления подобных ситуаций в будущем.

Рассмотрим основные классы причин, приводящих к возникновению конфликтных ситуаций. Первым из них является отсутствие «взаимопонимания» между людьми, использующими средства автоматизации, и этими средствами¹. Средства автоматизации в целом и специальное математическое обеспечение как их часть являются достаточно сильно формализованным «партнером»². Опыт показывает, что на первом этапе люди достаточно часто нарушают правила формали-

¹ Даже людям, объединившимся в новый коллектив для выполнения совместных работ, нужно некоторое время для того, чтобы они нашли общий язык, уточнили понимание понятий и терминов. Естественно, что для отработки согласованной работы людей и средств автоматизации также нужен некоторый начальный период для овладения техникой. Специальное математическое обеспечение управления на много порядков сложнее самых сложных технических устройств, поэтому для достижения согласованной работы людей с ним нужно значительно больше времени.

² Наметившаяся тенденция к уменьшению степени формализации способов общения с математическим обеспечением позволяет думать, что со времени трудности «взаимопонимания» на начальной стадии будут существенно уменьшены.

зации обращений к средствам автоматизации. Значительная часть этих нарушений выявляется и классифицируется автоматически. Это существенно облегчает устранение их последствий, так как человек, получив «подсказку», быстро исправляет сделанные им ошибки. Однако часть нарушений автоматически классифицировать (и установить их причины) не удастся. Они проявляются после нескольких шагов обработки информации, когда для отыскания причин их возникновения приходится затрачивать достаточно большой труд. Каждый из пройденных этапов переработки является потенциальным источником причин сложившейся ситуации. Неоднозначность связей между следствием и множеством причин существенно затрудняет анализ возникшей ситуации.

Такую работу приходится выполнять людям. Ошибки, связанные с неправильной формализацией, первые недели могут нарушать правильность до 50% обращений к средствам автоматизации. Если установлено, что источником конфликтной ситуации является неправильное обращение к средствам автоматизации, то устранение как причины, так и последствий не представляет труда. По мере накопления опыта люди, использующие средства автоматизации, довольно быстро приобретают необходимые навыки, и трудности этого периода остаются, в основном, позади.

Вторым классом причин возникновения конфликтных ситуаций являются недостатки средств специального математического обеспечения управления, не выявленные на этапе опытной эксплуатации. Опыт показывает, что число недостатков существенно уменьшается как функция от времени использования данных средств. Однако и после нескольких лет интенсивной эксплуатации вероятность того, что причиной конфликтной ситуации могут стать средства специального математического обеспечения, остается. Сложность анализа этих ситуаций заключается в том, что нужно уметь локализовать область возможных источников. Так, достаточно сложно отделить причины, относящихся ко второму классу источников конфликтных ситуаций, от причин, относящихся к первому классу. Не менее сложно отделить их от причин следующих классов источников конфликтных ситуаций.

Если установлено, что причиной возникшей ситуации является специальное математическое обеспечение управления, возникают существенные трудности, связанные с устранением их последствий. Как правило, не удается быстро внести исправление в средства специального математического обеспечения с достаточными гарантиями их правильности. Выполнить вручную вычисления, которые должны были быть выполнены средствами автоматизации, в полном объеме и своевременно практически невозможно. Поэтому в подобных ситуациях приходится руководствоваться правилом, что «лучше своевременное решение, чем никакого». Ясно, что при этом неизбежен проигрыш в степени количественного обоснования решения.

Выявленные недостатки средств специального математического обеспечения управления фиксируется и с материалами, позволяющими уяснить их сущность, а также воспроизвести повторно (многократно), представляются в фонд для организации работ по их устранению.

Третьим классом причин возникновения конфликтных ситуаций являются недостатки общесистемного математического обеспечения. Множество этих недостатков убывает со временем гораздо быстрее, чем множество недостатков в средствах специального математического обеспечения управления. Это объясняется более широкими масштабами и более высокой интенсивностью использования общесистемного математического обеспечения по сравнению со специальным. Трудности их обнаружения и исправления аналогичны трудностям обнаружения и исправления недостатков в специальном математическом обеспечении.

Устранение последствий обнаруженных недостатков облегчается тем, что остаются работоспособными как специальное математическое обеспечение управления, так и технические средства автоматизации. Это создает благоприятные условия для устранения последствий конфликтной ситуации полуавтоматическим путем, т. е. путем неавтоматического выполнения необходимых функций общесистемного математического обеспечения и автоматического выполнения всех остальных.

Четвертым классом причин возникновения конфликтных ситуаций являются неполадки в работе техниче-

ских средств автоматизации. Выявление таких неполадок может быть достаточно хорошо автоматизировано. Устранить их последствия можно, используя резервное оборудование. Поэтому локализация причин конфликтной ситуации, как правило, должна начинаться с проверки работоспособности технических средств автоматизации.

10.6. ВЫВОДЫ. Система специального математического обеспечения управления является изменяющимся объектом. Ее изменение в процессе использования определяется **информационным воздействием**, под влиянием которого меняется состояние информационной базы. Такие изменения могут быть как обратимыми, так и необратимыми. Обслуживание системы заключается в контроле допустимости изменений и устранении последствий возможных нарушений установленных правил. Кроме того, обслуживание системы может быть связано с изменением состава органов управления и управляемых объектов, а также с решением задач ограничения доступа к сведениям, находящимся в системе.

Изменения в системе специального математического обеспечения управления могут быть **связаны с ее развитием**. При этом возможно как наращивание функций системы, так и исключение таких, в которых отпала необходимость. Эти изменения также приводят к необходимости обслуживания системы, которое заключается в корректировании фонда системы и ее подсистем и анализе правильности (допустимости) вводимых в него изменений.

Обслуживание системы специального математического обеспечения управления является новым видом работ, требующим особой организации.

МОДИФИКАЦИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ

глава

11

Система специального математического обеспечения управления — это сложный, изменяющийся и развивающийся объект. С одной стороны, общий состав этой системы не является постоянным, с другой — частные подсистемы специального математического обеспечения в процессе их использования также подвергаются изменениям. Необходимость изменения состава системы специального математического обеспечения не нуждается в особом доказательстве: она очевидна. Не столь бесспорна необходимость внесения изменений в используемые (эксплуатируемые) средства специального математического обеспечения. Далеко не все объекты и изделия промышленного производства подвергаются модификации при их использовании.

Как правило, модификации подвергаются большие системы (крупные объекты), выполняющие одновременно много функций. Чем крупнее система, тем больше вероятность того, что она в процессе использования будет модифицироваться. При модификации она может продолжать выполнять большинство своих функций. Приведем некоторые примеры. Двигатель после создания, как правило, эксплуатируется без внесения изменений. При необходимости он обычно заменяется другим. Корабль — уже более сложный объект. Вероятность того, что за время его жизни придется вносить в него изменения (например, оснащать новыми приборами) уже значительно больше. Завод — еще более сложный объект. Можно смело утверждать, что за время его жизни он будет неоднократно подвергаться модернизации.

Подсистемы специального математического обеспечения относятся к классу достаточно сложных объектов. Как правило, за время своего существования каждая

из них неоднократно подвергается модификации. Под модификацией авторы понимают корректирование уже разработанных, внедренных и используемых средств специального математического обеспечения управления.

Рассмотрим основные причины, приводящие к необходимости модификации подсистем специального математического обеспечения управления в процессе ее использования.

11.1. НЕОБХОДИМОСТЬ МОДИФИКАЦИИ. Некоторые из причин, приводящих к необходимости модификации подсистем специального математического обеспечения, были изложены выше. Уточним их состав и покажем, что без модификации подсистемы специального математического обеспечения фактически не смогут выполнять своих функций.

Возможность модификации подсистем специального математического обеспечения в значительной степени определяется свойствами технических средств автоматизации управления. Во-первых, эти средства должны обеспечивать возможность оперативного внесения изменений в программы, хранящиеся в памяти вычислительных комплексов. Во-вторых, эти средства должны иметь определенный запас ресурсов памяти и времени. После того как эти запасы будут исчерпаны, модификация подсистемы специального математического обеспечения управления практически станет невозможной.

Ясно, что при проектировании (выборе) технических средств автоматизации целесообразно предусматривать некоторые запасы ресурсов мощности либо выбирать такие решения, которые позволят наращивать технические средства при необходимости. Вопрос о том, каким должен быть запас этих ресурсов, требует специального рассмотрения. Для ответа на него нужна методика количественного обоснования, позволяющая определять запасы ресурсов технических средств автоматизации, обеспечивающие возможность модификации подсистемы специального математического обеспечения. Такая методика должна исходить из критерия экономической целесообразности. С учетом интенсивности и объемов модификации, скорости материального износа технических средств автоматизации, их стоимости, а также стоимости работ по их наращиванию или замене должен определяться рациональный уровень запаса ресурсов.

11.1.1. Организация управления Первой группой причин, приводящих к необходимости модификации под-

системы специального математического обеспечения, являются изменения в организации управления. Анализ показывает, что такие изменения являются неизбежными при совершенствовании управления. При этом могут меняться экономические показатели, по которым оценивается успешность работы объектов и органов управления. Ясно, что такие изменения должны находить отражения в используемой подсистеме специального математического обеспечения управления. При этом должна корректироваться та ее часть, которая формирует рациональные планы, а также готовит обоснования вариантов решений текущего управления. Без такого корректирования нельзя учесть влияния новых показателей экономической эффективности на результаты управления, а следовательно, использование наиболее существенной части подсистемы специального математического обеспечения управления может потерять всякий смысл.

В процессе совершенствования управления может происходить перераспределение функций между различными уровнями системы управления. Нижестоящие органы управления могут получать дополнительные права, большую свободу действий. Это неизбежно приводит к тому, что объем работы этих органов управления увеличится. Появятся новые функции. Нижестоящие органы управления должны будут принимать какие-то новые решения, которые до этого выступали для них в форме готовых указаний, поступающих от вышестоящих органов управления. Для принятия этих решений понадобится аппарат их количественного обоснования.

Математические методы, которые до этого применялись в вышестоящих органах управления, с большой вероятностью окажутся непригодными. Это объясняется тем, что на более высоком уровне управления используются более обобщенные аргументы. Кроме того, передача функций (прав) нижестоящему органу управления, естественно, преследует достижение нового качества. Это означает, что изменения в методах принятия решения будут носить принципиальный характер, что неизбежно потребует изменений в математическом аппарате обоснования этих решений. Достаточно маловероятно, что эти новые функции окажутся

слабозависимыми от тех, которые выполнял орган управления ранее ¹.

В системе управления существует тесная связь между всеми процессами. Поэтому необходимость выполнения органом управления новых функций неизбежно снизит полезность ранее использовавшегося специального математического обеспечения. Единственный выход из этого положения — модификация подсистемы специального математического обеспечения, добавление средств, помогающих выполнять органу управления новые функции во взаимосвязи со всеми процессами, протекающими в системе управления.

Аналогичное положение складывается и при повышении степени централизации управления, когда нижестоящие органы управления передают некоторые функции более высокому иерархическому уровню. В этом случае вышестоящий орган управления сталкивается с положением, описанным выше. Кроме того, возникает необходимость корректирования подсистем специального математического обеспечения нижестоящих органов управления. Во-первых, из них необходимо исключить средства обоснования переданных функций ². Во-вторых, что гораздо более сложно, нужно откорректировать оставшуюся часть подсистемы. Так, передача части функций вышестоящему органу управления означает, что принимаемые по ним решения для нижестоящего органа управления теперь будут выступать в роли обязательных условий (ограничений). Это может повлечь за собой существенные переделки в оставшейся части подсистемы специального математического обеспечения и значительный объем работ по их модификации ³.

- ¹ Независимость старых и новых функций органа управления обеспечила бы возможность выполнения одних с помощью средств автоматизации, а других традиционными способами.
- ² Подобная модификация может не вызвать особых трудностей орган управления может просто перестать пользоваться этими функциями.
- ³ Здесь наглядно проявляется стабилизирующая (консервативная) роль внедренных средств специального математического обеспечения управления: с одной стороны, понижается мобильность возможности реорганизации систем управления (и это плохо), а с

В процессе совершенствования управления в сопряженных (обеспечивающих) системах могут происходить изменения, оказывающие влияние на данную систему. Одним из примеров таких изменений является внедрение средств автоматизации. Если эти средства затрагивают информационные связи между данной системой управления и сопряженными системами, то может возникнуть необходимость модификации специального математического обеспечения. Модификация нужна в том случае, если часть параметров от сопряженных систем должна непосредственно поступать в информационную базу данной подсистемы специального математического обеспечения управления.

11.1.2. Объекты управления. Вторая группа причин, приводящих к необходимости модификации подсистемы специального математического обеспечения управления, связана с объектами управления. Анализ показывает, что в больших экономических системах объекты управления могут менять свои функции. Это, например, может быть связано с изменением состава выпускаемой продукции. Ясно, что подсистема специального математического обеспечения должна реагировать на подобные изменения. Выпуск новой продукции меняет состав комплектующих изделий и состав поставщиков. При этом меняется характер функционирования объекта управления. Для управления работой объекта управления необходимо вырабатывать другие управляющие параметры, по-другому согласовывать его работу с сопряженными и обеспечивающими системами (транспортом, потребителями продукции и т. п.).

В значительной степени подобные потребности в модификации могут быть учтены при проектировании и создании подсистемы специального математического обеспечения. Такой учет создает благоприятные усло-

другой — автоматически уменьшается влияние субъективного фактора на подобные изменения, так как прежде чем принять решение о реорганизации, придется глубже обосновать его целесообразность (и это хорошо). Это влияние сродни тому, которое оказывает водопровод на размещение мест обитания людей. Кочевникам менять их было гораздо легче, чем жителям современного большого города

вия для параметрической настройки подсистемы специального математического обеспечения при изменении функций объектов управления (например, при смене выпускаемой продукции). Однако возможны настолько существенные изменения в функциях объектов управления, что отразить их с помощью параметрической настройки подсистемы специального математического обеспечения не удастся. При этом возникает альтернатива: либо отказаться от использования средств автоматизации и тем понизить качество управления, либо модифицировать подсистему специального математического обеспечения.

К аналогичным последствиям приводит расширение состава объектов управления, подчиненных одному органу управления, особенно в тех случаях, когда они (объекты управления) неоднородны.

11.1.3. Технология производства. Третья группа причин, приводящих к необходимости модификации подсистемы специального математического обеспечения управления, связана с изменениями в технологии производства. Функции объектов управления не меняются, состав продукции остается прежним, но изменяется технология выполнения этих функций. Если изменения технологии локализуются в пределах объекта управления и не влияют на параметрические связи объекта управления с органом управления, то, естественно, никаких изменений в подсистеме специального математического обеспечения управления производить не нужно. Но если технологические изменения существенны, то они способны изменить эти параметрические связи. От органа управления потребуется изменение состава принимаемых решений. Эти изменения могут выйти за пределы возможностей параметрической перенастройки подсистемы специального математического обеспечения управления. В этом случае неизбежной станет ее модификация.

К таким изменениям в технологии можно отнести внедрение автоматизированных линий и систем управления технологическими процессами. Эти изменения могут привести к перераспределению функций между органом и объектом управления. Может повыситься как степень автоматизации управления, так и степень его централизации. На средства автоматизации орга-

на управления можно возложить новые функции, что повлечет за собой необходимость модификации используемой подсистемы специального математического обеспечения управления.

11.1.4. Объем работ. К необходимости модификации подсистемы специального математического обеспечения управления могут приводить изменения (увеличение) объема работ, выполняемых органом управления с помощью средств автоматизации. Одной из основных причин, приводящих к увеличению объема работ, возлагаемых на средства автоматизации, является углубление наших знаний о законах управления.

Такое углубление знаний является естественным следствием развития науки управления. При этом многие закономерности конкретных процессов управления удастся сформулировать в количественном виде, формализовать их описание. Этим создаются предпосылки для алгоритмизации соответствующих этапов отдельных частей процесса управления. Так формируются достаточные условия для совершенствования специального математического обеспечения управления. Если эти условия совпадают с необходимостью повышения производительности труда органа управления, то возникает задача модификации используемой подсистемы специального математического обеспечения управления.

11.1.5. Математические методы. Модификация подсистемы специального математического обеспечения управления может быть следствием совершенствования математических методов переработки информации.

Последние три десятилетия характеризуются бурным развитием математических методов решения различных задач управления. Это совершенствование идет по пути создания методов получения оптимальных (целесообразных) решений. При этом новые методы позволяют учитывать большее число существенных факторов, получать количественные рекомендации при большей степени неопределенности исходных данных. Совершенствование математических методов идет по пути уменьшения объема вычислений, по пути получения более точных результатов.

Стимулом совершенствования математических методов явились возможности, предоставляемые современ-

ными вычислительными машинами. Совершенствование математических методов только началось. Следует предполагать, что этот процесс в ближайшие десятилетия будет развиваться чрезвычайно бурно. Использование возможностей вычислительных машин в сочетании с потребностями процессов управления сдерживается недостаточной мощностью современного математического аппарата. Это неизбежно приводит к бурному росту математических методов переработки информации вообще и численных методов решения различных задач в частности.

Все это создает предпосылки для внесения изменений в используемые подсистемы специального математического обеспечения управления.

Может оставаться неизменным состав функций органа управления, могут не меняться экономические показатели оценки качества работы системы управления и технология производства, однако при всех этих условиях модификация специального математического обеспечения управления может оказаться целесообразной под влиянием новых математических методов. Так, например, если появляются математические методы получения оптимального решения, то ими естественно заменить математический аппарат оценки качества отдельных вариантов решений. Подобная замена потребует внесения изменений в используемую подсистему специального математического обеспечения управления, т. е. ее модификации.

11.1.6. Ошибки. Очевидной причиной, вызывающей необходимость модификации (а в данном случае, точнее сказать, корректирования) подсистемы специального математического обеспечения управления являются ошибки, обнаруженные в ней. Ошибки могут носить формальный характер, т. е. иметь вид опечаток. Такие ошибки легче всего обнаруживаются и исправляются. Так, все синтаксические ошибки могут быть найдены автоматическим синтаксическим контролем правильности записи текстов.

Обнаружение ошибок, искажающих смысл (семантику) модели, гораздо более сложно. Если эти ошибки допущены на стадии алгоритмического представления модели, т. е. не являются следствием ее органических недостатков, то их устранение также дело технических

решений. Наиболее сложными являются ошибки, которые отражают принципиальную неправильность предпосылок, положенных в основу построения модели, т. е. ее органические недостатки. Их устранение может потребовать коренной переделки подсистемы специального математического обеспечения управления.

11.1.7. Сложность системы. Еще одной причиной, приводящей к необходимости модификации, является сложность не только всей системы специального математического обеспечения, но и ее отдельных подсистем. Эта причина является скорее технологической, чем содержательной. Объем работ и затраты времени на создание средств специального математического обеспечения достаточно велики. Так, сроки соизмеримы с временем таких изменений в системах управления, которые требуют внесения корректур в подсистему специального математического обеспечения.

Таким образом, чтобы не превращать подсистему в «вечного студента», который все время совершенствуется и никогда не приносит пользы, нужно искать пути сокращения сроков ее разработки. В частности, нельзя отказываться от рассмотрения пути внедрения подсистемы по частям. Если имеются относительно автономные части подсистемы, использование которых может дать положительный эффект, то их нужно внедрять, не ожидая завершения всех работ по подсистеме. Ясно, что такой подход создает определенные трудности. В частности, появляются условия, которые могут привести к необходимости последующей модификации уже внедренной части подсистемы специального математического обеспечения управления в связи с внедрением новых ее частей. Такая модификация может потребоваться для обеспечения согласованной работы отдельных частей.

11.2. ОБЛАСТИ И ВИДЫ МОДИФИКАЦИИ. В подсистемах математического обеспечения управления модификации могут быть подвергнуты информационная, математическая и программная модели. Эти изменения могут быть как независимыми, так и взаимосвязанными.

11.2.1 Информационная модель В первую очередь может модифицироваться информационная модель подсистемы. При этом могут меняться состав и формы

документов, являющихся результатом переработки информации с помощью средств автоматизации. Внедрение средств автоматизации в процессы управления неизбежно окажет большое стабилизирующее влияние на весь документооборот в сфере управления. Это влияние проявится в унификации форм документов, в стандартизации состава параметров отдельных документов. Со временем можно ждать большой устойчивости (малой изменчивости) этих документов. Однако в настоящее время формы используемых документов обладают значительным разнообразием как в различных отраслях, так и на отдельных, даже родственных предприятиях. Кроме того, недостаточная степень стандартизации документов, являющаяся объективным следствием слабой изученности всего процесса документооборота, приводит к достаточно частой смене их состава и форм.

Все документы, оформляемые средствами автоматизации, можно разделить на две основные группы: документы, которые предназначены для представления в вышестоящие органы управления и документы, которые предназначены для использования внутри данной системы управления. Документы первой группы более устойчивы к возможным изменениям, так как их можно осуществлять только централизованно. Однако если принято решение об изменении состава или форм этих документов, то оно обязательно для нижестоящих органов управления, а следовательно, неизбежна модификация подсистемы специального математического обеспечения управления. Документы второй группы в целом более изменчивы. Решение об их изменении принимается руководством данной системы управления.

После внедрения подсистемы специального математического обеспечения обратная связь между нею и руководством приведет к необходимости более глубокого обоснования любых решений об изменении состава и форм документов второй группы. Прежде чем принимать такое решение руководство вынуждено будет оценить его полезность с учетом затрат на необходимую модификацию подсистемы специального математического обеспечения. Таким образом, может изменяться состав информационных потоков, поступаю-

щих в орган управления. Все эти изменения должны найти отражение в информационной модели.

Модификации может подвергаться информационная база подсистемы специального математического обеспечения управления. Такая потребность будет возникать тем реже, чем мощнее аппарат параметрической настройки информационной базы. С помощью параметрической настройки может быть изменена структура информационной базы, пополнен или уменьшен состав ее информационных массивов, изменены ее отдельные параметры. Однако не исключены случаи, когда информационная база подсистемы специального математического обеспечения потребует модификации. К этому может приводить появление новых информационных потоков и такие изменения в математической модели, которые требуют создания новых типов структур информационных массивов¹.

Модификации основных информационных массивов может потребовать смена правил доступа к определенным сведениям, хранящимся в информационной базе. Алгоритмы ограничения (разрешения) доступа к сведениям, как правило, оперируют не отдельными параметрами, а определенными областями (подмножествами) сведений информационной базы. Если эти правила вступают в противоречие со структурой информационной базы, то их согласование может потребовать модификации структуры информационных массивов. Корректирование информационной модели неизбежно повлечет за собой соответствующие изменения в математической и программной моделях.

11.2.2. Математическая модель. Модификация математической модели должна отражать изменения, произведенные в информационной модели. При изменении состава и содержания информационных потоков должны модифицироваться алгоритмы обработки сведений,

¹ Если эта структура уникальна, то корректировку целесообразно, как разовую работу, выполнить путем модификации информационной базы. Если эта структура может стать типовой, то целесообразно рассмотреть вариант модификации не информационной базы, а программных средств ее параметрической настройки, с помощью которых можно будет строить структуры информационных массивов подобного типа.

содержащихся в этих потоках. Модификация может заключаться либо в корректировке имеющихся алгоритмов, либо в разработке новых алгоритмов.

В любом случае обязательно приведение значений параметров информационного потока к формату и системе единиц, принятым в информационной базе подсистемы.

При исключении части параметров информационного потока, как правило, можно воздержаться от оперативной модификации математической модели (соответствующие ее части могут некоторое время существовать как рудиментарные).

Появление новой информации может повлечь за собой совершенствование способов и методов анализа и оценки сложившейся обстановки, улучшить условия для ее алгоритмического анализа и оценки. Использование этих новых сведений может вызвать модификацию математической модели.

Модификация математической модели может потребоваться независимо от изменений в информационной модели.

Математическая модель модифицируется при изменении показателей выбора рациональных планов действий. Такие показатели могут быть разделены на две группы. В первую группу входят показатели, по которым вышестоящие органы управления судят об успешности действий. Достижение заданного уровня значений этих показателей является целью деятельности системы управления. Может случиться, что прямую функциональную зависимость между способами действий (параметрами управления) и показателями этой группы либо не удастся установить, либо по каким-то причинам нецелесообразно. В таких случаях вводят вторую группу показателей успешности действий. Показатели этой группы выбираются в пределах данной системы управления. Они являются вспомогательными (подчиненными) по отношению к показателям первой группы.

Между показателями второй группы и параметрами управления существует формализованная зависимость. Изменение показателей как первой, так и второй группы влечет за собой модификацию математической модели. При этом меняются как параметры, так, воз-

можно, и формы документов. Кроме того, меняются те части модели, которые обеспечивают вычисления значений этих показателей. Если показатель используется для выбора рационального плана действий, а метод его выбора не универсален, т. е. зависит от способа вычисления значения показателя, то необходимо модифицировать ту часть математической модели, которая реализует метод оптимизации.

Модификации могут подвергаться части математической модели, осуществляющие выбор оптимального плана действий. Сегодня выбор, разработка и внедрение метода поиска оптимального (рационального) плана действий (решения) является искусством. Идет бурное развитие аппарата оптимизации. Наиболее экономными оказываются алгоритмы, использующие особенности конкретных оптимизируемых форм и специфические свойства ограничений на множества допустимых планов. Эти алгоритмы позволяют с минимальными затратами времени и места получить оптимальный план. Их основной недостаток в том, что при изменении свойств оптимизируемой формы или ограничений на множество допустимых планов возникает необходимость модификации метода оптимизации¹.

Универсальные алгоритмы оптимизации, в минимальной степени зависящие от вида оптимизируемой функции, как правило, либо дают приближенный план, либо требуют очень больших затрат времени на вычисление², настолько больших, что даже для наиболее мощных из существующих вычислительных машин эти затраты являются существенными. Все это значительно сокращает область их использования. В частности, при увеличении числа аргументов, от которых зависит оптимизируемая функция, затраты времени на отыскание рационального плана могут превысить допустимые пределы и даже возможности вычислительных машин. Все это приводит к совершенствованию

¹ К таким алгоритмам относятся методы линейного программирования, методы квадратичного и динамического программирования

² К таким алгоритмам относятся методы случайного поиска, методы прямого перебора.

методов оптимизации. Ясно, что при этом математическая модель может потребовать модификации аппарата оптимизации.

Модификация математической модели повлечет за собой обязательную модификацию программной модели.

11.2.3. Программная модель. Программная модель должна отражать все изменения, вносимые в информационную и математическую модели. На этапе корректировки программной модели оценивается осуществимость изменений, произведенных в информационной и математической моделях.

Модификация программной модели может производиться и независимо от изменений в остальных моделях. Единственной причиной такой модификации являются ошибки, обнаруженные в этой модели.

11.3. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО МОДИФИКАЦИИ.

Внесение изменений в сложную систему является работой, требующей высокой организации. Особенно опасны нарушения в согласовании отдельных частей этой системы. Модификация специального математического обеспечения относится к таким работам. Рассмотрим основные вопросы организации модификации подсистем специального математического обеспечения управления.

11.3.1. Право на модификацию. Из вышеизложенного следует, что модификация, вносимая в подсистему специального математического обеспечения, должна проводиться в соответствии с определенными нормами права. Как круг лиц, которым дано право принимать решение о модификации, так и допустимые области модификации должны быть ограничены. Без этого неизбежно рассогласование в работе отдельных подсистем. Без правовых ограничений на модификацию создадутся благоприятные условия для внесения необоснованных изменений, а также возможность для злоупотреблений.

Идеально с точки зрения правовых норм положение, при котором любая модификация подсистем специального математического обеспечения осуществляется централизованно. Тогда этому центральному органу представляются все права. Он получает право модифицировать любые части подсистемы. Технология его работы позволит осуществлять модификацию в соот-

ветствии с основными законами и принципами управления. Возможно, в будущем подобная организация модификации и разработки специального математического обеспечения станет основной. В настоящее время она вступает в противоречие с реальными условиями и экономической целесообразностью.

Орган централизованной модификации отсутствует. Создать его достаточно сложно. Нужно обосновать, при каком суммарном объеме специального математического обеспечения управления и при какой интенсивности заявок на модификацию от каждой из подсистем создание такого органа экономически оправдано. Ведь в нем должно быть собрано большое количество специалистов различных профилей. Он должен быть оснащен соответствующей техникой автоматизации. На экономическую целесообразность такого органа повлияет и удаление его от потребителей, а точнее, время обмена между ними средствами специального математического обеспечения¹.

Таким образом, в настоящее время возможна децентрализованная модификация. По-видимому, она будет осуществляться частично промышленными организациями, специализирующимися на производстве специального математического обеспечения, а частично в пределах и силами тех органов управления, которые используют эти средства в процессе управления. Тем важнее регламентировать и довести до уровня законов права и нормы модификации подсистем.

Общий принцип, которым следует руководствоваться при модификации, заключается в том, что не должны нарушаться нормативные акты, положения, правила, законы, обязательные для органов управления. Этот общий принцип, естественно, должен быть конкретизирован. Такое уточнение обязательно нужно, так как существующая правовая база организации управления еще не доведена до алгоритмической строгости, в ней еще есть достаточно много положений, позволяющих неоднозначное толкование. В то же время система

¹ Можно предполагать, что организация централизованной модификации сформируется после образования централизованного фонда специального математического обеспечения управления, скорее всего, при этом фонде

математического обеспечения управления может функционировать только при условии алгоритмически точного согласования всех ее составных частей. Поэтому наилучшим решением вопроса является определение на стадии разработки тех частей подсистемы и тех органов (лиц), которым дано право вносить изменения (модифицировать) в эти части, а также допустимые области модификации.

Эти решения, оформленные документально, должны иметь силу закона по отношению к подсистеме специального математического обеспечения управления. В первую очередь должны быть выделены документы, массивы и алгоритмы, которые используются за пределами данной системы управления. Их корректирование в органе управления, эксплуатирующем подсистему, недопустимо, так как этим будут нарушены интересы старших и смежных органов управления. Те части подсистемы (документы, массивы, алгоритмы), которые обеспечивают локальные нужды органа управления и не затрагивают ни прямо, ни косвенно его связей с «внешним миром», т. е. не используются вышестоящими и смежными органами управления, могут модифицироваться по решению этого органа управления.

11 3.2. *Организация работ.* Модификацию специального математического обеспечения управления следует производить централизованно. Этого требует взаимозависимость процессов, протекающих в сфере управления, и сложность объекта (подсистемы специального математического обеспечения управления). Рассмотрим дополнительные соображения, подтверждающие правильность этого утверждения.

Если модификацию проводить в органах управления силами собственных специалистов, то положительным при этом будет глубокое знание ими конкретных условий и возможность немедленно приступить к работе, как только задача на модификацию поставлена. Отрицательными сторонами такой организации работ являются следующие: во-первых, при достаточно малой потребности в модификации возможны потери живого труда, так как такой коллектив специалистов может оказаться слабо загруженным; во-вторых, в таких (относительно малых) коллективах трудно со-

братъ, а еще труднее удержать высококвалифицированных специалистов; в-третьих, при такой организации работ высока вероятность проявления эффекта «кустарничества», так как в подобных маленьких коллективах сложно совершенствоваться и внедрять новую технологию проведения работ по модификации¹.

Как показывает опыт, организация модификации создается и совершенствуется постепенно. В настоящее время значительную часть работ выполняют коллективы, входящие в состав подразделений, обслуживающих органы управления. Постепенно становится очевидной необходимость создания специализированных предприятий, которые будут координированно и централизованно выполнять все работы по созданию, обслуживанию и модификации специального математического обеспечения управления.

11.3.3. Технология модификации. Модификация начинается с формирования задания. Это задание должно обеспечивать достижение следующих целей. Во-первых, оно должно содержать сведения о том, что должно быть улучшено в используемой подсистеме специального математического обеспечения управления. Во-вторых, задание должно создавать условия согласованной работы всех частей подсистемы между собой, которые должны выполняться после завершения модификации. Это означает, что в постановке задания должны быть сформулированы ограничения, которые следует соблюдать при модификации. В-третьих, оно должно создавать условия для сохранения согласованного взаимодействия модифицируемой подсистемы с остальными подсистемами специального математического обеспечения управления.

¹ Этот последний эффект достаточно ярко проявляется сегодня, когда имеется большое количество маленьких лабораторий и отделов программирования в различных организациях и на предприятиях, имеющих вычислительные машины. Технология их труда отличается огромной пестротой. В частности, используются различные средства программирования от ручного кодирования до совершенных алгоритмических языков. Нет единого подхода к структуре программного и информационного модулей, нет общих принципов построения и использования библиотек стандартных алгоритмов и т. п.

Все причины, приводящие к потребности в модификации, можно разделить на две группы: причины, связанные с обнаруженными недостатками (ошибками), и причины, связанные с необходимостью совершенствования обеспечения управления. В первом случае особое внимание должно быть уделено объективности и обоснованности выводов о том, что действительно обнаружена ошибка в подсистеме. Для этого в постановке задания должны быть определены способы воспроизведения ситуации, в которой проявляется обнаруженный недостаток. Как уже отмечалось выше, централизованный сбор и обобщение заявок на модификацию подсистемы в связи с причинами первой группы способствует существенному повышению достоверности выводов о необходимости модификации. Кроме того, такой централизованный анализ может значительно ускорить процесс обнаружения и устранения недостатков в эксплуатируемой подсистеме специального математического обеспечения.

Следующим шагом модификации является разработка и внесение изменений в подсистему. Опыт разработки даже не очень больших программных систем показывает, что внесение изменения в готовую программу — процесс гораздо более трудоемкий, чем разработка новой программы¹.

Это объясняется тем, что через 2—3 месяца после завершения разработки алгоритма (программы) ее автор на 80—90% забывает его «мелкие» детали. А так как «с точки зрения» алгоритма (программы) и вычислительной машины «мелочей» нет, то внесение изменений влечет за собой большое количество ошибок в согласовании старого и нового. Автор затрачивает много времени на восстановление в своей памяти особенностей алгоритма и на исправление вторичных ошибок, возникающих при его корректировании. Не всегда к этой работе может быть привлечен автор. Более того, при планировании подобных работ и при создании условий для успешной модификации следует

¹ Если измерять затраты трудоемкостью на одну команду программы, то затраты на внесение одной измененной команды в готовую программу в среднем на один-два порядка выше, чем затраты на одну команду новой программы.

рассчитывать на то, что ее будет осуществлять не автор алгоритма (программы).

В связи с этим локальную модификацию целесообразно осуществлять заменой модулей целиком. Модульное построение математической модели создает благоприятные условия для того, чтобы при необходимости улучшить качество модуля эту работу проводить не внесением изменений в готовый алгоритм (или программу) модуля, а созданием нового алгоритма.

Такой подход может оказаться наиболее экономичным в том случае, если внешние связи модуля не меняются, т. е. сохраняются неизменными как перечень исходных данных, так и перечень параметров, являющихся результатами. В этом случае после автономной проверки качества нового модуля математической модели можно гарантировать, что содержательные параметрические связи его с остальными модулями не нарушены.

При построении программного отображения этого нового математического модуля в наиболее благоприятном случае он отобразится таким числом программных модулей, как и старый. В этом случае можно с большой вероятностью ожидать, что внутренние связи программной реализации также останутся неизменными, так как она разместится целиком на месте программной реализации старого модуля. Если число программных модулей в новой реализации меньше, чем в старой, то и в этом случае согласование связей между программными модулями может быть осуществлено без особых затруднений. Более сложным является положение, при котором число программных модулей новой реализации больше, чем старой. В этом случае понадобится корректирование служебных (вспомогательных) информационных массивов, содержащих справочные сведения о размещении программных модулей в памяти машины. Это может повлечь за собой дополнительные ошибки.

Сложнее осуществлять модификацию, если меняются внешние связи модуля. В этом случае также целесообразно модификацию осуществлять заменой старых модулей новыми. Однако, кроме этого, приходится проверять правильность параметрических связей между отдельными частями подсистемы специального ма-

тематического обеспечения управления. Здесь большую пользу может принести использование информационной модели подсистемы, без которой проследить за параметрическими связями невозможно.

Наиболее сложны работы по модификации, затрагивающие области связей между отдельными подсистемами. Подсистемы специального математического обеспечения разрабатываются в разное время. Автономная документация на ранее разработанные подсистемы не может отразить того, какие ее части будут использованы при разработке последующих подсистем. При модификации одной подсистемы необходимо получить сведения о том, какие из старших или сопряженных подсистем используют ее информационную базу или ее алгоритмы. Не менее сложна проверка правильности произведенной модификации, так как она требует привлечения сопряженных подсистем.

11 4. **ВЫВОДЫ** Построение системы специального математического обеспечения управления — длительный многоэтапный процесс. В этом одна из основных причин, приводящих к необходимости ее модификации.

Модификации подвергаются уже используемые подсистемы специального математического обеспечения под воздействием изменений в организации управления, в составе объектов управления, в режимах их функционирования, а также в связи с совершенствованием математических методов переработки информации.

Право принятия решения о модификации должно принадлежать центральному органу, координирующему развитие системы специального математического обеспечения. Без такой координации невозможно существование системы. Модификация должна осуществляться с соблюдением требований как стратегических, так и тактических стандартов на систему. Одним из основных вопросов модификации является сохранение режима согласованного функционирования всех подсистем.

Работы по модификации должны выполнять специализированные организации, разрабатывающие и совершенствующие подсистемы специального математического обеспечения, ответственные за их работоспособность.

ТЕОРИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ

глава

12

В главе будет сделана попытка обосновать необходимость создания теории специального математического обеспечения, сформулировать ее основные цели и задачи.

В настоящее время теории специального математического обеспечения нет. Без нее повышение эффективности управления на базе использования средств автоматизации переработки информации будет идти медленно, на ощупь, с существенными ошибками в принимаемых решениях, с большим перерасходом ресурсов, которого можно было бы избежать.

Как рождаются новые теории? История науки показывает, что до нашего века рождение новых теорий происходило в основном стихийно. Процесс формирования отдельных отраслей науки, новых теорий длился веками. Так рождались элементарная алгебра и геометрия, теория чисел и т. п. С возникновением потребностей промышленного производства, с увеличением объема накопленного фактического материала уточнялся отдельный предмет исследования, формировался метод исследования, создавался аппарат. Сбор и накопление новых результатов проходили постепенно. В какой-то момент все эти результаты систематизировались и кристаллизовалось новое научное направление, новая теория.

Наш век характерен бурным ростом науки. Изменились темпы накопления новых научных результатов, резко возросли потребности промышленного производства в теоретическом обосновании путей и методов достижения целей. Сократились сроки от момента появления потребности до момента формирования нового научного направления. На протяжении одного поколения зарождаются и приобретают право

гражданства новые теории. За примерами далеко ходить не нужно. В конце 30-х годов были сформулированы первые результаты, а к началу 50-х годов общепризнанной стала теория линейного программирования¹. Аналогичное положение и с теорией игр, теорией динамического программирования, кибернетикой, бионикой, теорией больших систем, теорией распознавания образов, теорией алгоритмов, теорией автоматов и т. д. Этот перечень можно было бы продолжить. К моменту окончания высшего учебного заведения молодой человек и не слышал о новом научном направлении, а став специалистом среднего возраста, он широко использует в своей работе результаты новых теорий.

Можно утверждать, что от стихийного появления новых научных направлений и создания новых теорий мы переходим к их целенаправленному формированию, к плановому их развитию.

Возникает естественный вопрос: какие условия можно считать достаточными для утверждения о том, что рождение новой теории обоснованно? Это очень сложный вопрос и мы не беремся дать на него полный ответ. Однако считаем уместным изложить по этому поводу некоторые основные соображения.

Первое условие — наличие проблемы, объекта исследования. По масштабу этот объект должен быть достаточно большим и сложным. Процессы, протекающие в нем, не лежат на поверхности явления. Их изучение оказывается недоступным существующим методам.

Второе условие — появление потребностей в изучении этого объекта, его свойств, законов развития и т. п. Ясно, что существует неограниченное количество объектов, удовлетворяющих первому условию. Поэтому бессмысленно говорить о том, что для изучения каждого из них нужно немедленно начинать разрабатывать свою теорию. Необходимо, чтобы сформировались потребности в такой степени знаний этого объекта, без которой дальнейшее успешное продвижение

¹ В работах советского математика академика Л. В. Канторовича впервые были сформулированы и опубликованы основные идеи этого направления

в существенных областях человеческой деятельности практически становилось бы невозможным.

Третье условие — наличие некоторого минимального объема результатов, которые свидетельствовали бы о возможности существенного продвижения вперед в изучении этого объекта. Одной потребности мало. Даже в том случае, когда она ясна, может оказаться, что существующий уровень наших знаний так мал, что об успешном продвижении в изучении объекта и говорить не приходится. Правда, между потребностью и возможностями существует обратная связь. Если потребность очень велика, то скорость накопления минимального объема научных результатов существенно возрастает.

Конечно, нет абсолютной гарантии, что наличие этих трех условий обязательно приведет к быстрому успеху в создании нового научного направления или новой теории. Однако наличие предмета, потребности в его исследовании и начальных результатов является достаточным для планирования первых шагов по созданию теоретической базы исследования.

12.1. НЕОБХОДИМОСТЬ ТЕОРИЙ. Рассмотрим положение с теоретическими основами построения системы специального математического обеспечения управления и оценим, в какой степени существующее положение дел способствует появлению новой теории.

12.1.1. Предмет исследования. Имеется ли достаточно большой, достаточно сложный объект исследования? На этот вопрос можно дать только утвердительный ответ. Этим объектом является материализованная совокупность алгоритмических средств переработки информации для обоснования всех решений, принимаемых в процессе управления, которая вполне заслуживает название «автоматизированный коллективный мозг», являющаяся основой внедрения технических средств автоматизации в управление. Степень сложности этой совокупности не ниже степени сложности всей совокупности объектов управления, объединенных взаимными связями.

О размере и сложности этого объекта достаточно много сказано выше. По своим «пространственным» размерам этот объект охватывает все системы и все органы управления. Даже для тех, относительно простых

систем управления, где решения могут приниматься и без средств автоматизации управления, сохраняется правильность этого утверждения. Эти системы управления как составные части более сложных формирований попадут в сферу влияния специального математического обеспечения. Очевидно, что без специального математического обеспечения не могут успешно выполнять свои функции высшие уровни управления. Слишком велик масштаб их деятельности, чтобы без средств автоматизации можно было бы описать даже с помощью самых обобщенных показателей состояние управляемой системы. Взаимосвязь между отдельными подсистемами и процессами пронизывает все процессы управления в обществе. Поэтому почти каждое решение, принятое на высшем уровне управления, даже если оно на первый взгляд имеет локальный характер и затрагивает только одну подсистему (или один процесс), приводит к глобальным последствиям, затрагивая множество других подсистем и процессов. Это влияние может проявиться достаточно быстро. Но часто последствия решения, принятого сегодня, могут сказаться через десятилетия. Естественно стремление промоделировать это влияние во избежание непредвиденных последствий.

Следовательно, верхней границей области применимости специального математического обеспечения управления является высший уровень в общей иерархии структуры системы управления. Теоретически нижней границей является уровень, на котором решение еще может принимать человек, а не автомат. Ниже этого уровня начинается область автоматического управления.

Таким образом, ясно, что мы имеем дело с достаточно большим объектом, требующим изучения и своих методов исследования.

По времени существования этот объект также заслуживает специального внимания. Уже отмечалось, что он будет существовать столько же, сколько будет существовать человеческое общество.

Сложность его определяется не только взаимозависимостью подсистем и объектов управления, которую он должен отражать, но и необходимостью этого отражения в формализованном виде, позволяющем получать

количественные оценки. Эта сторона объекта (системы специального математического обеспечения) заслуживает также особого изучения.

Имеется ли сегодня теоретический аппарат, позволяющий целенаправленно изучать этот объект? На наш взгляд, такого аппарата в настоящее время нет.

Есть общая теоретическая база управления в лице кибернетики.

Есть теория больших (сложных) систем, предметом изучения которой являются системы с большим числом элементов, что приводит к появлению новых качеств. Есть исследование операций как наука о выборе путей и методов целенаправленных действий.

Есть теория игр, которая изучает количественную сторону конфликтных ситуаций, возникающих при наличии сторон с противоположными интересами.

Есть теория массового обслуживания, позволяющая давать количественное описание процесса обработки заявок из случайного потока, а также описание состояния обслуживающей системы.

Есть множество теорий, позволяющих находить оптимальные планы (решения) для различных видов целевой функции. Это линейное, квадратичное, выпуклое, динамическое программирование.

Есть экономическая теория, изучающая все аспекты деятельности хозяйственных систем.

Все эти теории в той или иной степени полезны как при построении системы специального математического обеспечения управления, так и при принятии конкретных решений в процессе управления. Однако ни одна из этих теорий не имеет целью исследование и создание системы, материализующей достижения науки в форме, позволяющей руководителям оперативно использовать эти достижения в процессе управления¹.

Нельзя не согласиться с Г. Х. Поповым (Попов Г. Х. Проблемы теории управления. М., «Экономика», 1974): «Некоторые авторы, стремясь «вооружить» управление, включают в число необходимых столько дисциплин, что только их перечень занимает несколько страниц. Невольно чувствуешь трепет перед объемом памяти хозяйственника, который все это изучит» Мало того, что он это должен изучить и знать, он еще должен успевать все это использовать при принятии решения

От методов, разработанных этими теориями, до конкретной, научно обоснованной рекомендации руководителю для принятия решения — дистанция огромного размера. Каждая теория содержит множество рекомендаций, выводов, каждый из которых справедлив при определенных условиях. Не исключено, что эти рекомендации могут быть противоречивыми. Например, если хочешь принять решение с наименьшим риском, то . . . ; если хочешь принять решение скорейшим путем, приводящее к результату, то . . . ; если хочешь принять решение, дающее в каком-то смысле наибольший эффект, то . . . , и т. д. *Эти рекомендации могут быть противоречивыми, а решение принять можно только одно.* Проще всего сказать: «Предложим руководителю всестороннюю оценку, а он пусть решает» Действительно, человек решение примет. Однако остаются открытыми следующие вопросы. Не ухудшит ли множество противоречивых, хотя и количественно обоснованных, рекомендаций условия работы руководителя? Где тот оптимум числа факторов и рекомендаций, который позволит руководителю лучше выполнять его функции? Кто обоснует состав рекомендаций? Какая теория даст ответ на вопрос, как их материализовать в форме, позволяющей руководителю своевременно принимать обоснованные решения?

На все эти вопросы ни одна из существующих теорий не дает ответа.

Следовательно, первое условие рождения новой науки можно считать выполненным: есть достойный объект, в котором протекают очень сложные процессы и который не является предметом исследования ни одной из существующих теорий. Объект есть. А сформировались ли условия, требующие его изучения?

12.1.2. Необходимость исследования. Вопрос о том, нужно или не нужно внедрять в управление средства автоматизации, уже не стоит. Нужно. Аналогичен ответ и на вопрос о неразрывной связи технических средств автоматизации и специального математического обеспечения. Вопрос формулируется иначе. Нужна ли для создания и исследования системы специального математического обеспечения управления своя теоретическая база? Может быть, в ней нет необходимости и можно обойтись уже имеющимися метода-

ми и аппаратом исследования? Попытаемся обосновать такую необходимость.

Наименее убедительны доказательства, основанные на логическом сравнении с существующими аналогами. Однако начнем с них. Возьмем для примера совокупность всевозможных механизмов и машин. Общие принципы их построения, основные законы их движения — все это было объединено и стало предметом исследования теории машин и механизмов. А ведь машины и механизмы являются менее сложным объектом, чем тот, который мы рассматриваем. Второй пример. Электричество стало одним из основных видов энергии. Пути его получения, передачи, использования стали предметом исследования теоретической электротехники. Еще один пример. Для изучения поведения объектов управления, которые можно описать достаточно простыми математическими моделями (системами дифференциальных и интегральных уравнений), была создана теория автоматического управления¹.

Число примеров можно увеличивать, однако это не имеет смысла. Во всех рассмотренных случаях создание теории оказалось вполне оправданным. С помощью этих теорий решения о построении машин, электросетей, устройств автоматического управления принимались быстрее и обоснованнее. Их применение обеспечило значительную экономию труда, ресурсов времени.

Таким образом, для решения проблем повышения энергетической и механической мощности человека и

¹ Уточним различие понятий «автоматическое управление» и «автоматизированное управление». В первом случае речь идет о такой реализации управления, при которой между управляющим механизмом и управляемым объектом нет промежуточных звеньев, где бы решения принимал человек. Управляющий механизм сам вырабатывает решения (управляющие команды) и организует их автоматическое исполнение. Под автоматизированным понимается такое управление, при котором средства автоматизации осуществляют переработку информации, обеспечивают обоснование вариантов решения, выбирают рациональные варианты, но решение принимает человек. Такие системы, в отличие от первых, называются автоматизированными системами управления.

человеческого общества пришлось создать множество теорий, без которых их практическое решение оказалось бы невозможным.

Рассматриваемый объект должен повысить интеллектуальную мощь человека, осуществляющего управление. Соотношение между сложностью этого объекта и сложностью средств повышения энергетической и механической мощи такое же, как соотношение между мозгом человека, прошедшим путь современного образования, и его телом. Логический вывод о том, что для исследования и построения системы специального математического обеспечения нужно создать соответствующую теоретическую базу, представляется нам закономерно вытекающим из проведенного сравнения.

Другим доказательством может служить ссылка на авторитеты. Прямой вывод о необходимости построения подобной теории в известной нам литературе не встречался. А вот утверждения о том, что подобной теории еще не существует, уже можно встретить¹. Такие утверждения свидетельствуют, хоть и косвенно, о том, что эмпирический подход даже при построении математического обеспечения технических средств уже становится тормозом в развитии. Если к этому добавить, что за последние десятилетия стоимость разработки всех видов программных средств почти не изменилась, в то время как стоимость вычислительных машин (на единицу вычислительной мощи) умень-

¹ Анализ состояния развития математического обеспечения (Состояние и перспективы развития средств вычислительной техники Обзор. — «Радиоэлектроника за рубежом», 1973, вып. 29 НИИ Экономики и информации по радиоэлектронике) показывает, что «характерной особенностью современного математического обеспечения является эмпирический подход к его созданию, подход на уровне частных решений». «Ни одна из категорий программ не имеет своей стройной теоретической базы» Там же, со ссылками на работы лаборатории Линкольна Массачусетского технологического института Карнеги, делается вывод о том, что есть первые результаты по созданию систематизированной теории и техники программирования. Это направление теории автоматического программирования связано у нас с именами А. П. Ершова, С. С. Лаврова, Э. З. Любимского, М. Р. Шура-Буры.

шилась на порядок, то еще более убедительным станет вывод об экономической целесообразности создания теории специального математического обеспечения управления.

К аналогичному выводу приводит анализ результатов создания математического обеспечения для многих автоматизированных систем управления. В частности, отсутствие теоретической базы приводит к тому, что подготовка специалистов в основном идет эмпирическим путем. В лучшем случае молодой специалист получил знания и приобрел навыки использования алгоритмических языков и программирования в кодах машины. Эти навыки он закреплял в процессе разработки частных алгоритмов, где в лучшем случае ему был предложен метод обучения, основанный на принципе «делай как я». Этого, конечно, недостаточно для участия в создании специального математического обеспечения управления. Поэтому теоретическая база нужна по меньшей мере для того, чтобы обучать специалистов.

При создании частных подсистем специального математического обеспечения разработчик, руководствуясь в основном своим личным опытом или опытом той организации, в которой ведутся работы, не всегда может придать результатам нужные свойства. Так, подсистема оказывается недостаточно надежной, состав параметров, являющихся результатами, оказывается недостаточно информативным, отсутствует эффективный диалог руководителя с созданной подсистемой, она не обладает необходимыми свойствами для локальной адаптации и не способна объединяться (комплексироваться) с другими подсистемами специального математического обеспечения и т. п.

По мере накопления опыта как у организации-разработчика, так и у отдельных специалистов качество разработок повышается. Однако такой путь является малоэффективным, дорогостоящим. Наличие теоретических основ построения подсистем специального математического обеспечения существенно улучшило бы качество разработок.

Создание системы специального математического обеспечения без теоретической базы вообще представляется невозможным. Отсутствие общих принципов

построения, отсутствие единого методологического подхода не позволит согласовать усилия многих организаций-разработчиков.

Таким образом, можно утверждать, что рождается «общественный (коллективный) автоматизированный мозг». Он рождается усилиями многих наук и в первую очередь наук, доводящих свои результаты до алгоритмов переработки информации, чтобы получить количественные обоснования вариантов решений, выработать рациональные планы действий.

Что нужно для того, чтобы такой «мозг» родился как можно скорее, с наименьшими затратами на его создание, чтобы он обладал высокой эффективностью? Кто, какая теория сегодня может ответить на эти вопросы? Ясно, что «коллективный мозг» не должен создаваться стихийно.

Электроника и вычислительная техника создают материальную базу для функционирования этого «коллективного мозга». Теория алгоритмических языков и программирования создает средства для общения людей и вычислительной техники на этапе создания алгоритмов и программ как таковых, т. е. безотносительно к содержанию описываемых процессов переработки информации. Математика продолжает решать свои основные задачи, в том числе создает новые теории оптимизации.

Но ни одна из существующих теорий на поставленные вопросы сегодня не отвечает. Возникает вопрос, а нужно ли на них отвечать? Есть ли в этом потребность?

Во-первых, управлять хозяйством в современных условиях, управлять рационально, обоснованно, оперативно без такого автоматизированного мозга сегодня уже нельзя. Нельзя управлять без обоснования экологических последствий. Нельзя не своевременно выдавать годовые планы предприятиям. Нельзя управлять без строгого баланса материально-технических и трудовых ресурсов, без учета взаимосвязи капитальных вложений, строительных ресурсов, оптимального планирования поставок, транспорта и т. п.

Во-вторых, такой «автоматизированный мозг» уже строится сегодня, но строится стихийно как совокупность слабо согласованных автономных подсистем.

Таким образом, нужна теория, помогающая ответить на эти вопросы.

12.1.3. Наличие условий. Последний вопрос, на который нам предстоит ответить: имеется ли уже объем наблюдений, результатов, которых было бы достаточно для уточнения целей создания теории и планирования первых шагов?

На этот вопрос также можно дать положительный ответ. Математикам хорошо известно утверждение, что сформулировать проблему — это значит на 50% ее решить. Если проблема есть, то ясно, куда нужно направлять усилия для ее решения. Именно с таким положением мы имеем дело сегодня. Предмет есть, необходимость есть, цели достаточно ясны. Следовательно, уже накоплен достаточный первичный материал для утверждения, что план дальнейшего развития может быть намечен.

Если реальных обобщений еще недостаточно, если теоретическая база еще действительно очень слаба, а точнее, просто отсутствует, то накопленный за последние десятилетия как позитивный, так и негативный (особенно) материал вполне достаточен для начала. Можно считать, что первый шаг «живого созерцания» сделан и мы готовы сделать первый шаг на пути абстрактного мышления, создавая теорию специального математического обеспечения управления.

Объем частных подсистем, включающих алгоритмы содержательной переработки информации в интересах управления, достаточно велик. Здесь и системы оптимального планирования автомобильных перевозок строительных материалов, и системы оперативного учета складских запасов, и методика построения долгосрочных планов. Материал для анализа, обобщения и выводов есть. Таким образом, сложились условия, достаточные для утверждения, что проблема построения теории специального математического обеспечения требует своего решения.

Сделаны первые шаги по пути создания государственного фонда алгоритмов и программ¹. Этот фонд вклю-

¹ Эти работы выполняются под методологическим руководством Вычислительного центра АН СССР, возглавляемого А. А. Дородницыным.

чает в основном стандартные алгоритмы и программы общенаучного направления. Он построен по отраслевому принципу. Дальнейшее развитие фонда в интересах обеспечения процессов управления должно идти по пути углубления стандартизации, создания более четких организационных форм и необходимых условий для накапливания, контроля качества средств специального математического обеспечения управления. В области построения математического отображения экономических моделей большие работы ведутся во многих организациях¹. Дальнейшее развитие в этом направлении требует систематизации и материализации выполненных и выполняемых работ.

12.2. КОНТУРЫ ТЕОРИИ. Сделаем попытку обрисовать общие контуры теории специального математического обеспечения управления².

Назначением теории специального математического обеспечения, как это ясно из всего предшествующего изложения, является превращение всех видов научных знаний, необходимых руководителю для принятия практических решений, в форму, которая допускает их использование в рамках машинных информационных систем. Фактически речь идет о такой теории, которая позволяет научные результаты любой науки представить в стандартной форме математической или формализованной теории. Механизм этой теории должен начинать работу, когда формализованной теории еще нет, а заканчивать — когда формализованная теория уже существует³.

¹ В методологическом и практическом плане многое сделано Центральным экономико-математическим институтом АН СССР во главе с Н. П. Федоренко и Институтом экономики СО АН СССР во главе с А. Г. Аганбегяном. В этом направлении работают ведомственные вычислительные центры.

² В этом разделе использованы идеи и материалы П. Г. Кузнецова.

³ Термин «теория» употребляется нами в двух смыслах. В первом — это теория специального математического обеспечения управления, которую следует рассматривать как метатеорию. Во втором — это формализованные теории как основа для построения конкретных подсистем специального математического обеспечения управления. Здесь теория понимается в смысле Н. Бурбаки (Теория множеств. Ч. 1, Кн. 1. М., «Мир», 1965): «Всякая математи-

Выше ставился вопрос о переводе разработки специального математического обеспечения на промышленные рельсы и говорилось о специфике «продукта» этого индустриального производства. Уточним, что при этом имеется в виду. Основным продуктом этого производства являются научные теории, пригодные для использования в машинных информационных системах.

Как заказ, так и изготовление такой формализованной научной теории нуждаются в разработке технологии, которая является технологией изготовления научных теорий по заказу. До настоящего времени научные теории, как формализованные, так и неформализованные, были предметом индивидуального научного творчества, движущей силой создания которых был интерес к изучаемому предмету. В настоящее время движущей силой создания формализованных теорий становятся нужды управления, т. е. социальный заказ общества.

Естественно, что каждый ученый желает видеть результаты своего труда в практике нашего общественного производства. Это становится возможным тогда и только тогда, когда результат работы данного ученого входит в состав специального математического обеспечения управления. Здесь мы встречаемся с новым требованием: научная теория вне зависимости от содержания должна удовлетворять двум видам стандартов: стандарту на математическую теорию и после выполнения первого условия стандарту на прикладную научную теорию.

Выполнение требований этих двух видов стандартов гарантирует представление результатов труда данного ученого в системе специального математического обеспечения управления. Это своеобразная публикация

ческая теория (или просто теория) содержит правила, позволяющие сказать, что некоторые знакосочетания являются термами, а некоторые — соотношениями теории, а также правила, позволяющие сказать, что некоторые знакосочетания являются теоремами теории... Интуитивно, термы — это знакосочетания, изображающие объекты (предметы), а соотношения — формулы, изображающие утверждения, которые можно делать об этих предметах».

научных результатов, имеющая удобную форму для использования в практике автоматизированного управления.

Появление указанных двух стандартов стало исторической необходимостью только тогда, когда мы научились передавать накопленные нами научные сведения в форме математических теорий вычислительным машинам. Если при обычном изложении научной теории достаточно понимания собеседника, то для вычислительной машины этот уровень изложения не пригоден. Описательно перевод научной теории в машинную систему соответствует ситуации, когда на список наблюдаемых условий (симптомов, признаков) и специалист и вычислительная машина дают одно и то же предсказание, и это предсказание подтверждается практикой. Процесс превращения научной теории в форму, когда предсказание, подтверждаемое практикой, руководитель может получить от вычислительной машины, и составляет сущность технологии изготовления формализованной научной теории. Для выполнения этой работы специалист по разработке специального математического обеспечения должен в совершенстве владеть языком математики. Но этого мало. Профессиональным признаком специалиста по математическому обеспечению является умение осуществить перевод любой области человеческих знаний на язык математики.

Здесь мы встречаемся с особенностью профессии творца специального математического обеспечения управления. Внутренняя правильность математической теории неадекватна понятию истины в практике управления общественным развитием. Система специального математического обеспечения управления может работать в условиях, где понятие правильности математической теории совпадает с понятием истины.

Не следует думать, что вопрос об адекватном отображении реальных ситуаций не стоял и не решался в практике использования вычислительных машин в системах управления. Особенность системы специального математического обеспечения состоит в том, что ее неформальным теоретическим основанием являются законы исторического развития общества. Эта теоретическая основа охватывает как все достижения естественных наук, так и всю совокупность наук о за-

конах общественного развития. Само собой разумеется, что такие частные методы формализованного представления реальной ситуации в формальные модели, как исследование операций, системный анализ, кибернетика и многие другие, могут использоваться для решения локальных проблем: все они лишены лишь одной фундаментальной компоненты — объективных законов общественного развития, которая предопределяет критерии эффективности в той или иной подсистеме управления общественным развитием. А математическое описание с «субъективным критерием эффективности» — самый опасный вид «волютаризма», ибо он одет в тогу «математической строгости».

Соотношение между теорией специального математического обеспечения и частными методами формализованного представления подсистем системы управления — это соотношение между стратегической математической моделью общественного развития и частными тактическими математическими моделями. Это соотношение определено системой критериев, где критерием высшего уровня является закон роста производительности труда в системе общественного производства. Его прямым следствием и является наличие возможности удовлетворять растущие потребности общества.

12 2.1. Стандартное представление прикладной математической теории. Имеется два эквивалентных представления стандарта математической теории, выраженные либо на языке теории множеств (направление Н. Бурбаки), либо на языке геометрии (направление Клейна, Гильберта, Веблена).

Стандартное представление математической теории допускает получение предсказаний теории из соответствующей машинной информационной системы. Это означает, что вводимые в вычислительную машину условия реальной ситуации и законы реальной действительности «понятны» вычислительной системе. Поскольку вычислительная машина не обладает «разумом», то «понимание» вводимых условий и законов достигается с помощью некоторого текста.

Этот текст вводится в машину с помощью конечного перечня или списка знаков. Этот конечный список

букв и знаков, воспринимаемый машиной или человеком, образует первый компонент математического языка, называемый алфавитом. Последовательности букв образуют слова (термины) и термы. Это означает, что в любом математическом тексте существует словарь — список тех последовательностей букв, которым приписывается некоторое семантическое содержание. Полный список всех «содержательных» терминов или термов образует словарь данной математической теории. Названные два списка: список букв и знаков (алфавит) и список терминов или термов (словарь) — еще не исчерпывают языка математической теории. Третий список, который образуется с помощью уже зафиксированного алфавита и словаря, представляет собой список всех высказываний или утверждений, которые можно построить из зафиксированного словаря. Все три перечисленных списка образуют язык математической или формальной теории.

«Слово» в математических языках существенно отличается от слов естественного языка. В математическом языке слова определяются однозначно, что никогда не имеет места в естественных языках. Можно сделать предположение, что вся математика была создана, как ответ на насущную потребность исторического развития иметь языки, которые допускают однозначный перевод.

Кроме математического языка имеются еще две части математической теории: совокупность аксиом и условий и совокупность правил вывода. Как в первую, так и во вторую могут попадать только те высказывания (формулы или соотношения), которые содержатся в конкретном математическом языке.

Первая часть состоит из двух списков формул (высказываний или соотношений) на языке математической теории. Первый список содержит формулы и соотношения, которые в рамках данной теории верны всегда, — это список аксиом. Пока аксиомы этого списка сохраняют свою силу, мы имеем дело с той же самой математической теорией. Второй список — список условий, то есть список утверждений или соотношений, которые связаны с конкретным применением данной теории в конкретном случае. В этом списке утверждения могут изменяться, но сама теория (заданная ак-

сиомами) остается без изменения. В разных разделах математики эти условия называются по-разному (начальные условия, граничные условия, ограничения в задачах линейного и динамического программирования).

Если список аксиом пуст, т. е. все условия могут изменяться, то мы имеем дело не с теорией, а с некоторой математической моделью.

Совокупность правил вывода состоит из списка, в который входят правила вывода, т. е. соотношения, которые в данной теории считаются эквивалентными.

Приведенное стандартное представление математической теории соответствует теоретико-множественному или алгебраическому подходу к «стандарту».

Другое стандартное представление математической теории может быть получено на языке геометрии, т. е. в направлении, развивавшемся О. Вебленом.

Какова бы ни была область конкретной научной деятельности, научные результаты рано или поздно приобретают форму прикладной математической теории. Если математическая теория дает выводимые формулы, которые не противоречат аксиомам и условиям, то прикладная математическая теория дает выводимые формулы, которые соответствуют практике управления. Однако в практике управления не встречаются «термины» или «слова» математических языков — нет «точек», «прямых», «плоскостей» и т. д. Роль этих терминов в прикладных теориях выполняют измеряемые величины. Так как термины математики должны определяться однозначно, мы должны и от измеряемых величин потребовать однозначного определения. Это и приводит к необходимости «стандартизации» всей совокупности измеряемых величин. Отнесение тех или иных величин к классу измеряемых является существенно неформальной процедурой.

Система измеряемых величин образует «словарь» прикладных математических теорий, обеспечивая использование математического формализма для описания явлений реальных процессов.

Списки аксиом, условий и правил вывода для прикладной математической теории в области специального математического обеспечения управления содержат в формализованном виде отображения объектив-

ных законов, совокупности факторов, влияющих на достижение целей управления, правил оценки результатов вариантов решений.

12.2.2. Специальное математическое обеспечение управления как теория технологии производства научных теорий. Мы неоднократно обращали внимание читателя, что стоим перед необходимостью создания новой отрасли промышленного производства, продукцией которой являются научные теории, предназначенные для пополнения системы специального математического обеспечения управления. В настоящее время изготовление научных теорий (прикладного характера) находится на той стадии, которая соответствует стадии «ремесла» и в лучшем случае на стадии «цехового» производства. Эти стадии проходило все промышленное производство.

Создание такого промышленного производства научных теорий, которое ориентировано на увеличение скорости удовлетворения общественных потребностей, не имеет исторического аналога.

Попробуем себе представить инженера, продуктом производства которого является научная теория. Любой инженер-конструктор является конструктором научной теории. Любая техническая система, самолет, пароход, холодильник, автомобиль до своего материального воплощения в работающую материальную конструкцию имеет вид комплекта рабочих чертежей и комплекта технологических карт, описывающих как свойства материалов, так и способ изготовления каждого элемента будущей конструкции. Весь этот комплект документов состоит из текста и чертежей. В этом смысле они только внешним видом отличаются от текста математической теории. Подобно тому, как математическая теория дает предсказания того, что будет, комплект рабочих чертежей дает предсказание того, что будет, т. е. какими свойствами будет обладать материальная конструкция, изготовленная в соответствии с комплектом рабочей документации.

Представим себе инженера-конструктора системы управления. Он должен завершить свою работу комплектом рабочей документации на систему управления, а роль технологических карт (описывающих «изготовление») будет играть комплект документов, который

описывает «порядок ввода» изготовленной системы управления в эксплуатацию («материализация системы управления»). В этой деятельности инженера-конструктора систем управления содержится много элементов, которые характерны для работы инженера. Но эта деятельность отлична от конструирования технических средств, где конструирование контролируется законами физики, теоретической механики, сопротивления материалов, контролем действия других законов — законов общественного развития. Если инженер имеет формулу закона сохранения энергии и ни одна машина не может быть реализована вопреки этому закону, то инженер-конструктор систем управления имеет подобный закон — закон роста производительности труда в системе общественного производства и ни одна созданная им система не может находиться в противоречии с этим законом.

Мы нуждаемся в общей основе для совместного описания в инженерной практике и законов общественного развития и законов естественных наук, используемых в системе специального математического обеспечения управления. Промышленность производства специального математического обеспечения должна создать специальное математическое обеспечение для всей системы общественного производства.

Поэтому система специального математического обеспечения управления не может быть создана в рамках той или иной частной системы.

Все составные части этой системы должны удовлетворять одной и той же совокупности стандартов. В частности, должен быть введен стандарт на модуль системы специального математического обеспечения управления, так как действующая система управления общественным производством не может останавливаться ни на один день.

Модульное конструирование программного обеспечения вообще и модульное конструирование системы специального математического обеспечения в частности всеми приветствуются — вопрос только в том, как должны быть устроены эти модули.

Ответ на этот вопрос лежит за рамками частных систем управления. Содержательно природа модулей диктуется инвариантными свойствами системы обще-

ственного производства. В системе общественного производства может существовать модуль системы питания населения как характеристика неизменной функции подсистемы общественного производства. Могут изменяться продукты питания, могут изменяться машины и механизмы в системе сельскохозяйственного производства, могут меняться типы удобрений, может появляться промышленность химического производства продуктов питания, но никогда не исчезнет функция, представляемая названным модулем, — функция научно обоснованного питания населения. Обратим внимание, что функция питания людей — это не «конечный продукт», а непрерывный процесс, мерой которого является величина потока продуктов питания, т. е. некоторая величина мощности, являющаяся некоторой долей в полном потоке скорости удовлетворения общественных потребностей.

Формально структура модулей определяется требованием объединения их в системы, при котором они соединяются с помощью стандартов, аналогичных стандартам на «штепсельные разъемы» в радиоэлектронных схемах.

Все компоненты системы специального математического обеспечения управления образуют взаимосвязанную конструкцию, которая позволяет оценивать вклад каждого конкретного решения в рост производительности труда в системе общественного производства, т. е. вклад в скорость удовлетворения общественных потребностей. «Штепсельные разъемы» различных модулей содержат те совокупности параметров, которые обеспечивают работу системы, как целого.

В рамках общегосударственной программы создания системы специального математического обеспечения будут меняться «внутренние структуры» модулей, но будут сохраняться их «штепсельные разъемы», характеризующие их сопряжение в решении любой проблемы оценки эффективности конкретного решения по его влиянию на темпы роста производительности труда в системе общественного производства.

12.3. НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ. Какие проблемы должна решить теория специального математического обеспечения управления? Позволим себе пометать,

пофантазировать и представить, какие результаты нужно ждать от этой теории. Главный результат этой теории должен заключаться в ответе на вопросы: как создать, как развивать, как обучать «коллективный мозг» общественного управления. Этот «мозг», который мы называем системой специального математического обеспечения управления, должен впитать в себя весь опыт практики управления и все достижения науки, а в дальнейшем «обучаться» и пополняться новыми результатами. Как это сделать? Его информационно-логическая структура на каждом этапе будет существенно зависеть от мощности аппарата формализованной переработки информации и от реальных возможностей технических средств автоматизации. Какова эта связь? Какова рациональная информационно-логическая структура?

Можно думать, что с помощью этой теории удастся решить проблему эффективного обучения «коллективного мозга». Процесс накопления и обобщения опыта управления будет формализован. Процесс превращения этих результатов в алгоритмы, включенные в состав этого «мозга», также будет автоматизирован.

Таким образом, главная цель теории в перспективе состоит не только в том, как на базе существующей сегодня вычислительной техники создать систему специального математического обеспечения управления, реализованную программами для электронных вычислительных машин, но и в том, чтобы определить «жизненный путь» такого «мозга» в зависимости от совершенствования техники и результатов развития практически всех наук¹.

Как должны протекать вычислительные процессы в этом «мозгу»? Как должны определяться пути пе-

¹ По-видимому, в дальнейшем технология создания алгоритмов и сами алгоритмы (программы) по своей форме мало чем будут похожи на существующие сегодня. Можно предполагать, что будут созданы новые языки, представляющие в формализованном виде процессы, протекающие в системах управления. Но так как такой «мозг» станет непрямым и непрерывным участником общественного управления, то должна быть решена проблема обеспечения его жизнеспособности и адаптации при изменении условий.

переработки информации в нем? Сегодня эти процессы реализуются с помощью достаточно автономных алгоритмов (программ), опирающихся в лучшем случае на информационную базу и базовые системы стандартных программ¹. Ход течения вычислительного процесса, как правило, однозначно определяется именем (номером) задачи (алгоритма), который должен быть исполнен. Это придает системе автоматизированной переработки информации большую жесткость и вынуждает человека выбирать и реализовывать в процессе управления пути переработки информации. При этом совокупность алгоритмических (программных) средств имеет большую инерционность. Один алгоритм может опереться (воспользоваться для вычислений) на другой алгоритм (или его часть) только при условии, что такая возможность зафиксирована в нем статически. Он не обладает возможностью автоматически определять преемника, используя только информацию о возникшей обстановке. Совокупности алгоритмов сегодня еще не могут автоматически выбирать путь вычислительного процесса, используя только информацию, характеризующую сложившееся состояние системы управления. Они требуют для этого значительных объемов служебных данных (вспомогательной информации) и отвлекают тем самым человека (руководителя) от выполнения основных функций для осуществления вспомогательных. Устранение подобного положения — одна из задач теории.

Можно не сомневаться, что эти проблемы будут такой теорией решены. Кроме общих проблем теория специального математического обеспечения должна уже в ближайшее время дать ответы на ряд конкретных вопросов, без которых развитие средств автоматизации управления не сможет идти успешно. Остановимся на некоторых из них.

12.3.1. Структура органа управления. Первой из таких проблем является создание аппарата для определения рациональной структуры системы управления и орга-

¹ Такие системы, объединенные в пакеты прикладных программ, позволяют путем параметрической настройки получать алгоритмы, реализующие вычислительные процессы для определенных классов задач.

на управления, использующих средства автоматизации (включая специальное математическое обеспечение). Широко распространено утверждение, что внедрение средств автоматизации только для повышения качества выполнения существующих функций при сохранении структуры системы и органов управления не позволит получить от средств автоматизации должного эффекта¹.

Однако кроме общих соображений на эту тему необходимо уметь оценивать влияние специального математического обеспечения управления на структуру системы и органов управления, необходимо уметь определять рациональную структуру. Этот вопрос нуждается в теоретическом исследовании и решении.

Идеальным результатом был бы аппарат, позволяющий решать следующую задачу.

Исходными для решения задачи являются следующие три множества:

O — описание совокупности объектов управления, их функций, показателей, оценивающих эффективность их функционирования, внешних связей объектов;

Ф — описание функций органа управления, состава управляющих параметров, условий его работы;

A — описание состава специального математического обеспечения с учетом возможностей технических средств автоматизации приема, переработки и передачи данных; описание выполняемых им функций.

Результатом должен являться граф (*Г*), описывающий рациональную структуру органа управления, его функции и связи. Основным показателем качества структуры органа управления является число его сотрудников (чем их меньше, тем лучше), при условии, что орган управления своевременно и обоснованно принимает решения в процессе управления. Это объясняется тем, что глобальной целью внедрения средств автоматизации в сферу управления является устранение образовавшегося дефицита живого труда. Остальные показатели качества структуры органа управления следует рассматривать как вспомогательные. Вершинами этого графа являются рабочие места сотруд-

¹ С этим утверждением, по-видимому, следует согласиться. Нет смысла ставить новый мощный автомобильный мотор на телегу.

ников органа управления (точки диалога) и объекты управления. Дуги графа определяют направления информационных потоков. Описание каждой вершины должно содержать функции, выполняемые в ней, и организацию работы.

Такая постановка задачи требует умения перейти от неформализованного образа системы управления к его формализованному описанию, без чего нельзя построить множества O и Φ . Аналогично должен быть определен состав элементов множества A и параметров их характеризующих. Такое формализованное представление должно дать достаточно точную модель системы управления и средств обеспечения, чтобы можно было гарантировать правильность результата (Γ).

12.3.2. Планирование. Следующей проблемой является создание аппарата для обоснования рациональной последовательности создания и внедрения специального математического обеспечения в частную подсистему управления. В чем содержание этой проблемы? Из вышеизложенного ясно, что затраты времени на создание специального математического обеспечения даже для одной системы управления достаточно велики и могут измеряться годами. За это время в системе управления могут происходить изменения, которые должны находить отражение в разрабатываемом математическом обеспечении. Эти изменения могут быть достаточно существенными, и без их учета разрабатываемое математическое обеспечение не может быть использовано. Возникает задача отыскания путей устранения этого противоречия. Наиболее радикальным является путь сокращения времени на разработку каждой подсистемы специального математического обеспечения. Идеальным было бы положение, при котором сразу после формулирования потребностей органа управления, практически мгновенно, появлялся бы алгоритмический образ подсистемы.

Принципиально отвергнуть возможность достижения такого положения нельзя. Однако ждать быстрого успеха на этом пути трудно.

Второй путь заключается в придании средствам специального математического обеспечения высоких адаптационных свойств. Эти свойства должны обеспечить возможность быстрой перенастройки (модификации)

созданных средств, что существенно увеличило бы время существования каждого элемента специального математического обеспечения управления. Ясно, что при этом изменения в системе управления, которые возникнут в процессе разработки, могут быть учтены с помощью адаптации, а не переделки всей работы заново. Кроме того, такие свойства позволят учитывать и те изменения в системе управления, которые будут возникать в процессе эксплуатации специального математического обеспечения. Однако и этот путь не исключает необходимости теоретической оценки планов создания и внедрения специального математического обеспечения и необходимости создания аппарата для выбора рациональных планов.

На первый взгляд такая постановка задачи может показаться слишком абстрактной, имеющей чисто теоретический интерес. К сожалению, это не так. Имеющийся опыт показывает, что при проектировании и создании сложных (больших) автоматизированных систем управления сроки выполнения этих работ иногда оказываются настолько большими, что к моменту завершения работ они теряют смысл и приходится либо приступить к модификации системы, либо списывать убытки. Нельзя забывать того, что заказ (техническое задание промышленной организации) формируется в начале разработки и имеет юридическую силу до ее конца. Изменения, которые вносятся в это задание на некоторых этапах работы, не всегда могут поправить дело. Как правило, на завершающем этапе (после утверждения технического проекта) такие изменения уже вноситься не могут.

Таким образом, учитывая разные сроки «жизни» технических средств автоматизации и специального математического обеспечения управления, планирование их разработки и внедрения должно происходить с учетом взаимного согласования, но, как правило, по разным планам.

Можно предполагать, что в некоторых ситуациях целесообразно деление подсистемы специального математического обеспечения на автономные составные части с поэтапным их внедрением. Недостаток такого подхода в том, что автономность этих частей может оказаться неполной, что между ними будет взаимозависимость. Это приведет к тому, что внедрение одной части подсистемы потребует дополнительных затрат труда на воспроизведение ее связей с еще не внедренными частями с помощью временных вспомогатель-

ных мер. Напомним, что эти взаимосвязи имеют только информационный характер. Таким образом, при отсутствии некоторых сопряженных подсистем придется либо выработку необходимой информации осуществлять неавтоматически, либо отказаться от некоторых возможностей или даже функций внедренной части. Достоинством такого подхода может оказаться повышение, хотя и частичное, эффективности управления, т. е. ускорение окупаемости затрат на создание специального математического обеспечения.

Поэтапное внедрение может вступить в противоречие с рациональной структурой органа управления, описываемой графом Г. Эта структура в сформулированной выше постановке определяется при фиксированном описании множеств Φ и A . Она отражает одновременное внедрение всей подсистемы специального математического обеспечения в орган управления. При поэтапном внедрении математического обеспечения каждому этапу будет соответствовать своя рациональная структура органа управления.

Таким образом, одним из результатов исследования этой проблемы является разработка аппарата для решения следующей задачи. Исходная информация задана следующими множествами:

$\{O, \Phi\}$ — описание множества характеристик системы управления;

\bar{O} — совокупность характеристик, определяющих прогнозируемые изменения в функциях системы управления, которые должны отразиться на специальном математическом обеспечении;

A — структурно-логическое описание подсистемы специального математического обеспечения. Степень детализации должна позволять выделять автономные части подсистемы и определять информационные связи между ними;

Z — совокупность характеристик, определяющих прогнозируемые сроки и затраты на создание подсистемы специального математического обеспечения и ее частей;

\mathcal{E} — совокупность характеристик, определяющих эффективность работы системы управления в зависимости от объема внедренной части подсистемы специального математического обеспечения управления.

Необходимо разработать аппарат, обеспечивающий решение следующей задачи:

$$(O, \Phi, \tilde{O}, A, Z, \Theta) \xRightarrow{R} (n, \Omega^{(i)}, T^{(i)}, \Gamma^{(i)}, B^{(i)}) (i = 1, 2, \dots, n),$$

где n — число этапов внедрения подсистемы специального математического обеспечения управления; $\Omega^{(i)}$ — состав подсистемы, внедряемой на i -м этапе ($i = 1, 2, \dots, n$); $T^{(i)}$ — срок завершения работ на i -м этапе ($i = 1, 2, \dots, n$); $\Gamma^{(i)}$ — рациональная структура органа управления как функция от этапа внедрения ($i = 1, 2, \dots, n$; $\Gamma^{(n)} = \Gamma$); $B^{(i)}$ — состав информационных взаимосвязей между частями подсистемы, обслуживаемых на i -м ($i = 1, 2, \dots, n$) этапе неавтоматизированным способом; R — оператор получения рационального плана.

В качестве критерия для выбора рационального плана внедрения подсистемы можно использовать суммарную окупаемость затрат на создание подсистемы, максимизируя ее на каждом этапе, как функцию от внедренного объема подсистемы специального математического обеспечения управления.

Для решения этой задачи необходимо разработать методы формального представления системы управления, ее предполагаемых изменений, подсистемы специального математического обеспечения, достигаемой эффективности и потребных затрат. Такое формализованное представление должно отвечать целям получения рационального плана разработки и внедрения подсистемы.

12.3.3. Ресурсы. Построение системы специального математического обеспечения управления требует больших затрат. Ресурсы, выделенные на ее построение, не могут быть реализованы без соответствующей предварительной подготовки. Это относится в первую очередь к кадрам специалистов, разрабатывающих математическое обеспечение. Подготовка таких кадров занимает несколько лет. Поэтому нужно уметь заблаговременно прогнозировать объемы потребностей в ресурсах на создание системы специального математического обеспечения управления. Этому прогнозу должны предшествовать анализ и обоснование общих затрат на совершенствование технологии управления.

Процесс создания средств совершенствования управления находится в начальной стадии. Он еще не стабилизировался. При прогнозировании развития стабилизировавшихся процессов достаточно обоснованные решения можно принимать, опираясь на предшествующий опыт. Так, например, при планировании ресурсов на жилищное строительство достаточно ясны потребности в нем с учетом прироста населения; ясны возможности промышленности строительных материалов и т. п. Все это позволяет обоснованно определить ресурсы на перспективное строительство.

Иное положение при прогнозировании развития нестабилизировавшихся систем, к которым относится и система специального математического обеспечения управления. Для прогноза ресурсов, необходимых для совершенствования технологии управления вообще и системы специального математического обеспечения в частности, особое значение приобретает теория.

12.3.4. Адаптация к реальному времени. Выше отмечалось, что оперативность и обоснованность решения противоречат друг другу. Если в каждом конкретном случае возложить задачу по разрешению этого противоречия на человека, то практически будут утеряны основные свойства средств автоматизации управления. Поэтому устранение указанных противоречий должно осуществляться автоматически. Такая постановка задачи приводит к необходимости решения многих проблем. Следует определить основные пути разрешения указанного противоречия, оценить их, обосновать правила их выбора в зависимости от ситуации, создать механизм для реализации этих путей. Все это достаточно сложные проблемы, требующие глубокого теоретического исследования.

Минимальное требование к средствам автоматизации — обеспечение своевременной выработки хотя бы одного варианта решения. Простейший путь удовлетворения этого требования — статический. Он заключается в установлении необходимого соответствия между техническими средствами автоматизации и алгоритмами специального математического обеспечения управления, которое осуществляется на стадии их разработки. При установлении такого соответствия используется принцип: трудоемкость алгоритмов

должна быть такой, чтобы имеющиеся технические средства автоматизации могли всегда своевременно подготовить хотя бы один вариант решения. Даже этот простейший путь требует достаточно мощного теоретического аппарата для его реализации.

Более сложным путем удовлетворения этого требования является динамическая настройка структуры алгоритмов специального математического обеспечения. Так, авторами был разработан и практически опробован один из вариантов такого решения, который они условно называли методом «дубль-модулей». Сущность этого метода заключается в следующем. При разработке алгоритма для выполнения одной и той же функции создается одновременно несколько модулей. Они отличаются друг от друга временем выполнения функции, полнотой использования имеющихся данных и, как следствие, качеством выдаваемых ими результатов. Естественно, что в эту совокупность не включаются модули, требующие большего времени выполнения и дающие худшие результаты.

В каждом конкретном случае можно ввести показатели качества результата, выдаваемого i -м модулем при выполнении функции f . Обозначим такой показатель через $g_f^{(i)}$, это может быть скаляр или вектор. Эти показатели должны обеспечивать сравнение качества модулей и вывод о предпочтительности одного из двух сравниваемых по этим показателям. С помощью $g_f^{(i)}$ может быть упорядочено множество модулей $\{m_f^{(i)}\}$, реализующих функцию f . Пусть $\{t_f^{(i)}\}$ — затраты времени на вычисления по алгоритмам модулей $\{m_f^{(i)}\}$.

Введем оператор предпочтения pp , и будем через $g_f^{(i)} pp g_f^{(j)}$ обозначать утверждение, что i -й модуль дает результаты более высокого качества, чем j -й. Тогда в составе множества $\{m_f^{(i)}\}$ нет пар модулей, для которых одновременно выполняются следующие два условия:

$$g_f^{(i)} pp g_f^{(j)}; t_f^{(i)} \leq t_f^{(j)} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n).$$

Пусть для реализации алгоритма A необходимо выполнить последовательность функций $\{\varphi_k\}$ ($k=1,$

2, ..., m). Для реализации каждой из функций имеется множество модулей (дубль-модулей — модулей, выполняющих одну и ту же функцию) $\{m_{\varphi_k}^{(i)}\}$ ($i=1, 2, \dots, n_k$) с временами исполнения, задаваемыми множествами $\{t_{\varphi_k}^{(i)}\}$ ($i=1, 2, \dots, n_k$).

Предположим, что с возникновением потребности в выполнении алгоритма A известно время T , имеющееся для своевременной выработки варианта решения. Пусть

$$t_{\varphi_k}^{(1)} = \min_{(i)} \{t_{\varphi_k}^{(i)}\}, \quad t_{\varphi_k}^{(n_k)} = \max_{(i)} \{t_{\varphi_k}^{(i)}\}.$$

Тогда, если

$$(12.1) \quad \sum_{k=1}^m t_{\varphi_k}^{(1)} > T,$$

то своевременно с помощью средств автоматизации нельзя подготовить ни одного варианта решения.

Избежать подобных ситуаций можно, установив необходимое соответствие между мощностью технических средств автоматизации и алгоритмами специального математического обеспечения управления.

Если

$$(12.2) \quad \sum_{k=1}^m t_{\varphi_k}^{(n_k)} < T,$$

то можно успеть проанализировать больше одного варианта.

Если

$$(12.3) \quad \sum_{k=1}^m t_{\varphi_k}^{(1)} < T \wedge \sum_{k=1}^m t_{\varphi_k}^{(n_k)} > T,$$

то из множества $\{m_{\varphi_k}^{(i)}\}$ ($i=1, 2, \dots, n_k; k=1, 2, \dots, m$) могут быть выделены подмножества $\{m_{\varphi_k}^{(i_s)}\}$, удовлетворяющие условию

$$(12.4) \quad \sum_{k=1}^m t_{\varphi_k}^{(i_s)} < T.$$

Условие (12.4) неоднозначно определяет подмножество $\{m_{\varphi_k}^{(i_s)}\}$, поэтому необходимо уметь выбирать одно из них. Для этого нужно уметь оценивать степень вли-

яния различных способов реализации функций $\{Ф_k\}$ на качество результатов, вырабатываемых алгоритмом A .

Из изложенного подхода вытекает необходимость решения следующей проблемы. Для динамической адаптации алгоритмов специального математического обеспечения необходимо иметь аппарат, с помощью которого можно отдать предпочтение либо увеличению числа проанализированных вариантов, либо повышению качества одного варианта. Необходимо уметь оценивать качество результатов, вырабатываемых различными алгоритмами, влияние промежуточных результатов, в том числе вырабатываемых отдельными модулями, на конечные результаты и, наконец, необходимо уметь делить весь алгоритм на модули, учитывая как ограниченные возможности технических средств автоматизации, так и потребности адаптации процесса количественного обоснования варианта решения к реальному времени.

Еще одна проблема, требующая теоретического исследования, — создание аппарата оценки использования алгоритмами специального математического обеспечения сведений, имеющихся в информационной базе. Она близка к проблеме адаптации. Между объективной возможностью алгоритма обеспечить определенный уровень обоснованности варианта решения и имеющимся объемом информации существует неразрывная связь. Это означает, что объем (и время) вычислений по данному алгоритму зависит от фактически имеющейся информации. Насколько нам известно, в таком виде эта проблема не только не решена, но даже и не сформулирована.

12.3.5. Граница автоматизации. Автоматизированное управление сохраняет за руководителем утверждение окончательного решения. Средства автоматизации, включая и специальное математическое обеспечение, выступают в роли «советчика». Однако это не снимает проблемы определения целесообразной границы автоматизации. Такая граница отделяет творческое от формализованного при управлении. Эта граница не неизменна. Возможный уровень автоматизации определяется свойствами технических средств переработки информации. Однако эти средства, как правило, ней-

тральны к области их применения, лишь бы их мощности было достаточно для удовлетворения нужд конкретных процессов управления. Поэтому автоматизированная система управления определяется ее специальным математическим обеспечением, которое фиксирует границу автоматизации.

Увеличение состава функций управления, при выполнении которых могут использоваться средства автоматизации, происходит по мере углубления наших знаний о законах управления и по мере совершенствования математического аппарата переработки информации. Поэтому может показаться, что достаточно ограничиться учетом фактически формирующейся границы автоматизации. Однако такое мнение недостаточно обоснованно по следующим причинам.

Во-первых, совершенствование средств автоматизации будет идти тем быстрее и тем успешнее, чем точнее известны наиболее слабые места в управлении, процессы управления, требующие совершенствования. Это очевидно, так как знание таких мест позволит более четко сформулировать задачи, стоящие перед теорией, и, следовательно, получить не случайные наборы алгоритмов, а целенаправленно созданные подсистемы специального математического обеспечения управления. Выявление таких слабых мест на границе автоматизированного управления возможно только в том случае, если теория будет играть активную роль, а не роль фиксатора сложившегося положения.

Во-вторых, вновь разрабатываемые методы (алгоритмы) математического обеспечения управления должны проходить предварительный анализ, с помощью которого можно делать выводы об их эффективности. Мало разработать метод. Нужно оценить его роль и место в уже используемой системе специального математического обеспечения, определить степень его влияния на решения, принимаемые руководителем. Этот вопрос заслуживает особого внимания. Любой метод, любой алгоритм нужны в системе специального математического обеспечения не сами по себе, а как инструмент для принятия решения руководителем. Как бы ни был этот метод изящен и оригинален сам по себе, но если он не помогает руководителю принимать своевременно более обоснованные решения, то

его рано включать в систему, нет смысла изменять границу автоматизации.

Можно указать несколько причин, по которым новый метод может оказаться недостаточно эффективным. Первой из них может быть информационная база. Если в ней не содержатся сведения, необходимые для реализации нового метода, если эти сведения реально получить нельзя (т. е. нельзя расширить информационную базу), то новый метод может оказаться в настоящее время лишь теоретически интересным, но практически непригодным. Это, конечно, не означает, что положение не может измениться. Второй причиной может быть недостаточно высокая информативность результатов метода. Это означает, что руководителю понадобится слишком много (больше чем фактически имеется) времени для осмысления результатов и принятия решения. Третьей причиной может оказаться несовместимость нового подхода с уже имеющимися или просто слабая согласованность его с ними. Это означает, что руководитель будет поставлен в положение, затрудняющее принятие решения, а следовательно, увеличивающее затраты времени, что может сказаться на оперативности управления.

Теоретических методов подобных оценок новых алгоритмов в настоящее время не существует, и их нужно создавать.

12.3.6. Надежность. В гл. 3 рассматривались требования к надежности специального математического обеспечения управления. Уточним некоторые понятия и задачи, которые при этом возникают.

Надежность математического обеспечения всех видов еще недавно рассматривалась как синоним правильности программ, его реализующих. Если программа безошибочно отражает алгоритм, то считалось, что математическое обеспечение надежно. С такой узкой оценкой этого понятия трудно согласиться. Правильность программы является только одной из составляющих надежности математического обеспечения.

Под надежностью специального математического обеспечения будем понимать свойство, заключающееся в его способности правильно выполнять свои функции, в том числе и под влиянием внешних воздействий. Для того чтобы специальное математическое обеспече-

ние было способно выполнять свои функции, оно должно правильно отражать процессы, протекающие при управлении. Это означает, что математическая модель должна быть адекватна содержанию описываемых ею процессов. Так как любая модель способна дать лишь приближенное описание реальных процессов, то возникает вопрос о том, насколько полно специальное математическое обеспечение удовлетворяет потребности управления. Процессы управления, как правило, протекают в условиях значительной неопределенности. Неопределенность проявляется в неполном знании на момент принятия решения состояния объектов управления и условий их функционирования. Она проявляется в вероятностном характере развития последующих событий. Поэтому, чтобы специальное математическое обеспечение могло правильно выполнять свои функции, оно должно обладать способностью вырабатывать рекомендации в процессе управления в условиях различной степени неопределенности знаний об обстановке.

Кроме того, специальное математическое обеспечение в процессе использования его при управлении функционирует в форме программных моделей. Эти модели постоянно находятся под воздействием следующих случайных возмущающих факторов.

1. Нарушения правильности работы технических средств. Частично эти нарушения выявляются, локализируются и устраняются с помощью самих технических средств (системы встроенного аппаратного контроля). Однако отличной от нуля остается вероятность того, что нарушение не будет выявлено аппаратными средствами и, следовательно, окажет воздействие на функционирующую программную модель. Это может привести к искажению информации или к неправильному выполнению операций.

2. Ошибки, которые не были выявлены в ней заранее. Опыт показывает, что пока еще не удалось добиться положения, при котором можно с полной гарантией утверждать, что в программной модели не осталось ни одной ошибки¹. При автоматическом программи-

¹ Шутливый афоризм программистов: «В каждой программе есть хоть одна ошибка» — не лишен смысла.

ровании программа является точной копией записи алгоритма на алгоритмическом языке, конечно, при условии, что транслятор работает безошибочно, т. е. в нем нет внутренних ошибок и при функционировании он не подвергался воздействию неправильно работающих технических средств. Однако сохраняются такие источники ошибок, как опiski в текстах записи алгоритма, неправильный перенос записи на машинные носители. Кроме того, ошибки могут появляться при комплексировании отдельных частей программы⁴. Эти ошибки могут проявлять себя только в определенных ситуациях, при некоторых сочетаниях значений исходных и промежуточных данных. Как правило, ошибочные команды, выполняемые при каждом варианте вычислений, легко обнаруживаются на первых шагах контроля программной модели.

3. Ошибки, которые могут быть в программах общесистемного математического обеспечения и в других с ней связанных программных моделях.

4. Ошибки, содержащиеся в исходной информации. Источниками этих ошибок являются либо люди, составляющие обращения к средствам автоматизации, либо каналы передачи данных и устройства, обслуживающие их.

5. Поток исходных данных, его содержание. В некоторые периоды времени этот поток может оказаться либо очень неинформативным, либо очень перегруженным. Малая информативность потока может быть вызвана трудностями получения исходных данных либо неисправностью средств их подготовки и передачи. Перегруженность потока, как правило, является следствием преднамеренного воздействия на систему управления с целью снижения ее работоспособности (это характерно для военных систем, находящихся под

Обобщая опыт проверки математического обеспечения на работоспособность, Менголд (*Mangold E. R. Software error analysis and software policy implications.* — «IEEE Electron. and Aerospace Systems Convelion», 1974) приводит следующие данные: в программе, объем которой 200 тыс. команд, за время контрольных, приемочных, комплексных испытаний и опытной эксплуатации было обнаружено 7 тыс. ошибок. Ясно, что и после опытной эксплуатации нет гарантии, что все ошибки выявлены и исправлены.

имитационным и информационным воздействием противника).

Итак, надежность специального математического обеспечения управления — это его способность успешно функционировать, невзирая на все эти помехи.

Уточним понятие успешности функционирования. Идеальным можно считать положение, при котором специальное математическое обеспечение управления продолжает правильно выполнять все свои функции несмотря на возмущающие воздействия. К этому следует стремиться, хотя априори неясно, можно ли всегда достичь подобного положения. Несколько менее жестким, но обязательным, является требование к специальному математическому обеспечению локализовать последствия любых возмущающих воздействий. Это означает, что никакое нарушение в правильности работы не должно приводить к выдаче руководителю неправильного результата. Если не удается автоматически устранить последствия нарушения и правильно выполнить функцию, то об этом должны быть сформированы и выданы обслуживающему персоналу соответствующие сведения. В подобных ситуациях меры по устранению последствий нарушений должен принимать человек. Для этого он должен быть вооружен средствами, позволяющими ему внести исправления, восстановить информацию и обеспечить выполнение необходимых функций.

Таким образом, надежность заключается в способности специального математического обеспечения, находящегося под воздействием внешних возмущений, правильно выполнять свои функции, локализовывать последствия нарушений, своевременно сигнализировать о возникающих ситуациях и устранять их последствия по указанию человека.

Теоретические исследования в этой области только начаты. В проработке нуждаются три группы проблем. Первая из них охватывает проблемы, связанные с построением математических моделей, адекватно отражающих свойства реальных процессов управления и обеспечивающих выработку решений в условиях неопределенности, т. е. с обеспечением *алгоритмической надежности*. Среди этих проблем особое место занимают вопросы проверки соответствия математической

модели реальному процессу. Если в построении математических моделей, обеспечивающих принятие решения в условиях неопределенности, имеются значительные успехи и даже есть специальная теория принятия решений, то в оценке качества математических моделей успехи гораздо более скромные. Сложившаяся методология в основном ориентирована на проверку качества математических моделей, используемых в научных исследованиях, и недостаточно полно отражает особенности процессов управления. Кроме того, массовый характер разработок в области специального математического обеспечения, промышленный характер этих разработок требуют существенного ускорения процессов проверки качества математических моделей. Если общее направление работ достаточно ясно (оно заключается во внедрении математического моделирования), то общая методология нуждается в разработке. Остаются открытыми вопросы разработки показателей качества подсистем специального математического обеспечения.

Вторая группа проблем охватывает вопросы проверки качества программных моделей специального математического обеспечения управления, т. е. вопросы *программной надежности*. Теоретические основы такой проверки пока еще не разработаны. Эти работы выполняются эмпирически. Проверка производится по ограниченному набору вариантов, формируемых неавтоматизированным образом. Ясно, что при этом число исследованных вариантов по сравнению со всеми возможными весьма невелико. Необходимо разработать методы и средства, автоматизирующие процессы проверки качества программных моделей. В том числе должен быть разработан язык описания области допустимых значений исходных данных и области допустимых вариантов результатов, язык для описания задания на автоматическую проверку правильности программной модели и алгоритмические средства их реализации.

Третья группа проблем охватывает вопросы функциональной надежности специального математического обеспечения управления, устойчивости его по отношению к внешним возмущающим воздействиям, т. е. вопросы *информационной и вычислительной надежности*.

Ясно, что это свойство специальное математическое обеспечение может приобрести за счет соответствующих структурных решений и определенной избыточности алгоритмических средств. Однако пути выбора рациональной структуры, метода выбора, состав функций, обеспечивающих функциональную надежность, так же, как и показатели, ее измеряющие, еще не определены. Они нуждаются в исследовании и теоретическом обосновании.

12.3.7. Активная информационная база. Информационную базу каждой подсистемы специального математического обеспечения управления можно рассматривать как пассивный элемент, собирающий и накапливающий сведения, поступающие в систему. Правила, по которым сведения должны поступать в информационную базу, заранее определены, известны источники данных, которые ответственны за их выдачу. Информационная база служит только местом хранения поступивших сведений. Недостатки такого подхода к построению информационной базы подсистемы специального математического обеспечения очевидны. Другой подход к построению информационной базы заключается в том, что на нее возлагается задача активно реагировать на нарушения в поступающем информационном потоке, анализировать объем имеющихся данных и восстанавливать при необходимости недостающую информацию путем имитационного моделирования. Функции восстановления недостающей информации могут быть реализованы частными алгоритмами конкретных вычислительных процессов. Однако при этом может появиться необоснованное дублирование, труднее будет реализовать общие принципы и подходы к построению имитационных моделей. Естественнее эти функции реализовать с помощью систем алгоритмов, обслуживающих информационную базу как унифицированные средства для всех вычислительных процессов. Внешняя активная реакция информационной базы заключается в том, что при отсутствии необходимых данных автоматически вырабатываются и реализуются мероприятия по получению необходимых данных.

Для реализации такого подхода необходимо разработать принципы анализа состава информационной базы

и аппарат оценки ее состояния. Все это требует теоретических обоснований.

12.3.8. Архивное хранение данных. По мере устаревания сведения информационной базы теряют оперативную ценность и все в меньшей степени могут быть использованы для текущего управления. Предположим, что проблема определения момента «полного обесценивания» этих сведений решена. Возникает вопрос: что с ними делать? Есть два крайних решения: уничтожить или сохранить, переписав в другую (более дешевую) память в таком виде, в каком они хранятся в информационной базе. Оба эти решения обладают существенными недостатками. При первом решении полностью теряется «история» течения процесса управления, вместе со сведениями уничтожается и возможность последующего, более глубокого, ретроспективного анализа. При втором решении возникает опасность накопить столько сведений, так перегрузить внешнюю память сведениями, что извлечь из них что-нибудь полезное практически будет невозможно.

Рациональное решение лежит где-то между ними: некоторые сведения можно уничтожить, некоторые нужно сохранить в неизменном виде, а остальные обобщить, повысив при этом до максимума информативность одного знака, и хранить в таком виде.

Ясно, что вопрос не настолько прост, как это может показаться на первый взгляд.

Передача на архивное хранение должна осуществляться автоматически, так как эта работа потребовала бы от людей очень больших затрат труда. Поэтому необходимо разработать методы оценки ценности сведений, а также аппарат выделения устаревших сведений из общего состава информационной базы, их обобщения и хранения. Все это требует соответствующих теоретических обоснований.

12.3.9. Конфликтные ситуации. В процессе использования средств автоматизации (специального математического обеспечения) могут возникать ситуации, для разбора которых необходима помощь человека. Трудность выявления причин конфликтной ситуации зависит от числа этапов в переработке информации, которые предшествуют тому, на котором возникла эта ситуация. Как отмечалось выше, в алгоритмы целесо-

образно включать специальные функции для анализа конфликтных ситуаций и выработки комментариев. Эти функции необходимо рационально распределить в алгоритме.

12.3.10. Информационная взаимосвязь. Завершим перечисление возникающих проблем еще одной, о которой неоднократно упоминалось выше. Речь идет о проблеме информационной взаимосвязи между подсистемами общей системы специального математического обеспечения управления. Это типичный пример, когда количественная сторона вопроса приводит к новому качеству. В автономной подсистеме управления, где число используемых понятий измеряется сотнями, решение задачи идентификации, взаимосвязи этих понятий, их формализованного отображения не вызывает трудностей. Если в подсистеме используется несколько тысяч понятий, а на среднем машиностроительном предприятии с 4—5 тыс. человек только выпускаемые детали могут иметь порядка 20 тыс. наименований¹, то эти вопросы становятся достаточно сложными и требуют для формализации специальных теоретических исследований².

Когда речь идет о системе управления страной, то количество понятий, которое должно быть формализовано для обеспечения автоматизации управления, возрастает до миллионов и миллиардов. При этом только вопросы их идентификации вырастают в сложную научно-техническую проблему, не говоря уже о вопросах организации их использования в различных подсистемах управления. Без глубоких теоретических исследований эту проблему рационально решить нельзя. Ограничимся этим перечислением нерешенных проб-

¹ Кузин Л. Т., Щукин Б. А. Пять лекций по АСУ. М., «Энергия», 1976.

² Например, один из формализованных методов описания и анализа потоков информации, ориентированный на разработку автоматизированных информационных систем, изложен В. И. Садовниковым, В. Л. Эпштейном (Садовников В. И., Эпштейн В. Л. Потоки информации в системах управления. М., «Энергия», 1974), а вопросы информационного обеспечения систем управления и обработки данных в экономике изложены В. М. Жеребиным (Жеребин В. М. Информационное обеспечение АСУ М., «Наука», 1975).

лем. Если попытаться более или менее подробно перечислить основные проблемы, которые должна решить теория специального математического обеспечения управления, то нам потребовалось бы очень много времени и места. Многие из этих проблем либо были явно сформулированы в предыдущих главах, либо непосредственно следуют из всего изложенного материала.

12.4. ВЫВОДЫ. Теория специального математического обеспечения представляет собой теорию «технологической обработки» научных теорий из естественных и общественных наук, позволяющую превращать эти теории в форму, которая пригодна для оперативного использования в системе управления общественным производством.

Возникновение теории специального математического обеспечения управления и ее дальнейшее развитие **является результатом осознанной необходимости представлять руководителям научную информацию** в форме, которая удобна для практического использования.

Возможность такого способа представления научной информации возникла в связи с созданием технических средств в форме мощных вычислительных систем. Этот процесс **соединения общественной необходимости с возможностью ее реализации и образует фундамент нового научного направления — теории специального математического обеспечения управления.**

Поскольку теория специального математического обеспечения управления представляет собой описание технологии, то эта технология предопределяет создание новой отрасли промышленного производства — промышленности специального математического обеспечения управления. Специфическим продуктом этого вида общественного производства являются научные теории, представленные в форме алгоритмов и программ.

Система специального математического обеспечения управления общественным развитием становится оперативной памятью системы управления, аккумулируя опыт и знания всей мировой науки. Создавая условия для использования науки в практике управления общественным развитием, система специального мате-

математического обеспечения управления играет роль «приводного ремня», который превращает науку в непосредственную производительную силу всего общественного развития.

Теория специального математического обеспечения управления должна помочь в отыскании ответов на вопросы о том, как перейти от объективных законов, определяющих течение реальных процессов управления, к совокупности основных понятий и правил вывода, являющихся базой построения алгоритмов (математических моделей), используемых при обосновании решений, принимаемых в процессе управления.

Вопрос о составе основных понятий, вводимых в прикладные формализованные теории, заслуживает особого внимания. История развития математики показывает, что алгоритмические возможности математического аппарата существенно зависят от того, насколько содержательными оказываются используемые им основные понятия.

Авторы ясно осознают, что теория специального математического обеспечения управления находится на самых первых ступенях своего развития.

Эффективность системы специального математического обеспечения управления может оцениваться с двух точек зрения. Основная оценка — по финальному результату, достигаемому от внедрения системы, т. е. ее влиянию на эффективность функционирования совокупности объектов управления (управляемой системы). Вторая оценка — по влиянию на функционирование системы органов управления (управляющей системы).

Первая оценка заключается в определении того, насколько специальное математическое обеспечение управления устраняет разрыв между фактическими результатами деятельности управляемой системы, которые могут быть измерены величиной S_3 (4.3), и возможными результатами, которые могут быть определены величиной S_2 (4.2).

Вторая оценка заключается в определении того, насколько специальное математическое обеспечение управления повышает основные показатели, характеризующие эффективность деятельности управляющей системы: оперативность, обоснованность и непрерывность функционирования органов управления.

13.1. СИСТЕМА УПРАВЛЯЕМЫХ ОБЪЕКТОВ. Эффективность функционирования совокупности объектов управления, которая является управляемой системой, зависит от качества управления ее развитием и использованием¹. Прямая взаимосвязь отдельных объектов управления проявляется в том, что результаты деятельности одних являются продуктами потребления других. Поэтому каждый из них для создания ус-

¹ На материал этого раздела существенное влияние оказали идеи В. Г. Афанасьева и П. Г. Кузнецова

ловий эффективного функционирования остальных должен выпускать продукцию своевременно и в должном количестве. Косвенная взаимосвязь отдельных объектов управления проявляется в том, что источник ресурса для их создания и развития является общим. Поэтому увеличение затрат на одни продукты неизбежно уменьшает ресурсы для выпуска других. Следовательно, для эффективного функционирования управляемой системы в целом необходимо так распределять ресурсы на создание и развитие каждого объекта, чтобы не было как излишков, так и недостат в ассортименте продукции каждого из управляемых объектов. Сложность координации как в развитии, так и при использовании всех объектов управляемой системы приводит к необходимости создания системы специального математического обеспечения управления.

13.1.1. Использование. Эффективное использование управляемой системы требует наличия как долгосрочного плана, содержащего стратегические цели ее функционирования, так и текущих планов, которые создаются в интересах достижения целей долгосрочного плана. Общим для всех планов является такая организация функционирования объектов управления, при которой продукция, выпускаемая каждым из них, имеет потребителя. При этом условии функция $S_3(t)$ (4.3) является скоростью удовлетворения общественных потребностей. Отношение $S_3(t)$ к числу жителей данной страны ($N(t)$) характеризует значение производительности труда:

$$(13.1) \quad \pi(t) = \frac{S_3(t)}{N(t)} = \varepsilon(t) \eta(t) \frac{S_1(t)}{N(t)},$$

где $S_1(t)$, $\varepsilon(t)$, $\eta(t)$ определены (4.1), (4.4) и (4.5). С помощью (13.1) устанавливается формализованная зависимость между объективным законом общественного развития — законом роста производительности труда — и критерием эффективности функционирования системы управления ($\varepsilon(t)$). При заданном составе объектов управления (n) и данном уровне технологии ($\eta(t)$) эффективность управления может быть повышена путем увеличения $\varepsilon(t)$ — критерия, характе-

ризирующего качество плана и совершенство системы управления.

Таким образом, увеличение эффективности функционирования одного объекта управления не означает, что повышается эффективность функционирования системы в целом. Так, увеличение объема выпуска продукции одним предприятием еще не означает, что растет производительность труда, так как продукция, не имеющая потребителя, не оказывает влияния на скорость удовлетворения общественных потребностей. Только через связь с потребностями общества можно установить, как влияет рост выпуска данной продукции на рост производительности труда в системе общественного производства. Ответ на этот вопрос всегда лежит за рамками конкретного объекта управления (данного предприятия).

Система специального математического обеспечения является инструментом руководителя, который отвечает на вопрос о целесообразности увеличения выпуска той или иной продукции в системе общественного производства. Ее назначение — контролировать численное значение коэффициента качества плана по всей системе общественного производства. Отсутствие системы специального математического обеспечения приводит к возникновению товарных запасов, не обеспеченных потребителем, а следовательно, к нецелесообразному расходу материальных и трудовых ресурсов. Это явление делает прозрачным существующее положение вещей. Становится очевидной необходимость разработки всей системы специального математического обеспечения. Если система специального математического обеспечения сократит переход в разряд товарных запасов только 1% выпускаемой продукции, то ее экономический эффект составит миллиарды рублей в год.

Особенно велика роль этой системы при переходе от народнохозяйственной эффективности к согласованной системе критериев отраслей. Само собой разумеется, что рост производительности труда в отраслях по-прежнему выражается через рост выпуска продукции на одного занятого, но при дополнительном условии, что этот возросший выпуск обеспечен потребителем. Расчет изменения затрат труда на выпуск

продукции по-прежнему остается в отраслях и предприятиях, а определение общественной потребности в увеличении скорости выпуска принимает на себя система специального математического обеспечения. Изложенный подход может быть распространен и на частные подсистемы объектов управления (отрасли). Для примера рассмотрим подсистему, основной функцией которой является транспортировка грузов. Аналогом суммарной полезной мощности (4.1) является относительная скорость перемещения единицы массы груза на единицу грузоподъемности транспортного средства:

$$(13.2) \quad V_1(t) = \frac{\sum_{i=1}^n v_i(t) p_i}{\sum_{i=1}^n p_i},$$

где $v_i(t)$ — максимально возможная скорость перемещения единицы массы груза i -м транспортным средством; p_i — грузоподъемность i -го транспортного средства.

Аналогом (4.2) является величина

$$(13.3) \quad V_2(t) = \frac{\sum_{i=1}^n v_i(t) p_i \eta_i(t)}{\sum_{i=1}^n p_i},$$

где $\eta_i(t)$ — коэффициент, характеризующий технологию использования транспортного средства (долю снижения относительной скорости перемещения единицы массы груза как функция от мощности погрузочно-разгрузочного парка, ремонтной базы и т. п.).

Реальная относительная скорость перемещения единицы массы груза как функция от качества управления равна

$$(13.4) \quad V_3(t) = \frac{\sum_{i=1}^n v_i(t) p_i \eta_i(t) \varepsilon_i(t)}{\sum_{i=1}^n p_i},$$

где $\varepsilon_i(t)$ — доля снижения относительной скорости перемещения единицы массы груза как функция от пла-

на использования транспортных средств и качества управления при выполнении плана.

По отрасли в целом эффективность управления определяется величиной

$$(13.5) \quad \varepsilon(t) = V_3(t)/V_2(t).$$

Анализ этой величины позволяет делать выводы о качестве управления, а также о путях ее увеличения. Если $\varepsilon(t) = 1$, то достигнут идеальный уровень организации использования всех ресурсов отрасли, и дальнейшее повышение эффективности ее функционирования может быть достигнуто либо путем ее развития, т. е. увеличением объема вложенных ресурсов, либо совершенствованием технологии, т. е. увеличением величины $\eta(t)$. Если $\varepsilon(t) < 1$, то имеются условия для совершенствования управления. Для этого должен быть составлен перечень (список), содержащий описание причин, приводящих к уменьшению $\varepsilon(t)$, и дана оценка влияния каждой из них. Например, в такой список могут входить: простой из-за несвоевременного получения указаний дальнейшего маршрута; простой в ожидании погрузки (разгрузки), начала ремонта, оформления документов и т. д. Оценка влияния каждой из причин может и должна быть дана в тех же единицах, в которых измеряются $V_2(t)$ и $V_3(t)$, т. е. в относительной скорости перемещения единицы массы груза.

Полнота анализа определяется совпадением суммы оценок с разностью $V_2(t) - V_3(t)$. Если выявлено k причин и каждая из них уменьшает относительную скорость перемещения единицы массы груза на $v^{(i)}(t)$ ($i=1, 2, \dots, k$), то анализ достаточно полный, если

$$(13.6) \quad \sum_{i=1}^k v^{(i)}(t) = V_2(t) - V_3(t).$$

Если условие (13.6) не выполняется, то это означает, что даже формально анализ не завершен. Выводами из такого анализа является принятие решений, уменьшающих величины $v^{(i)}$. Ясно, что основанием для решения в данном примере служит экономическая целесообразность. Уменьшение $v^{(i)}$, как правило, не может быть достигнуто без затрат ресурсов на соверше-

ствование системы управления. Если эти затраты меньше, чем получаемый экономический эффект и при этом учитываются интересы не только отрасли, но и всей системы, то принятие мер, направленных на уменьшение $v^{(i)}$, целесообразно.

Критерий эффективности (13.3) — (13.5) пригоден не только для отрасли в целом, но и для отдельного транспортного средства (судна, участка железной дороги и т. п.). С его помощью можно оценивать результативность деятельности этого средства в общей системе отрасли.

Приведенный пример работы транспортных министерств позволяет проследить связь между получаемыми результатами и деятельностью должностных лиц органов управления. Каждый фактор, заполняющий разрыв между техническими и используемыми возможностями, соответствует определенному компоненту организационной структуры и связан (может быть менее определенно) с конкретным лицом, которое несет ответственность за улучшение соответствующей характеристики. Если какая-то часть существующей организационной структуры не связана с определенным должностным лицом, то возникает ситуация безответственности.

Общая процедура установления соответствия должностных обязанностей в любой организационной структуре, на которую ориентировано специальное математическое обеспечение управления, состоит в заполнении разрыва между техническими и реально используемыми возможностями. Если предельные технические возможности соответствующей системы не определялись, то любые «организационные схемы» не могут обеспечить полноты охвата системы.

Эта процедура формирования организационной структуры ориентирована на наиболее полное использование технических средств.

13.1.2. Развитие. Эффективное развитие управляемой системы невозможно без долгосрочного плана. Конкретные решения о создании новых или о совершенствовании существующих объектов управления могут быть обоснованными только в том случае, если они вытекают из объективных законов общественного развития, в частности из закона роста производительности

сти труда, т. е. из закона увеличения скорости удовлетворения общественных потребностей. Следовательно, в качестве критерия эффективности развития может быть использована функция $\pi(t)$ (13.1).

В процессе развития управляемой системы должна увеличиваться величина $S_1(t)$. Эффективное развитие должно обеспечивать максимизацию скорости роста $\pi(t)$. Развитие управляемой системы требует вложения (затрат) ресурсов, а управление развитием — умения количественно измерить эти затраты и оценить результат. Лучшей мерой затрат ресурсов на развитие является общественно необходимый труд¹.

Этот труд либо может быть овеществлен в ресурсах, используемых для развития, либо использоваться как живой труд в форме рабочей силы.

Качество долгосрочных планов развития существенно зависит от того, насколько в них сбалансированы объемы общественных потребностей в продукции, запланированной к выпуску, с объемами производимой продукции. При этом условием основой для принятия решения на создание новых объектов (предприятий) может служить заданный уровень темпов роста.

Установление темпов роста относится к неформализуемой компоненте процесса управления, к области деятельности высшего руководства и является глубоко творческим процессом. После установления минималь-

¹ «.. так как количества труда, заключающиеся в продуктах, в данном случае известны людям прямо и абсолютно, то обществу не может прийти в голову также и впредь выражать их посредством всего лишь относительной, шаткой и недостаточной меры, хотя и бывшей раньше неизбежной за неимением лучшего средства, — т. е. выражать их в третьем продукте, а не в их естественной, адекватной, абсолютной мере, какой является *время*. ... Разумеется, и в этом случае общество должно будет знать, сколько труда требуется для производства каждого предмета потребления. Оно должно будет сообразовать свой производственный план со средствами производства, к которым в особенности принадлежат также и рабочие силы. Этот план будет определяться в конечном счете взвешиванием и сопоставлением полезных эффектов различных предметов потребления друг с другом и с необходимыми для их производства количествами труда» (Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Изд. 2-е Т 20, с 321).

но допустимого темпа роста этот уровень становится мерой обоснования для принятия решений на строительство новых объектов. Так, например, если установлен темп роста не ниже 6% в год, то в соответствии с (4.7) никакие объекты, дающие удвоение вложенных ресурсов за время, превышающее 12 лет, не строятся.

Система специального математического обеспечения управления, которая принимает на себя нагрузку по определению соответствия скорости (и объема) выпуска скорости (и объему) использования, несет общественную функцию поддержания коэффициента качества плана на должном уровне.

13.2. УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА. Рассмотрим способ определения влияния методов совершенствования обеспечения управления на эффективность функционирования управляющей системы.

Проанализируем основные свойства, характеризующие систему управления, показатели, которыми они могут быть определены, и влияние на них методов совершенствования управления.

Во-первых, система управления должна обладать способностью работать в темпе, определяемом потребностями управляемых объектов. Это означает, что темп переработки информации, выработки и передачи решений должен обеспечивать эффективное функционирование этих объектов.

Во-вторых, система управления должна обладать способностью вырабатывать обоснованные решения. Понятие обоснованности решения достаточно сложно. Качественно речь идет о том, что в результате выполнения обоснованного решения управляемый объект достигает поставленной цели, достигает ее своевременно и эффективно (без излишних затрат ресурсов).

В-третьих, система управления должна обладать способностью осуществлять выработку решений на всем протяжении времени функционирования управляемого объекта. Это значит, что в ее работе не должно быть перерывов, когда управляемые объекты должны получать решения.

В-четвертых, система управления должна обладать способностью одновременно управлять всеми подчиненными ей объектами

Определим эти четыре свойства системы управления как *оперативность*, *обоснованность*, *непрерывность* и *полноту*. Эти четыре свойства достаточно полно характеризуют систему управления, функционирующую в среде, не оказывающей сознательного противодействия. Кроме этих основных система управления должна обладать рядом дополнительных свойств. Эти дополнительные свойства должны обеспечивать системе управления возможность сохранять четыре основных свойства при всех видах противодействия.

Так, если внешняя среда заинтересована в получении сведений о принимаемых решениях, структуре, состоянии, планах действий в ущерб системе управления и принимает для этого специальные меры, то система управления должна обладать способностью защитить циркулирующую информацию, т. е. должна обладать свойством скрытности¹. Если внешняя среда принимает активные меры информационного воздействия на систему управления (создает условия, затрудняющие передачу информации, принимает меры к ее искажению, осуществляет дезинформацию), то система управления должна обладать способностью к успешному выполнению своих функций в этих условиях, т. е. должна обладать свойством информационной устойчивости².

Если внешняя среда оказывает активное воздействие с целью вывода из строя элементов системы управления (уничтожения органов управления, вывода из строя средств связи), то система управления должна обладать способностью противостоять такому воздействию, защитить свои составные части, т. е. должна обладать свойством защищенности от физического воздействия³. Кроме того, система управления должна обладать способностью продолжать успешно выполнять свои функции при выходе из строя (потере

- ¹ Такое воздействие характерно для военной и политической разведки, для раскрытия коммерческих тайн
- ² Такая ситуация характерна как для мирного времени, так и для военного, когда можно ждать энергичного радиопротиводействия и т. п.
- ³ Такое воздействие характерно для военных систем управления во время войны

работоспособности) ее отдельных элементов, т. е. обладать свойством адаптации.

Таким образом, *свойства скрытности, информационной устойчивости и адаптации* должны обеспечивать системе управления способность сохранять свойства оперативности, обоснованности, непрерывности и полноты при всех видах воздействия со стороны противодействующей среды.

13.2.1. Оперативность. Для того чтобы определить это свойство системы управления, выделим из нее единичный контур. Напомним, что под единичным контуром управления понимается часть процесса управления, включающая орган и один объект управления, прямую и обратную связи, обеспечивающие процесс переработки информации для достижения одной цели. Таким образом, единичным контуром выделяется один объект управления, одна цель его функционирования и та часть органа управления, которая вырабатывает решения для достижения поставленной цели.

Рассмотрим одно из решений, которое вырабатывается органом управления. Будем считать, что в данном единичном контуре система управления обладает *оперативностью* по отношению к этому решению, если на всех его этапах информация перерабатывается и передается своевременно. Понятие своевременности имеет различный смысл для органа управления, прямых и обратных связей.

Для органа управления своевременность выработки решения заключается в том, что после его принятия у линий прямой связи остается достаточно времени для того, чтобы передать эти решения объекту управления, а у последнего имеется после этого достаточно времени для того, чтобы произвести все подготовительные мероприятия и выполнить решение в установленный срок.

Для линий прямой связи своевременность передачи решения заключается в том, что объект управления получит его не позже нужного момента.

Для линий обратной связи своевременность передачи информации, характеризующей состояние и результаты действий объекта управления, заключается в том, что орган управления имеет достаточные запасы времени для анализа и оценки обстановки, а также для

своевременной выработки реакции на поступившую информацию.

Таким образом, оперативность совсем не эквивалентна понятию «как можно быстрее». При работе органа управления стремление как можно быстрее принять решение недопустимо не потому, что в «спешке» можно принять неправильное решение, а потому, что может быть упущена важная информация, которая поступит в орган управления после принятия решения и которую уже трудно будет учесть. Орган управления должен принимать решение *своевременно*, т. е. так, чтобы ни избытка, ни недостатка во времени не было.

Иное положение с линиями прямой и обратной связи. Если в органе управления происходит содержательная переработка информации, то в линиях связи содержание данных не должно изменяться. Таким образом, для линий прямой и обратной связи улучшение оперативности заключается в том, что они должны как можно быстрее передавать сведения¹.

Перейдем к рассмотрению количественной меры оперативности. Обозначим через t_1 затраты времени на доставку в орган управления сообщения о том, что произошло событие, требующее решения; через t_2 затраты времени в органе управления на принятие решения; через t_3 затраты времени на передачу принятого решения объекту управления. Для каждого типа решения может быть определен допустимый интервал времени (τ) от момента, когда произошло событие, до момента времени, когда соответствующее решение должно поступить на управляемый объект. Если выполнено условие

$$(13.7) \quad t_1 + t_2 + t_3 \leq \tau,$$

то решение выработано и передано своевременно (оперативно).

Специальное математическое обеспечение практически не оказывает влияния на величины t_1 и t_3 . На первый взгляд может показаться, что и на величину t_2

¹ Здесь ограничения на скорость передачи данных определяются техническими возможностями, экономической целесообразностью и требованиями достоверности передачи данных

главное влияние оказывают технические средства автоматизации (вычислительные машины). Действительно, при фиксированном объеме и составе специального математического обеспечения управления изменить величину t_2 можно только, изменив мощность и организацию использования вычислительных средств. Однако имеется предел, который нельзя перейти, совершенствуя вычислительную базу. Время, затрачиваемое на принятие решения (t_2) с помощью средств автоматизации, делится на две части: t_2' — время работы средств автоматизации и t_2'' — время работы личного состава органа управления.

Время t_2'' уходит на диалог людей со средствами автоматизации, на осмысливание ситуации и результатов, на принятие решения. Таким образом, даже при самых идеальных средствах автоматизации границы t_2'' перешагнуть нельзя¹. Следовательно, дальнейшее повышение оперативности возможно только путем уменьшения t_2'' . Этого можно добиться, совершенствуя не вычислительные средства, а специальное математическое обеспечение управления.

Величина t_2'' может быть уменьшена несколькими путями. Может совершенствоваться язык диалога; при этом результаты вычислений могут выдаваться в более удобной форме, что уменьшит затраты времени на осмысливание результатов. Может совершенствоваться автоматическая система выдачи комментариев к результатам, что также сократит время их уяснения. Может улучшаться язык выдачи заданий человеком средствам автоматизации. При этом будет сокращаться время, затрачиваемое людьми на общение со средствами автоматизации. Наконец, по мере углубления наших знаний о течении процессов управления будет увеличиваться объем работ, выполняемых средствами автоматизации, часть из которых до этого выполняли люди. Это также может уменьшить величину t_2'' . Таким образом, оперативность существенно зависит от состава и качества специального математического обеспечения управления.

¹ Анализ опыта использования вычислительных центров показывает, что значение ее колеблется в пределах от нескольких минут до нескольких часов

Для различных решений и при разных системах связи органа управления с управляемыми объектами величины t_1 , t_2 и t_3 могут быть как случайными, так и неслучайными. Так, для регулярных решений, каким, например, является выработка годовых, квартальных и других планов, значения этих величин практически фиксированы. В этом случае степень оперативности оценивается логической переменной, определяемой по выполнению или невыполнению условия (13.7). Для оперативных решений, особенно вызванных чрезвычайными обстоятельствами, как, например, срыв планов поставок, стихийное бедствие и т. п., эти величины могут быть случайными. В этом случае степень оперативности должна определяться неслучайными характеристиками этих случайных величин, например вероятностью (p) того, что условие (13.7) выполнено:

$$(13.8) \quad p = P \{t_1 + t_2 + t_3 \leq \tau\}$$

при ограничении $t_2 \geq t_2^*$.

Для таких решений повышение степени оперативности означает увеличение значения p . Увеличение значения p требует определенных затрат на совершенствование средств обеспечения управления. Известно, что, как правило, в области насыщения (при приближении значения p к единице) резко возрастают затраты на совершенствование средств обеспечения управления при незначительном увеличении p . Поэтому целесообразную степень оперативности следует искать из соотношения эффективности и затрат. Так как оперативность не самоцель, а средство повышения эффективности функционирования управляемых объектов, то эту задачу необходимо решать для каждой конкретной системы управления с учетом особенностей в условиях ее использования.

Исходя из этого необходимо определить минимальную допустимую границу (p_0), ниже которой не должна быть вероятность того, что конкретное решение будет выработано и передано на исполнение своевременно. Таким образом, система управления функционирует оперативно, если для каждого решения выполняется условие

$$(13.9) \quad p \geq p_0,$$

где p определяется с помощью (13.8).

Оценка оперативности требует совместного рассмотрения производительности линий прямой и обратной связи, технических средств автоматизации и специального математического обеспечения, а также затрат времени руководящего состава на анализ обстановки и принятие решения.

Основная роль специального математического обеспечения в повышении оперативности заключается в увеличении информативности рекомендаций, вырабатываемых средствами автоматизации, т. е. в придании им как по содержанию, так и по форме свойств, позволяющих руководителю быстро и правильно принять решение.

Выделим основные этапы работы руководителя, принимающего решение: анализ обстановки, обоснование решения, принятие решения. На каждом из этих этапов специальное математическое обеспечение управления может сыграть положительную роль, повышая оперативность (ускоряя процесс выработки решения) (табл. 13.1).

Первый этап, начинающийся с момента поступления информации состояния в орган управления, завершается выводом о том, есть ли необходимость в выработке и принятии решения или обстановка такого решения не требует. Если есть необходимость в принятии решения, то фиксируется цель, с которой оно должно быть принято. Средства автоматизации могут повысить оперативность этого этапа следующими путями: 1) ускорением доведения поступивших сведений до руководителя; 2) повышением информативности поступивших сведений; 3) улучшением формы представления сведений руководителю; 4) прогнозированием последствий.

Первый путь обеспечивается главным образом техническими средствами автоматизации. Роль специального математического обеспечения заключается в определении (при необходимости) должностных лиц, которым должны быть представлены поступившие сведения. Остальные пути повышения оперативности требуют использования математического обеспечения.

Второй путь нами определен как повышение информативности. Может показаться, что это — нереальная задача. Как можно получить информации больше, чем

ее содержится в поступившем сообщении? Однако речь идет не об увеличении количества информации, а о повышении ее количества на один знак, выдаваемый руководителю. Поясним, каким образом это можно осуществить с помощью специального математического обеспечения. Можно руководителю просто передать текст поступившего сообщения. Всю остальную работу по его привязке к месту, времени, ранее

Таблица 13 1

Этап выработки решения	Результаты работы на данном этапе	Работы, выполняемые с помощью специального математического обеспечения для повышения оперативности
I Анализ обстановки	<p>Вывод о необходимости принятия решения</p> <p>Определение цели действий</p>	<p>Ускорение доведения сведений до руководящего состава</p> <p>Обобщение сведений</p> <p>Сопоставление новых сведений с поступившими ранее</p> <p>Прогноз течения процесса (дальнейшего развития событий)</p> <p>Формирование комментариев</p> <p>Оформление сообщений в форме, удобной для быстрого и правильного восприятия сложившейся обстановки</p>
II. Обоснование решения	Выбор варианта действий	<p>Переработка информации для оценки и выбора лучшего варианта</p> <p>Ускорение процесса формирования и выдачи справочных данных. Оформление результатов промежуточных вариантов с комментариями в форме, удобной для их анализа</p>
III Принятие решения	Материализованные приказы, распоряжения	<p>Автоматизация процесса оформления приказов, распоряжений и т. п.</p> <p>Автоматизация учета отданных распоряжений</p>

полученным сведениям руководитель выполняет сам¹. А можно с этим сообщением поступить иначе, автоматически обработав его.

Во-первых, данные, содержащиеся в нем, в некоторых случаях могут быть обобщены в соответствии с уровнем того руководителя, которому они будут докладываться. Во-вторых, эти данные могут быть сопоставлены с ранее принятыми решениями, что позволит сделать некоторые выводы. Например, если сообщение содержит сведения о ходе выполнения плана, то при отсутствии отклонений от него целесообразно автоматически сделать соответствующую пометку (а может быть, и вообще такие сведения не сообщать руководителю). В-третьих, эти данные могут быть сопоставлены с содержанием ранее поступивших сообщений, относящихся к тому же вопросу (процессу, объекту). Такое сопоставление поможет сделать некоторые сравнительные выводы о ходе течения процесса, выявить тенденцию, чего нельзя сделать по содержанию каждого отдельного сообщения. Ясно, что руководитель, получив такие сведения, содержащие достаточно полные комментарии, сможет быстрее оценить обстановку, не затратит дополнительного времени на получение необходимых справок. Выполняя эти работы, специальное математическое обеспечение управления может существенно повысить эффективность управления, его оперативность.

Третий путь — улучшение формы представления сведений руководителю. Он в пояснениях не нуждается: только благодаря оформлению сведений, представлению их сразу в нескольких формах (текстовой, табличной, графической) можно существенно повысить скорость восприятия их содержания.

Четвертый путь — прогнозирование возможных последствий, о которых можно сделать вывод по содержанию поступивших сведений. Здесь в полной мере может проявиться «интеллектуальная» мощь специального математического обеспечения. Ясно, что такой прогноз существенно ускорит процесс определения

¹ Так это, как правило, делается сегодня. В лучшем случае некоторые пояснения подготовит для доклада референт, который сам выполнит эту работу, но при этом затратит свой труд

цели дальнейших действий. Таким образом, можно утверждать, что эффективность работы органа управления в процессе анализа обстановки, оперативность его работы может быть повышена только путем создания и внедрения достаточно сильного аппарата специального математического управления.

Второй этап, этап обоснования решения, начинается с момента, когда ясна цель, требующая выработки решения, и завершается моментом выбора одного из возможных вариантов в качестве решения на управление. Средства специального математического обеспечения могут повысить оперативность этого этапа следующим образом: 1) ускорением процесса переработки информации для оценки различных вариантов решений; 2) улучшением формы представления материалов, необходимых для принятия решения; 3) ускорением процесса получения справочной информации. Роль специального математического обеспечения при этом ясна. Ускорить процесс получения справок можно, используя информационно-поисковые системы, область действия которых распространяется на всю информационную базу, хранящуюся в памяти вычислительного комплекса.

Третий этап начинается с утверждения выбранного варианта решения и завершается материализацией этого решения в форме распоряжений, приказов, директив. Средства специального математического обеспечения могут повысить оперативность этого этапа путем автоматизации работ по оформлению принятого решения. Применение средств позволит сократить объем работы не только руководителя, но и остальных сотрудников органа управления. Если параметры, характеризующие выбранный вариант решения, находятся в памяти вычислительных машин, то все оформление принятого решения и рассылка его объектам управления могут быть автоматизированы.

Таким образом, мы приходим к выводу, что оперативность работы органа, а следовательно, и системы управления, использующей средства автоматизации, существенно зависит от состава и качества специального математического обеспечения управления.

13.2.2. Обоснованность. Обоснованность является свойством, которое характеризует качество решения, при-

нимаемого органом управления. Отнесем это свойство к одному конкретному решению. Будем считать, что в данном единичном контуре система управления обладает свойством *обоснованности* по отношению к конкретному решению, если при выполнении этого решения объектом управления достигается поставленная цель. На первый взгляд может показаться, что это свойство обоснованности обязательно присуще всем органам управления, во всех ситуациях. Однако это не так.

Обоснованность решения — это свойство системы управления, заключающееся в ее способности находить правильные решения. Для того чтобы решение было правильным, при его принятии должна быть использована вся имеющаяся в органе управления информация. Должна быть учтена неопределенность в знаниях и случайность в течении управляемого процесса. Должно быть рассмотрено множество вариантов решений и среди них найден наилучший. Если есть противоречивые факторы, факторы, по-разному влияющие на результаты действий, то должно быть найдено решение, гарантирующее успех с наибольшей вероятностью.

Таким образом, для получения обоснованного решения орган управления должен проделать большую работу. Предположим, что технология работы органа управления остается неизменной. Тогда качественно ясно, что чем больше времени затратит орган управления на выработку конкретного решения, чем больше различных вариантов он рассмотрит, тем обоснованнее, правильное будет это решение.

Однако стремление получить более обоснованное решение неизбежно вступает в противоречие со стремлением сохранить свойство оперативности. Ресурсы времени ограничены, и поэтому степень обоснованности решения также не беспредельна. Ясно, что несвоевременно принятое решение теряет свою цену. Нельзя утверждать, что в любых ситуациях лучше принять вовремя любое решение, чем принять с некоторым запозданием хорошее решение. Это утверждение справедливо для процессов, где промедление «смерти подобно», например для процессов управления силами при ведении военных действий. В эконо-

мических системах, по-видимому, возможны ситуации, при которых относительно небольшая задержка во времени принятия решений может себя оправдать за счет повышения степени обоснованности (качества) решения. Однако оптимум заключается в своевременном принятии обоснованного решения.

Можно утверждать, что степень обоснованности решения ограничена возможностями технологии, используемой органом управления при переработке информации с целью выработки решения. Чем совершеннее технология, чем глубже количественные методы переработки информации, чем мощнее технические средства ее переработки, тем более обоснованное решение может принять орган управления.

Так, например, обоснованность решения, принятого в процессе управления промышленным предприятием, заключается в том, что объект управления получает указание производить такую продукцию, которая нужна; правильно определены сроки изготовления и поставки — иначе либо будут образовываться излишние складские запасы, либо потребитель будет простаивать в ожидании поставок; созданы условия для своевременной поставки сырья и комплектующих изделий; задан объем работ, полностью использующий возможности оборудования; полученные указания взаимно непротиворечивы, иначе уйдет время на их корректирование.

Достаточно глубокую оценку степени обоснованности большинства решений можно дать только на совокупности множества решений. Так, обоснованность означает, что экономично определены связи между поставщиками и потребителями (отсутствуют перекрестные перевозки); приняты правильные (оптимальные) решения по распределению транспорта; согласованы во времени возможности поставщиков и нужды потребителей; рационально распределены ресурсы как между объектами, так и во времени и т. п. Однако для всех процессов обоснования решений, во всех системах управления есть нечто общее, что позволяет хотя бы приближенно, но количественно оценить степень обоснованности решений, которые принимает орган управления при данном составе средств обеспечения управления.

Любой процесс обоснования решения состоит в анализе и оценке различных вариантов. Для того чтобы принять решение, необходимо рассмотреть хотя бы один вариант. Можно утверждать, что в этом случае (при рассмотрении для принятия решения только одного варианта) степень обоснованности решения минимальна. Действительно, без такого рассмотрения решение вообще не может быть принято. Если удастся рассмотреть, оценить и сравнить несколько вариантов решения, то степень обоснованности выбранного решения повысится. При этом либо удастся выбрать более эффективное решение, либо понизится риск, что выбранное решение далеко от рационального и может не привести к ожидаемым результатам. Фактически рассмотрение множества возможных вариантов — это применение метода «проб и ошибок», осуществляемое с помощью имитационного моделирования на этапе планирования и обоснования решения. Таким образом, число вариантов, которые способен проанализировать и оценить орган управления, прежде чем принять решение, может рассматриваться как приближенная количественная мера обоснованности принимаемых решений.

Одним из основных преимуществ средств автоматизации является их способность по меньшей мере быстро производить вычисления по многим вариантам данных и выбирать наилучший из них по установленным заранее критериям. В лучшем случае эти средства позволяют без перебора вариантов найти наилучшее решение на всем допустимом их множестве в соответствии с заданными критериями. Возможность быстро производить расчеты дают вычислительные машины, а возможность перебирать, сравнивать варианты или находить оптимальное решение дает специальное математическое обеспечение управления. Таким образом, средства автоматизации помогают существенно повысить степень обоснованности принимаемого решения.

В перспективе по мере совершенствования наших знаний можно ждать, что на специальное математическое обеспечение удастся возложить большую часть наиболее сложной работы, связанной с анализом обстановки и оценкой сложившейся ситуации, на базе кото-

рой можно формировать варианты решений для последующей их оценки и выбора наилучшего из них. Но и в этом случае за человеком останется не только право утвердить решение, но и возможность задать для обоснования опорный вариант решения, содержащий принципиально новый замысел. По этому опорному варианту средства автоматизации построят множество близких к нему вариантов и выберут из него наилучший.

Основное различие вариантов, задаваемых людьми и формируемых автоматически, заключается в том, что первые, являясь результатом творчества, результатом неформального подхода к ситуации, могут принципиально отличаться от тех, которые способны сформировать специальное математическое обеспечение на базе уже формализованных правил и принципов. Такая возможность обеспечивается кроме творческого потенциала человека еще тем, что человек способен учесть факторы, ему известные, но еще не формализованные, не вошедшие в состав информационной базы, факторы, учет влияния которых на результат выполнения принятого решения еще не может быть оценен количественно.

Таким образом, все варианты, анализируемые при принятии данного решения, могут быть разделены на две группы. В первую группу входят варианты решений, формируемые автоматически средствами специального математического обеспечения управления. Из всех этих вариантов руководитель в качестве рекомендации получает от средств автоматизации только один, наилучший. Во вторую группу входят опорные варианты, задаваемые руководителем и количественно оцениваемые средствами специального математического обеспечения управления. По каждому такому варианту руководитель получает его оценку и оценку множества вариантов, близких к этому опорному.

Наиболее сложным является вопрос о том, какое количество вариантов в каждой конкретной ситуации следует считать достаточным для утверждения того, что выбранное решение является обоснованно. Если предположить, что имеются неограниченные ресурсы времени для обоснования решения, то есть основания

считать, что между объемом информации, имеющимся в органе управления, и максимальным числом вариантов, заслуживающих рассмотрения, существует определенная связь. Поясним, что нами понимается под вариантом «заслуживающим рассмотрения».

Для простоты предположим, что эффективность принятого решения определяется одним показателем (\mathcal{E}). Этот показатель является функцией от принятого решения (r):

$$(13.10) \quad \mathcal{E} = F(r).$$

Возможные решения являются функцией от того объема информации (I), которым располагает орган управления в момент принятия решения. Как правило, эффективность является непрерывной или кусочно-непрерывной функцией от решения. Так как орган управления не располагает абсолютно достоверной информацией, то практически нет смысла говорить о решении, строго оптимизирующем (13.10). Два решения r_1 и r_2 можно считать эквивалентными, если выполняется условие

$$(13.11) \quad |\mathcal{E}(r_1) - \mathcal{E}(r_2)| \leq \Delta \mathcal{E},$$

где $\Delta \mathcal{E}$ — допустимая точность оптимизации.

В силу ограниченности множества I (как правило оно дискретно) его можно разложить на прямую сумму подмножеств I_i ($i = 1, 2, \dots, N_0$):

$$(13.12) \quad I = \bigcup_i I_i,$$

таких, что все решения r , вытекающие из I_i , являются эквивалентными. Это означает, что для получения наилучшего с точки зрения (13.10) и (13.11) решения достаточно рассмотреть N_0 вариантов, каждый из которых формируется путем выбора одной (произвольной) точки из I_i . Таким образом, для данного I нецелесообразно анализировать больше чем N_0 решений. Значение N_0 зависит от I , поэтому в качестве максимально целесообразного числа рассматриваемых вариантов решений можно выбрать верхнюю границу N_0 (сохраним за ней то же обозначение N_0).

Для обоснования решения орган управления имеет ресурсы времени t_2 . Перерасход этих ресурсов озна-

чал бы, что нарушается свойство оперативности. За это время орган управления может рассмотреть и проанализировать N возможных вариантов. Сравнение N и N_0 позволяет сделать вывод о степени обоснованности принятого решения. Например, ее можно определять величиной отношения

$$Q = N/N_0 \quad (N \leq N_0).$$

Повысить степень обоснованности можно как повышением производительности вычислительных машин при фиксированном составе специального математического обеспечения управления, так и совершенствованием последнего. Первый путь условно можно назвать экстенсивным.

Увеличение числа рассмотренных вариантов возможно при повышении мощности вычислительной техники. Второй путь естественно назвать интенсивным. Он заключается в том, что совершенствуется аппарат вычислений, совершенствуются методы общения человека со средствами автоматизации. Происходит качественное улучшение методов обоснования и принятия решения.

Таким образом, можно в первом приближении считать, что средства автоматизации позволяют получать органу управления обоснованное решение, если число вариантов, которые он может рассмотреть в каждом конкретном случае, не меньше чем N_0 .

Недостаток такой оценки очевиден. Фактически она означает, что мощность вычислительной базы должна быть такой, чтобы при обосновании решения можно было использовать все возможности существующего специального математического обеспечения управления. Эта оценка не стимулирует совершенствования специального математического обеспечения управления. Более глубокие оценки, определяющие возможности специального математического обеспечения по приданию решению свойства обоснованности, требуют привлечения к рассмотрению показателей, характеризующих результаты деятельности управляемых объектов. Например, если предположить, что известно максимальное значение эффективности (\mathcal{E}_0), которое достигается при выборе обоснованного (оптимального) решения (r_0), то степень обоснованности

фактически принятого решения (r) можно оценить отношением

$$(13.13) \quad Q = (\mathcal{E}_0 - F(r)) / \mathcal{E}_0,$$

где

$$\mathcal{E}_0 = F(r_0)^1.$$

В подобной оценке роли специального математического обеспечения выражается его способность приблизить получаемое решение к оптимальному r_0 .

В качестве примера рассмотрим управление промышленным предприятием. Показателем степени влияния качества управления на результаты работы промышленного предприятия являются потери живого и овеществленного труда, связанные с несовершенством системы управления. Каждое предприятие характеризуется тем, какое максимальное количество живого труда оно может поглотить в единицу времени с помощью оборудования (овеществленного труда), которым оно располагает. При этом максимальна и степень использования овеществленного труда.

При совершенном, оперативном и обоснованном управлении предприятием им непрерывно реализуется максимально возможное количество живого труда и наиболее эффективно используется имеющееся оборудование². Таким образом, в качестве показателя эффективности (\mathcal{E}) можно выбрать суммарное количество живого и овеществленного труда, реализуемого на предприятии в единицу времени (сутки, квартал, год). Тогда очевидно, что оптимальным будет максимально возможное значение \mathcal{E} , равное \mathcal{E}_0 .

¹ Будем считать, что решение тем лучше, чем больше значение \mathcal{E} .

² Предполагается, что речь идет о внешних информационных связях, по которым предприятие получает указания, распоряжения и приказы от органа управления. Если эти распоряжения обоснованы, поступают своевременно и предприятие выполняет их точно, то эффект будет максимальным. Внутренние информационные связи, технологию, организацию труда, дисциплину на предприятии мы не рассматриваем. Возможные потери труда, связанные с нарушением технологии, организации, дисциплины, нельзя относить за счет качества работы старшего органа управления. Для их оценки нужно рассматривать контур управления внутри предприятия. Такое разделение оценок обязательно, так же как обязательно разделение ответственности за результаты труда.

Необоснованные решения приводят к потерям труда. Отсутствие обоснованности заключается в том, что предприятие, например, получило задание, не обеспечивающее его полной загрузки, либо получило задание на выполнение работ, не подкрепленное необходимыми поставками и простаивает, либо получило указание на выполнение ненужных работ, результаты которых придется в дальнейшем переделывать, либо ему были неправильно определены сроки выпуска продукции, что привело к потерям, связанным с хранением, или к потерям труда на смежном предприятии. Чем выше уровень управления, тем в большей степени может сказываться необоснованность решения. Отметим, что при этом и обнаружить потери труда, вызванные неоптимальным решением, гораздо сложнее. Например, все предприятия могут быть полностью загружены, своевременно отгружать продукцию. Однако при более глубоком анализе, при рассмотрении большой совокупности предприятий может оказаться, что недостаточно обоснован план распределения работ между ними, неудачно установлены взаимосвязи предприятий. Это ведет к неоправданно большим объемам перевозок, к значительным объемам неоправданно омертвленного труда. Может оказаться, что принятый план плохо учитывает особенности производственной базы предприятий, что ведет к излишним затратам труда.

13.2.3. Непрерывность. Рассмотренные два свойства были нами отнесены к одному конкретному решению, которое принимается органом управления при управлении одним объектом для достижения одной цели. Однако даже для достижения одной цели одним объектом управления необходимо, как правило, принять не одно решение. Эти решения принимаются в разные моменты времени, с появлением сведений об изменении обстановки, о достижении частных (промежуточных) целей. Таким образом, процесс управления осуществляется непрерывно. При этом система управления должна обладать способностью вырабатывать оперативно обоснованные решения, ведущие к достижению цели. Будем считать, что система управления в данном единичном контуре обладает свойством *непрерывности*, если при этом она для каждого реше-

ния сохраняет свойство оперативности и обоснованности.

Процесс управления имеет ярко выраженный циклический характер. За принятием и исполнением решения следуют подтверждение об исполнении (или неисполнении), анализ обстановки и принятие нового решения.

Цикличность в работе системы управления не означает, что в каждый момент времени в органе управления будет обосновываться только одно решение, и до тех пор, пока оно не будет принято, перед органом управления не возникнет других задач. Для достижения одной цели при управлении одним объектом (т. е. в одном единичном контуре управления) орган управления может принимать множество решений, различных по содержанию. Информация как от объекта управления, так и от других источников, вообще говоря, будет поступать в орган управления в случайные моменты времени. Реакция объекта управления на полученные им решения будет зависеть от их содержания. Следовательно, упорядоченность моментов поступления сообщений в орган управления может отсутствовать (порядок выдачи распоряжений не обязательно соответствует порядку получения органом управления реакции на них).

Условия, в которых работает орган управления при обосновании и принятии одного решения, существенно отличаются от тех условий, в которых работает орган управления при обосновании и принятии нескольких решений.

Таким образом, для сохранения свойств оперативности и обоснованности орган управления должен обладать способностью одновременно подготавливать несколько взаимосвязанных решений.

Линии прямой связи для обеспечения непрерывности управления должны обладать способностью своевременно передавать объекту управления все принятые им решения. При обслуживании потока передаваемых решений в линиях прямой связи могут возникать задержки, связанные с образованием очереди на передачу. Пропускная способность линии прямой связи должна быть такой, чтобы эти задержки не превышали допустимых, т. е. чтобы не нарушалась своевре-

менность доведения решений до объектов управления Аналогичное положение с линиями обратной связи. Между составом системы управления, ее производительностью и свойством непрерывности существует непосредственная связь. Если этот состав не обеспечивает свойства непрерывности, то система управления со своими функциями справиться не может. Следовательно, свойство непрерывности определяет минимально допустимую производительность системы управления. Однако специальное математическое обеспечение оказывает на это свойство не прямое, а косвенное воздействие. Это воздействие проявляется, во-первых, через влияние на оперативность и обоснованность и во-вторых, в способности специального математического обеспечения оказать помощь руководящему составу в выявлении наиболее важных явлений и в определении первоочередных решений, которые должны быть приняты.

13 2.4. *Полнота.* Перейдем от единичного контура управления к их совокупности, составляющей полный контур управления во главе с управляющим органом. Один и тот же орган управляет несколькими объектами. При этом одни и те же средства передачи информации по линиям прямой и обратной связи могут использоваться для управления многими (или всеми) объектами Естественно, что нагрузка на систему управления при этом возрастает. Если в каждом единичном контуре система управления обладает свойством непрерывности, то это еще не означает, что это свойство сохранится при объединении единичных контуров в систему. Будем считать, что система управления обладает свойством *полноты*, если для каждого единичного контура управления она сохраняет свойство непрерывности управления. Таким образом, это свойство означает способность органа управления непрерывно, т. е. своевременно и обоснованно, принимать все решения для управления всеми подчиненными ему объектами, а также способность линий прямой и обратной связи обеспечивать циркуляцию информации для принятия таких решений. Первые два свойства системы управления (оперативность и обоснованность) определяют ее качественные возможности, ее способность своевременно и правиль-

но принимать решение. Последние два свойства (непрерывность и полнота) — ее количественные характеристики. Первое из них (непрерывность) имеет временной масштаб, а второе (полнота) пространственный.

13.3. ВЫВОДЫ. Система специального математического обеспечения, являясь воплощением коллективного разума руководителей, опирающихся на достижения науки и техники, представляет собой **средство, эффективность которого измеряется темпом роста производительности труда в системе общественного производства, т. е. темпом роста скорости удовлетворения общественных потребностей.**

Система специального математического обеспечения как **математическое отображение объективных законов общественного развития обеспечивает использование этих законов в конкретной практике управления общественным производством.** Это достигается тем, что **объективные закономерности общественного развития, выраженные в алгоритмах и программах системы специального математического обеспечения, всегда доступны руководителю, как «оперативная память».**

Специальное математическое обеспечение управления и вычислительные машины не производят предметов потребления, не осуществляют транспортировки грузов и т. п. Их эффективность целиком определяется только эффектом лучшего использования имеющихся средств производства для удовлетворения текущих и перспективных нужд общества. Во всех случаях такой эффект достигается благодаря правильной оценке влияния каждого конкретного решения на темп роста производительности труда в системе общественного производства.

Все это делает систему специального математического обеспечения инструментом, максимизирующим темп роста производительности труда, т. е. темп роста скорости удовлетворения общественных потребностей. По самым скромным оценкам, эффективность от применения этого инструмента будет измеряться экономией в миллиарды часов общественного труда в год, т. е. миллиарды рублей. Этот вывод переводит проблему создания системы специального математическо-

го обеспечения в разряд важнейших национальных проблем.

Система специального математического обеспечения управления способна оказать большое влияние на эффективность функционирования системы и органов управления. Это проявится в повышении способности органа управления своевременно (оперативно) вырабатывать и передавать решения, позволит ему выполнять эти работы непрерывно и для всего множества управляемых объектов.

Специальное математическое обеспечение управления способно оказать существенное влияние на повышение степени обоснованности принимаемых органом управления решений. Оно повышает производительность труда в органе управления и, следовательно, помогает вести управление непрерывно для всех управляемых объектов. При сознательном противодействии успешному функционированию специальное математическое обеспечение управления позволит существенно улучшить скрытность, информационную устойчивость и адаптивность системы управления.

На этапе анализа сложившейся обстановки, который систематически производится в каждом органе управления, специальное математическое обеспечение управления позволит оперативно зафиксировать отклонение фактических результатов от заданных планом. Эта работа может быть выполнена автоматически, и результаты анализа в форме, удобной для быстрого и правильного восприятия, могут быть представлены руководителю. Также оперативно могут быть определены причины, под воздействием которых произошло отклонение от плана.

На этапе обоснования решения, которое систематически производится в органе управления как с целью выработки плана, так и с целью принятия текущих решений, приводящих к выполнению утвержденного плана, специальное математическое обеспечение управления позволит оперативно проанализировать множество вариантов и выбрать из них наилучший. Наилучшим, обоснованным планом является такой, который приводит к достижению поставленной цели с наименьшими затратами ресурсов и времени. Обоснованным теку-

щим решением является такое решение, которое обеспечивает наилучшие условия для выполнения заданий, определяемых утвержденным планом.

Обоснованность решения тесно связана с реальной возможностью органа управления количественно оценивать множество вариантов решений, с сохранением темпа их принятия, соответствующего реальному времени течения управляемого процесса.

Объективно обоснованным является решение, в полной мере согласованное с законами, определяющими течение управляемого процесса. Решения, принимаемые органом управления, будут тем ближе к объективно обоснованным, чем больше времени у руководителей освободится для творческой работы за счет выполнения нетворческих функций с помощью специального математического обеспечения управления.

На этапе принятия решения и доведения его до управляемых объектов специальное математическое обеспечение управления способно существенно повысить оперативность путем автоматизации процесса оформления распоряжений (приказов, директив), а также повысить достоверность за счет снижения числа ошибок (описок, опечаток) в этих распоряжениях. Кроме того, оно повышает оперативность путем автоматизации процесса учета отданных распоряжений для последующего контроля за их выполнением.

На протяжении всей книги даются оценки современного состояния специального математического обеспечения управления. Поэтому кратко подведем итоги положения и попытаемся оценить ближайшие и дальние перспективы его развития.

14.1. ПРАКТИКА РАЗРАБОТКИ. В создании математического обеспечения за последние десятилетия сделан существенный шаг вперед. Математика, количественные методы вторглись в область, где ранее они практически не применялись. Эти методы стали непременным атрибутом высшего руководящего состава вооруженных сил. Они вторглись в экономическую науку¹. Однако сделанного еще недостаточно для того, чтобы удовлетворить потребности управления.

14.1.1. Математическое обеспечение — продукт производства. Специальное математическое обеспечение управления становится предметом потребления. Его потребителями являются создатели автоматизированных систем, руководители, использующие его при обосновании и принятии решений в процессе управления. Потребительские свойства специального математического обеспечения управления были описаны выше.

¹ Так, в послесловии к книге К. Ланкастера «Математическая экономика» (М., «Сов. радио», 1971) Д. Б. Юдин пишет: «Объективная трудность приложения точных методов к анализу чрезвычайно сложных социально-экономических отношений делала до определенного времени неизбежным развитие экономической теории как качественной науки. В настоящее время этот этап можно считать пройденным. Возможность и необходимость математизации экономики перестала быть предметом дискуссии. .. Применение математики в экономике служит как познавательным целям, так и хозяйственной практике».

Став предметом потребления *специальное математическое обеспечения управления неизбежно становится продуктом производства*¹. Возможно, это утверждение звучит несколько парадоксально. Математика всегда была и остается в настоящее время результатом научного труда. Потребности других наук и потребности производства оказывали на развитие новых математических методов косвенное влияние. Поэтому говорить о том, что математические методы становятся предметом производства, можно, конечно, только в определенном смысле.

Основой процесса управления является переработка информации состояния в информацию управления. Повышение оперативности и обоснованности решений, принимаемых в процессе управления, возможно только при внедрении средств автоматизации для переработки информации.

Основными частями этих средств являются:

— технические (электронные вычислительные машины);

— математические (математическое обеспечение).

Математическое обеспечение выполняет два класса функций:

— служебные, необходимые для организации работы технических и программных средств автоматизации, обслуживания их взаимодействия с людьми и внешними источниками (потребителями) информации (общесистемное математическое обеспечение);

— содержательные, необходимые для смысловой переработки информации и выработки параметров управления или рекомендаций для обоснования решений в процессе управления (специальное математическое обеспечение управления).

¹ То, что общесистемное математическое обеспечение автоматизированных систем управления является продуктом промышленного производства, пожалуй, сегодня уже можно считать общепризнанным явлением. Правда, на него пока не распространяются юридические права, связанные с патентованием и защитой изобретений. Однако без него электронно-цифровые вычислительные машины мертвы, и создавать его в виде операционных систем и систем программирования начали на промышленной основе вместе с вычислительной техникой

Для выполнения всех этих функций необходимы алгоритмы.

Так как *технические средства автоматизации управления являются результатом промышленного производства*, то и алгоритмы, реализующие указанные функции, должны стать не результатом «случайного» творческого озарения, а *результатом целенаправленного промышленного производства*.

В любой иной постановке задачи создания специального математического обеспечения управления нельзя добиться успешной разработки и успешного внедрения средств автоматизации (в том числе автоматизированных систем управления) в процессы управления.

Этот вывод подкрепляется рассмотренной выше технологией разработки, внедрения, обслуживания и модификации специального математического обеспечения управления. Из этого рассмотрения видно, что одной науке не справиться с задачей построения системы специального математического обеспечения управления. К решению этой задачи должна быть привлечена вся мощь организационных форм промышленного производства.

Каково положение сегодня? Является ли эта оценка роли специального математического обеспечения управления общепризнанной? Сделаны ли из нее необходимые выводы? К сожалению, на все эти вопросы можно дать только отрицательные ответы. Остановимся подробнее на некоторых выводах, которые следуют из этой оценки.

14.1.2. Промышленная база. Вывод о промышленном характере производства специального математического обеспечения управления должен быть осознан многими категориями людей, организующими развитие почти всех сторон нашей общественной жизни. В первую очередь он имеет прямое отношение к руководителям высшего уровня, принимающим решение о распределении ресурсов в масштабе страны.

Действительно, если появился новый вид промышленной продукции, то необходимо дать оценку его важности в общей системе производства. Такая оценка нужна для определения объемов ресурсов, которые целесообразно выделить для этого нового производ-

ства. Важность этого нового вида продукции определяется целями, ради которых она создается. Такими целями является усиление интеллектуальной мощи лиц всех категорий, которые осуществляют управление, для которых объем решений, принимаемых ими, фактически вступил в противоречие с объемом решений, которые они должны принимать для успешного течения руководимых ими процессов.

Следовательно, *важность этого вида продукции* определяется в первую очередь *областью ее использования*. Эта продукция предназначена для использования руководителями в процессах управления. Таким образом, этот вид «продукции» вторгается в «святыя святых» процессов управления. От правильного и своевременно принятого решения зависит успех в любом деле. Этот вид продукции должен помочь руководителю принимать более обоснованные (более правильные) решения. Этот вид продукции должен помочь руководителю принимать решения оперативно (своевременно).

Таким образом, этот новый вид промышленной продукции по области использования является наиболее важным направлением внедрения результатов научного труда в производственную деятельность людей. Последние годы в капиталистических странах отмечают, что капиталовложения в науку дают наибольший прирост прибыли.

Рост этого показателя говорит о том, что внедрение результатов научного труда в производство повышает производительность труда, обеспечивает экономию ресурсов, позволяет даже в условиях стихийного развития капиталистического производства находить более рациональные решения.

Особая роль науки в социалистическом обществе вытекает из его природы. При плановом ведении хозяйства внедрение науки в производство, а тем более в управление вполне оправдывает себя экономически. Управление является основой успешного ведения народного хозяйства, поэтому этот новый вид промышленной продукции заслуживает особого внимания руководителей, принимающих решения, связанные с созданием новых видов промышленной продукции. Рассмотрим еще одно важное соображение, обосно-

ывающее необходимость особого внимания к этому виду промышленной продукции. Очень часто новые виды промышленной продукции рождаются в рамках уже сложившихся видов производства. Они могут иметь существенно новое качество, но при этом известны аналоги, сравнение с которыми доказывает их преимущество. Так, например, появление станков с программным управлением явилось революцией в области станкостроения. Одако эти новые станки можно было сравнить с уже существовавшими. Они фактически выполняли те же функции, только на базе другой технологии. Для развития этого производства в рамках существующих отраслей уже сложились все необходимые условия. Были станкостроительные заводы, была организация работы отраслью, были потребители продукции и т. п.

Таким образом, развитие направления создания станков с программным управлением хотя и проходило, как любое развитие, в борьбе нового со старым, однако материальная база этого нового производства фактически существовала, чем принципиально упрощался этот процесс.

Гораздо реже новые виды промышленной продукции относятся к числу принципиально новых. Под принципиальной новизной авторы понимают отсутствие аналогов в уже производимых видах промышленной продукции, т. е. отсутствие видов продукции, выполняющих те же функции. Естественно, что в таких случаях нет промышленной базы, нет организации, которая могла бы считать выпуск этой продукции своим долгом (своей обязанностью). Фактически выпуск этой продукции начинается на пустом месте. Легко себе представить, с какими трудностями приходится встречаться этому новому виду производства. Кроме технологических и производственных трудностей, одной из основных становится трудность решения организационных вопросов. Необходимо преодолеть инерцию сложившихся видов производства, необходимо доказать целесообразность этого производства руководителям, которые являются ответственными за выделение ресурсов и которые не могут быть специалистами во всех областях знаний, тем более в принципиально новых

В качестве примера приведем такой принципиально новый вид промышленности, как атомная. Известно, что в США президент, принимая решение о выделении ресурсов, основывался только на вере в авторитет ученых, рекомендовавших развитие этого производства.

Для развития атомной промышленности в нашей стране понадобились специальные меры и особые условия. О достигнутых в этой области успехах говорить не приходится.

Для нового вида промышленного производства, а именно специального математического обеспечения управления, положение более сложное, чем даже в случае с созданием атомной промышленности. Тогда руководители, принимая решение, знали, что в случае успеха будет создана вполне осязаемая атомная бомба, эффект действия которой очень просто оценить, или атомная электростанция, которая даст электрическую энергию.

Специальное математическое обеспечение управления как продукт производства совершенно лишено внешнего блеска.

Если электронные вычислительные машины в настоящее время оформляются во вполне внушительных шкафах и стойках, имеют красивые блестящие панели с множеством мигающих неоновых лампочек, если с упоением говорят об огромном числе выполняемых ими операций в секунду и указывают, сколько человек они при этом заменяют, то с математическим обеспечением дело обстоит намного сложнее. В определенном смысле математическое обеспечение «бестелесно». Это просто правила (алгоритмы), по которым может быть переработана информация и получены результаты в форме значений управляющих параметров, в форме обоснований результатов решений, в форме рекомендаций руководителям, содержащих количественные оценки прогнозов развития. Это просто алгоритмы! Но если учесть, что соотношение между электронными вычислительными машинами (вместе со всеми техническими средствами автоматизации) и специальным математическим обеспечением управления такое же, как соотношение между телом человека и его способностью мыслить, то станет ясно, насколько сложна эта простота

Сравнение быстродействия электронных вычислительных машин с вычислительными возможностями человека сослужило плохую службу специальному математическому обеспечению управления. Из утверждения «одна вычислительная машина способна заменить труд тысячи вычислителей» делался следующий вывод. Достаточно установить 1000 вычислительных машин, и они заменят труд 1 млн. людей, занятых вычислительными (подразумевалось бухгалтерскими, плановыми) работами в сфере управления.

Неверность этого вывода очевидна. Однако свое дело он уже сделал. На производство вычислительных машин в частности и вычислительной техники вообще были брошены практически все ресурсы, выделенные на совершенствование технологии управления. На развитие математического обеспечения должного внимания обращено не было. В результате созданы условия для роста большого «тела» автоматизации и практически нет условий для того, чтобы это тело было обеспечено «умной» (обученной) головой.

Насколько просто отличить мощного человека от слабого, настолько тяжело отличить умного человека от глупого. Если для измерения силы достаточно легко создать условия и приборы, то методология измерения умственных возможностей еще фактически не создана. Качество математического обеспечения также сложно оценить. Это существенно затрудняет понимание категории как таковой, а следовательно, ухудшает условия принятия решения о создании базы для его развития.

Действительно, если заранее нельзя указать меры полезности создания этого нового вида продукции, то, может быть, не следует торопиться с созданием условий для его производства? Пусть «естественный» путь развития (в общем-то стихийный путь) докажет жизненную необходимость этой продукции, пусть она сама себе пробьет дорогу в жизни! Это «надежный» и достаточно трезвый взгляд на развитие. Но, по нашему мнению, он недопустим в условиях социалистической системы ведения хозяйства. Стихийные механизмы регулирования у нас не могут играть той роли, которые они играют в капиталистическом мире. Основой нашей идеологии является научное прогно-

зирование, плановость и сознательное целенаправленное управление. Поэтому каждый вид принципиально новой промышленной продукции необходимо анализировать, должны прогнозироваться результаты его создания и внедрения, должны планомерно определяться условия (организационные и материальные) его производства. Это относится к любому принципиально новому виду промышленной продукции. Для рассматриваемого нами нового вида промышленной продукции это особенно справедливо.

Существует ли хоть какой-нибудь аналог промышленной продукции подобного типа? Подобного аналога нет. До сих пор развитие и создание подобных средств полностью находилось в руках ученых. В рамках научно-исследовательских институтов ученые создавали математические теории и аппарат, который мог быть использован в качестве базы для создания правил (алгоритмов) переработки информации как в интересах собственно научных исследований, так и в интересах управления. Однако этим работам в полной мере присущи свойства научных исследований, а следовательно, свойства творческого поиска, далеко не всегда приводящего к конкретному прикладному результату.

Поэтому *попытки внедрять в практику управления только алгоритмы, созданные научно-исследовательскими институтами, к успеху не привели и, по нашему убеждению, привести не могут.* Сохранение только такой организации разработки специального математического обеспечения управления фактически ставит под угрозу срыва любые работы по созданию средств автоматизации управления.

Технические средства автоматизации, включая вычислительные машины, будут созданы как результат организованного промышленного производства с обязательными сроками и объемами выпуска продукции, а вот необходимое для их использования специальное математическое обеспечение управления, может быть, будет создано, а может быть, и нет. Поэтому перевод создания специального математического обеспечения управления на промышленный путь является объективной необходимостью современных условий совершенствования управления.

Важность этого принципиально нового вида промышленной продукции определяется масштабами его применения (использования). Фактически этот вид продукции по масштабам применения должен охватить всю страну.

Он необходим сегодня всем руководителям, — начиная с верхних уровней иерархии системы управления и кончая самыми ее нижними уровнями. Он необходим мастеру цеха для оперативного управления производством, для исключения простоев рабочих и оборудования, для рационального использования материальных ресурсов и исключения замораживания заделов. Он необходим начальнику цеха для организации ритмичной работы производства, для использования всех ресурсов, для планирования развития и ремонта оборудования цеха, для организации подготовки кадров, для оценки качества работы отдельных участков и рабочих, для организации соревнования с объективной оперативной оценкой его результатов. Он необходим директору предприятия как инструмент непрерывной оценки хода производства и степени соответствия результатов плановым заданиям, моделирования и прогнозирования перспектив развития предприятия. Он необходим руководителям городов и областей для управления развитием городского и местного хозяйства, для планирования и размещения жилого фонда с учетом потребностей в рабочей силе отдельных предприятий. Без него, по нашему мнению, не могут успешно выполнять свои функции руководители отраслей, так как информация, которую они должны проанализировать и осмыслить, по объему и сложности требует применения новых средств обеспечения работы с ней.

Особенно высока эффективность использования этого вида продукции в масштабах страны. Согласованное, перспективное, обоснованное ведение народного хозяйства является той областью, в которой даже самое малое улучшение качества принимаемых решений способно привести к огромной экономии материальных ресурсов, к повышению скорости развития производства, обеспечить существенное повышение степени удовлетворения потребностей населения в материальной, культурной и других сферах.

Важность этого нового вида промышленной продукции определяется степенью *влияния*, которое он должен оказать на *эффективность управления*, т. е. на *эффективность* ведения хозяйства.

Каково положение в настоящее время? Созданы ли условия для построения промышленной базы разработки системы специального математического обеспечения управления и специального математического обеспечения управления для автономных систем? К сожалению, на этот вопрос приходится дать отрицательный ответ. Специализированные организации (предприятия, объединения) для промышленной разработки специального математического обеспечения управления практически отсутствуют, не говоря уже о самостоятельной отрасли промышленности. На эти работы выделяются недостаточные материальные ресурсы.

14.1.3. Промышленная разработка. Для создания математического обеспечения необходимо привлечение большого количества специалистов. При этом на успех дела существенное влияние оказывают организационные условия¹.

Вывод о промышленном характере специального математического обеспечения имеет прямое отношение к руководителям, отвечающим за разработку и внедрение средств автоматизации. Сегодня это в большинстве своем инженеры, хорошо подготовленные в области развития технических средств автоматизации. Среди них почти нет специалистов по созданию мате-

¹ А. П. Ершов (Ершов А. П. Математическое обеспечение 4-го поколения. Препринт. Новосибирск, ВЦ СО АН СССР, 1971) пишет: «Исходным фактором, влияющим на все остальное, является то, что производство и внедрение вычислительной техники у нас еще не стало самостоятельной отраслью народного хозяйства. И хотя требования жизни включили в сферу этой деятельности десятки тысяч людей, они настолько плотно вросли в десятки ведомств и организаций, что крупное новое дело приходится начинать почти на пустом месте. Это значит, что сегодня нереально собрать под одной крышей тысячу опытных системных программистов и их помощников с тем, чтобы они завтра начали работу над математическим обеспечением 4-го поколения, а через несколько лет предъявили бы его к сдаче»

математического обеспечения. Этот субъективный и организационный фактор играет немаловажную роль. Как правило, эти руководители считают, что их задача решена, если созданы технические средства автоматизации. Разработку средств математического обеспечения управления они рассматривают в рамках одного конкретного заказа. Эти работы они считают завершёнными, как только технические средства автоматизации с минимальным комплектом программ математического обеспечения сданы заказчику. Дальнейшее развитие математического обеспечения они считают «чужим» делом. Их не интересует, кто и как будет его развивать. В лучшем случае они считают это делом потребителя средств автоматизации.

Одним из основных свойств современных систем автоматизации управления является их открытый характер по отношению к составу выполняемых функций. Это означает, что, как правило, не изменяя технические средства автоматизации, состав функции можно изменять (наращивать, исключать, модифицировать), не выводя систему из оперативного режима функционирования. Достигается это изменением состава специального математического обеспечения. Таким образом, системы автоматизации управления могут обучаться в процессе их использования, «умнеть» по мере накопления опыта управления.

Это важнейшее качество современных средств автоматизации практически не используется. Это приводит к положению, при котором заказы на разработку специального математического обеспечения никем не принимаются. Разработка математического обеспечения ведется в минимальных объемах только вместе с разработкой технических средств автоматизации. Таким образом, формируется неразрывный принудительный комплект из технических средств и математического обеспечения. Если к этому добавить, что срок годности технических средств автоматизации управления измеряется годами (десятилетиями), а наращивание и модификация функций этих систем происходит непрерывно, то вред подобного положения станет очевидным.

Изменение функций систем управления происходит в связи с внедрением новой технологии производства,

появлением нового оборудования, совершенствованием самих методов управления в связи с развитием науки. Если внедренные автоматизированные системы управления не будут оперативно откликаться на все эти изменения, то они быстро вступят в противоречие с развивающимися методами управления, станут тормозом его совершенствования. Поэтому совершенствование специального математического обеспечения управления в процессе использования средств автоматизации управления — это неизбежное и обязательное явление. Такое совершенствование должно производиться даже при неизменных технических средствах автоматизации. Отсюда следует вывод: необходимы предприятия, основной продукцией которых будет специальное математическое обеспечение управления.

Понимание этого руководителями, ответственными за создание средств автоматизации, улучшит организационные условия, необходимые для появления принципиально новых предприятий. Стихийное развитие этого процесса, а точнее его начальной фазы уже началось. На многих предприятиях созданы подразделения (отделы, лаборатории, группы), отвечающие за создание математического обеспечения. Иногда это предприятия-производители средств автоматизации, иногда предприятия-потребители средств автоматизации. Однако у предприятий-производителей математическое обеспечение не является основной продукцией, выпуск его не планируется.

Вывод о промышленном характере специального математического обеспечения имеет прямое отношение и к руководителям предприятий-потребителей средств автоматизации. К сожалению, еще часто поводом к установке на предприятии вычислительных машин является стремление «не отставать от моды». Зная, что вычислительные машины — это новое перспективное оборудование, руководитель принимает решение о его установке на предприятии. Часто при этом не учитываются соотношения между отдельными частями средств автоматизации (собственно электронными вычислительными машинами, их внешними устройствами, средствами подготовки информации, математическим обеспечением), без правильного выбора кото-

рых нельзя добиться эффективного использования этих средств. Поэтому после покупки и установки электронных вычислительных машин оказывается, что их нечем загрузить, так как нет соответствующих (нужных) программ математического обеспечения, и поэтому машины, которые способны работать круглосуточно, фактически простаивают большую часть времени. Оказывается, что комплект устройств ввода информации очень беден и нельзя осуществить ввод данных непосредственно от источников информации (со складов, из цехов и т. д.) в память вычислительной машины и т. п.

Поэтому чем глубже руководитель понимает характер работ по внедрению средств автоматизации управления, тем меньше вероятность того, что он ошибется в организации их внедрения. Отсутствие предприятий разработчиков специального математического обеспечения вынуждает руководителя создавать специальные подразделения у себя на предприятии. При этом ему приходится создавать у себя особое новое производство. Условия его создания достаточно сложны: подготовленных специалистов нет (приходится их переманивать из организаций, где есть хоть какой-то опыт), технологии разработки также нет и т. п. Фактически руководитель вынужден открывать у себя кустарное производство специального математического обеспечения. Такая организация близка к «натуральному» ведению хозяйства. Если бы руководитель предприятия знал заранее, что он попадет в такие условия, что он не сможет выдать заказов и получить обязательные составные части средств автоматизации, то возможно, он не спешил бы с установкой вычислительных машин. Понимание руководителями предприятий-потребителей средств автоматизации того, что специальное математическое обеспечение управления является предметом промышленного производства, обеспечит их активную роль в организации такого производства на специализированной основе вне рамок их предприятий.

Вывод о промышленном характере производства специального математического обеспечения управления имеет далеко идущие последствия. Он, естественно, должен оказать влияние на организацию подготовки

кадров специалистов. В значительной степени он должен повлиять на развитие некоторых направлений науки. Особый вид этого производства, по-видимому, приведет к тому, что его технология будет создаваться в большей степени в рамках научных организаций, чем промышленных предприятий.

Промышленные предприятия, которые должны быть созданы для разработки специального математического обеспечения управления, будут относиться к новому типу предприятий. По результатам и организации труда они должны быть подобны промышленным предприятиям, по методам и содержанию труда — научным институтам. Поэтому такие предприятия ближе всего будут к научно-производственным объединениям.

14.1.4. Математическое обеспечение и АСУ. В сложившемся современном представлении *специальное математическое обеспечение* управления рассматривается как *атрибут технических средств автоматизации*, а не как *средство обеспечения управления*. По-видимому, такой взгляд был правилен и даже неизбежен на первых шагах повышения эффективности управления путем внедрения средств автоматизации. Однако в настоящее время такое представление влечет за собой ряд отрицательных последствий. Если считать специальное математическое обеспечение управления только неотъемлемой частью вычислительных машин, то из этого вытекает, что оно является вспомогательным, второстепенным элементом, который призван выполнять роль организатора функционирования технических средств автоматизированных систем. При этом в значительной степени теряется главенствующая роль специального математического обеспечения управления.

Вывод о неразрывной связи технических средств автоматизации и математического обеспечения невольно приводит к неправильной организации работ по созданию специального математического обеспечения управления. Такая работа осуществляется в рамках автономных проектов совместной разработки технических и математических средств. С одной стороны, этим ухудшаются условия совершенствования конкретных автоматизированных систем управления как

систем открытого типа, как систем, развивающихся в процессе использования. С другой стороны, при таком подходе слабо стимулируется организация разработки, позволяющая осуществить преемственность специального математического обеспечения управления при смене технических средств автоматизации.

Сложившийся взгляд на связь технических средств и специального математического управления затрудняет решение проблемы сохранения специального математического обеспечения при смене технической базы. Эти соображения позволяют утверждать, что позитивным является введение новой категории, которую авторы определяют как специальное математическое обеспечение управления. Эта категория шире понятия специального математического обеспечения автоматизированной системы управления. Одной из основных особенностей этой категории является ее независимость от технических средств автоматизации управления.

Специальное математическое обеспечение управления неразрывно связано с самим процессом управления. При таком подходе специальное математическое обеспечение переходит в группу основных средств, предназначенных для повышения эффективности управления. Это не вспомогательное средство, организующее функционирование технических средств автоматизации, а основной помощник руководителя в процессе управления. Это «мозг» автоматизированного управления.

Такой взгляд на специальное математическое обеспечение управления позволяет правильно определить его место в общей системе автоматизации. Главенствующая роль специального математического обеспечения управления в общей системе средств автоматизации управления неизбежно приводит к выводу о том, что на этот объект необходимо обратить основное внимание.

От того, насколько успешно будет решена проблема создания специального математического обеспечения, зависит общий успех повышения эффективности управления с помощью средств автоматизации. Без специального математического обеспечения управления развитие других средств автоматизации управле-

ния бессмысленно, а внедрение их неэффективно. Конечно, без технических средств автоматизировать управление невозможно. Нужно было определенное опережающее развитие технической базы автоматизации, включающей электронные вычислительные машины и другое оборудование. Этот период можно считать завершенным.

Из такого определения места специального математического обеспечения в общей системе управления вытекает, что этот объект не имеет ограничений, связанных с рамками конкретной автоматизированной системы управления. Специальное математическое обеспечение управления неразрывно связано со всей системой управления в целом. Такой взгляд на него создает условия для применения системного подхода к его исследованию и построению. Автономный подход к построению специального математического обеспечения в рамках отдельных автоматизированных систем неизбежно приведет к усложнению согласования взаимодействия этих систем.

Специальное математическое обеспечение управления является материализованным обобщением всего опыта управления, который накопило и накапливает человечество. Форма материализации этого опыта обеспечивает возможность его сохранения и использования с помощью средств автоматизации.

Из вышеизложенного еще раз можно сделать вывод, что специальное математическое обеспечение управления нельзя создавать на кустарной основе отдельных неспециализированных предприятий, которые разрабатывают его элементы автономно и только в собственных интересах. Создание специального математического обеспечения управления требует особой организации и системного объединения усилий многих научных и промышленных коллективов.

Между специальным математическим обеспечением управления и специальным математическим обеспечением конкретной автоматизированной системы управления существует определенная связь. Последнее является программным отображением той части специального математического обеспечения управления, которая необходима для использования при управлении соответствующим объектом (предприятием, объе-

динением, отраслью и т. д.). Программное отображение осуществляется на вычислительных средствах этой конкретной автоматизированной системы. При такой постановке ясно, что специальное математическое обеспечение управления существует и развивается, создавая условия преемственности способов автоматизированного управления при любой смене технических средств автоматизации. Это обеспечивается его машинной независимостью.

Специальное математическое обеспечение конкретной автоматизированной системы управления существует и развивается до тех пор, пока существуют и используются вычислительные средства этой системы. При их частичной или полной замене происходит частичная или полная замена специального математического обеспечения управления этой автоматизированной системы. Под заменой вычислительных средств понимается смена их типа (т. е. переход на вычислительные машины с другим машинным языком). Замена специального математического обеспечения автоматизированной системы заключается в смене программного отображения при сохранении содержания отображаемой части специального математического обеспечения управления.

Каково положение в настоящее время?

В основном объектами разработки являются автономные системы управления. Для них в рамках отдельных заказов создаются алгоритмы и программы частных задач или в лучшем случае частных функциональных подсистем. Такой подход к построению специального математического обеспечения невольно закрепляется существующими теоретическими обоснованиями¹.

Н. Г. Зайцев (Зайцев Н. Г. Информационное и математическое обеспечение АСУП. Киев, «Техника», 1974) пишет: «Специальное математическое обеспечение (СМО) — совокупность программ, предназначенных для решения задачи по типовым схемам в областях: учета, отчетности, оперативного, текущего и календарного планирования и планирования развитым производством; управления производством; распределения ресурсов; материально-технического снабжения; кадрового учета; бухгалтерско-финансовой деятельности». Такое определение невольно приводит к мысли

Разрабатываемое математическое обеспечение в основном рассчитано на использование в рамках вычислительных центров. Это означает, что объектом разработки являются отдельные этапы процесса переработки информации в интересах управления, не замкнутые непосредственно на руководителя, принимающего решение.

14.1.5. Сроки разработки. Говорить о сроках разработки системы специального математического обеспечения управления можно только условно. Эта система будет развиваться и совершенствоваться непрерывно¹. Однако каждый частный шаг в создании специального математического обеспечения должен завершаться в определенные сроки внедрением полученных результатов в практику управления. Анализ сложившегося положения показывает, что на создание частных подсистем и отдельных задач затрачиваются годы. Это объясняется рядом причин: недостатком опыта, отсутствием подготовленных кадров, недостаточно совершенной технологией (в том числе и объединени-

о достаточности разработки частных задач для обеспечения принятия автономных решений. Из него не вытекает необходимость построения специального математического обеспечения для достижения глобальных целей управления, ориентированного на непосредственное использование руководителем, охватывающего основные факторы деятельности в общей системе при принятии решения.

¹ Даже на создание отдельной автоматизированной системы управления нельзя смотреть как на единовременный акт. Нельзя не согласиться с В. А. Трапезниковым, В. И. Сенчиным, В. Л. Эпштейном (Трапезников В. А., Сенчин В. И., Эпштейн В. Л. Аркус (Автоматизированная разработка информационно-управляющих систем) Препринт. М., Ин-т проблем управления, 1975), которые пишут «Создание АСУ следует рассматривать не как единовременный акт, а как процесс совершенствования системы управления. В отличие от любых других технических объектов (машин и механизмов, зданий и сооружений) АСУ в принципе должна быть ориентирована на развитие (изменение, расширение, реконструкцию) в процессе эксплуатации. В противном случае АСУ превратится из прогрессивного в консервативный фактор управления» Это в первую очередь относится к специальному математическому обеспечению.

ем в рамках одного заказа разработки технических и математических средств)¹. Пожалуй, основной причиной, тормозящей устранение всех указанных недостатков, а также служащей прямым источником больших сроков разработки, является, если не считать слабости теоретической базы, отсутствие промышленности (и специализированных предприятий), основной продукцией которой являлось бы специальное математическое обеспечение управления.

Рассмотрим в качестве примера пятнадцатилетний опыт разработки одной из подсистем специального математического обеспечения.

Условия ее создания и развития характеризовались следующими особенностями. Потребности в средствах специального математического обеспечения, которые были выявлены в органах управления, намного превосходили реальные возможности коллективов, его создающих. Эти потребности выявлялись постепенно, однако на каждом этапе развития системы их объем всегда превосходил реальные возможности. С годами разрыв между потребностями и возможностями возрастал. Разработку алгоритмов и программ конкретных процессов производили относительно небольшие коллективы (от 10 до 100 человек), размещенные в различных организациях, которые не были специализированы в данной области. Алгоритмы и программы являлись для этих организаций побочным продуктом, в создании которого они были заинтересованы, так как с их помощью получали конкретные результаты, выводы, обоснования.

Все результаты концентрировались в специальном фонде, который выполнял следующие функции: организовывал общение заинтересованных организаций и составлял координированные планы разработки²;

¹ «Опыт показывает, что продолжительность разработки АСУ крупных организаций (таких, например, как Главмосстрой и т. д.) составляет на первом этапе 8—10 лет, при общих трудозатратах 800—1000 чел. лет и общей стоимости 4—6 млн. рублей» (Кузин Л. Т., Щукин Б. А. Пять лекций по АСУ. М., «Энергия», 1976)

² Работы включались в план по предложениям координируемых организаций, т. е. на добровольных началах.

организовывал контроль качества выполненных работ¹; накапливал и хранил алгоритмы, программы и документацию; информировал о составе фонда, тиражировал и рассылал материалы фонда заинтересованным организациям; вел сбор и анализ статистики по использованию материалов фонда в заинтересованных организациях; организовывал исключение устаревших материалов из фонда. Кроме того, им создавались методические и инструктивные документы, включающие требования к разрабатываемым алгоритмам и программам фонда, а также к формам их представления.

Эти документы после обсуждения и утверждения становились обязательными и для всех координируемых организаций. Разработки, не отвечавшие требованиям этих документов, в состав фонда не включались. В документах определялись: обязательные формы перечней исходных данных; формы представления результатов после переработки исходной информации алгоритмом; состав и способы использования системы стандартных программ²; допустимые к использованию стандартные алгоритмы; способы сопряжения частных алгоритмов с внешними обслуживающими программами; обязательная кодировка текстов программ при нанесении их на машинные носители; состав и содержание документов, сопровождающих каждую разработанную задачу. Кроме этого инструктивные документы определяли организацию формирования фонда, состав, права и обязанности координируемых организаций, порядок рассмотрения материалов, включаемых в фонд и исключаемых из него.

Только благодаря этим инструктивным и методическим документам фонд мог существовать как организованное целое; разработки, выполненные одними

¹ Контроль выполнения требований по формализации представляемых материалов осуществлялся силами фонда, контроль правильности выполнения работ производился перекрестным рецензированием силами координируемых организаций: одну работу проверяли независимо друг от друга две-три организации.

² Эта система не включалась в каждую задачу, а была общей для всей их совокупности

организациями, были понятны другим и могли использоваться в общей системе.

Личный состав фонда не только выполнял организационные функции, но и разрабатывал унифицированные обслуживающие алгоритмы и программы, используемые для организации общения людей с программами фонда при переработке информации по ним с помощью вычислительных машин, и производил вычисления по исходным данным, полученным от внешних организаций, на вычислительных машинах организации, при которой находился фонд.

Вычислительные средства подсистемы были рассредоточены в координируемых организациях. Они могли использоваться как в интересах данной организации, так и для производства расчетов по задачам фонда при поступлении запросов от других организаций. Все организации были оснащены однотипными вычислительными машинами.

Время использования подсистемы можно разделить на три периода. Первый период продолжался около двух лет. Характерной особенностью этого периода являлся низкий коэффициент полезного действия. Это выражалось в том, что от момента появления необходимости в результатах вычислений до момента получения этого результата проходило очень много времени. Анализ показал, что это время уходило на установление взаимопонимания между человеком, задавшим исходные данные, и средствами автоматизации.

Это взаимопонимание достигалось с большим трудом по следующим причинам. Недостаточно формализованными были правила задания исходных данных, что приводило к многократным исправлениям в них после безуспешной попытки осуществить вычисления. Недостаточно строгими были правила переноса исходных данных на машинные носители и недостаточно полным был контроль правильности такого переноса. Это приводило к значительным затратам времени на выявление искажений и многократному повторению вычислений после внесения исправлений. Недостаточно отработанными были алгоритмы и программы вычислений. В них не содержалось средств проверки правильности заданных исходных данных. Не

были предусмотрены меры, обеспечивающие локализацию последствий ошибок в них; отсутствовали комментарии, позволяющие быстро уяснить причины неполадок. По структуре программы были настроены на использование их только авторами. Это приводило к большим затратам времени на установление причин неполадок, к необходимости привлечения автора для разбора возникшей ситуации ¹.

Для устранения такого положения была разработана унифицированная кодово-позиционная форма задания исходных данных, обязательная для всех алгоритмов. Это привело к тому, что фактически исчезли ошибки в задании исходных данных. Пользователи быстро усвоили эту форму задания и не допускали ошибок даже при переходе к использованию новых для них алгоритмов. Кодово-информационная форма существенно облегчила перенос исходных данных на машинные носители информации. Исчезли ошибки, связанные с неоднозначным толкованием записей исходных данных.

Кроме того, унифицированная форма позволила построить общий для всех алгоритмов фонда блок проверки правильности значений исходных данных. Даже простейшая проверка принадлежности заданных значений к множеству допустимых значений существенно уменьшила количество повторных решений задачи после выявления ошибок, а также сократила время анализа возникшей недопустимой ситуации.

Одной из существенных мер была перестройка психологии разработчиков программ². Авторы программ довольно быстро усвоили требование создавать такие программы, которые могли бы успешно использоваться без них. Более того, они довольно быстро усвоили выгоду от такого положения, заключающуюся в исключении неурочных (и даже ночных) вызовов для

¹ Нередко этот процесс затягивался на недели, если, например, автор оказывался в отпуске или прекратил работу в данной организации.

² На первом и втором этапах использования фонда разработку алгоритма и программы выполняли разные специалисты. Программирование проводилось в кодах машины, без средств его автоматизации.

разбора конфликтных ситуаций. Усвоив это требование, авторы стали принимать все меры к тому, чтобы во всех сомнительных местах, где конфликт может выйти на плохо комментируемую вычислительной машиной ситуацию, программно исключить их, сделать все возможное для продолжения процесса вычислений. Только при невозможности найти заранее алгоритмический (программируемый) выход из положения процесс вычислений прекращался, но при этом формировались достаточно детальные комментарии, пояснявшие, в каком месте программы сложилась аварийная ситуация, в чем ее содержание, какие используются исходные данные и т. п.

Этих относительно простых мер оказалось достаточно для того, чтобы алгоритм и программы фонда начали успешно выполнять свои функции практически после одноразового задания исходных данных любыми потребителями.

Второй период продолжался около трех лет. Его началом можно считать завершение работ по устранению первых, наиболее существенных психологических, организационных и методологических трудностей. Его концом явилась смена типа используемых вычислительных машин. Этот период характеризовался стабильным ростом состава фонда. Несмотря на трудности неавтоматического программирования состав фонда ежегодно возрастал в среднем на 25 тыс. команд. В среднем в год в него включались программы для решения пяти задач. Исключения программ задач из фонда не было. Следующей особенностью этого периода является стабильный рост суммарного числа различных вариантов вычислений, произведенных с помощью программ фонда: к концу периода это число достигло 16 тыс. вариантов в год. В конце второго периода произошла смена типа вычислительных машин. Программы, написанные для старых машин, оказались непригодными для новых. Здесь в полной мере проявила себя удачно выбранная структура оформления каждой задачи (методики).

Эта методика обязательно оформлялась в виде четырех частей. Первая часть содержала смысловое описание процесса. В него входили состав исходных данных, цели переработки исходных данных; описание

моделируемого процесса и условий, в которых он протекает, возможные варианты, состав результатов переработки информации. Вторая часть содержала алгоритм переработки информации, описание ограничений и допущений, при которых она производится. Третья часть содержала программу для вычислительной машины. Четвертая часть содержала инструкции для всех категорий людей, использующих и обслуживающих методику. В этих инструкциях излагался способ подготовки исходных данных, правила подготовки программы к вычислениям, возможные особенности в ходе вычислительного процесса и меры, которые должны быть приняты при их возникновении; правила использования полученных результатов.

Таким образом, при смене типа вычислительной машины неизменными оставались первые две части описания, частично корректировалась четвертая и лишь третья заменялась полностью. Трудоемкость процесса программирования становилась тормозом для успешного использования фонда.

К этому времени стало очевидным, что смена типа вычислительной машины является естественным процессом, что каждые 2—4 года появляются новые более совершенные вычислительные машины, что за 6—8 лет старая машина полностью расходует свои ресурсы, что за это время промышленность прекращает выпуск машин этого типа. Таким образом, в перспективе возможна еще смена типа вычислительной машины. Кроме того, стало ясно, что созданный фонд будет существовать столько, сколько будут существовать процессы управления, им обеспечиваемые. Таким образом, необходимо было готовиться к предстоящей многократной смене типов вычислительных машин. Необходимо было создать условия для обеспечения непрерывности процесса управления при смене технической базы. В частности, это означало, что нужно ускорить процесс построения программ для новых машин по старым алгоритмам.

К этому времени не только сформировалась теория алгоритмических языков, но и был внедрен в практику метод автоматического программирования. Естественным было решение впредь все алгоритмы записывать на алгоритмических языках, а новые машины

снабжать трансляторами с них¹. Это решение помогло достаточно быстро перенести старую часть фонда на новые вычислительные машины. Как показало дальнейшее развитие фонда, внедрение автоматического программирования оказало существенное влияние на повышение надежности программ. Это объясняется тем, что были исключены следующие источники ошибок. Была исключена возможность неправильного толкования алгоритма программистом. Были исключены ошибки, которые программист вносит в текст программы. Однозначное соответствие программы алгоритму практически гарантировалось абсолютно.

Начало третьего периода совпало с необходимостью пересмотреть состав фонда. За прошедшие годы многие методики устарели. Во многих были выявлены недостатки, исключающие возможность их использования. Переход на новые вычислительные машины ускорил процесс исключения из фонда методик, потяравших цену.

С началом третьего периода фонд регулярно не только пополнялся, но и очищался. Резко возросли темпы роста состава фонда. Ежегодно его объем увеличивался в среднем на 90 тыс. команд, с учетом того, что в среднем за год из фонда исключались методики общим объемом до 60 тыс. команд. Увеличилось число вариантов расчетов, полученных с помощью методик фонда. Оно возросло до 100—120 тыс. в год. К концу третьего периода объем фонда достиг 1 млн. команд.

Упорное сопротивление этому, основанное на утверждении, что трансляторы дают менее эффективные программы (требующие больше места в памяти машины и больше времени счета), чем программы, написанные человеком (программистом) в кодах машины, достаточно быстро было преодолено. Программы, составленные автоматически, были тем лучше, чем большего объема был транслируемый алгоритм. Повышение качества трансляторов, введение в него аппарата оптимизации давало все более экономичные программы. Увеличение объема работ по программированию сдерживалось дефицитом опытных программистов. Все это привело к внедрению метода автоматического программирования как единственного для пополнения фонда.

За последние 2—3 года объем фактически перестал изменяться. Это можно было объяснить следующими двумя причинами. С ростом объема фонда увеличивались абсолютные размеры ежегодно исключаемой из него части. Так как состав организаций, участвующих в пополнении фонда, был стабилен и число специалистов, ведущих разработку методик, практически не изменилось, то наступило насыщение. Суммарная их производительность в год и объем исключаемой за год части фонда стали примерно одинаковыми. Второй причиной, возможно более важной, чем предыдущая, являлось несовершенство структуры фонда. Фонд создавался из автономных методик. При необходимости исследовать более сложный процесс, чем это позволяет одна методика, нужно было последовательно применять несколько.

При этом результаты работы одних являлись аргументами для других. Такая организация вычислений требовала очень больших затрат времени. В каждой автономной методике была своя автономная информационная база, что также резко увеличивало время согласования, подготовки и ввода исходных данных. Таким образом, стало очевидным идеологическое несовершенство всей организации и структуры фонда. Поэтому наряду с фондом начала формироваться общая для всего процесса управления информационная база. Все это привело к тому, что за 15 лет своего существования фонд достиг уровня, при котором его дальнейшее совершенствование требовало пересмотра всех идеологических и методологических основ его построения и использования. Частные методики фонда, необходимость в выполнении функций которых сохранилась, должны были стать частью общей системы фонда, построенного на новых принципах, которые уже были изложены выше.

Опыт использования фонда позволяет сделать интересный вывод об интенсивности использования и времени «жизни» отдельной методики. Интенсивность использования методик, конечным результатом которых являются план действий, оперативное указание, справка о составе и состоянии объектов управления или среды, не зависит от времени их создания. Иное положение с методиками, результатом которых явля-

ются оценки эффективности частных сторон деятельности управляемых объектов. Как правило, эти методики интенсивно используются сразу после их создания. Затем интерес к ним резко падает, и зачастую использование их прекращается.

Анализ показал, что причиной этого является, во-первых, промежуточный характер результата. Выводы о том, какое решение необходимо принять, должен делать человек. Методика дает ему только оценку эффективности одного варианта. Их перебор, выбор наилучшего — все это должен делать человек. Во-вторых, после некоторого опыта использования методики человек приобретает способность давать оценки эффективности, достаточно близкие к тем, которые ему способна дать методика. Человек предугадывает эти оценки и, естественно, приобретает навыки, позволяющие ему работать без методики. Такое «обучение» человека происходит благодаря достаточно узкому кругу вариантов исходных данных, с которыми ему приходится иметь дело. Кроме того, если мощность вычислительных средств не очень велика, то затраты времени на получение ответа больше, чем затраты времени на получение данных с помощью номограмм, таблиц. В этом случае человек заранее накапливает результаты по типовым вариантам с помощью методики, оформляет их как справочный материал и использует при необходимости. Таким образом, интенсивность использования методики также резко падает.

Среднее время «жизни» методики, как показала статистика, в рассматриваемом примере составило 5,6 года. За время существования фонд фактически дважды обновился полностью.

14.1.6. Теоретические основы. О потребностях в теоретическом обосновании всех аспектов создания математического обеспечения уже было сказано достаточно много. В области создания частных подсистем автоматизированного управления в наилучшем состоянии находится та часть теории, которая обеспечивает этап программирования¹. В области создания и развития

¹ Положение в этой области В. А. Трапезников, В. И. Сенчин и В. Л. Эпштейн (Трапезников В. А., Сенчин В. И., Эпштейн В. Л. Аркус (Автоматизированная разработка информационно-управ-

системы специального математического обеспечения в масштабе государства теоретические проработки пока ограничены некоторыми общими принципами построения автоматизированной системы, такими, как необходимость унификации, разработки общих номенклатуров и т. п. Отсутствуют государственные стандарты, за исключением определяющих некоторые основные термины. Причины такого положения не в недопонимании потребностей в создании теоретических основ, а в новизне и сложности проблемы.

14.1.7. Кадры. Одним из основных условий успешного развития системы специального математического обеспечения управления является наличие кадров специалистов. Выше уже рассматривался вопрос о том, какой должна быть структура коллектива, разрабатывающего подсистему специального математического обеспечения. Специализация внутри этого коллектива неизбежна, но основной фигурой в нем должен стать специалист, проектировщик специального математического обеспечения управления.

Это человек, обладающий знаниями и владеющий методологией создания специального математического обеспечения. Кроме умения проникать в сущность процессов, протекающих в данной системе управления, умения формализовать их, этот специалист должен обладать способностью предвидеть направления развития создаваемой подсистемы, оторваться от конкретного ее отображения на существующие технические средства автоматизации и определить ее место

ляющих систем). Препринт. М., Ин-т проблем управления, 1975, с. 7) оценивают следующим образом: «Из пяти основных логических этапов создания АСУ (постановка задачи, алгоритмизация, разработка информационного и программного обеспечения, развитие в процессе проектирования и эксплуатации) до настоящего времени только один этап (программирование) являлся объектом серьезных научных исследований и разработок. Недооценка других этапов привела к тому, что многие АСУ совершенно неудовлетворительны, а их потенциальная способность к развитию по меньшей мере сомнительна». К наиболее совершенным из существующих методических пособий относятся «Общепромышленные руководящие методические материалы по созданию АСУП» (Минск, ГК СМ СССР по науке и технике, 1972).

в общей системе специального математического обеспечения управления. Эти специалисты должны обладать фантазией исследователя, знаниями научного сотрудника, умением конструктора.

Сколько таких специалистов требуется? Для ответа на этот вопрос нужно знать, хотя бы ориентировочно, производительность труда при разработке специального математического обеспечения и потребности в нем. Статистика показывает, что при разработке больших программных систем один человек способен в настоящее время разработать от 2000 до 10 тыс. команд в год¹. Потребности в специальном математическом обеспечении сегодня измеряются десятками миллионов команд. Таким образом, имеется потребность в десятках тысяч подобных специалистов.

Необходимо признать, что такой армии специалистов у нас нет. Трудность их подготовки, которая еще фактически и не начата, заключается в том, что построение больших программных систем сегодня является искусством, а не наукой. Это утверждение справедливо для программных систем вообще. В подсистемах специального математического обеспечения положение еще более трудное.

14.2. ПРАКТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ. Рассмотрим в качестве итога некоторые вопросы практики использования специального математического обеспечения управления.

14.2.1. Область использования. Вернемся еще раз к вопросу об информационно-логических возможностях человека.

Человек способен выполнить за рабочий день порядка $3 \cdot 10^3$ элементарных логических и вычислительных операций, связанных с переработкой информации².

¹ Так, например, Дж. Роудз (**John Rhodes**, *Management by Module*. — «Data Systems», Aug., 1971, v. 12, № 8, p. 34—36) приводит следующие данные: отдел в 10 чел. разрабатывает 45 тыс. команд в год; производительность программиста от 50 до 150 отлаженных команд в неделю, программисту нужно в среднем 0,5 ч машинного времени в сутки.

² «...можно с достаточной степенью уверенности предполагать, что на одну операцию, примерно равную по сложности арифметическим операциям (сложения, вычитания, умножения и деления)

При выполнении творческой работы, связанной с принятием решений, человек способен сделать гораздо меньше элементарных операций (осуществить актов) принятия решения. Для принятия даже простейшего решения необходимо осмыслить сложившуюся ситуацию, т. е. получить и осознать сведения, характеризующие обстановку. В простейших случаях на это уходит не менее 1 мин. Даже если все эти сведения можно получить от одного человека то на то, чтобы его выслушать, уйдет не меньше времени.

Далее необходимо оценить сложившуюся ситуацию для того, чтобы выработать решение. Такая оценка заключается в мысленном прогнозировании хода течения процесса в зависимости от вариантов решений, которые могут быть приняты руководителем в данный момент. Как правило, обязательно (сознательно или подсознательно) оценивается вариант: что будет, если не принимать никакого решения, т. е. предоставить процессу развиваться самостоятельно? Кроме этого, в зависимости от субъективных способностей конкретного руководителя, в зависимости от его физического и нервного состояния оценивается один или несколько вариантов и выбирается один из них.

Таким образом, руководитель в любой ситуации оценивает как минимум два возможных варианта решения. Хорошо, если выбранное решение носит активный характер. Под активным понимается решение, заключающееся в выборе управляющих параметров процесса, которым управляет руководитель. Вопрос о правильности активного решения нуждается в особом рассмотрении. Хуже, если выбранное решение сознательно носит пассивный характер. Под пассивным понимается «решение», направленное на выигрыш времени. Руководитель при этом делает вид, что принимает решение, а сам сознательно уходит от решения вопроса. На оценку ситуации и выработку варианта решения даже в простейших случаях потребуется не менее

над многозначными числами, человеку, не вооруженному ЭВМ и АСУ, требуется не менее 10 сек... Даже на операцию сравнения цен двух одинаковых товаров и выбора из них более дешевого человек вряд ли затратит менее 10 сек». (Глушков В. М. Введение в кибернетику. Киев, «Техника», 1972)

1 мин. Авторы сознательно занижают оценки. Проследите за тем, сколько времени у вас уходит на выполнение указанных функций в самых простых условиях, и вы убедитесь, что работа в указанном темпе потребует от вас чрезвычайного напряжения, а точнее, практически невозможна.

Если в рассматриваемой ситуации решение целиком находится в компетенции руководителя и ему ни с кем его не нужно согласовывать, то последний этап заключается в оформлении решения и доведении его до исполнителей. Несколько слов об оформлении решения. Если оно передано устно и нигде не зафиксировано, то в идеальном организационном механизме управления это нормальное явление (и даже положительное, так как не требует бесполезных для управляемого процесса затрат). Однако практика показывает, что контроль исполнения является, как правило, необходимой функцией. Поэтому даже устно отданные приказы «берутся на карандаш», т. е. фиксируется время принятия решения и его краткое содержание. На это тоже уходит никак не менее 1 мин.

Таким образом, элементарная операция при принятии решения, элементарный акт принятия решения, требует для выполнения 3—5 мин. Если учесть, что при переходе от одного решения к другому руководителю нужно время на переключение внимания, что ему приходится решать не только такие простейшие вопросы, что ему для оценки сложившейся ситуации приходится обращаться за различными справками, что не все решаемые им вопросы лежат в области только его компетенции и ему приходится согласовывать свои действия с другими руководителями либо получать разрешения на принятие решения у своих руководителей, то становится ясным, что производительность труда руководителя, измеряемая числом элементарных актов принятия решения в единицу времени, гораздо ниже, чем это вытекает из данных выше оценок.

Без риска ошибиться можно считать, что верхняя граница числа элементарных актов принятия решения одним человеком за рабочий день не превышает 10^2 . Любое увеличение темпа принятия решения неизбежно приводит либо к ухудшению их качества, либо к такой перегрузке руководителя, при которой он перестает

принимать активные решения, а точнее, просто не успевает их принимать.

Если вы руководитель, то вам нетрудно вспомнить, какое количество решений, которые вы не только *хотели*, но *должны* были принять сегодня, вам приходится откладывать на завтра. И не потому, что вы истратили время рабочего дня не по его прямому назначению, а потому, что вы не имели должного обеспечения вашего труда. Вы с задержками получали информацию, характеризующую сложившуюся обстановку, эта информация не всегда была полной и точной, вы не получали помощи при оценке качества прогнозов различных вариантов возможных решений, вы не имели возможности быстро оформить ваше решение в документальном виде, вы были лишены помощи при проведении контроля результатов выполнения решений, принятых вами ранее. Ваша деятельность не имела необходимого обеспечения.

Таким помощником для руководителя должно стать специальное математическое обеспечение управления, реализуемое техническими средствами автоматизации. Оно может повысить оперативность принятия решения. Оно содержит потенциальную возможность повысить степень обоснованно принимаемых решений. Оно является усилителем интеллектуальных возможностей руководителя.

В какой степени эта возможность используется в настоящее время?

С сожалением следует констатировать, что по уровню использования специальное математическое обеспечение автономных систем управления практически не поднимается выше руководителей функциональных подразделений. Основная цель повышения эффективности управления не достигается. В существующей практике возможность повысить оперативность управления не используется. Между руководителем, принимающим решение, и средствами формализованной переработки информации находятся промежуточные инстанции, которые ухудшают оперативность доведения информации до руководителя¹.

¹ Например, А. И. Покровский, Л. М. Костиков, С. В. Поляк (В кн.: АСУ-прибор и совершенствование управления отраслью Пре-

14.2.2. *Объем использования.* Масштабы системы управления и объемы живого труда, используемого в ней, а также выявившиеся потребности в повышении их оперативности и обоснованности позволяют утверждать, что имеющиеся потребности в повышении эффективности управления весьма велики. Следовательно, велики и потребности в первую очередь в специальном математическом обеспечении управления. Анализ показывает, что объемы использования средств повышения эффективности управления остаются недостаточными. Об этом свидетельствует тенденция роста числа работников, занятых в сфере управления¹. Стабилизация этого числа или его уменьшение будут первым свидетельством того, что специальное математическое обеспечение управления начало практически играть ту основную роль, для которой оно предназначено. Повышение эффективности труда в сфере управления сдерживается рядом факторов, среди которых одним из главных является отсутствие системы специального математического обеспечения, недостаточное понимание ее роли и места в общей системе автоматизации управления, отсутствие теоретических основ для ее создания.

14.2.3. *Советы руководителям.* В заключение дадим некоторые советы руководителям, которые собираются использовать средства автоматизации с целью повы-

принт. ГК СМ СССР по науке и технике, 1975) отмечают, что возможности средств автоматизации не используются в полной мере: «Как преимущественно машинные системы, они используются главным образом на функционально-расчетных уровнях управления, например на уровне функционального отдела завода, функционального управления министерства.. Ими пока слабо или совсем не оснащены связанные с принятием решений линейные уровни управления (директор завода, генеральный директор объединения, министр)».

¹ «Тенденция развития систем управления за счет экстенсивных резервов продолжает преобладать. Так, в 1960 г. в управлении было занято 9,2 млн. чел., в 1965 г. — 11,3 млн чел., в 1970 — 13,4 млн чел., в 1974 г. — более 15 млн чел.» (Соломатин В. В., Гойхин А. Н. Организационная структура управления как элемент АСУ. Препринт. М., ГК СМ СССР по науке и технике, 1975.)

шения эффективности управления, чтобы предостеречь их от существенных ошибок.

Первый совет. Помните, что из всей совокупности средств автоматизации основным вашим помощником является специальное математическое обеспечение управления. Ни электронные вычислительные машины, ни дисплеи, ни устройства отображения данных не отражают смысла, содержания процессов, протекающих при управлении. Их недостаточно для того, чтобы средства автоматизации начали приносить пользу, чтобы они повысили ваши возможности по анализу результатов течения управляемых процессов, мало для того, чтобы выработать обоснованный вариант решения. Содержательную переработку информации в целях управления способно осуществлять только специальное математическое обеспечение управления. Это всегда нужно помнить при оценке возможности использования средств автоматизации для повышения эффективности управления.

В настоящее время на это нужно обращать особое внимание потому, что создание специального математического обеспечения управления является *самым узким местом в общей системе средств автоматизации*.

Второй совет. Прежде чем принять решение на внедрение средств автоматизации в орган управления, который вы возглавляете, оцените, какую пользу они вместе со специальным математическим обеспечением управления окажут вам как руководителю. Оцените, способно ли имеющееся или создаваемое специальное математическое обеспечение управления вместе с техническими средствами автоматизации дать вам как руководителю нужные результаты в удобной форме и своевременно. Без такой оценки невозможна реализация принципа первого руководителя, который требует обязательного внимания с его стороны к внедрению средств повышения эффективности управления¹.

¹ Так, В. М. Глушков (Глушков В. М. Введение в АСУ. Киев, «Техника», 1972) говорит, что совершенно необходимо, чтобы заказ на автоматизированную систему организационного управления, ее разработка и внедрение «производились под непосредственным руководством первого руководителя соответствующего объекта (завода, объединения, министерства)».

Совет третий. Оцените реальные возможности создания специального математического обеспечения; оцените, имеется ли для его создания необходимая производственная база, подготовленные коллективы разработчиков. Помните, что специальное математическое обеспечение — это не просто промышленная продукция, как, например, электронные вычислительные машины, а результат научного труда. Ошибки в таких оценках могут сорвать любые планы по повышению эффективности управления.

Совет четвертый. Оцените сроки разработки специального математического обеспечения управления. Такие оценки могут быть поэтапными с тем, чтобы каждый этап завершался внедрением разработанной части специального математического обеспечения управления в практику. При этом постарайтесь дать прогноз темпов изменения условий управления, а точнее, тех его характеристик, которые могут потребовать соответствующих изменений в создаваемом специальном математическом обеспечении управления. Если эти прогнозируемые изменения могут происходить быстрее, чем создается соответствующее специальное математическое обеспечение управления, то оцените его способность к модификации. Организация структуры специального математического обеспечения управления должна позволять настраивать его на возможные изменения в условиях управления непосредственно в процессе эксплуатации. Без таких оценок планы повышения эффективности управления могут оказаться нереальными. В настоящее время такие оценки особенно важны в связи с небольшим опытом в создании специального математического обеспечения управления.

14.3. ВЫВОДЫ. Специальное математическое обеспечение управления по своей природе становится продуктом промышленного производства. В ближайшей перспективе следует ждать появления мощной промышленности для его создания.

Организационные трудности создания такой промышленности объясняются принципиальной новизной этого вида продукции. Практически отсутствуют аналоги такой продукции. Следовательно, отсутствует опыт. Положение усложняется тем, что методы и содержание работ, необходимых для создания этой продукции,

ближе всего к методам научной работы. Таким образом, должны формироваться предприятия нового типа. Система специального математического обеспечения неразрывно связана с управлением, эффективность которого она повышает, а не с техническими средствами автоматизации. Такой взгляд на нее переводит специальное математическое обеспечение из разряда второстепенных средств, обслуживающих функционирование вычислительных машин, в разряд основных средств, повышающих эффективность управления.

Смена технической базы автоматизации может только менять форму отображения системы специального математического обеспечения управления на них и не может непосредственно влиять на ее содержание.

По организационным формам, теоретической базе, срокам создания, объемам, областям и уровням использования специальное математическое обеспечение еще не получило должного развития, внимания и ресурсов. Оно стало самым узким местом в совокупности средств, повышающих эффективность управления.

Потребности в специальном математическом обеспечении управления продолжают возрастать. В нем нуждаются как отдельные руководители для повышения оперативности и обоснованности управления, так и общество в целом для сокращения затрат живого труда в сфере управления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Увеличение объемов материальных масс в сфере производства, рост энергетической базы, повышение степени сложности связей между всеми объектами, принципиальная ограниченность сырьевой базы, необходимость сохранения экологической среды для будущих поколений, ограниченность индивидуального и коллективного человеческого разума по объему информации, обрабатываемой в единицу времени для принятия решения, — все это требует совершенствования средств обеспечения управления.

Рост материальной и энергетической мощности человечества должен сопровождаться соответствующим ростом его интеллектуальных возможностей. Авторы отдают себе отчет в том, что ответить на вопрос, в каком отношении должны находиться «материальные объемы» и «интеллектуальные возможности», — чрезвычайно сложно. Это — проблема. Однако в процессе развития, как правило, складываются ситуации, когда разрыв между отдельными частями общих процессов настолько велик, что без особой теории становится очевидной необходимость ускорения развития одной из частей по сравнению с другой.

При наличии хорошей теории для создания рационального (оптимального) соотношения между отдельными частями можно прогнозировать темпы их развития. Однако теории не всегда удается идти впереди практики. В этих случаях противоречие между отдельными частями общего процесса усиливается настолько, что необходимость ускорения развития одной из них становится очевидной. Так, одна из частей общего контура управления (управляемый объект) существенно опережает в развитии другую часть (управляющий орган) — возможности второй не соответствуют потребностям первой.

Есть много путей совершенствования системы управления. Можно совершенствовать ее структуру и организацию. Можно совершенствовать систему стимулирования. Можно совершенствовать средства оргтехники и технические средства переработки информации (ЭВМ). В этих направлениях много сделано, много делается. Для их развития, на наш взгляд, в значительной степени созданы необходимые условия. Есть еще одно направление совершенствования управления, точнее, совершенствования средств обеспечения управления, которое следует отнести к наиболее важным, если не к самому важному — это развитие специального математического обеспечения управления.

Специальное математическое обеспечение управления является основным средством повышения интеллектуальных возможностей человека, осуществляющего управление, так как оно позволяет объединить достижения современной науки, включая всю мощность математического аппарата оптимизации, с опытом, знаниями и интуицией руководителя.

Система специального математического обеспечения управления неразрывно связана с содержанием процессов, протекающих при управлении. Она **обеспечивает процесс управления**, а не работу технических средств автоматизации. Технические средства, включая электронные вычислительные машины, являются для этой системы вспомогательным инструментом, осуществляющим переработку, преобразование, отображение и передачу информации. Без системы специального математического обеспечения управления затраты на создание электронных вычислительных машин себя не оправдают, а вложенные в них средства в значительной степени будут омертвлены. Как показывает опыт, для эффективного использования технических средств на создание математического обеспечения должно выделяться в 3—4 раза больше ресурсов, чем на создание этих средств.

Организация разработки специального математического обеспечения управления сегодня **является «горячей точкой»**. Развитие электронных вычислительных машин существенно опережает развитие системы специального математического обеспечения. **Электронные вычислительные машины и другие средства автоматизации создаются на промышленной основе**, со всеми вытекающими от-

сюда последствиями. Их разработка и создание ведутся **планово**, в соответствии с установленными сроками и ответственностью. **Специальное математическое обеспечение разрабатывается кустарным способом**, неспециализированными организациями, для которых оно является побочным продуктом. Оно **не относится к категории промышленной продукции**. Как следствие, его выпуск не планируется. Не определены обязательные свойства, не сформулированы требования, которым должно удовлетворять специальное математическое обеспечение управления. На него отсутствуют государственные стандарты. Сложность системы специального математического обеспечения управления позволяет утверждать, что ее создание, развитие и использование невозможны без формирования теоретической базы. Сложилась ситуация, которая требует создания **теории специального математического обеспечения управления**.

Важность объекта, каким является система специального математического обеспечения управления, требует формирования условий для его построения и развития, выделения для этого необходимых ресурсов. В дополнение к теории к числу таких условий относятся **стандарты** на специальное математическое обеспечение управления, **технология** его создания, внедрения, использования, модификации, **кадры**, способные вести его разработку. Между ресурсами, выделяемыми на создание электронных вычислительных машин и других технических средств с целью автоматизации управления, и ресурсами, выделяемыми на создание специального математического обеспечения управления, должны соблюдаться определенные пропорции. Их нарушение приведет к неоправданным затратам.

Место системы специального математического обеспечения управления в общей совокупности средств, повышающих эффективность управления и необходимые объемы этой системы, приводят к выводу о том, что для ее построения должна быть создана **промышленная база**, состоящая из специализированных предприятий, основной **продукцией** которых должно быть **специальное математическое обеспечение**. Научно-техническая революция порождает новые отрасли производства, в которых на долю научного труда приходится больше половины общих затрат. К таким отраслям будет относиться промыш-

ленность специального математического обеспечения управления.

Неразрывная связь системы специального математического обеспечения с процессами управления в обществе определяет время ее существования. Она будет жить и развиваться столько, сколько будет осуществляться управление. Этим определяются формы представления средств системы специального математического обеспечения управления. Они должны быть представлены в машинезависимом виде, обеспечивающем воспроизведение при смене технических средств автоматизации. Кроме того, они должны быть представлены в виде программ для конкретных вычислительных машин.

Процессы управления в обществе относятся к числу совершенствуемых и развивающихся. Поэтому система специального математического обеспечения управления должна обладать свойством адаптации и способностью к развитию. Отсутствие этих свойств превратит ее в консервативный элемент, тормозящий совершенствование управления, т. е. лишит ее жизнеспособности.

Между различными процессами, протекающими в обществе, существует тесная взаимосвязь и взаимозависимость. Для того чтобы эти свойства были отражены в системе специального математического обеспечения, она должна создаваться под централизованным руководством.

Основой системы специального математического обеспечения управления являются математические модели, позволяющие перерабатывать информацию состояния в параметры управления. Однако не всякая математическая модель может быть включена в систему. Ее использование в процессе управления окажется невозможным, если она не будет обладать способностью своевременно вырабатывать варианты решений, не будет подготовлена к ведению диалога с человеком, не будет обладать способностью адаптации к другим частям системы специального математического обеспечения управления, к техническим средствам автоматизации переработки данных. Система специального математического обеспечения управления — это искусственный интеллект руководителя. Вычислительные машины — это искусственный мозг. Только вместе они способны повысить интеллектуальную «мощность» руководителя, вооружив его реальной воз-

возможностью пользоваться достижениями науки и обобщенным опытом поколений руководителей в темпе течения реальных процессов управления.

Таким образом, создание условий для развития системы специального математического обеспечения является одной из наиболее важных и трудных проблем повышения эффективности управления на базе средств автоматизации. Без решения этой проблемы технические средства не могут принести необходимой пользы процессам управления.

Система специального математического обеспечения управления, построенная на базе формализованного отображения объективных законов общественного развития, может и должна стать мощным инструментом, создающим условия для повышения эффективности общественного труда и увеличения скорости удовлетворения общественных потребностей.

ПРИЛОЖЕНИЕ

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ

Сформулируем некоторые проблемы, решение которых нам неизвестно. Их решение может оказать существенное влияние на построение, развитие и использование системы специального математического обеспечения.

Все проблемы разделим на три группы. К первой отнесем общие проблемы, связанные с этапом, предшествующим принятию решения о построении конкретной подсистемы специального математического обеспечения управления. Ко второй группе отнесем проблемы, связанные с построением подсистем специального математического обеспечения управления. К третьей группе отнесем проблемы построения и использования фонда системы специального математического обеспечения управления.

1. Общие проблемы анализа процессов управления и определения целесообразности создания специального математического обеспечения.

1. Каков целесообразный уровень затрат ресурсов на создание средств, обеспечивающих повышение эффективности управления? Эта проблема относится не только к системе специального математического обеспечения управления, но и в равной степени ко всей совокупности средств, обеспечивающих повышение эффективности управления.

Фактически проблема распадается на ряд частных проблем. Во-первых, нужно уметь оценивать влияние качества функционирования системы управления на результаты работы объектов управления. Во-вторых, необходимо научиться оценивать влияние средств обеспечения управления на качество функционирования системы управления. В-третьих, нужно уметь устанавливать зависимость между затратами ресурсов и мощностью создаваемых за их счет средств обеспечения управления.

Можно представить себе следующий путь решения этих

проблем. Сначала разрабатываются методы оценки влияния оперативности и обоснованности принимаемых решений, непрерывности и полноты функционирования системы (и органов) управления на эффективность работы объектов управления. После этого устанавливается зависимость между средствами обеспечения управления и показателями оперативности, обоснованности, непрерывности и полноты функционирования системы управления. На последнем шаге разрабатываются методы оценки влияния затрат ресурсов на качество средств обеспечения управления. Получение рациональных оценок затрат ресурсов — это уже не проблема, а задача из области получения оптимальных решений.

Уже в такой постановке сформулированная проблема достаточно сложна. Сложность ее решения резко возрастает в связи с тем, что решение должно быть функцией времени, т. е. нужно получать рациональный план поэтапного распределения ресурсов. При этом существенно увеличивается влияние неопределенности прогнозируемых оценок функционирования системы управления, которые должны учесть возможные изменения в целях и задачах работы объектов управления, а также в методах работы органов управления.

Почему эта проблема становится актуальной в настоящее время? До тех пор пока средства обеспечения работы системы и органов управления либо относились к категории очевидно необходимых, либо стоимость их была относительно мала, такая проблема не возникала. Действительно, орган управления не может существовать без помещений, без мебели, без связи. Стоимость арифмометров и других приборов мала по сравнению со средствами, находящимися в сфере влияния даже органов управления низших уровней. Ясно, что ресурсы для их создания и приобретения могут выделяться без особых обоснований.

Положение резко изменилось, когда в число средств обеспечения управления попали такие дорогостоящие, как электронные вычислительные машины. Имеющийся опыт показывает, что стоимость математического обеспечения, необходимого для использования вычислительных машин в системах управления, намного превышает стоимость машин. Таким образом, сформулированная проблема стала актуальной.

2. Каков рациональный состав подсистемы специального математического обеспечения для данного органа управления?

Проблема заключается в создании математического аппарата, позволяющего получить ответ на поставленный вопрос. Уточним ее постановку.

Состав подсистемы определяется множеством выполняемых ею функций.

Предположим, что отсутствуют ограничения на сроки создания специального математического обеспечения и на ресурсы для его разработки. Тогда рациональный состав подсистемы специального математического обеспечения управления должен определяться из возможности повышения оперативности и обоснованности принимаемых решений, с учетом их последующего влияния на эффективность работы объектов управления.

В качестве ограничений при определении рационального состава подсистемы выступают: возможности и эффективность диалога, возможности технических средств автоматизации управления, уровень математического аппарата.

Эффективность диалога между руководителями и специальным математическим обеспечением управления определяется информативностью результатов и возможностью аппаратных средств ведения диалога. Информативность результатов определяет скорость восприятия, осмысления и оценки человеком результатов, выдаваемых специальным математическим обеспечением. Аппаратные средства вместе с языком ведения диалога определяют затраты времени человека на формирование и выдачу данных подсистеме специального математического обеспечения. Таким образом, эффективность диалога определяет производительность труда человека при общении его со средствами автоматизации. Состав функций подсистемы специального математического обеспечения управления не должен быть больше того, который могут использовать сотрудники органа управления.

Технические средства автоматизации, и в первую очередь вычислительные машины, определяют возможности производства вычислений в темпе течения реальных процессов управления. В состав функций подсистемы не должны включаться такие, для своевременного выполнения которых недостаточно мощности имеющихся (суще-

ствующих) вычислительных машин. Таким образом, возможности технических средств ограничивают состав подсистемы функциями, которые не лишают систему управления свойства оперативности.

Уровень математического аппарата определяет возможность придания системе управления свойства обоснованности. В состав подсистемы специального математического обеспечения управления не могут входить функции, для выполнения которых отсутствует и в обозримом будущем не будет создан необходимый математический аппарат.

Таким образом, проблема состоит в создании математического аппарата, позволяющего определять рациональный состав функций подсистемы специального математического обеспечения с учетом указанных ограничений.

3. Каково рациональное распределение ресурсов на создание специального математического обеспечения управления и технические средства автоматизации переработки данных?

Проблемой является разработка математического аппарата для получения ответа на этот вопрос. Ответ на него нужен как для каждого органа управления, так и для системы управления в целом. Эта проблема связана с двумя предыдущими. Суммарные затраты на создание средств обеспечения управления и состав подсистем специального математического обеспечения управления выступают при решении этой проблемы в форме ограничений.

Рациональное распределение должно обеспечивать максимальную отдачу ресурсов, вложенных в средства совершенствования управления. Это в первом приближении означает, что технические средства автоматизации должны быть загружены работой (не должны простаивать), а созданные объемы специального математического обеспечения управления не должны превышать возможностей технических средств.

Более полное решение этой задачи должно учитывать следующие обстоятельства. Подсистемы специального математического обеспечения будут развиваться и модифицироваться под влиянием изменений, происходящих в системах и органах управления. Возможность развития и модификации зависит от свойств технических средств

и наличия у них свободных ресурсов. Это, в частности, означает, что автоматизированные системы управления должны быть с точки зрения выполняемых ими функций системами открытого типа. Кроме того, может оказаться экономически целесообразным устанавливать в органах управления технические средства (в частности, электронные вычислительные машины), учитывая резервы для последующего развития подсистемы специального математического обеспечения управления.

Решение этой проблемы для системы в целом обеспечит условие для долгосрочного планирования и развития как промышленности технических средств автоматизации, так и средств математического обеспечения.

4. Как построить рациональный план создания и внедрения специального математического управления ¹?

Уточним содержание этой проблемы. Создание новой подсистемы специального математического обеспечения пока еще достаточно длительный процесс. В системах и органах управления могут происходить изменения, которые должны отражаться соответствующими изменениями в специальном математическом обеспечении управления. Если от момента завершения разработки основной информационной модели до момента начала эксплуатации созданной подсистемы специального математического обеспечения пройдет много времени, то велика вероятность того, что к этому моменту она уже не будет удовлетворять потребностей системы управления. Таким образом, полезность создаваемого специального математического обеспечения управления является функцией времени его разработки и скорости изменений в системе управления, требующих его корректирование.

Время, затрачиваемое на разработку специального математического обеспечения управления, определяется используемой для его создания технологией. Технология будет совершенствоваться и затраты времени будут сокращаться. Однако в любом случае нужно уметь прогнозировать последствия при фиксированном уровне технологии. Сокращения сроков разработки можно добиться,

¹ Речь идет о проблеме, которую можно определить как задачу «ребенка и сапожника». Если сапожник шьет обувь медленнее, чем растет нога ребенка, то этот ребенок никогда не будет носить обувь этого сапожника.

разделив всю работу на части и поэтапно внедряя каждую часть подсистемы специального математического обеспечения управления. Отрицательной стороной такого подхода являются трудности внедрения отдельных частей, которые могут быть не автономными, а связанными с еще не созданными частями. Это может повлечь за собой дополнительные затраты на внедрение и эксплуатацию их.

Таким образом, проблема заключается в разработке математического аппарата, позволяющего прогнозировать эффективность от внедрения подсистемы и строить экономически обоснованные планы ее создания.

2. *Проблемы создания.* Следующая группа проблем относится к вопросам разработки подсистем специального математического обеспечения управления.

5. Построение языка диалога между человеком и специальным математическим обеспечением управления. От качества этого языка в значительной мере будет зависеть полезность применения средств автоматизации управления, производительность труда руководителя. Этот язык должен состоять из двух частей. Первой будет пользоваться человек, задающий работу средствам автоматизации, а вторую будут использовать средства автоматизации управления при выдаче результатов работы человеку.

Язык, которым пользуется человек, должен обладать двумя основными свойствами: позволять человеку оперативно формулировать свои потребности и создавать условия для того, чтобы они были правильно восприняты специальным математическим обеспечением. Эти два свойства языка вступают друг с другом в противоречие. Для обеспечения оперативности такой язык должен обладать минимальной избыточностью. При этом любая ошибка, допущенная человеком, будет воспринята средствами автоматизации как правильное указание. Для того чтобы специальное математическое обеспечение могло автоматически проверить правильность полученного указания, в его тексте должна быть избыточность. А избыточность, в свою очередь, потребует от человека больших затрат времени на формирование обращения, т. е. ухудшит оперативность. Таким образом, первая часть проблемы заключается в построении языка, успешно устраняющего это противоречие. По-видимому, полно-

стью избежать избыточности в таком языке не удастся, а уровень ее должен быть определен из общих оценок надежности технических и математических средств автоматизации управления.

Язык, на котором человек получает результаты работы специального математического обеспечения, должен позволять человеку быстро (оперативно) и правильно уяснить содержание получаемых результатов. Правильность восприятия включает в себя и психологический момент. Получив результаты, человек должен обрести психологическую уверенность в правильности полученных им рекомендаций. Эта уверенность должна основываться не на вере в то, что средства автоматизации и специальное математическое обеспечение имеют высокое качество, а на мотивированном обосновании того, почему они выработали именно эти рекомендации. Эти два свойства также вступают друг с другом в противоречие. Быстрота восприятия предполагает отсутствие избыточности в выдаваемых рекомендациях, а мотивированное обоснование неизбежно приводит к необходимости формирования и выдачи дополнительных сведений. По-видимому, критерием для выбора варианта языка может служить время, затрачиваемое человеком от момента начала диалога со средствами автоматизации до момента принятия решения. Лучшим будет вариант языка диалога, минимизирующий это время.

Язык диалога должен обслуживать все функции человека, использующего специальное математическое обеспечение при управлении, и в частности, обеспечивать анализ сложившейся обстановки и ее оценку, контроль за ходом управляемого процесса, выработку варианта решения, утверждение принятого решения, оформление, его в виде документа (приказа, распоряжения).

Частной проблемой, относящейся к этой общей, является создание методологии автоматической выработки мотивированных обоснований результатов работы специального математического обеспечения. Нам кажется, что эта проблема формулируется впервые. В состав специального математического обеспечения должны включаться алгоритмы, вырабатывающие комментарии к выдаваемым человеку вариантам решения. Характер комментариев будет во многом зависеть от особенностей конкретных подсистем специального математического обеспечения

управления. Однако, по-видимому, для всех подсистем могут быть созданы единая методология и общие подходы к построению этих алгоритмов, отражающая типовые черты протекающих процессов.

6. Создание языка описания процессов, протекающих в системе и органе управления, позволяющего повысить производительность труда при разработке специального математического обеспечения управления. Если удастся создать такой формализованный язык, то работы по построению подсистем специального математического обеспечения могут быть в значительной степени (если не полностью) автоматизированы. Такой язык должен описывать не существующую структуру органа и системы управления, а цели и содержание процессов управления. На базе такого языка должен быть построен математический аппарат, автоматизирующий по крайней мере процесс построения основной информационной модели, а в перспективе процесс построения математической и программной моделей. Для этого в состав языка должны входить средства, позволяющие описывать существующий состав фонда системы специального математического обеспечения и технических средств автоматизации. В качестве варианта такого языка может служить язык, описывающий самообучающиеся алгоритмы, которые могут использоваться в составе специального математического обеспечения управления.

7. Создание методов и алгоритмов проверки непротиворечивости новых разработок специального математического обеспечения с уже выполненными и используемыми при управлении. Противоречия могут возникать в содержании рекомендаций, вырабатываемых различными подсистемами специального математического обеспечения управления. Большие объемы и логическая сложность системы специального математического обеспечения управления могут потребовать очень больших затрат труда при выполнении подобных проверок.

Разработка системы специального математического обеспечения управления потребует создания стандартов, которые будут определять обязательные свойства отдельных подсистем. Основным инструментом проверки наличия этих свойств будут алгоритмы и программы, выполняемые вычислительными машинами. Методология их создания также относится к этой проблеме.

8. Создание методологии и методов проверки правильности создаваемых подсистем специального математического обеспечения управления. Эта проблема тесно примыкает к предыдущей. Каждая подсистема специального математического обеспечения должна правильно отражать обслуживаемый ею процесс управления. Нарушение правильности может произойти на любом этапе ее создания. Характер объекта, которым является специальное математическое обеспечение управления, исключает возможность визуальной проверки его правильности. Основным способом осуществления таких проверок является создание и использование специальных математических методов, в значительной степени универсальных и пригодных для всех подсистем. В этой проблеме новым является все, начиная с понятия правильности, показателей, позволяющих оценивать правильность, аппарата, автоматизирующего проверку.

Этот аппарат можно назвать аппаратом проверки статической правильности подсистемы специального математического обеспечения. Он проверяет правильность созданной подсистемы и существует вне подсистемы.

Продолжением этой проблемы является следующая, связанная с проверкой правильности в динамике функционирования подсистем.

9. Создание методологии, методов и алгоритмов проверки правильности функционирования подсистем специального математического обеспечения управления. Даже статически правильная подсистема специального математического обеспечения может иногда неправильно выполнять свои функции. Это может происходить под влиянием возмущающих воздействий внешней среды, к которой относятся технические средства автоматизации, информационная база, сопряженные подсистемы специального математического обеспечения, люди, использующие подсистему. Роль, которую должно играть специальное математическое обеспечение при управлении, позволяет утверждать, что вероятность того, что неправильно выполненная функция останется незамеченной, должна быть сведена к минимуму. При этом все такие нарушения должны быть хотя бы зафиксированы, т. е. неправильный результат не должен быть воспринят как правильный. Конечной целью является не только обнаружение нарушения, но и его автоматическое устранение.

Выполнение таких функций возможно только с помощью алгоритмов, включенных в состав системы специального математического обеспечения управления и функционирующих вместе с ней.

10. Создание методов и аппарата адаптации подсистемы специального математического обеспечения управления к реальным условиям функционирования, обеспечивающим ее нормальную работу. Такими условиями являются переменная нагрузка на орган управления, зависящая от конкретно складывающихся условий, состав имеющихся в информационной базе сведений, состояние технических средств автоматизации. Независимо от того, какие сложились условия, средства подсистемы специального математического обеспечения должны выполнять свои функции и помогать своевременно (оперативно) и обоснованно принять решение.

Достичь этого можно включением в состав подсистемы алгоритмов, способных автоматически анализировать сложившиеся условия и вырабатывать соответствующую реакцию, обеспечивающую работоспособность подсистемы.

11. Создание методов, обеспечивающих работоспособность алгоритмов специального математического обеспечения управления при различном состоянии и составе данных информационной базы. Кроме использования алгоритмов, включаемых в состав подсистемы и обеспечивающих адаптацию средств, выполняющих отдельные функции подсистемы, решение этой проблемы можно искать в построении имитационных моделей, опирающихся на состав сведений информационной базы и экстраполирующих отсутствующие данные, необходимые для работы подсистемы.

12. Разработка методологии построения и работы с информационной базой, обеспечивающих ее работоспособность при условии старения сведений, в нее поступивших. Уточним содержание этой проблемы. В информационную базу непрерывно будут поступать сведения. Эти сведения будут со временем стареть и обесцениваться. Одни могут уничтожаться и заменяться другими, другие должны сохраняться путем переноса из активных участков информационной базы в пассивные (архивные). Все эти работы должны выполняться автоматически. Проблема состоит в создании методологии выполнения таких ра-

бот и аппарата их осуществляющего. Без решения этой проблемы информационная база, а за ней и вся подсистема специального математического обеспечения быстро потеряют работоспособность.

В частности, решение можно искать в выборе такой структуры информационной базы, при которой старение данных происходит связными массивами. Вместе с методами оценки степени старения сведений это существенно облегчит обслуживание информационной базы.

13. Разработка аппарата организации работы органа управления, использующего специальное математическое обеспечение. Для того чтобы средства автоматизации использовались эффективно, орган управления должен иметь оценку сложившейся ситуации, ее прогноз. На базе таких оценок он может построить план своей работы. При отсутствии плана могут складываться ситуации, при которых орган управления теряет возможность воспользоваться помощью специального математического обеспечения в связи с перегрузками. Значительная часть работ по составлению плана может быть автоматизирована.

3. *Проблемы построения фонда.* Следующая группа проблем относится к построению и использованию фонда системы специального математического обеспечения управления.

14. Разработка языка описания состава фонда специального математического обеспечения управления. Фонд как место сосредоточения всех средств специального математического обеспечения управления будет достаточно сложным объектом. Для того чтобы он мог успешно выполнять свои функции, необходимо создать специальные условия. Первым из них является создание языка описания фонда, использование которого позволило бы оперативно получать сведения о составе фонда в форме, позволяющей уяснить возможности имеющихся в нем средств специального математического обеспечения. Степень детализации описания должна позволять принимать решение о том, в какой степени данный элемент фонда может быть использован для выполнения определенных функций, насколько ограничения и допущения, принятые при разработке этого элемента, соответствуют условиям, в которых предполагается его использование, какая информация необходима для этого.

15. Разработка аппарата и системы использования фон-

да. Система использования фонда должна не только выдавать справки о его составе, но и формировать новые подсистемы на базе элементов, имеющих в составе фонда, обеспечивать перенос математических моделей на новые технические средства, корректировать состав фонда и т. п.

16. Разработка методов выбора рациональной структуры оснащения фонда техническими средствами автоматизации.

Рациональный уровень оснащения фонда определяется экономической целесообразностью. Если фонд слабо оснащен техническими средствами, то он медленно выполняет свои функции. Задержки в их исполнении сказываются на эффективности функционирования подсистем специального математического обеспечения управления, что приводит к определенным потерям. Оснащение и эксплуатация технических средств фонда, в свою очередь, требуют определенных затрат. Поэтому есть некоторое рациональное решение о целесообразном составе технических средств, которыми должен быть оснащен фонд. Проблема заключается в создании математического аппарата для выбора такого состава.

17. Создание методологии и системы, позволяющей обобщать опыт управления с помощью средств автоматизации. Эта проблема относится как к использованию фонда, так и к использованию частных подсистем специального математического обеспечения управления.

В процессе управления идет непрерывный «эксперимент». Принимаемые решения либо приводят к хорошим результатам, либо оказываются неудачными. Обобщение опыта управления может позволить выявить существенные закономерности, использование которых позволит повысить качество управления.

Внедрение специального математического обеспечения в управление создает условие для более полного использования опыта текущего управления. В средствах автоматизации одновременно с обеспечением управления могут накапливаться и обобщаться сведения о достигнутых результатах. Реальной является задача автоматизации выявления закономерностей процессов управления. Проблема заключается в создании математического аппарата, с помощью которого можно выполнять эти функции. Можно предполагать, что этот аппарат будет при-

существовать как в фонде, так и в частных подсистемах. По-видимому, он должен быть настраиваемым, в частности, должна быть обеспечена возможность его полного или частичного включения и отключения. В состав такого аппарата должен входить язык задания работ по обобщению опыта управления.

18. Построение формализованных математических теорий. Основой построения системы специального математического обеспечения управления являются формализованные математические теории, имеющие прикладной характер и описывающие законы преобразования информации, циркулирующей в системе управления. Только с помощью таких формализованных теорий можно создать аппарат, позволяющий перевести процесс построения алгоритмов решения задач управления на технологическую основу.

Поясним это утверждение примерами. История науки знает немало случаев, когда развитие математического аппарата переводило классы задач из области, в которой решение каждой требовало особых творческих усилий (область *Ин*), в область, где решение любой задачи данного класса превращалось в достаточно простой процесс, протекающий в соответствии с разработанной методологией и легко алгоритмизируемый (область *Тн*). Примером могут служить задачи, в которых необходимо найти элемент треугольника по нескольким заданным элементам (решение треугольников). Был период, когда каждая такая задача требовала создания своих особых приемов, когда не каждую задачу этого класса могли решить даже великие математики той эпохи. Почти каждая задача этого класса требовала особого творчества.

После создания специального математического аппарата для решения всех задач этого класса, который получил название тригонометрии, положение в корне изменилось. Теперь с помощью методов тригонометрии каждый выпускник средней школы способен решить любую задачу из этого класса.

Вторым примером может служить класс задач, требующих определения траектории движения точки в силовом поле или определения элементов движения (скорости, ускорения и т. д.) по заданной траектории. Было время, когда каждая задача этого класса требовала специаль-

ных глубоких исследований. Их решение было доступно только наиболее выдающимся математикам того времени. Это была сложная творческая работа. Решение задач баллистики, определение траектории полета снаряда — все это требовало огромных затрат творческого труда. Положение в корне изменилось после того, как был создан аппарат интегрального и дифференциального исчисления. С помощью интегрирования дифференциальных уравнений можно определить траекторию движения тела. Путем дифференцирования можно найти элементы движения тела, если известна его траектория. Решение этих задач доступно любому выпускнику технического высшего учебного заведения, математику с университетским образованием. Процесс решений любой задачи этого класса перестал быть творческим. Он описан известной «технологией», содержащей указания что и как нужно делать для того, чтобы решать подобные задачи. Формализация этой технологии настолько глубока, что задачи этого класса переданы специализированным вычислительным машинам или могут решаться с помощью универсальных электронных вычислительных машин по заданной программе.

В чем причины подобного успеха? В первом из рассмотренных примеров успех пришел тогда, когда удалось создать систему основных понятий, таких, как угол и сторона треугольника, ввести понятие тригонометрических функций (прямые тригонометрические функции — \sin , \cos и т. д. и обратные тригонометрические функции — \arcsin , \arccos и т. д.). На базе этих понятий были определены основные связи между ними, такие, как «сумма углов треугольника равна 180° », «сумма квадратов синуса и косинуса угла равна единице» и т. д. С помощью этих понятий и связей между ними описание технологии решения любого треугольника уже не представляло особого труда.

Во втором из рассмотренных примеров путь к успеху лежал через определение таких понятий, как производная и дифференциал функции, первообразная функция, дифференциальное уравнение и т. д. На базе этих понятий были определены связи между элементарными функциями, их производными и интегралами. Была разработана методология построения и решения дифференциальных уравнений. Применение этой методологии позволило пе-

ревести все указанные выше задачи из класса, требующего для их решения особых творческих усилий, в класс, решаемых путем применения созданной методологии.

Общим для этих двух примеров являются принципиальные особенности пути достижения успеха. Как в первом, так и во втором случае были введены новые понятия, отражающие специфику классов решаемых задач. Эти понятия были изложены в формализованном виде, исключая их двузначное толкование. Был создан аппарат, позволяющий осуществлять преобразования над этими понятиями и разработана методология его применения для решения любой задачи из данного класса. Этого оказалось достаточным для качественного скачка в процессе решения задач каждого класса, который переводил его из области особых интеллектуальных усилий человека в область достаточно хорошо формализованной технологии. Число подобных примеров может быть увеличено, однако принципиальная сторона указанных особенностей сохранится. По-видимому, подобный путь является типичным при создании аппарата (формализованной математической теории прикладной направленности), с помощью которого можно классы задач переводить из области *Ин* в область *Тн*.

Теперь вернемся к той проблеме, которую должна решить теория специального математического обеспечения управления. Перед создателем (разработчиком) каждой математической модели, разрабатываемой для включения ее в состав специального математического обеспечения управления, фактически стоит проблема, требующая индивидуального творческого подхода. Кроме сложности решаемых проблем это объясняется отсутствием специальных формализованных теорий для решения указанных задач. Можно предполагать, что понадобится не одна, а множество формализованных математических теорий, с помощью которых будут в алгоритмической форме описываться задачи отдельных классов процесса управления. В каждой из этих теорий будут свои формализованные понятия («синусы и косинусы управления»), свои связи между ними, отражающие основные закономерности этих классов задач, аппарат преобразования и методология решения задач

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Автоматизация разработки программной модели 250—251
- Автоматизированные системы управления (АСУ) 38, 45, 408
- закрытого типа 83—84, 112, 269
- открытого типа 83—84, 459, 462
- специальное математическое обеспечение 462—465
- Автоматическое управление 383
- Алгоритмы выбора рациональных планов 369
- подсистемы СМОУ 63
- контроля управляемых объектов 68
- общения средств автоматизации с внешним миром 68
- оценки обстановки 67—68
- системы СМОУ
- адаптация 122—125, 404—407
- источники ошибок 128—129
- исходные параметры 113—114, 121
- надежность алгоритмическая 128—129
- вычислительная 129, 130
- информационная 129, 130
- программная 128—129, 130
- реализуемость 111—118
- реальные условия работы 128—129
- совместимость с информационной базой 126—127
- с общесистемным математическим обеспечением 127
- с организацией управления 125—126
- с техническими средствами автоматизации 127
- фонда
- обслуживания 62
- процессов управления 61, 62
- стандартные 61, 62
- управления расчетами математической модели 225—230
- динамические 232—233
- статические 231—232
- — — программной модели 243—245, 247
- Блок переработки информации 166, 167, 201, 202 (см также Математическая модель)
- вспомогательные функции 203—218
- замкнутость 167
- полнота исходных данных 206—208
- основные функции 203
- правильность исходных данных 203—204
- Взаимодействие вышестоящих и подчиненных органов управления 282—287
- СМОУ с руководителем 269, 314
- функции руководителя 315—316
- СМОУ 316—318
- Внедрение подсистем СМОУ в органы управления 270
- передача личному составу 276—278
- подготовка кадров 270—272
- проверка работоспособности 276
- размещение 272—276
- эксплуатация 278—282
- — — в процесс управления 255, 292—293
- коллектив 262—265
- правильность воспроизведения 260
- психологический барьер руководителей 265—267
- средства 255—260
- — — в систему управления 282—292, 400—403
- Воздействие среды на СМОУ 321—322

- информационное 322—323
 материальных носителей 323—324
 технических средств 324—325
- Выходные параметры (см. Параметры управления)
- Граф информационной модели 166—167, 171—173, 175, 177
- Диалог между людьми и средствами автоматизации 117—118, 131, 185, 205—208
 организация 121—122
 содержательность 120—121
 формализация 119—120
 эффективность 119—122
- Диалога точки 120, 170—171, 200
 Диалоговые таблицы 193
 Документация фонда 62, 65—66, 158
 Документы, вырабатываемые средствами автоматизации 297
 изменение которых допустимо 304
 — — недопустимо 304
 источники искажения 300—301
 утверждение руководителем 298—299, 301
- факсимильный способ передачи 302
 юридически несостоятельные 297
 — состоятельные 197, 299—300, 303
 для использования внутри системы 366—367
 — представления в вышестоящие органы 366
- Единичный контур управления 31, 196, 428
 многоуровневый 197
 одноуровневый 197
- Информативность СМОУ 183
 Информационная база подсистемы 63, 64—65, 67, 68—69
 — — СМОУ 105—106, 107, 305—306, 316—318, 342
 активная 414—415
 систематизированная 138—139
 обслуживание 327—329, 342—348
 — — фонда 62
 — модель 166, 174, 180, 181—183, 202—237
 метод построения 174—178
 описание 173
 параметрические связи 166, 171
 правильность синтаксическая 199—200
 — — содержательная 199
 структура 171—173
 — — контура управления 198
 — — основная 178, 180, 182, 199, 201, 239
 — — технологическая 170, 229
 — связь подсистем 416—417
- Информационно логические возможности человека 477—480
- Информационные модули программной модели
 вспомогательные 240, 243
 основные 240, 241—242
- Информация 30, 32
 правила переработки 63
 разделение 57—58
 транспортировка 57
 хранение 57, 58
 — для руководителя (см. Сигнальные признаки)
 — исходная математической модели
 достоверность 221
 законы изменения 222
 источники 221
 область допустимых значений 221
 обязательные взаимосвязи 221—222
- Информационные массивы 166 167
 внешние 168—169
 внутренние 169
 диалоговые 169
 документальные 170
 конечные 169
 оперативные 169—170
- Использование СМОУ 306—307
 при долгосрочном планировании 307—308
 при контроле предприятий 312—314
 при оперативном планировании 308—309
 при синхронизации работы звеньев хозяйственного механизма 309—310
 при создании теории управления 310—312
- Кадры СМОУ 476—477
 Классификационные параметры СМОУ 69—75

- Классы СМОУ 75—89
Коллектив внедрения СМОУ 264—265
— разработчиков СМОУ 262—264
Командно сигнальная система 194—195
Комментарии решений 190, 191, 216—218
Комплексирование программных моделей 248
Контроль органом управления подчиненных систем 284—286
Контур управления 176—178, 195
— — — — — единичный 31, 196, 197, 428
Конфликтные ситуации в процессе использования СМОУ 353—356, 415—416
Критерий эффективности развития управляемой системы 137, 420, 425
Критерии эффективности СМОУ 134—137
Критический момент принятия решения 193—194

Линии обратной связи 428—429, 444—445
— прямой связи 428—429, 444—445
Логическая схема математической модели 218—219, 228—229

Массивы данных системы доступа 350—351
Математическая модель 158, 173, 178, 202, 203, 237—239
алгоритмы переработки информации 223, 225—229, 230—233
время выработки решения 213—215
двухуровневое описание 218
допущения 223—225
исходная информация 220—222
ограничения 220—223
оптимизация решений 229—230
правильность 233—237
результаты вычислений 222—223
согласование с общесистемным математическим обеспечением 211—212
— с техническими средствами автоматизации 213
структура 218—219, 228—229
функции вспомогательные 203—218
— основные 203—215

Материализация правил переработки информации 48

Надежность алгоритмов
алгоритмическая 128, 12
вычислительная 129, 130
информационная 129, 130
программная 128—129, 130
— СМОУ 412—414
Непротиворечивость подсистемы 333—334

Общесистемное математическое обеспечение 39—40, 450—451
Ограничение доступа к массивам СМОУ 273—274
Орган управления 30, 31
время работы личного состава 430, 431
информационные связи 152
преемственность 195
производительность 144—148
своевременность выработки решения 428, 429
структура 398—400
фактическая пропускная способность 152

Память вычислительной машины 328
вторая категория 345—346, 352
перенос данных из одной памяти в другую 345—346
Параметрическая настройка подсистем СМОУ 256—257
Параметрические связи информационной модели 166
внутренние 171
внешние 171
Параметры информационной базы 64—65, 67—69
Параметры управления 111
время выработки допустимое 111
— — — — — реальное 109—110
вспомогательные 112
замкнутость 111—112
информативность 112—113
полнота 111—112
Планирование с помощью СМОУ
долгосрочное 307—308
оперативное 308—309
Подсистемы СМОУ 61, 357
адаптивность 131—132, 237—238, 256
алгоритмы 63—68

- ведение диалога с руководителем 200
внедрение 158—159
воспроизведение на технических средствах автоматизации 256, 260
документация 63, 65
информационная база 64—65, 67—69
модификация 358—376
морфологическое описание 63—69
непротиворечивость 333—334
опытная эксплуатация 279—382
ошибки 364—365
параметрическая настройка 256—257
программы 63—64
развитие 200
совместимость 130—131
сроки разработки 365
хранение 261—262
- Показатели выбора рациональных планов 368—369
- Потребители СМОУ 159—161, 449
- Правила формализованной переработки информации 46, 48
- Правовые нормы использования СМОУ 295
корректирование документов должностными лицами 303—305
ответственность за формирование информационной базы 305—306
распределение ответственности между человеком и машинной юридической силой документов 297—303
- Программная модель 158, 180, 240, 243, 245
автоматизация разработок 250—251
алгоритмы управления вычислениями 243—245
время выполнения функций 249—250, 251—252
вспомогательные функции 243—247
ошибки 410—412
правильность 252—254
размещение по уровням памяти 250, 251—252
согласование с другими моделями 248
стандартизация 248
структура 240—243
- Программные модули
вспомогательные 240, 241, 243, 244, 245, 246, 247
основные 240, 241
- Программы подсистемы СМОУ 63—64
- Производительность труда 420, 421
- Промышленная база разработки СМОУ 161, 163, 458—462
- Промышленность СМОУ 69, 450—458
- Психологические моменты использования СМОУ 191, 265—270
- Решения руководителя, вырабатываемые с помощью СМОУ 91
активные 478
варианты, задаваемые руководителем 439, 440
— формируемые автоматически 439, 440
время выработки 213—215
критический момент принятия 193—194
обоснованность 91, 93—94, 435—443
оперативность 429, 431
оформление 479
пассивные 478
своевременность 91, 107—111, 428—435
творческое начало 94—99, 117
формализация 94—99, 117
этапы выработки 432—435
эффективность 440
- Сигнальная система 195—196, 214
- Сигнальные признаки 194—199
- Система доступа 350—351
— настройки 257—260
— управления 30—32, 92, 99—105, 426—428
адаптация 427, 428
информационная устойчивость 427, 428
личный состав 270—272, 279
непрерывность 426, 443—445
обоснованность решений 426, 435—443
оперативность 426, 428—435
полнота 426, 445—446
роль руководителя 33
скрытность 427, 428
эффективность 136, 420

- Советы руководителям по использованию СМОУ
- Специальное математическое обеспечение управления (СМОУ) 18, 27, 45—48, 89—90, 239, 356—357
- взаимодействие с руководителем 315—316
- с системой науки 50, 55
- — объектов управления 52
- — органов управления 50, 54—55
- — промышленности 51
- — технических средств автоматизации 51—52 · 53—54
- внедрение в систему управления 400—403
- использование 306—314
- кадры 476—477
- классификационные параметры 69—75
- классы 75—88
- области применения 380, 452
- обслуживание 356
- развитие 56—57, 105—107, 130, 356
- разработка 133, 142—151, 156—159, 162
- сроки разработки 466—476
- функциональное описание 48—61
- цель построения 47—48
- эффективность 446
- как теория технологии производства новых теорий 395—396
- Средства автоматизации
- конфигурация 324, 325, 352—353
- математические 450, 451
- надежность 188, 189
- режим функционирования 206
- технические 450, 451
- Стандартизация программной модели 148
- разработки СМОУ 130, 140—142
- систем настройки 259
- Стандартное представление математической теории 391—394
- Стандартные алгоритмы фонда 61, 62
- Стандарты СМОУ 130
- Творчество в принятии решений 91—99
- Теория СМОУ 417, 418
- назначение 388
- необходимость 382—387
- проблемы 397—418
- совокупность аксиом 392—393
- правил вывода 393
- технология производства 390
- условия возникновения 378—382, 387—388
- «Точки» диалога 117, 120, 166, 200
- промежуточные 171
- смешанные 171
- финальные 170—171
- Управление в обществе 29, 30—33
- допустимый план 97—98
- последствия решений управления 36
- сложность 34—36
- совершенствование с помощью вычислительной техники 37—39
- — математических методов 41—45
- — общесистемного математического обеспечения 39—40
- Управляемая система 419
- эффективность использования 420—424
- развития 424—426
- Управляющая система (см Система управления)
- Установление темпов роста производства 425—426
- Участие людей в обслуживании СМОУ 330—332, 344—345
- Фонд 61—63, 291—292
- документы 62, 65
- обслуживание 332—342
- централизованный 291
- Формализация принятого решения 94—99, 119, 117
- Функции вспомогательные математической модели
- анализ полноты исходных данных 206—208
- правильности исходных данных 203—204
- диалог людей со средствами автоматизации 206
- обучение пользователя 209—210
- организация вычислительного процесса в пространстве средств автоматизации 210—213
- — во времени 213—215
- реакция на нарушение полноты 208—209
- — правильности 204—206
- формирование комментариев 216—218

- — программной модели
- заказ и распределение ресурсов технических средств автоматизации 245—246
- реализация алгоритма вычислений 243—245
- согласование перечней исходных данных и результатов 246
- обслуживания информационной базы
- контроль использования сведений 343—344
- материальных носителей 344—345
- поступления сведений 342—343
- содержания сведений 344
- сохранности 344—345
- корректирование структуры и состава 347—348
- перенос сведений в архив 346—347
- — на новые носители 348
- — процесса использования 329—332, 348—349
- выявление причин конфликтных ситуаций 353—356
- изменение направлений потоков результатов 352
- очереди входящих сообщений 349—350
- — результатов 350
- корректирование источников сведений 351—352
- ограничение доступа к сведениям 350—351
- отображение СМОУ на изменяющийся состав технических средств 352—353
- — фонда 332
- анализ использования 340—341
- аннотирование состава 335—336
- выдача справок о составе 337—338
- идентификация всех элементов системы 334—335
- исключение устаревших средств 341—342
- корректирование 339—340
- пополнение 332—333
- проверка непротиворечивости подсистем 333—334
- размножение эталонов 338—339
- хранение 336—337
- Функциональное описание СМОУ 48—61
- Хранение СМОУ
 - алгоритмическая форма 139
 - документальная форма 139
 - программная форма 139
- Электронные вычислительные машины 37—39, 45, 46
- Эффективность управления 96—97, 134—137, 283, 420—424
- Язык диалога 186—193
- записи программной модели 247—248
- математической теории 391—392
- общения между людьми и средствами автоматизации 185
- неформализованный 186
- формализованный 187, 247

ИБ № 381

Михаил Иванович Гвардейцев,
Владимир Петрович Морозов,
Владимир Яковлевич Розенберг

Специальное
математическое
обеспечение
управления

Научный редактор П Г Кузнецов
Редактор издательства Н Г Давыдова
Оформление художника В С Стуликова
Технический редактор А. А Белоус
Корректор Н Н Васина

Сдано в набор 28.04 78. Подписано в печать 14 07.78. Т 13840 Формат 84×108/32
Бумага импортная № 1. Литературная гарнитура. Высокая печать.
Объем 26,88 усл. п. л., 28,11 уч.-изд. л. Тираж 6000 Зак. 319 Цена 2 р. 90 к.
Издательство «Советское радио», Москва Главпочтамт а/я 693

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома при Государственном Комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, И-41, Б Переяславская, 46.

Гвардейцев М. И. и др

Г25 Специальное математическое обеспечение управления / М. И. Гвардейцев, В. П. Морозов, В. Я. Розенберг; Под ред. М. И. Гвардейцева — М.: Сов. радио, 1978. — 512 с., ил.

В пер : 2 р. 90 к

Сформулированы и обоснованы основные свойства, которыми должна обладать система специального математического обеспечения управления в обществе с общественной собственностью на средства производства и централизованным планированием. Дано описание процесса производства специального математического управления и изложены особенности разработки его основных элементов информационной, математической и программной моделей.

Книга представляет интерес для широкого круга научных работников и исследователей в области кибернетики, автоматизации управления и др.

ББК 32.81

6Ф0.1

Г $\frac{30502-055}{046(01)-78}$ 56-79