

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Управление эксплуатационной работой»

А. А. ЕРОФЕЕВ

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Часть 1

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию  
в области транспорта и транспортной деятельности  
в качестве учебно-методического пособия для студентов  
учреждений высшего образования специальности 1-44 01 03  
«Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте»*

Гомель 2012

УДК 004:656.2 (075.8)  
ББК 32.81+39.2  
Е78

**Р е ц е н з е н т ы:** зам. начальника РУП «Главный Расчетный информаци-  
онный центр» Бел. ж. д. *В. А. Коледа*;  
зав. кафедрой математических проблем управления д-р  
техн. наук В.С. Смородин (УО «ГТУ им. Ф. Скорины»)

**Ерофеев, А. А.**

Е78 Информационные технологии на железнодорожном транспорте :  
учеб.-метод. пособие : в 2 ч. Ч. 1 / А. А. Ерофеев ; М-во образования  
Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2012. –  
231 с.

ISBN 978-985-554-056-6

Содержит систематизированные сведения о составе, структуре и порядке использования информационных технологий на железнодорожном транспорте. Рассмотрены основные положения теории систем и управления, технологии передачи данных, проектирования информационных систем. Приведена методика оценки эффективности внедрения информационных технологий.

Предназначено для студентов специальности «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте». Может быть использовано инженерно-техническими работниками железной дороги.

УДК 004:656.2 (075.8)  
ББК 32.81+39.2

ISBN 978-985-554-056-6

© Ерофеев А. А., 2012  
© Оформление. УО «БелГУТ», 2012

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	10
1.1 Информационная технология.....	10
1.2 Информационные системы и их классификация.....	12
1.3 Структура информационного процесса. Способы описания информаци- онных технологий.....	16
1.4 Характеристики и показатели качества информационных процессов.....	19
2 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ СИСТЕМ И УПРАВЛЕНИЯ.....	21
2.1 Основные понятия организационной системы.....	21
2.2 Классификация систем.....	26
2.3 Основные термины и определения.....	30
2.4 Составные части и функции системы управления транспортным предпри- ятием.....	34
2.5 Методы управления и технология принятия управленческих решений.....	38
3 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.....	43
3.1 Характеристика информационного обеспечения.....	43
3.2 Фазы преобразования информации в АСУ.....	45
3.3 Основные системы классификации.....	49
3.4 Системы кодирования технико-экономической информации.....	54
3.5 Кодирование объектов на железнодорожном транспорте.....	58
3.5.1 Единая сетевая разметка.....	58
3.5.2 Идентификация поездов.....	60
3.5.3 Нумерация подвижного состава.....	61
3.6 Методы обнаружения ошибок и повышения достоверности информации..	62
3.7 Информационное обеспечение перевозочного процесса на железнодорож- ном транспорте.....	67
3.8 Динамическая модель поездного положения.....	79
4 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСУ.....	82
4.1 Назначение и состав математического обеспечения АСУ.....	82
4.2 Особенности технико-экономических задач и классификация методов их решения.....	83
4.3 Моделирование организационной структуры транспортного предприятия.	86
4.4 Имитационное моделирование.....	88
4.5 Основные модели перевозочного процесса.....	90
5 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСУ.....	95
5.1 Назначение и состав программного обеспечения АСУ.....	95
5.2 Типовые операции с массивами информации.....	100
5.3 Аспекты создания автоматизированного банка данных.....	102

5.4	Алгоритмизация решения технологических задач.....	104
5.5	Базы данных .....	108
5.6	Обеспечение безопасности информационных систем.....	115
6	ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АС.....	121
6.1	Назначение и принципы формирования КТС.....	121
6.2	Структура комплекса технических средств АС.....	122
6.3	Основные понятия теории надежности.....	127
7	ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ .....	132
7.1	Основные понятия.....	132
7.2	Методы коммутации в сетях передачи данных.....	134
7.2.1	Описание методов коммутации.....	134
7.2.2	Сравнительный анализ методов коммутации.....	136
7.3	Аналитическое исследование эффективности протоколов передачи данных.....	140
7.3.1	Описание асинхронного протокола АП-70.....	144
7.3.2	Описание синхронного протокола ВSC.....	144
7.3.3	Результаты сравнения эффективности протоколов.....	145
7.4	Методика расчета среднего времени занятия канала при передаче сообщений.....	147
7.5	Технология передачи информации.....	148
7.6	Сети передачи данных на железнодорожном транспорте.....	152
7.6.1	Действующая инфраструктура сети передачи данных.....	152
7.6.2	Перспективы развития сетей передачи данных на железнодорожном транспорте.....	156
7.6.3	Международная сеть передачи данных «ГЕРМЕС» европейских железных дорог.....	158
8	ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	162
8.1	Понятие о проектировании информационных систем.....	162
8.2	Стадии разработки информационных систем .....	164
8.3	Состав и формирование требований к проектируемой автоматизированной системе.....	165
8.4	Оценка целесообразности создания информационной системы. Понятие о предельном эффекте.....	168
8.5	CASE-технологии проектирования программного обеспечения информационных систем.....	173
8.5.1	Назначение CASE-технологий.....	173
8.5.2	Понятие о структурном анализе.....	175
8.5.3	Состав средств CASE-технологий.....	176
8.5.4	Тенденции развития CASE-технологий.....	177
9	АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ.....	178
9.1	Цели и средства анализа информационных процессов.....	178
9.2	Оценка показателей с использованием логических схем информационных процессов.....	179
9.3	Графы состояний при оценке временных характеристик информационных процессов.....	185
9.4	Анализ информационных потоков.....	188

9.4.1 Цели и средства анализа информационных потоков.....	188
9.4.2 Графическое представление информационных потоков.....	189
9.5 Оценка количественных показателей потока сообщений.....	189
9.5.1 Теории оценки количественных показателей потока сообщений.....	189
9.5.2 Расчет количества информации с помощью статистической меры.....	191
9.5.3 Расчет количества информации с использованием семантической меры.....	192
9.5.4 Расчет количества информации с помощью структурной меры.....	194
10 ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ.....	196
10.1 Предпосылки создания экспертных систем.....	196
10.2 Этапы создания экспертных систем.....	201
11 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	205
11.1 Факторы, определяющие эффективность внедрения информационных технологий.....	205
11.2 Методы определения экономической эффективности внедрения информационных систем.....	206
11.3 Пример определения экономической эффективности внедрения информационных систем.....	209
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	214
Приложение А ГОСТ 34.201–89. Виды, комплектность и обозначения документов при создании автоматизированных систем (основные положения)...	216
Приложение Б ГОСТ 34.602–89. Техническое задание на создание автоматизированной системы (основные положения).....	222

## ВВЕДЕНИЕ

Современные информационные технологии основаны на использовании средств электроники и вычислительной техники. Иногда их называют новыми информационными технологиями.

Работы по информатизации железнодорожного транспорта СССР начались в конце 50-х годов.

Были определены следующие основные направления:

– решение на ЭВМ инженерных задач (составление планов перевозок и формирования поездов, тяговые расчеты, составление графика движения поездов и т.д.);

– создание комплексной автоматизированной системы управления железнодорожным транспортом (АСУЖТ) с приоритетной разработкой системы оперативного управления грузовыми перевозками (АСОУП) и системы резервирования и продажи билетов ("Экспресс").

В 60-е годы приобретен опыт решения инженерных задач на ЭВМ, была организована подготовка специалистов по техническим средствам вычислительной техники (ВТ) и программированию, в основном сформирована организационная структура хозяйства ВТ. В МПС были созданы Управление вычислительной техники и Главный вычислительный центр, на дорогах – дорожные вычислительные центры; во ВНИИЖТе организовано отделение вычислительной техники, в КБ ЦШ – отдел математического обеспечения; было создано проектно-конструкторско-технологическое бюро. В эти годы начала создаваться техническая база хозяйства ВТ, было внедрено 80 ЭВМ второго поколения.

В 1975 г. утверждаются основные положения генеральной схемы развития АСУЖТ, а в дальнейшем и Комплексная программа развития и повышения эффективности АСУ на железнодорожном транспорте на 1978–1985 гг.

В течение трех пятилеток (1971–1985 гг.) развивалась техническая база хозяйства вычислительной техники:

– построены здания Главного вычислительного центра (ГВЦ МПС) и дорожных вычислительных центров (ДВЦ);

– вычислительные центры оснащены ЭВМ третьего поколения серии ЕС;

- созданы информационно-вычислительные сети по управлению грузовыми и пассажирскими перевозками, соединяющие через каналы связи терминалы, станционные вычислительные комплексы с дорожными центрами обработки информации, последние – между собой и с ГВЦ МПС;
- разработан специализированный терминал «Экспресс-2», серийное производство которого освоено в Венгрии;
- внедрены ЭВМ на машинно-счетных станциях взамен механических табуляторов.

К середине 80-х годов стало очевидным, что выполнение запланированных объемов внедрения вычислительной техники сдерживается недостаточным уровнем автоматизации линейных предприятий, малой производительностью ЭВМ центров обработки информации и крайне ограниченными возможностями сети передачи данных. Несмотря на это, расширялся функциональный состав АСОУП, непрерывно увеличивалась доля автоматизации в процессе продажи билетов через систему «Экспресс-2», увеличивалась, хотя и медленно, производительность ЭВМ большой и средней мощности.

В период 1991–1995 гг. устаревшие ЕС ЭВМ были заменены импортными IBM 4381, HITACHI, COMPAREX (отечественная промышленность прекратила производство аналогичных ЭВМ).

В результате этих мероприятий производительность больших ЭВМ возросла в 3 раза; эти мероприятия окупились за 2 года только за счет экономии электроэнергии и других эксплуатационных расходов.

Разработана и внедрена информационная технология управления парком вагонов ДИСПАРК. Автоматизирован пономерной учет передачи вагонов через все организованные межгосударственные пограничные станции, на основе которого и вагонной динамической модели автоматизированы взаиморасчеты за пользование вагонами других государств.

Непрерывно развивалась система интегрированной обработки дорожной ведомости (ИОДВ) как единый дорожно-сетевой комплекс, обеспечивающий формирование и ведение информационной базы перевозочных документов.

Доля специалистов железнодорожного транспорта, использующих средства вычислительной техники, к концу 1995 г. превысила 10 %, что значительно выше средних показателей по РБ, но уступает железным дорогам развитых стран.

Однако проявились и обострились следующие недостатки в информатизации железнодорожного транспорта:

- производительность ЭВМ вычислительных центров не соответствовала предъявляемым требованиям и была недостаточной для внедрения новых информационных технологий по управлению экономикой, финансами,

инфраструктурой транспорта, а также для расширения функций системы «Экспресс-2»:

- существующая сеть передачи данных не удовлетворяла технологиям, применяемым на железнодорожном транспорте, так как была построена на устаревшей архитектуре и не обеспечивала необходимую пропускную способность;

- использование устаревшего системного программного обеспечения требовало значительных затрат труда программистов, исключало возможность использования современных средств автоматизации программирования;

- разработанные в разное время автоматизированные системы плохо взаимодействовали между собой, что вызывало необходимость многократного ввода и первичной обработки информации, снижало оперативность решаемых задач; существующие автоматизированные информационные системы были ориентированы в основном на интенсификацию использования перевозочных ресурсов (населенность вагона, вес поезда, перерабатывающая способность станций и т.д.) и не нацелены на увеличение доходности отрасли за счет роста конкурентоспособности с другими видами транспорта и снижения эксплуатационных расходов;

- действующие информационные системы базировались в основном на ручной подготовке и вводе первичной информации, что не обеспечивало необходимой достоверности данных и оперативности;

- существующая организационная структура управления информатизацией (многочисленность заказчиков, отсутствие координирующего органа) препятствовала комплексному внедрению информационных технологий.

Стала очевидной необходимость разработки новых подходов к информатизации, которые необходимо реализовать в новых информационно-управляющих системах Белорусской железной дороги.

В настоящее время на Белорусской железной дороге продолжают работы по созданию и внедрению информационной аналитической системы поддержки управленческих решений для грузовых перевозок (ИАС ПУР ГП). Система предназначена для информационной поддержки принятия обоснованных управленческих решений с целью повышения эффективности работы, увеличения объемов и качества перевозок, сокращения транспортных издержек, выдачи оперативных ответов работникам дороги на заданные запросы в виде документов, справок с использованием INTERNET-технологий. ИАС ПУР ГП функционирует в тесном взаимодействии с существующими системами сбора и обработки информации, в частности с «Автоматизированной системой оперативного управления грузовыми перевозками» (АСОУП) и с системой учета доходов грузовых перевозок (СУД ГП-«Экспедитор»), в части выполнения контроля договорных обязательств экс-



педиторскими организациями при осуществлении транзитных, экспортно-импортных перевозок грузов.

В 2008 году внедрена система САПОД (комплекс автоматизации грузовой работы, ориентированный на применение электронной дорожной ведомости) на полигонах узла Гомель, станции Осиповичи. Расширение полигона эксплуатации САПОД является условием создания дорожной модели отправок, технологичного сбора информации об операциях с вагонами на местах погрузки-выгрузки для моделей ДИСПАРК, обеспечения выполнения соглашений по ЭОД.

В 2008 году введена в опытную эксплуатацию автоматизированная система учета поездов, вагонов и контейнеров по межотделенческим стыковым пунктам БУГ-2 на стыках Можеевка и Червено, обеспечивающая автоматическое формирование сообщений в дорожные системы оперативного управления перевозками об операциях с поездами.

В 2010 году планируется развитие проектов, начатых в предыдущие годы. Приоритетным останется интенсивное развитие сетевой инфраструктуры дороги и, прежде всего, зон доступа к опорным узлам ЕСПД, что позволит кардинально расширить топологию существующей сети передачи данных и производительность телекоммуникационной сети дороги.

Основными направлениями развития информационных технологий на ближайшие пять лет определены следующие:

- расширение функциональности Информационной аналитической системы поддержки управленческих решений для грузовых перевозок (ИАС ПУР ГП);

- дальнейшая разработка и внедрение Единой корпоративной интегрированной системы управления финансами и ресурсами на базе SAP-ERP (ЕК ИСУФР);

- расширение электронного обмена данными в межгосударственных грузовых перевозках (ЭОД);

- развитие (или расширение полигона) системы корпоративного электронного документооборота Белорусской железной дороги (СКДО БЖД);

- создание Комплексной системы управления поездной работой на Белорусской железной дороге;

- ввод в промышленную эксплуатацию микропроцессорных систем централизации на технических станциях.

# 1 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

## 1.1 Информационная технология

Информация необходима при выработке решений во всех видах человеческой деятельности. Масштабы использования информации являются одним из основных признаков, характеризующих цивилизацию, отличающих мыслящие особи от всех остальных существ. Чем больше информации (т.е. нужных, полезных сведений), тем лучшие решения могут быть выработаны. Но чтобы информацией можно было воспользоваться, необходимо, во-первых, чтобы она где-то имелась, во-вторых, чтобы ее можно было получить (т.е. найти и передать заинтересованному лицу) и, в-третьих, чтобы она была представлена в приемлемом виде. Важно не только собрать и сохранить сведения, но и обеспечить возможность ими воспользоваться.

Проблемы обеспечения информацией всегда волновали человечество. Понятие *информатизация* подразумевает комплекс мер, обеспечивающих наиболее полное применение достоверного знания во всех общественно-значимых видах человеческой деятельности [1]. Для удовлетворения информационных потребностей нужно не только обеспечить возможность пользоваться информацией, но и создать информационные ресурсы, т.е. накопить информацию, обеспечить ее сохранность и возможность доступа к ней.

Развитие производства, науки, техники приводит к появлению более сложных производственных, экономических, социальных структур, эффективное управление которыми требует постоянно растущих объемов информации. Возможность принимать (на основе обработки возрастающих объемов информации) эффективные решения обуславливает дальнейший прогресс в экономике, производстве, общественной жизни. Это означает, что уровень информатизации должен соответствовать уровню развития общества; повышение уровня информатизации является важным условием дальнейшего прогресса человечества.

Значение информатизации возрастает, когда увеличиваются объемы информации, необходимые для выработки решений. При этом возникают трудности, связанные с созданием информационных ресурсов, поиском, передачей и обработкой этой информации. Решение проблемы инфор-

матизации базируется на использовании для сбора, передачи, хранения, обработки, представления информации средств электроники и вычислительной техники, что является важнейшим резервом повышения уровня информационной поддержки всех видов человеческой деятельности и, следовательно, повышения эффективности общественного производства.

Информатизация включает в себя создание *информационной среды, инфраструктуры*, поддерживающей информационные процессы, и *информационных технологий*, определяющих способы реализации этих процессов.

*Информационную среду* информатизации составляет совокупность систематизированных и организованных специальным образом данных и знаний.

*Инфраструктура информатизации* – это совокупность технических и программных средств, обеспечивающая получение, хранение, передачу, обработку и представление информации.

Термин *информационная технология* получил распространение сравнительно недавно в связи с использованием средств вычислительной техники при выполнении операций с информацией. В Большой Советской Энциклопедии (БСЭ), изданной в 1970–1978 гг., этого термина нет. Понятие *технология* до последнего времени не связывалось с термином информация. *Технология* – это «совокупность приемов и способов получения, обработки или переработки сырья, материалов, полуфабрикатов или изделий, осуществляемых в различных отраслях промышленности, в строительстве и т.д.» [2]. Однако в настоящее время термин *информационная технология* прочно вошел в научный лексикон.

*Информационная технология* – это система приемов, способов и методов сбора, хранения, обработки, передачи, представления и использования информации [2].

Так поясняется этот термин в нормативных документах, словарях и справочниках. Термин *система*, используемый в этом определении, подразумевает наличие совокупности взаимосвязанных приемов, методов, способов, осуществляемых для достижения определенной цели.

Процессы получения, хранения, транспортировки, преобразования и представления информации называют *информационными процессами*. Следовательно, *информационная технология* – это система приемов, способов и методов осуществления информационного процесса определенного назначения.

Понятие *информационная технология* связывают с использованием электронных средств передачи и обработки информации. В этом случае правильнее было бы использовать термин *новая информационная технология*, оставив за понятием *информационная технология* более широкое значение. Однако распространение получило именно узкое понимание термина *информационная технология* как системы методов сбора, хранения, обра-

ботки, передачи, представления и использования информации, основанной на применении средств электроники и вычислительной техники. Именно в таком, узком, смысле термин «информационная технология» используется в данном пособии.

Областями применения информационных технологий являются различные сферы услуг (связь, развлечения и т.д.), системы поддержки деятельности людей в разных сферах (управленческой, производственной, научной, коммерческой и др.), потребительская электроника (бытовые видео- и аудиосистемы) (рисунок 1.1).

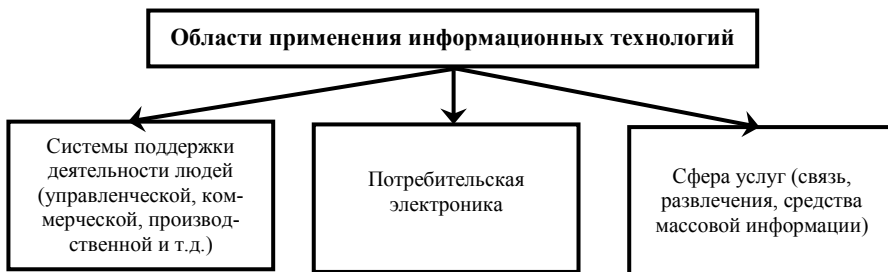


Рисунок 1.1 – Области применения информационных технологий

Определим различия в таких терминах, как *обработка информации* и *обработка данных*, *передача информации* и *передача данных*.

*Информация* – это сведения о фактах, концепциях, объектах, событиях и идеях, которые в данном контексте имеют вполне определенное значение.

*Данные* – это *информация*, представленная в виде, пригодном для обработки автоматическими средствами при возможном участии человека.

Таким образом, понятие *информация* является более общим по отношению к понятию *данные* и, следовательно, вместо, например, термина «передача данных» всегда можно использовать термин «передача информации».

## 1.2 Информационные системы и их классификация

*Информационная система* – это совокупность технических (аппаратных) и программных средств, а также работающих с ними пользователей (персонала), обеспечивающая ввод, передачу, хранение, обработку и представление информации.

Классификацию информационных систем можно проводить по ряду признаков: назначению, структуре аппаратных средств, режиму работы, виду деятельности и т.п. (рисунок 1.2).

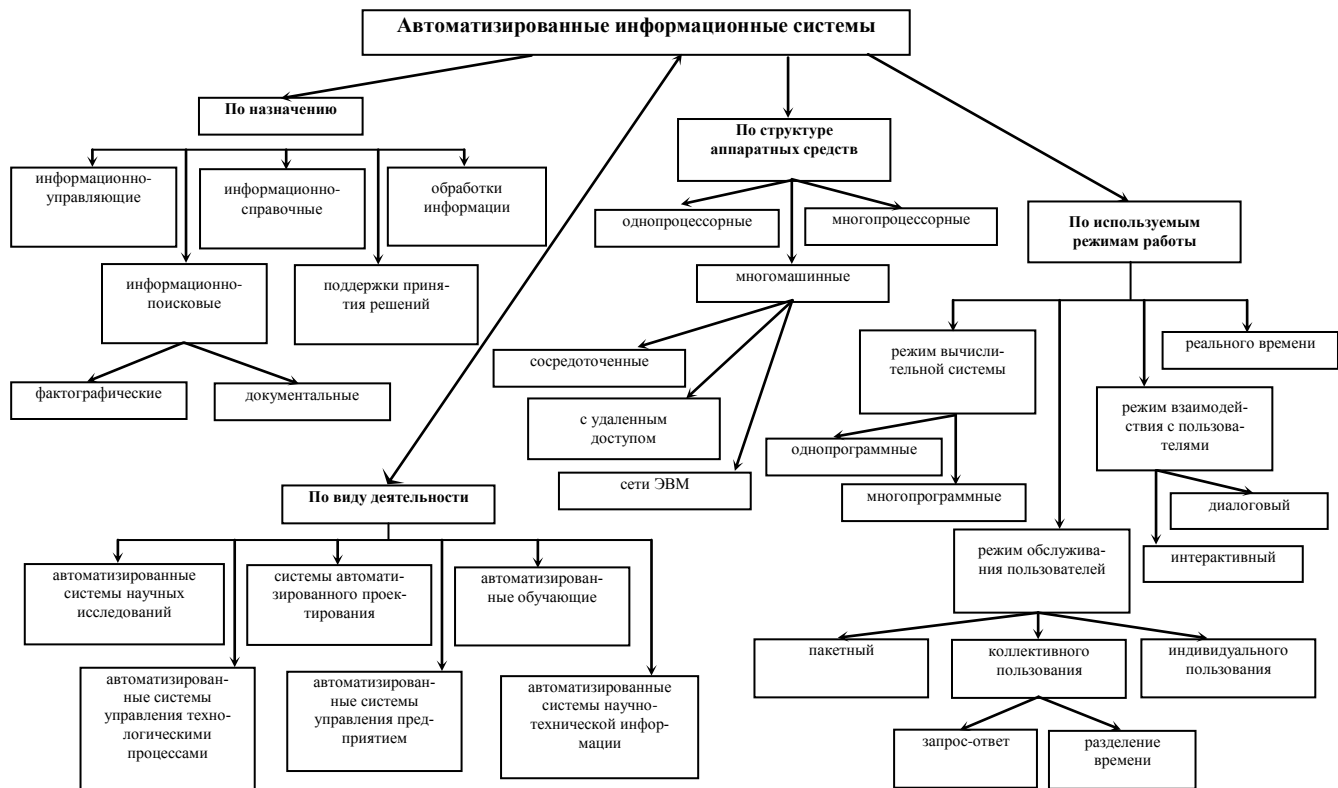


Рисунок 1.2 – Классификация информационных систем

Приведем определения и пояснения ряда терминов и понятий, связанных с классификацией информационных систем.

По назначению информационные системы делят на информационно-управляющие, системы поддержки принятия решений, информационно-поисковые, информационно-справочные и системы обработки данных.

*Информационно-управляющие системы* – это системы для сбора и обработки информации, необходимой при управлении организацией, предприятием, отраслью и т.п.

*Системы поддержки принятия решений* предназначены для накопления и анализа данных, необходимых для принятия решений в различных сферах деятельности людей.

*Информационно-поисковые системы* – это системы, основное назначение которых – поиск информации, содержащейся в различных базах данных, различных вычислительных системах, разнесенных, как правило, на значительные расстояния. Примером таких систем являются, в частности, поисковые системы (серверы) в сети INTERNET, автоматизированные системы поиска научно-технической информации (АСНТИ) и др. Информационно-поисковые системы делятся на *документальные* (назначение – поиск документов) и *фактографические* (назначение – поиск фактов).

*Информационно-справочные системы* – это автоматизированные системы, работающие в интерактивном режиме и обеспечивающие пользователей справочной информацией. К таким системам относятся системы информационного обслуживания пассажиров на железнодорожных вокзалах.

К *системам обработки данных* относится класс информационных систем, основной функцией которых являются обработка и архивация больших объемов данных.

По виду деятельности автоматизированные информационные системы делят на *автоматизированные системы управления предприятием* (АСУП), *автоматизированные системы управления технологическими процессами* (АСУТП), *системы автоматизированного проектирования* (САПР), *автоматизированные обучающие системы* (АОС) и т.д.

По структуре аппаратных средств выделяют *однопроцессорные, многопроцессорные и многомашинные системы* (сети ЭВМ, сосредоточенные системы, системы с удаленным доступом). Многомашинные и многопроцессорные системы создаются для повышения производительности и надежности вычислительных комплексов.

*Сосредоточенные системы* – это вычислительные системы, весь комплекс оборудования которых, включая терминалы пользователей, сосредоточен в одном месте, так что для связи между отдельными машинами используются интерфейсы ЭВМ и не требуется применять системы передачи данных.

*Системы с удаленным доступом* (с телеобработкой) обеспечивают связь между терминалами пользователей и вычислительными средствами способом передачи данных по каналам связи (с использованием систем передачи данных).

*Сети ЭВМ* (вычислительные сети) – это взаимосвязанная совокупность территориально рассредоточенных систем обработки данных, средств и (или) систем связи и передачи данных, обеспечивающая пользователям дистанционный доступ к вычислительным ресурсам и коллективное использование этих ресурсов.

По режиму функционирования вычислительные системы разделяют на однопрограммные и мультипрограммные.

*Однопрограммный* режим имеет место тогда, когда все ресурсы вычислительной системы используются для решения одной задачи от начала до завершения.

*Мультипрограммный* режим предусматривает параллельную работу или чередование выполнения двух или более задач.

По характеру обслуживания пользователей выделяют следующие режимы: индивидуального пользования, пакетный и коллективного пользования.

В режиме *индивидуального пользования* все ресурсы системы предоставляются в распоряжение одного пользователя.

*Пакетная обработка* – это обработка данных или выполнение заданий, накопленных заранее таким образом, что пользователь не может влиять на обработку, пока она продолжается. Пакетная обработка может вестись как в однопрограммном, так и в мультипрограммном режиме.

Режим *коллективного пользования* – это форма обслуживания, при которой возможен одновременный доступ нескольких независимых пользователей к ресурсам вычислительной системы. Коллективное пользование в режиме *запрос-ответ* предполагает, что система обслуживает запрос каждого пользователя без прерываний. В режиме *разделения времени* вычислительные ресурсы предоставляются различным задачам (различным пользователям) последовательно квантами. По истечении кванта времени задача возвращается в очередь ожидания обслуживания.

По характеру взаимодействия с пользователями выделяют системы, работающие в диалоговом и интерактивном режимах.

*Диалоговый* – режим взаимодействия человека с системой обработки информации, при котором человек и система обмениваются информацией в темпе, соизмеримом с темпом обработки информации человеком.

*Интерактивный* – режим взаимодействия человека и процесса обработки информации, реализуемого информационной системой, выражающийся в разного рода воздействиях на этот процесс, предусмотренных

механизмом управления конкретной системы и вызывающих ответную реакцию процесса.

По особенностям функционирования информационной системы во времени выделяют режим *реального времени* (real time processing) – режим обработки информации, при котором обеспечивается взаимодействие системы обработки информации с внешними по отношению к ней процессами в темпе, соизмеримом со скоростью протекания этих процессов.

### 1.3 Структура информационного процесса. Способы описания информационных технологий

Информационная технология определяет методы (способы, приемы) реализации информационного процесса. В определении понятия информационной технологии перечисляются элементарные операции информационного процесса: сбор, преобразование и ввод в ЭВМ, передача, хранение, обработка, предоставление пользователям (рисунок 1.3). Реализация каждой операции над информацией может осуществляться с использованием различных методов. Поэтому можно говорить и о различных технологиях сбора, преобразования и ввода в ЭВМ, передачи, хранения, обработки и предоставления информации.

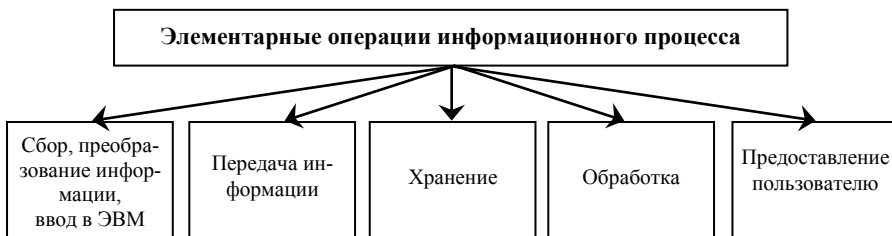


Рисунок 1.3 – Структура информационного процесса

Перечисленные функции названы элементарными, более сложные функции образуются сочетанием элементарных. Так, обмен сообщениями между пользователями вычислительных систем на основе принципа «почтового ящика» (электронная почта) осуществляется в результате реализации упорядоченной совокупности операций ввода, передачи, хранения и обработки сообщений.

Чтобы дать представление об информационной технологии, нужно указать ее назначение, перечислить выполняемые операции (функции) над информацией и определить их взаимосвязь (например, последовательность), указать метод реализации каждой операции (рисунок 1.4).



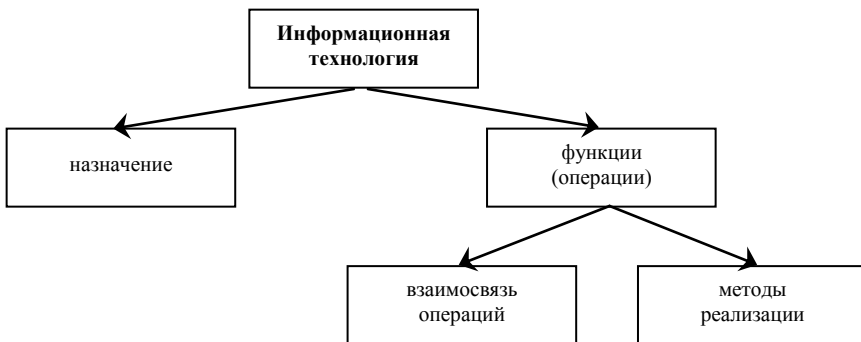


Рисунок 1.4 – Описание информационной технологии

Рассмотрим технологию *электронной почты*. Ее назначение – передачи сообщений различного вида (текст, речь, изображения) между пользователями. Эта технология предусматривает создание электронных почтовых отделений, где каждый пользователь может иметь свой электронный почтовый ящик. Пользователь, желающий передать в какой-либо адрес сообщение, с помощью компьютера направляет его по линиям связи (телефонным, оптоволоконным и т.д.) в электронное почтовое отделение, которое помещает его в почтовый ящик получателя. Получатель имеет возможность в любой момент, связавшись по линиям связи с почтовым отделением, получить сообщение на свой компьютер. Основные функции электронной почты следующие:

- ввод сообщений в систему и получение сообщений;
- передача сообщений в почтовые ящики пользователей и обмен ими между ящиками;
- проверка и исправление ошибок, возникающих при передаче;
- пересылка подтверждений о доставке сообщений;
- рассылка сообщений по спискам адресов;
- изменение адресов.

Приведенная технология работы электронной почты является *описательной неформализованной* моделью. Такие модели дают общее представление о технологии (концепция технологии), однако они недостаточно наглядны (особенно при сложном взаимодействии между элементарными операциями) и неприемлемы для какого-либо количественного анализа. Более понятны *формализованные описательные* модели, т.е. такие модели, где сведения представлены с помощью специальных документов (бланков, форм, анкет, таблиц и т.п.). Еще большей наглядностью обладают *графиче-*

ские модели, особенно в ситуациях, когда требуется описать взаимосвязи между отдельными операциями (например, их последовательность) (рисунок 1.5). К графическим моделям относятся схемы, графы, а также чертежи и т.д.



Рисунок 1.5 – Классификация моделей информационных процессов

*Схемы информационных процессов и обобщенные структурные информационно-временные схемы (ОСИВС) применяются для описания информационных технологий (информационных процессов) с использованием специальной системы графических символов. Графические модели типа логических схем, графов состояний, сетей Петри используются при анализе характеристик информационных процессов. Эти модели позволяют перейти к математическим моделям, представляющим информационный процесс на языке математических отношений.*

*Математические модели могут иметь вид функциональных зависимостей, систем алгебраических или дифференциальных уравнений, логических выражений. Математические модели делят на аналитические и имитационные. Аналитические модели ориентированы на использование при их исследовании аналитических или численных методов (решение систем уравнений; поиск сочетаний факторов, где описываемый моделью показатель принимает экстремальное значение и т.д.). Имитационные модели представляются, как правило, в виде совокупности алгоритмов, воспроизводящих процесс функционирования описываемой системы. При этом анализ*

имитационных моделей осуществляется путем экспериментирования на модели – многократной имитации изучаемого информационного процесса при воздействии на него различного рода случайных явлений, воспроизводимых при моделировании (т.е. при исследовании информационного процесса с использованием его модели). К моделям имитационного типа относятся, в частности, логические модели, описывающие поведение сетей Петри. Сети Петри может быть поставлена в соответствие и аналитическая модель.

Для полноты классификации на рисунке 1.5 упомянуты также *физические* модели информационных процессов. В физических моделях операции информационного процесса имитируются функционированием некоторых физических объектов, определенные характеристики которых совпадают с характеристиками представляемой операции.

#### **1.4 Характеристики и показатели качества информационных процессов**

Можно выделить две основные группы характеристик, которые нужно принимать во внимание при анализе качества информационных процессов. Это характеристики временные и характеристики качества результирующей информации на выходе информационного процесса.

К показателям временных свойств информационных процессов относятся:

- среднее время и дисперсия выполнения информационного процесса (среднее время реакции информационной системы на запрос пользователя);
- продолжительность временного интервала, в течение которого информационный процесс завершается с заданной вероятностью.

Качество данных характеризуется целым набором свойств, важнейшими из которых являются:

- достоверность данных – свойство данных не содержать скрытых ошибок;
- целостность данных – свойство данных сохранять свое информационное содержание и однозначность интерпретации в условиях случайных воздействий. Целостность данных считается ненарушенной, если данные не искажены и не разрушены;
- безопасность данных – защищенность данных от несанкционированного доступа к ним, осуществляемого с целью их раскрытия, изменения или разрушения.

Для данных, имеющих место на выходе информационно-поисковых систем, важное место имеют такие свойства, как ревалентность (смысловое соответствие выданной информации запросу) и полнота (свойство выдаваемой информации содержать все документы, ревалентные запросу).

Показатели качества информационных процессов зависят от методов и средств их осуществления, т.е от используемой информационной технологии и характеристик информационных систем, создаваемых для их реализации. Поэтому при проектировании информационных систем необходимо учитывать требования к показателям качества информационных процессов, исследовать влияние характеристик информационных систем (таких, как производительность и надежность и др.) на показатели качества информационных процессов.

## 2 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ СИСТЕМ И УПРАВЛЕНИЯ

### 2.1 Основные понятия организационной системы

В методологических основах общей теории систем определению понятия системы уделяется большое внимание. В связи с этим существует много вариантов определения системы, которые характеризуют ее с различных сторон. В переводе с греческого термин «система» обозначает целое, состоящее из частей, определенным образом упорядоченное.

Условимся под *системой* понимать комплекс (множество) взаимосвязанных объектов (компонентов, частей), объединенных для достижения определенных целей.

Как видно из самого определения, речь идет не просто о системе, а об управляемой, целенаправленной системе. Для лучшей организации и управления система делится на составные части в подсистемы и элементы.

*Подсистема* – это часть системы, выделенная по определенному признаку. Подсистема может быть подвергнута дальнейшей *декомпозиции*, т.е. разложению на другие подсистемы или элементы. Когда данный компонент системы далее не разлагаем, говорят, что это *элемент системы*. При разработке информационных технологий систему подразделяют на подсистемы, которые, в свою очередь, состоят из определенных задач. Компоненты системы функционируют во времени как единое целое, т.е. каждая подсистема, элемент (задача) действует ради единой цели, которая стоит перед системой в целом.

В допустимых границах система управления сложным объектом исследуется как единый организм с учетом внутренних связей между отдельными элементами и внешней связи с другими системами и объектами.

При таком подходе системами являются: машина, собранная из деталей и узлов; живой организм, образуемый совокупностью клеток; предприятие, объединяющее и связывающее в единое целое множество производственных процессов, машин, установок, коллективов людей, различные виды ресурсов, готовую продукцию; отрасли, включающие предприятия или объединения; народное хозяйство в целом, состоящее из связанных между собой отраслей.

В результате действия на систему целого ряда факторов, имеющих, главным образом, вероятностный характер, происходит изменение связей, которые вызывают те или иные изменения в состоянии системы. Если изме-

нения организационной системы не соответствуют заданному состоянию, то нужно с помощью *органа управления* изменить связи внутри системы и между подсистемами таким образом, чтобы состояние системы соответствовало заданным значениям или, как говорят, соответствовало *целевой функции управления*.

В реально действующих организационных системах выделение и организация подсистем могут вестись по функциональному, организационному признакам или по составу системных элементов.

Деление по функциональным признакам ведется в соответствии с имеющимися функциями системы. Организационные признаки учитывают специфические особенности иерархической структуры системы. Членение системы по составу элементов производится с учетом структуры самих элементов при выполнении ими определенных функций.

В качестве элементов в системе могут быть выделены: человеческие коллективы, технические средства, технологические процессы, информация и др.

Схема организационной системы «Железнодорожный транспорт» приведена на рисунке 2.1.

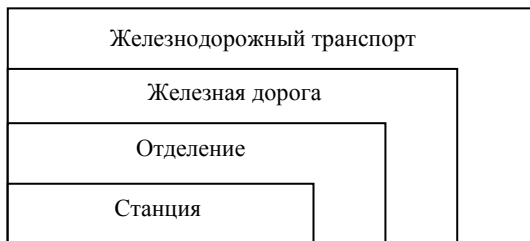


Рисунок 2.1 – Схема организационной системы «Железнодорожный транспорт»

Здесь системы «Станция», «Отделение» и «Железная дорога» являются соответствующими подсистемами в иерархической структуре управления системы «Железнодорожный транспорт».

Организационные системы различаются по структуре, параметрам, элементам функционирования, размерам, характерным особенностям и главным целям. Исходя из этого, большое значение для построения АСУ имеют такие понятия, как структура системы, параметры, элементы.

Под *структурой системы* понимается относительно устойчивый порядок внутренних, пространственно-временных связей между ее отдельными компонентами, который определяет как функциональное назначение системы, так и ее взаимодействие с внешней средой.

При изучении характера структур любую систему можно рассматривать как совокупность взаимосвязанных между собой компонентов (объектов, процессов). Каждая из таких систем является обособленной системой и может рассматриваться как некоторая часть (подсистема) более общей системы  $S$  (метасистема), т.е.  $S_i$  (множество  $S_i$ , содержится во множестве  $S$ ).

Взаимосвязь между системами  $S_i$  и  $S$  строится по принципу иерархии, предусматривающему соподчиненность подсистем  $S_i$ , метасистеме  $S$  как в смысле своего структурного местоположения, так и в смысле управляющих функций.

Любую систему можно расчленить на подсистемы различных рангов, осуществляя процесс деления по соответствующим признакам до получения составляющих ее элементов.

Как правило, членение системы может быть выполнено различными способами, причем во всех случаях возможно различное число частей (подсистем, элементов).

Полученное в результате такого членения множество  $M$  всех подсистем будем называть множеством системы  $S$ . Таким образом, существует столько же множеств  $M$  данной системы, сколько и способов ее членения. Каждая операция членения системы дает отдельные подсистемы, обеспечивая построение некоторого дерева метасистемы  $S$ , на котором выделяются отдельные подсистемы, относящиеся к разным уровням.

Дерево системы  $S$  с выделением различных уровней показано на рисунке 2.2.

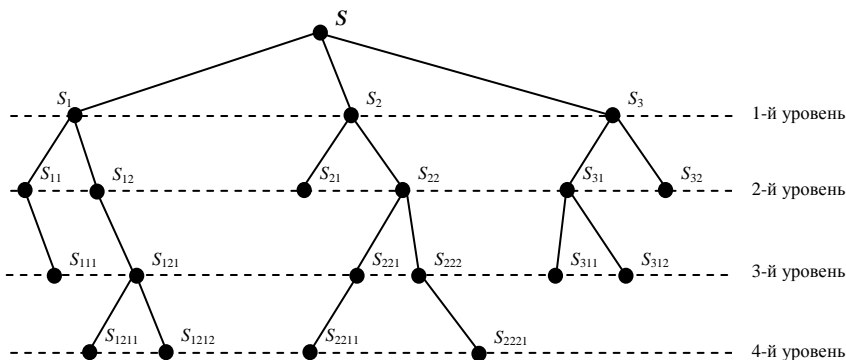


Рисунок 2.2 – Дерево организационной системы

Наличие полученных при этом подсистем и взаимосвязей между ними и образует структуру системы  $S$ .

Если за систему  $S$  принять систему «Железнодорожный транспорт», то под  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  можно соответственно понимать железные дороги.

При этом система «Железнодорожный транспорт» будет представлять собой вершину в иерархической структуре транспортной системы страны. Отдельные железные дороги, в свою очередь, будут относиться к первому уровню. В то же самое время отделения дорог  $S_{11}$ ,  $S_{12}$ , ... относятся ко второму уровню. Входящие в состав, например, отделения  $S_{11}$  станции  $S_{111}$ ,  $S_{112}$ ,  $S_{113}$  образуют третий уровень.

Принцип разделения системы на составные части может быть использован для построения системы управления и при разработке информационно-управляющих систем на железнодорожном транспорте. При этом подсистему можно рассматривать как некоторую часть системы, сформированную и выделенную по определенному признаку, охватывающую соответствующую группу задач. Эта подсистема имеет самостоятельную частную цель, которая не противоречит цели всей системы.

Взаимосвязь между отдельными подсистемами проявляется в том, что результаты решения задач в одной подсистеме служат исходными данными или ограничениями для выполнения функций, возложенных на другие подсистемы.

Любая организационная система представляет собой совокупность управляющей (орган управления) и управляемой (объект управления) систем, которые взаимодействуют между собой (рисунок 2.3).

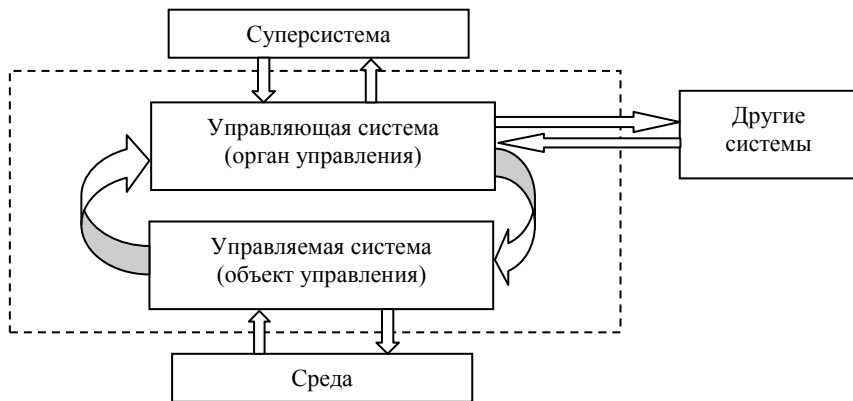


Рисунок 2.3 – Схема управления организационной системой

Количественные характеристики, определяющие состояние системы, называются ее *параметрами*. Существует значительное количество параметров, которые имеют важное значение для построения, функционирования, изучения и оценки системы. К *общим параметрам системы* относятся такие характеристики, как количество подсистем и уровней управления.



Исходя из того, что организационная система представляет собой совокупность управляющей и управляемой систем, параметры системы могут быть сгруппированы по объекту и органу управления.

К *параметрам объекта управления* относятся: количество производственных подразделений, размеры производственных фондов, количество рабочей силы, объем выпускаемой продукции, фонд заработной платы, фонды экономического стимулирования, эксплуатационные расходы, доходы, прибыли и др.

К *параметрам органа управления* относятся: количество функциональных подразделений, численность аппарата управления, длительность цикла управления, количество обрабатываемых документов, характер и состав техники управления, количество связей.

К элементам функционирования систем (с точки зрения общей теории систем) относятся: входные данные (величины), устройство для обработки данных (величин) и выходные данные (величины). Так, например, для производственных систем входными данными будут материалы, технические средства, трудовые, денежные ресурсы и др.; устройством для обработки данных – технологический процесс, а выходными данными – продукция. Входные данные являются исходным компонентом, на основе которых строится функционирование системы. При этом во многих случаях входные данные одной системы могут являться выходными данными (величинами), поступающими от других систем.

Выходные данные представляют собой результат функционирования или цель, для достижения которой создана система. Обработка данных является функцией по преобразованию входных данных в выходные.

Входные данные, устройство для обработки данных и выходные данные являются элементами функционирования всех систем. Однако организационные системы наряду с перечисленными элементами функционирования имеют управляющее устройство и обратную связь, которые позволяют поддерживать систему в состоянии относительного равновесия. При этом целью обратной связи является осуществление согласования. Согласование представляет собой функцию системы, которая обеспечивает сравнение выходных данных с установленными нормами.

Обратная связь является функцией системы, обеспечивающей выработку информации об отклонении выходных данных от установленных норм и выдачу такой информации, которая представляет собой входные данные для управляемого процесса.

Общий процесс функционирования системы является совокупностью всех осуществляемых видов деятельности по преобразованию входных элементов в выходные.

Схема взаимодействия элементов функционирования такой организационной системы, как транспортное предприятие, показана на рисунке 2.4.

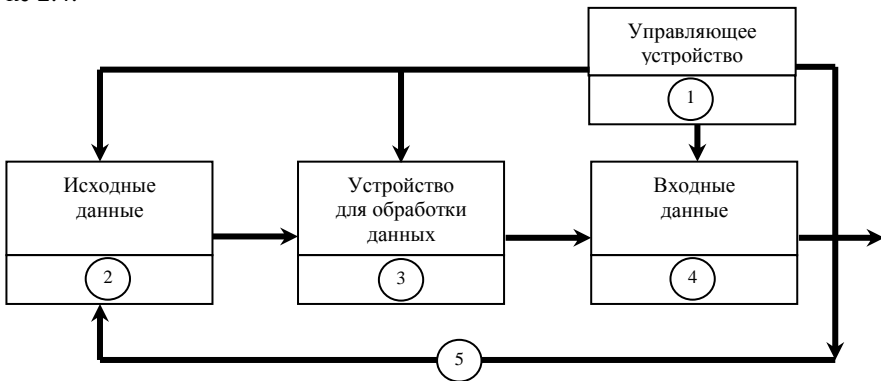


Рисунок 2.4 – Общая схема взаимодействия элементов функционирования системы «Транспортное предприятие»:

1 – организационная структура управления, информационная система, планы, программы, стратегия, цели транспортного предприятия; 2 – сведения о подвижном составе, грузовых фронтах, трудовых и материальных ресурсах и др.; 3 – технические средства управления; 4 – объем перевозок грузов и погрузочно-разгрузочных работ, производительность труда, себестоимость, прибыль и др.; 5 – оценка функционирования в сравнении с плановыми показателями

## 2.2 Классификация систем

Вопросы классификации занимают важное место в общей теории систем, так как характер системы определяет подходы к ее разработке, способы исследования и пути совершенствования. Из всего многообразия видов классификаций систем рассмотрим наиболее важные, применяемые для изучения различного рода систем.

**Системы классифицируются:** по виду, характеру, типу, степени взаимодействия с окружающей средой, по времени и характеру действия, количеству составных частей, степени развития и совершенствования, по степени автоматизации процесса управления, составу элементов, по характеру взаимодействия человека с техническими средствами управления, по назначению системы и характеру элементов:

- а) *по виду* системы подразделяются на концептуальные (аналитические) и эмпирические;
- б) *по характеру* – на естественные и искусственные;
- в) *по типу* – на социально-экономические, биологические, механические;

г) по степени взаимодействия с окружающей средой – на открытые, замкнутые и комбинированные;

д) по времени действия – на постоянные и временные;

е) по характеру действия – на стабильные и нестабильные;

ж) по количеству составных частей – на сложные, интегрированные и простые;

з) по степени развития и совершенствования – на динамические и статические;

и) по степени автоматизации процесса управления – на автоматизированные и автоматические;

к) по составу элементов – на человеко-машинные и машинные;

л) по характеру связей элементов – на моноиерархические и полииерархические;

м) по характеру взаимодействия человека с техническими средствами управления – на самонастраивающиеся, самообучающиеся;

н) по назначению и характеру элементов – на производственные, технические, технологические, системы организации производства, информационные системы совместного труда, экономические системы.

Примером социально-экономических систем может служить отделение, станция и др. При этом системы, состоящие только из людей, могут рассматриваться как чисто социальные системы.

*Открытой* является такая система, которая взаимодействует с окружающей средой или суперсистемой. Большинство систем является открытыми, так как они служат составной частью более крупных систем. Характерная особенность открытой системы – ее незначительное воздействие на окружающую среду и обратная связь в виде информации, поступающей от окружающей среды. В соответствии с положением теории автоматического регулирования открытая система имеет вид, представленный на рисунке 2.5.

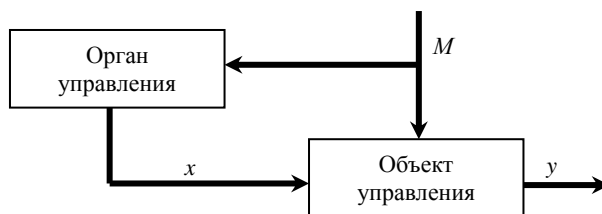


Рисунок 2.5 – Общая схема открытой системы

В данной схеме окружающая среда  $M$  непосредственно действует на объект и орган управления, а управляющие воздействия  $x$  изменяются в соответствии с изменением возмущений сразу, еще до того, как возмущения успеют существенно изменить значение управляемой величины  $y$ .

*Замкнутая система* не взаимодействует с окружающей средой. Какова бы ни была эта окружающая среда, замкнутая система не претерпевает изменений, поскольку между системой и окружающей средой существует барьер. Хотя можно сомневаться в реальном существовании замкнутых систем, при таком определении последние находят важное применение при проведении научных исследований.

В целях упрощения ситуации и для достижения необходимых результатов при проведении эксперимента проблема решается в предположении, что система замкнута.

Схематически замкнутая система показана на рисунке 2.6. Здесь  $y_0$  – заданное значение управляемой величины. В этих системах сигналы управления  $U$  формируются на основании информации об отклонении управляемой величины  $y$  от ее заданного значения. В замкнутых системах существует связь между выходом и входом объекта управления, называемая обратной.

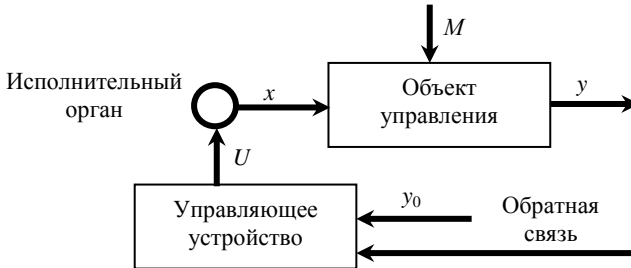


Рисунок 2.6 – Схема замкнутой системы

В *комбинированной системе* на объект управления воздействуют как внешняя среда, так и информация о значениях управляемых величин.

Схематически комбинированную систему можно представить, как показано на рисунке 2.7.

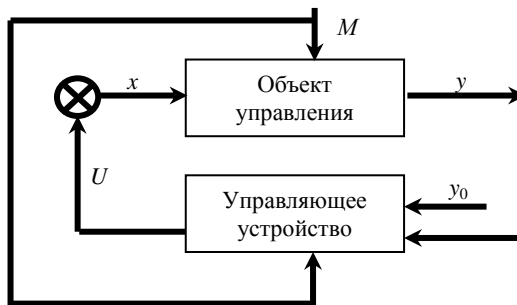


Рисунок 2.7 – Схема комбинированной системы управления

Транспортные предприятия, состоящие из совокупности систем и использующие различные методы управления, могут быть отнесены к комбинированным системам.

*Стабильной* системой является такая, свойства и функции которой существенно не меняются или изменяются в форме повторяющихся циклов. Примером стабильной системы может служить станция, отделение и т.д.

На станции могут меняться количество локомотивов, варьироваться в определенных пределах уровни управления, однако перевозочный цикл повторяется при относительно малых изменениях.

Из предшествующего рассмотрения видно, что всякая система входит в состав более крупной системы. Такое транспортное предприятие, как станция, может служить примером сложной интегрированной системы, которая состоит из множества простых систем. При этом отделение является субсистемой по отношению к станции.

Под *автоматическими системами* управления понимается обычно управление, осуществляемое без непосредственного участия человека. В соответствии с теорией автоматического регулирования для реализации такого управления необходимы по крайней мере три элемента: измерительный (ИЗМ), управляющий (УПР) и исполнительный (ИСП). Эти элементы, присоединенные к объекту, в совокупности образуют систему автоматического управления. Схема подобной системы приведена на рисунке 2.8.

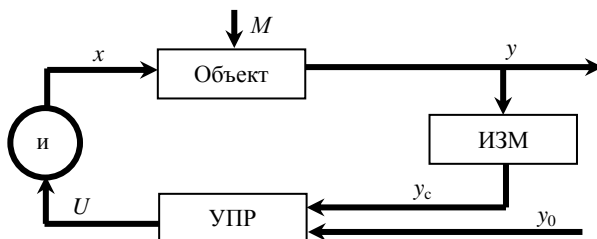


Рисунок 2.8 – Схема автоматической системы управления

Назначение измерительного элемента состоит в том, чтобы вырабатывать сигнал  $y_c$ , характеризующий значение управляемой величины  $y$ .

Простейший управляющий элемент представляет собой устройство для сравнения двух сигналов: сигнала  $y_c$  и сигнала  $y_0$ , характеризующего заданное значение управляемого сигнала  $y$ . Такой управляющий элемент вырабатывает сигнал управления  $U$ , представляющий собой результат сопоставления сигналов  $y_0$  и  $y_c$  и определяющийся их разностью (рассогласованием в системе).

Примером автоматических систем управления служит работа системы автоматизированного роспуска составов с горки (АРС).

*Автоматизированные системы* управления, где процесс выработки и принятия окончательных решений остается за человеком, являются человеко-машинными системами.

Все сложные производственные системы являются организационными кибернетическими (целенаправленными), требующими упорядочения и организации в деятельности различных элементов системы. Один из важнейших методов исследования и построения оптимальных систем управления организационными системами – моделирование. Особенность и преимущество модели состоит в том, что, пользуясь ею, можно создать любой образ системы, в котором отражаются ее исследуемые свойства и закономерности.

Моделирование особенно эффективно при совершенствовании социально-экономических систем.

## **2.3 Основные термины и определения**

Одним из важнейших терминов в рамках данной дисциплины является *автоматизированная система управления* как основа и цель разработки информационных технологий.

*Автоматизированная система управления (АСУ)* представляет собой человеко-машинную систему, включающую комплекс экономико-математических, организационных и других методов, средств вычислительной техники и устройств, обеспечивающих автоматизированный сбор, передачу и обработку информации, необходимой для оптимизации управления предприятиями, производственными объединениями и транспортом в целом.

Согласно действующей методологии проектирования информационных систем в последних выделяют функциональную и обеспечивающую части. *Функциональной* называют часть системы, состоящую из комплекса административных, организационных и экономико-математических методов, которые обеспечивают решение задач планирования, учета, контроля, анализа и принятия управленческих решений в ее подсистемах. В эту часть входят ее экономико-организационная модель (методическая база) и структурно-функциональная схема (состав ступеней и звеньев управления в организационной структуре информационной системы).

Функциональные автоматизированные подсистемы включают комплекс задач управления, соответствующих основным группам функций управления и видам производственно-хозяйственной деятельности транспортных объединений и предприятий. Экономико-организационное построение и состав функциональных подсистем при проектировании информационных систем определяют с учетом специфических особенностей транспортного предприятия.

Экономико-организационная модель – это система экономических и организационных принципов, определяющих методы управления, формы организации и воздействия органа управления на производственно-хозяйственную деятельность транспортного предприятия в целях повышения ее эффективности. Такая модель отражает экономический механизм и организационные основы производства и управления объединениями и предприятиями, т.е. сущность теории, цели и задачи производства и управления, методы, технологию процесса управления, построение организационной структуры для конкретных условий функционирования транспортных объединений и предприятий.

Функциональная часть информационных технологий включает требования, принципы построения и функционирования, правила процедур принятия решений, набор критериев экономической эффективности системы управления. При ее разработке решают также вопросы об организационной структуре проектируемой системы, составе ступеней звеньев управления, схемы расположения органов управления, составе выделенных функциональных подсистем для объединений и предприятий.

В системах управления на железнодорожном транспорте *подсистемы* выделяют в основном либо по функциональному признаку, отражающему содержание процесса управления (планирование, регулирование, учет, контроль, анализ и т.п.), либо по *структурно-объектному признаку* (управление капитальным строительством, материально-техническим снабжением, управление вагонным парком, локомотивным хозяйством и т.п.). Временной признак используется при разработке комплексных технологий, например для выделения подсистем годового (график движения, план формирования поездов), месячного (технический план работы отделений и дороги) и оперативного (суточное, сменное) планирования.

При обосновании функциональной части решают вопросы совершенствования действующей организационной структуры с учетом перераспределения функций и задач управления между ступенями управления, звеньями управления подразделений железнодорожного транспорта и вычислительным центром, а также вопросы совершенствования технологии принятия управленческих решений в условиях использования информационных технологий.

*Обеспечивающая* часть автоматизированных систем включает информационное, математическое, программное, техническое, лингвистическое и правовое обеспечение.

Функционирование АСУ базируется на использовании обширного состава технико-экономической информации. Эта информация предварительно должна быть упорядочена и приведена к виду, удобному для регистрации, сбора, передачи и автоматизированной обработки. Систематизация информации, определение состава унифицированных показателей, форм

входных и выходных документов, вопросы рациональной подготовки массивов данных входят в понятие «*информационное обеспечение*» АСУ.

Систематизация информации достигается применением единой системы классификации и кодирования информации, которая представляет собой правила распределения технико-экономической информации на отдельные классификационные группировки, правила присвоения этим группировкам и отдельным объектам классификации кодовых обозначений, а также собственно классификаторы (кодификаторы), т.е. своды наименований элементов технико-экономической информации и их кодовых обозначений. В АСУ применяют отраслевые и локальные классификаторы технико-экономической информации. Все классификаторы взаимоувязаны для автоматизированной обработки содержащейся в них информации.

В состав информационного обеспечения включают систему взаимосогласованных показателей, адекватно отображающих производственно-хозяйственную деятельность транспортных предприятий и объединений. Система показателей должна охватывать реализацию всех функций управления и быть направлена на стимулирование эффективности и качества труда, обеспечивать интегрированную обработку данных, рациональное использование электронной памяти системы.

Основным носителем информации в системах управления являются документы различных типов и назначений. В условиях АСУ требуется система документации, удобная для работников аппарата управления и приспособленная для автоматизированной обработки, ведения и хранения. Унифицированная система документации представляет собой рационально организованный комплекс взаимоувязанных документов, отвечающих единым правилам и содержащих информацию, необходимую для решения задач учета, планирования и управления.

Для удобства работы и эффективности использования технических средств в АСУ применяют единую систему подготовки информационных массивов всех видов технико-экономической информации независимо от характера решаемых задач и принадлежности информации к различным функциональным подсистемам, единые правила и методы организации массивов информации, их хранения, контроля, обновления, что обеспечивает эффективность использования информации в АСУ.

При разработке информационного обеспечения определяют основные принципы создания баз и банков данных, требования к их структуре и объему информации.

Прежде чем автоматизировать какую-либо технико-экономическую задачу, задача должна быть строго математически формализована, т.е. ее основные условия и взаимозависимости должны быть отображены в виде соответствующих математических соотношений. Совокупность экономико-математических моделей задач планирования, учета, управления, методов и



алгоритмов их решения на ЭВМ называют *математическим обеспечением АСУ*.

Вместе с тем автоматизированное решение какой-либо задачи возможно лишь после того, как будет разработана соответствующая прикладная программа, реализующая выбранный алгоритм решения задачи. Для автоматизации управления прохождением задач АСУ, а также для ускорения разработки и отладки программ применяют специализированный комплекс программ – операционные системы. Совокупность машинных программ для решения конкретных задач автоматизированных подсистем, а также программ, обеспечивающих функционирование комплекса технических средств АСУ, называют ее *программным обеспечением*.

Чтобы технико-экономическую информацию можно было использовать в АСУ, необходимо обеспечить ее регистрацию, сбор, предварительную подготовку, автоматизированную обработку и хранение. В транспортных автоматизированных системах объекты управления, как правило, удалены от центров управления на значительные расстояния, из-за чего большие потоки информации приходится передавать по каналам связи с использованием специальной аппаратуры.

Для обработки информации, кроме компьютера, нужен комплекс технических устройств для подготовки и ввода в нее информации, хранения данных, вывода, отображения и представления результативной информации работниками управления. Комплекс технических средств, предназначенных для реализации в автоматизированном режиме технологического процесса регистрации, сбора, передачи и обработки информации, называют *техническим обеспечением АСУ*.

Совокупность научно-технических терминов и других языковых средств, используемых при разработке информационных технологий, а также правил формализации естественного языка, включая методы сокращения и развертывания текстов, в целях повышения эффективности автоматизированной обработки информации называют *лингвистическим обеспечением АСУ*.

Правовые основы и нормативные акты, регламентирующие создание информационных систем; договорные отношения организации-разработчика и заказчика; правовой статус АСУ; правовое регулирование взаимоотношений ГВЦ и транспортных предприятий; нормативные акты функционирования АСУ называют *правовым обеспечением АСУ*.

При разработке комплексных информационных технологий встает вопрос включения в систему АСУ различных типов и разного функционального назначения. В процессе проектирования необходимо обеспечить их согласованность и возможность совместного функционирования, т.е. обеспечить их совместимость. Возможность взаимосогласованного функционирования АСУ разных уровней и различного функционального назначения достигается обеспечением их организационной, информационной, матема-

тической, программной, технической, лингвистической и правовой совместимости.

## 2.4 Составные части и функции системы управления транспортным предприятием

Система управления транспортным предприятием представляет собой совокупность специалистов управления, методов и техники управления, организационно объединенных для осуществления функций и операций управления по выполнению предприятием основной и вспомогательной деятельности (рисунок 2.9). Содержание управления включает организационную структуру и процесс управления, объединяющий функции и операции управления. Под *организационной структурой* транспортного предприятия понимают состав его подразделений, состав и взаимосвязи звеньев управления и специалистов управления. Подразделения в структуре управления выделяют по видам производственно-хозяйственной деятельности и характеру выполняемых функций управления.

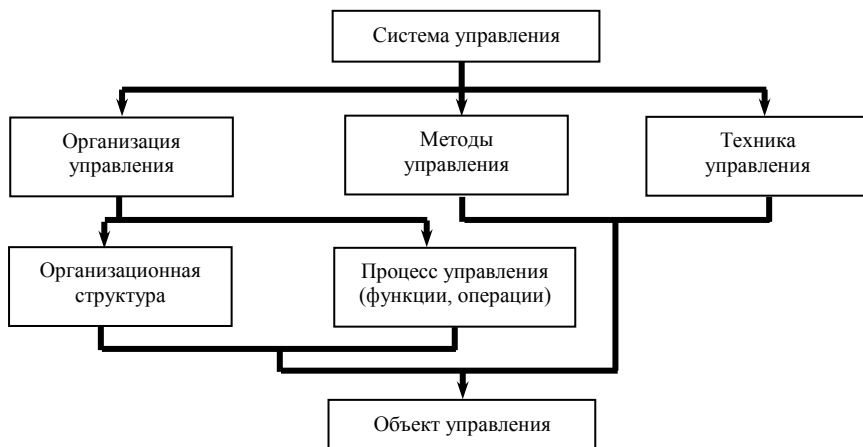


Рисунок 2.9 – Составные элементы системы управления

*Технологический процесс управления* транспортным предприятием представляет собой совокупность взаимосвязанных операций информационного, логического, вычислительного и организационного характера, осуществляемых по определенной технологии специалистами различными способами, приемами, методами, машинными системами и отдельными техническими средствами.

Процесс управления состоит из отдельных циклов, которые включают затраты времени на сбор данных, их обработку, принятие решения, передачу последнего на объект управления, организацию исполнения решения. Следовательно, чем меньше звеньев управления, чем меньше у них связей по вертикали и горизонтали, чем меньше требуется времени на цикл управления, тем оперативнее управление.

Содержание процесса управления проявляется в его функциях. Под *функцией управления* понимают составную часть управленческой деятельности, выделяемую по общности характера решаемых задач (либо по общности объекта управления). Все функции управления направлены на выполнение поставленных перед транспортными объединениями и предприятиями задач и достижение общей цели объекта управления. Различают функции органов управления и функции отдельных работников. Функции органов управления формируют в зависимости от особенностей производственной подсистемы, видов деятельности и структуры управляющей системы.

Разнообразие видов и сложность производственной деятельности транспортных предприятий обуславливают и многообразие функций управления. По содержанию процесса управления производственными социально-экономическими системами выделяют следующие основные функции.

*Руководство, координация* (высшие функции управленческой деятельности) – определение принципиальных направлений развития транспорта, его объединений и предприятий; выработка главных целей и задач функционирования транспортных предприятий; обоснование направлений научно-технического прогресса; разработка системы критериев для оценки эффективности развития и функционирования подчиненных предприятий; принятие управленческих решений по наиболее сложным производственно-хозяйственным и экономическим ситуациям и т.п. Данные функции относятся к высшему рангу управленческой деятельности и практически не поддаются математической формализации и алгоритмизации.

*Прогнозирование* – научное предвидение и определение основных направлений развития материально-технической базы и производственно-хозяйственной деятельности железнодорожного транспорта, его объединений, предприятий на основе выявления и учета внутренних и внешних связей, зависимостей, раскрытия тенденций развития и функционирования объекта управления. Оно включает разработку долго-, средне- и краткосрочных прогнозов развития и функционирования транспортных предприятий. Для целей прогнозирования применяют различные экономико-математические методы, которые поддаются алгоритмизации и реализации на компьютере.

*Планирование* заключается в определении эффективных путей выполнения директивных плановых заданий (т.е. заданий, установленных вышестоя-

ящим уровнем управления), достижения поставленных целей и задач производства при наименьших затратах трудовых, материальных и финансовых ресурсов. Намеченные пути решения поставленных задач получают конкретное отражение в планах и показателях производственно-хозяйственной деятельности объединений и предприятий железнодорожного транспорта. Народнохозяйственное планирование включает следующие планы: долгосрочный, пятилетний, годовой. В производственно-техническое планирование транспортных объединений и предприятий, кроме того, входит квартальное и месячное планирование. При планировании широко используют экономико-математические методы, в том числе оптимизационные, многовариантных обоснований, прямого счета или прямого счета с пофакторной корректировкой нормативов. Все эти методы могут быть алгоритмизированы и реализованы на ЭВМ. Средства вычислительной техники в условиях использования информационных технологий позволяют выбирать из множества вариантов плановых решений оптимальные или наиболее рациональные по установленным критериям оптимальности.

*Организация* представляет собой сложную функцию управления по обеспечению функционирования производственного процесса (в том числе по обеспечению плановых заданий, дисциплины, обеспечению качества продукции и т.п.), а также по обеспечению функционирования системы управления (организация управленческого процесса, соблюдение технологии обработки информации и принятия решений). В социально-экономических системах в функцию организации входят развитие активности и мобилизация трудовых коллективов на выполнение установленных планов и заданий.

*Учет* состоит в фиксации информации о ходе производственных процессов транспортных предприятий и объединений. При учете регистрируют, собирают и первично обрабатывают данные обо всех видах производственно-хозяйственной деятельности предприятий.

*Контроль* заключается в систематическом наблюдении и проверке всех сторон производственно-хозяйственной деятельности подразделений железнодорожного транспорта, а также в разработке и принятии мероприятий по устранению выявленных отклонений от установленных планом норм и показателей. В результате всестороннего, непрерывного, массового и ответственного учета и контроля аппарат управления получает объективную информацию о состоянии производственного процесса, необходимую для принятия решений по его оптимальному функционированию.

Учет и контроль являются средством обратной связи в системах управления транспортным процессом. Операции учета и контроля строго формализованы. Технические средства АСУ позволяют регистрировать и собирать информацию с минимальными трудовыми затратами.

*Анализ* представляет собой комплексное, органически взаимосвязанное изучение и выявление соответствия фактических показателей плановым значениям по различным видам производственно-хозяйственной деятельности. При анализе также изучается и обобщается влияние отдельных факторов на выполнение планов подразделениями железнодорожного транспорта. Анализ позволяет установить причины отклонений и определить зависимости между факторами, вызывающими эти причины, оценить выполнение плановых показателей в анализируемом периоде по сравнению с предшествующим. Глубина и обоснованность его зависят от полноты и достоверности собранной оперативной информации. В условиях функционирования АСУ для выполнения анализа можно применять более точные методы, может быть резко увеличен объем представляемой аппарату управления аналитической информации, что позволяет принимать более обоснованные управленческие решения.

*Регулирование* заключается в поддержании оптимального режима производственного процесса, принятии решений по ликвидации отклонений от заданного режима, проведении корректирующих мероприятий по устранению последствий воздействия на управляемый производственный процесс различных случайных факторов. Оно является важнейшей функцией управления, которая устраняет отрицательное влияние на транспортный процесс различных непредвиденных случайных возмущающих факторов, а также восстанавливает устойчивость транспортного процесса при возникновении различных сбойных ситуаций.

*Оперативное управление* представляет собой сложную функцию, осуществляемую аппаратом управления одновременно с ходом реального производственного процесса. Данная функция управления включает: оперативное прогнозирование, планирование, организацию, учет, контроль, анализ и регулирование транспортного процесса.

Реализация функций управления опирается на соответствующие организацию, технологию и технику управления. Для построения рациональной системы управления транспортным предприятиям выделяют функции управления по следующим основным видам производственно-хозяйственной деятельности: эксплуатационной, грузовой и коммерческой, финансово-экономической, техническому обеспечению, материально-техническому снабжению, организации и стимулированию труда, кадровой и административно-хозяйственной. Так как виды производственно-хозяйственной деятельности характеризуются совокупностью работ, часто выделяют управление соответствующим типом производственных работ. Например, в составе автоматизированной системы управления сортировочной станцией можно выделить управление по таким типам производственных работ: пропуск транзитных поездов без переработки, расформирование-формирование

поездов, составление поездной документации, обслуживание примыкающих грузовых фронтов и т.д.

Реализация функций управления достигается выполнением определенных видов управленческих работ, которые, в свою очередь, состоят из отдельных управленческих операций. В состав управленческих работ входят: распорядительные, организационные, контрольно-учетные, исполнительские. К распорядительным операциям относят решение, установление, рассмотрение, утверждение. Организационные работы включают операции: обеспечение, согласование, выяснение, консультирование. Контрольно-учетные работы состоят из операций контроля, учета и анализа, отчета. Исполнительские работы включают операции разработки, составления, исполнения.

Подобная классификация функций и операций управления позволяет раскрыть сущность управленческих процедур, принятия, согласования и реализации управленческих решений, обоснованно подходить к очередности их автоматизации в условиях АСУ. Все функции и операции управления по возможности и очередности их автоматизации неравнозначны и могут быть подразделены на 3 группы: 1-я группа – функции учета, контроля, анализа, простейшие расчетно-учетные операции, для которых имеются точные методы расчета и которые можно автоматизировать на первом этапе создания АСУ; 2-я группа – функции планирования, прогнозирования, регулирования, которые можно частично автоматизировать на первом этапе создания АСУ, но в основном как более сложные и трудоемкие для математической формализации – по мере накопления опыта решения на ЭВМ управленческих задач, совершенствования технических средств и развития АСУ; 3-я группа – функции руководства, координирования, организации, которые не удастся автоматизировать даже в отдаленной перспективе внедрения АСУ.

Из сказанного следует, что для железнодорожного транспорта в целом и отдельных его подразделений реальным является создание только автоматизированной (а не автоматической) человеко-машинной системы управления, в которой функции целесообразным образом распределены между человеком – специалистом управления, контролирующим решение задач в АСУ и принимающим сложные нетиповые решения, и техническими средствами АСУ, обеспечивающими регистрацию, сбор, передачу и обработку разнообразной технико-экономической информации для целей управления.

## **2.5 Методы управления и технология принятия управленческих решений**

Под *методами управления* понимают совокупность способов, приемов целенаправленного воздействия на работников и производственные коллек-

тивы в целом, обеспечивающих их эффективную деятельность в трудовом процессе (в том числе перевозочного и перегрузочного). Все применяемые на железнодорожном транспорте как социально-экономической системы методы управления по содержанию подразделяют на организационно-административные, экономические, социально-психологические, правовые и др.

*Организационно-административные* методы управления характеризуются прямым воздействием на объект управления и производственные коллективы, дают однозначное толкование соответствующей производственно-хозяйственной ситуации, принимают форму приказа, распоряжения, указания, которые являются обязательными для исполнителя.

*Экономические* методы управления основываются на использовании разнообразных стимулирующих факторов и обеспечении экономической заинтересованности коллективов и отдельных работников в достижении наилучших результатов производственно-хозяйственной деятельности. Экономическими рычагами воздействия на производственные коллективы являются себестоимость, прибыль, цена, заработная плата, фонды материального поощрения. Для коллективов предприятий создаются предпосылки решать поставленные задачи с большей эффективностью за счет лучшего использования производственных мощностей, реализации имеющихся резервов и т.д. Вследствие этого уменьшается необходимость административного вмешательства. Система экономических методов находит конкретное выражение в хозяйственном расчете транспортных объединений и предприятий. Значение экономических методов возрастает в связи с развитием хозяйственной реформы, повышением роли планирования как центрального звена.

*Социально-психологические* методы управления, а также методы, основанные на материальном и моральном стимулировании, позволяют формировать и направлять трудовую активность производственных работников и работников управления путем развития инициативы и творчества отдельных лиц, групп и коллективов. Сюда также относят организационную работу по развитию всех форм соревнования производственных коллективов, их звеньев и отдельных работников.

Кроме перечисленных, в отдельную группу выделяют *экономико-математические* методы: оптимального планирования, прогнозирования, математического моделирования, экономико-статистического анализа и др. С расширением области применения экономических и экономико-математических методов управления возрастают объемы технико-экономической информации, которую можно быстро, качественно обработать и своевременно представить аппарату управления. Эти методы с созданием АСУ получают для применения эффективную материально-техническую базу и

находят все более широкое распространение на транспорте и в других отраслях народного хозяйства.

Необходимо отметить, что в условиях использования информационных технологий только комплексное использование всех перечисленных методов управления может обеспечить достижение высоких результатов эффективной организации транспортного процесса.

Предметом труда работников управления является информация, а продуктом труда – принятое решение, т.е. новая синтезированная резульативная информация, для реализации которой требуется некоторая совокупность действий. Определенная совокупность операций процесса управления образует управленческий цикл. Независимо от вида решаемых задач длительность его складывается из времени на сбор, передачу, обработку информации, выработку и принятие решений, организацию реализации и контроля исполнения.

Управлять производственно-хозяйственной деятельностью транспортного предприятия, функционирующего непрерывно, невозможно без оперативных сведений о состоянии этой деятельности в каждый данный момент. Следовательно, информация является связующим звеном между органом и объектом управления в организационной системе. Обычно информация о транспортном процессе собирается дискретно через определенные, заранее установленные отрезки времени.

Процесс управления производственно-хозяйственной деятельностью объединений и предприятий состоит из информационных и организационных процедур. *Информационная процедура* – объективно сложившийся или запроектированный способ выполнения работниками управления комплекса операций по обработке информации. *Организационная процедура* – способ осуществления специалистами управления комплекса мероприятий по подготовке, принятию и реализации управленческого решения. К составной части процесса управления относят процедуру принятия управленческих решений, которая является наиболее сложным его элементом.

*Технология процесса принятия управленческих решений* применительно к транспортному предприятию состоит из следующих этапов:

- возникновения производственно-хозяйственной ситуации (иногда ее называют проблемной, сбойной, критической), требующей принятия решения органом управления; изучения проблемной ситуации и тенденций ее развития для принятия управленческого решения;

- целенаправленного сбора, систематизации и подготовки информации;
- формализации проблемной ситуации и разработки перечня возможных вариантов управленческих решений;

- выбора критериев оценки вариантов возможных решений и метода расчета;



- проведения необходимых расчетов и выбора оптимального управленческого решения; организации выполнения принятого решения;
- контроля исполнения принятого решения; оценки эффективности реализованного решения.

Рассмотрим указанную технологию процесса принятия решения по этапам. В связи с влиянием на транспортный процесс большого числа случайных факторов часто возникают проблемные производственно-хозяйственные ситуации, требующие принятия решения органом управления. Под проблемной ситуацией понимают сложившуюся эксплуатационную обстановку, которая по параметрам значительно отличается от параметров запланированной работы. Такая обстановка создается в условиях варьирования грузопотоков, нарушения графика движения, изменения порядка обработки составов в парках станции и т.п.

При изучении проблемной ситуации знакомятся с сущностью возникающего отклонения от нормального хода транспортного процесса, выявляют тенденции развития проблемной ситуации, устанавливают срочность ее решения.

На этапе целенаправленного сбора информации и ее подготовки выясняют: где, когда, по каким причинам возникла проблемная ситуация. Определяют и анализируют факторы, приведшие к возникновению сбойной ситуации. Оценивают степень отклонения основных параметров транспортно-го процесса от запланированных.

Результаты работы по выяснению условий возникновения проблемной ситуации и сбору необходимой информации позволяют приступить к экономико-математической формализации сложившейся ситуации. При этом формируют задачу, намечают возможные варианты для принятия ее решений. При выборе критериев для оценки вариантов решений учитывают конкретную производственно-хозяйственную обстановку, главные цели и задачи, которые необходимо обеспечить предприятию на данном этапе: обеспечение максимальной провозной способности железнодорожного направления, восстановление ритма работы станции, ускорение оборота подвижного состава, максимальное использование грузоподъемности вагонов, сокращение простоев на станции и т.д.

Метод решения задачи выбирают в зависимости от ее содержания, вида, определяющих задачу экономико-математических соотношении, степени достоверности исходных данных. Оптимальное управленческое решение можно доказать методами прямого счета, многовариантных обоснований, экономико-математических (включая методы математического программирования, теории массового обслуживания, математической статистики и т.п.). Следует отметить, что с учетом сложности проблемных ситуаций, трудностей их математической формализации важное значение при выборе оптимального управленческого решения на данном этапе имеют накоплен-

ный практический опыт и интуиция работников управления. Этап заканчивается расчетом и принятием решения, которое оформляют приказом, распоряжением в документальной или устной форме.

Организация выполнения принятого решения включает доведение решения до исполнителей, выделение необходимых ресурсов и мобилизацию производственных коллективов для его осуществления. При контроле устанавливают фактическую реализацию принятого управленческого решения. Оценка эффективности принятого решения позволяет определить его правильность, накопить и обобщить опыт выработки рациональных управленческих решений.

Необходимо отметить, что на железнодорожном транспорте при управлении работой отделениями и станциями часто возникают производственные ситуации, к которым применимы типовые управленческие решения. Выяснение подобных ситуаций и обеспечение работников системой типовых решений позволяют упростить управление, облегчить труд работников управления без ущерба качеству принимаемых решений.

Для принятия решения необходимы сбор, своевременные передача и обработка первичных данных. Выполнение расчетов по обоснованию оптимального варианта управленческого решения связано с большими затратами труда и времени. Для ускорения сбора, передачи и обработки информации следует использовать весь арсенал технических средств АСУ.

В условиях АСУ принятие решений сопровождается выполнением дополнительных операций, которые не характерны для ручных способов сбора и обработки информации и выбора управленческого решения. К таким операциям относят: кодирование информации, автоматизированные расчеты по заранее разработанным прикладным программам и т.д. Высокая производительность технических средств для сбора, передачи и обработки информации позволяет в условиях использования информационных технологий создать благоприятные предпосылки для широкого использования наиболее эффективных методов управления, сокращения времени на принятие управленческих решений и повышения их эффективности.

## 3 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 3.1 Характеристика информационного обеспечения

Совокупность единой системы классификации и кодирования технико-экономической информации, унифицированных систем документации (УСД) и взаимосогласованных показателей, а также массивов технико-экономической информации, методов их организации, хранения и контроля представляет собой *информационное обеспечение*. Это одна из важнейших частей АСУ.

При разработке вопросов информационного обеспечения определяют виды и содержание информации, обрабатываемой с помощью технических средств АСУ и выдаваемой аппарату управления, а также систему взаимосвязанных показателей производственно-хозяйственной и финансовой деятельности предприятий; обосновывают систему кодирования и структуру классификаторов используемой технико-экономической информации, способы ее передачи, сроки и периодичность поступления в ВЦ; выбирают типы машинных носителей информации; разрабатывают структуру размещения входной и промежуточной информации, методы контроля достоверности информации, порядок ее хранения, поиска и внесения изменений; устанавливают информационные связи внутри решаемых задач и проектируемых подсистем по входной и промежуточной информации.

Под термином *технико-экономическая информация* понимают различные сведения, выраженные в определенном заданном виде и используемые для расчетов при планировании, прогнозировании, учете, контроле, оперативном управлении, а также при проектировании, производстве и эксплуатации систем. В информационном обеспечении АСУ выделяют *состав информации*, т.е. перечень информационных единиц или их совокупностей (показателей, констант, переменных, документов, других данных, необходимых для решения задач АСУ); *структуру информации и закономерности ее преобразования*, т.е. правила построения показателей, документов, преобразования информационных единиц; *характеристики движения информации*, т.е. количественные оценки потоков информации (объем, интенсивность, маршруты документов, схемы получения первичных данных, продолжительность хранения информации, сроки обновления данных); *характеристики качества информации*, т.е. систему количественных оце-

нок полезности, полноты, своевременности, достоверности информации); *способы преобразования информации*, т.е. методы сбора, передачи информации, методики расчета показателей, подготовки рабочих массивов информации.

Используемая в АСУ информация может быть представлена либо в форме документов (первичных, накопительных, плановых, справочных и т.д.), либо в виде массивов на электронных носителях.

Технико-экономическую информацию, используемую в АСУ, классифицируют по способу использования в процессах управления, стабильности, отношению к ВЦ, виду, способу отображения, периодичности.

По *способу использования* в процессах управления информацию делят на нормативно-справочную, директивно-плановую, оперативно-производственную, учетно-отчетную, аналитическую, конструкторско-технологическую и др. Нормативно-справочная информация включает массивы, содержащие нормативы функционирования транспортного процесса (грузоподъемность вагонов, расхода топлива и электроэнергии локомотивами, нормы времени на выполнение технологических операций и т.д.) и справочные данные (коды ЕСП, их характеристику, номенклатуру перевозимых грузов, таблицы расстояний, различные константы и т.п.). К директивно-плановой информации относят документы, содержащие плановые показатели по всем видам производственно-хозяйственной деятельности предприятия: объемные показатели перевозок, выпуска продукции, финансовые показатели, показатели по труду и заработной плате, объему капитальных вложений, данные о потребности в материальных ресурсах и т.п. Оперативно-производственная информация характеризует производственно-хозяйственную деятельность предприятия и его финансовое состояние за определенный промежуток времени (сутки, декаду, месяц). Эту информацию следует быстро получать и обрабатывать. К учетно-отчетной информации относят показатели, которые характеризуют результаты фактической деятельности предприятий и выполнение планов по перевозкам, прибыли, труду и др. Аналитическая информация содержит данные о фактическом ходе транспортного процесса и выполнении перевозок по сравнению с плановыми заданиями, данные об использовании технических средств в сравнении с установленными нормативами, сведения о применении фонда заработной платы на 1 у.е. готовой продукции, данные о расходах на содержание административно-управленческого аппарата, использовании рабочего времени и т.д. Конструкторско-технологическая информация включает сведения о конструктивных характеристиках объектов, параметрах различных технологических процессов и т.д.

Кроме того, информация бывает научно-техническая, служебная, специальная и др.

На основе классификационного признака «*стабильность*» информацию делят на переменную, условно-постоянную и постоянную. К переменной информации относят документы, массивы, в которых содержатся показатели, отражающие функционирование транспортного процесса и изменяющиеся во времени, например сведения о дислокации вагонного парка, состоянии парков и путей станции и т.п. Документы, содержащие показатели, которые изменяются периодически и действительны лишь в течение определенного промежутка времени (месяца, квартала, года), относят к условно-постоянной информации. Постоянная информация не меняется в течение больших промежутков времени (например, дорога приписки вагона, депо приписки локомотива, наименование станций и т.п.).

По отношению к вычислительному центру (ВЦ) информацию подразделяют на входную, поступающую от различных источников; промежуточную, получаемую в результате обработки входной информации на ЭВМ (эту информацию можно использовать для решения смежных задач данной подсистемы или других подсистем), и выходную, выдаваемую различным потребителям либо в форме готовых документов, либо в виде машинных носителей.

Информацию по *виду* делят на первичную, которую оформляют, как правило, на месте протекания того или иного процесса, свершения того или иного события, и производную, которую получают при обработке на ЭВМ первичной информации.

По способу отображения информация бывает текстовая, графическая, предметно-визуальная. Текстовую информацию подразделяют на алфавитную, цифровую и алфавитно-цифровую. Графическую информацию изображают на чертежах, мнемосхемах, а предметно-визуальную – в виде телевизионного изображения и на фотоснимках.

При разработке рационального технологического процесса обработки данных в АСУ важное значение имеет классификация информации по **периодичности** (пятилетняя, годовая, квартальная, месячная, декадная, пятидневная, ежедневная, часовая и т.д.).

Для определения объемов технико-экономической информации применяют различные показатели: число бит, знаков (символов) информации, число реквизитов, документов и др.

### 3.2 Фазы преобразования информации в АСУ

Основой функционирования автоматизированной системы управления является информационный процесс, характеризующийся определенными фазами преобразования информации, основные из которых нашли отражение в подсистемах комплекса технических средств.

Среди фаз обращения информации следует отметить, прежде всего, *фазу подготовки информации*. Подготовка информации может осуществляться вручную, машинным способом, с использованием различных видов носителей. Для увеличения быстродействия целесообразно осуществлять этап подготовки, используя либо машинные носители информации, либо такие сигналы, которые способны передаваться непосредственно от источника в канал связи. На этапе подготовки информация, снимаемая с объекта управления или подготовленная в результате действий оператора, заносится в некоторый носитель по определенному правилу и далее включается в информационный процесс. Другой фазой является *регистрация информации*, осуществляемая с целью образования документа, в котором информация дана в формализованном виде. Этот документ может храниться и использоваться при последующем управлении.

Следующими фазами преобразования являются *сбор и передача информации*. Сбор информации обычно осуществляется с территориально разнесенных точек объекта управления, например, в пределах станции, грузового двора, а также и с более отдаленных объектов (железнодорожных участков). Сбор информации нередко неразрывно связан с передачей информации, которая состоит в переносе информации на значительные расстояния посредством дополнительного преобразования исходных сообщений в сигналы, способные по своим физическим свойствам передаваться по выбранным каналам связи. При передаче информации формируются дополнительные сигналы, а поэтому на приемной стороне должны использоваться специальные средства, осуществляющие выявление сигналов по определенным алгоритмам.

Информация, передаваемая по каналам, в дальнейшем используется при принятии решения, поэтому она должна быть обработана. *Обработка информации* в АСУ производится с помощью ЭВМ, где централизуются функции обработки, и на основе отдельных моделей ситуации человеком с помощью детерминированных или неформализованных способов осуществляется принятие решения. При этом информация подвергается цифровым и аналоговым преобразованиям. В процессе обработки возможны промежуточные этапы *хранения информации* с использованием оперативных и долговременных запоминающих устройств, построенных на различных технических средствах. На этапе хранения информации возникает весьма серьезная задача *систематизации* имеющейся информации. Из информации формируется набор данных, создается банк данных. В итоге возникают проблемы создания информационных массивов, а также поиска и организации информационных массивов таким образом, чтобы обеспечить заданное быстродействие при записи и выводе информации из массива.

Поскольку выработка управляющих воздействий немислима без дальнейшего использования информации в контуре управления, то важной за-

дачей является *вывод информации* в соответствующем виде и ее *воспроизведение*. Воспроизведение информации требуется, прежде всего, тогда, когда в информационном процессе активное участие принимает человек и ему необходимо получить качественные и количественные характеристики выходной информации в наглядной форме. Для этого используются специальные технические средства цифрового и графического характера, а также экраны с различного типа мнемосхемами, индикаторами и т.д., которые способны воздействовать на органы чувств человека. Кроме того, информация может быть выдана в виде документов, которые далее используются в АСУ организационно-экономического характера. Отдельные данные из управляющей вычислительной машины с помощью цифроаналоговых преобразователей могут выдаваться непосредственно в виде электрических сигналов, которые осуществляют либо регулирующие, либо управляющие, либо защитные действия и тем самым корректируют технологический процесс.

В качестве объекта управления может выступать как производство, так и отдельный технологический процесс. При этом, с одной стороны, объект управления является источником информации, а с другой – ее потребителем, т.е. информационная система является замкнутой, в которой имеют место внутренние и внешние возмущающие воздействия.

Наряду с крупными этапами или фазами преобразования информации существуют более мелкие операции, связанные с отдельными воздействиями на информацию для получения каких-то данных по заранее известным алгоритмам. Сюда можно отнести такую дополнительную операцию, как *классификация*. Классификация оказывается необходимой в ряде случаев, например, при хранении информации, когда данные, накапливаемые случайным образом, должны храниться в форме, удобной для последующего их извлечения. При этом выбираются определенные классификационные признаки, которые вносятся в саму информацию и хранятся вместе с основной информацией. Весьма существенной операцией является синтез. Данная операция необходима в случае, когда требуется объединить отдельные составляющие данные по одному и тому же вопросу в совокупность данных для получения единого логически связанного слова.

Независимо от фазы преобразования информации каждый вид ее обладает определенными характеристиками, среди которых полезно выделить связанные с функционированием АСУ следующие характеристики:

1 *Цель информации*. Под целью информации можно понимать назначение процесса информирования, выработку и применение решения, выдачу команд и т.д.

2 *Способ передачи и формат информации*. Следует отметить, что формат информации бывает различным в смысле приемлемости по отношению к человеку и машине. Целесообразно при этом, чтобы человек полу-

чал большую часть информации в виде документа, где записан и систематизирован материал. При этом документ может предоставляться как в бумажном, так и в электронном виде.

3 *Избыточность информации.* При подготовке информации возникает определенная избыточность, связанная с периодичностью ввода информации, особенно при вводе отдельных точек непрерывной величины. Избыточность может иметь и источник дискретной информации, когда отдельные выдаваемые сообщения взаимно зависимы. Наличие исходной избыточности уменьшает быстродействие системы, увеличивает форматы сообщений, и поэтому одна из задач, которую приходится решать, – это устранение первичной избыточности в информации. Вместе с тем в фазе передачи информации избыточность является средством, полезным для борьбы с внешними возмущающими воздействиями (помехами), и при правильном выборе уровня вводимой избыточности и алгоритма построения сигнала в канале связи получаем повышение достоверности передачи информации по каналу.

4 *Время преобразования информации* является одной из основных характеристик функционирования комплекса технических средств. Оно зависит как от формата информации, который определяется свойствами технических средств, так и от алгоритма управления информационными потоками в информационной сети АСУ. В целом возникают временные задержки, которые вызывают старение информации и снижение ее ценности, если информация используется в системе оперативного управления производством. В связи с этим быстродействие есть одна из важнейших характеристик подсистем комплекса технических средств АСУ.

5 *Периодичность появления информации* зависит непосредственно от конкретной функциональной подсистемы, по которой вводится информация. Периодичность может изменяться, при этом существуют информация, которая должна обрабатываться в реальном масштабе времени, а также информация, которая может обрабатываться спустя значительный отрезок времени после ее возникновения, что особенно характерно для подсистем перспективного планирования, технической подготовки производства и др.

6 *Верность информации* – одна из основных характеристик информации на любой фазе ее преобразования. В зависимости от верности информации определяется степень доверия к информации в процессе принятия решения, и верностью исходных данных определяется эффективность функционирования АСУ. Поэтому подготовка информации, точно отражающей конкретный производственный процесс, является одним из актуальных вопросов при проектировании самой системы. Вместе с тем построение комплекса технических средств АСУ, а также математического и информационного обеспечения в значительной степени осуществляется с учетом требований верности информации при функционировании АСУ.



Таким образом, наличие многих фаз преобразования информации и отдельных операций по преобразованию на каждой фазе вызывает появление различных форм представления информации в машине и для человека-оператора, но во всех случаях информация должна поставляться верной и своевременной).

### 3.3 Основные системы классификации

В процессе функционирования информационных систем для учета, планирования и управления применяют разнообразную технико-экономическую информацию. Для удобства пользования и создания условий эффективной обработки данных на ЭВМ информацию классифицируют и кодируют.

Один из важных вопросов при разработке информационного обеспечения АСУ – выбор оптимальных систем классификации и кодирования информации, наиболее полно отвечающих удобству и эффективности решения задач в АСУ.

Под термином «классификация» понимают результат упорядоченного распределения каких-либо объектов заданного множества информации. *Системой классификации* называют совокупность правил распределений заданного множества на подмножества в соответствии с установленными признаками сходства или различия объектов. Процесс распределения заданного множества объектов на подмножества согласно принятой системе классификации называют классифицированием. Чтобы распределить данное множество объектов на подмножества, выделяют признаки классификации, т.е. свойства (характеристики) объекта классификации, позволяющие установить его сходство или различие с другими объектами. Получаемые в результате классификации подмножества, объединяющие часть объектов классификации по одному или нескольким признакам, предусмотренным системой классификации, называют *классификационными группировками*. В разных системах классификации классификационным группировкам присваивают различные наименования, например классы, подклассы, группы, подгруппы, виды, подвиды, типы и т.д. Признак, по которому множества делят на классификационные группировки при классифицировании, называют *основанием деления*, результат очередного распределения объектов одной классификационной группировки по выбранному основанию деления – *ступенью классификации*.

В ходе развития информационных систем при увеличении числа функционирующих подсистем, усилении информационных связей между подсистемами и в ряде других случаев возникает необходимость внесения изменений в принятую ранее классификацию объектов. Процесс перерас-

пределения объектов классификации по классификационным группировкам и изменение последних в связи с перестройкой системы классификации называют *реклассифицированием*.

Выбранная система классификации служит базой для кодирования технико-экономической информации. Под *системой кодирования* информации понимают совокупность правил, определяющих систему знаков и порядок их использования для обозначения объектов классификации и классификационных группировок. Обозначение объекта знаком или группой их по правилам, установленным данной системой кодирования, называют *кодом объекта*, а процесс присвоения кодового обозначения объекту – *кодированием*. Цель кодирования состоит в том, чтобы представить технико-экономическую информацию в более компактном и удобном виде при записи данных на документе, машинном носителе, при передаче информации по каналам связи и ее обработке на ЭВМ. Знаки, используемые для формирования кодового обозначения, называют *алфавитом кода*. В качестве его чаще всего используют цифры, буквы, цвета. При этом говорят о цифровом, буквенном, цветовом алфавите кода. Если алфавит кода объекта состоит из разнородных знаков, алфавит называют смешанным. Примером смешанного алфавита кода является буквенно-цифровой.

Число знаков алфавита кода называют *основанием кода*, а число знаков в кодовом обозначении – *длиной кодового обозначения* (длиной кода). Порядок расположения знаков в кодовом обозначении данной системы кодирования определяет структуру кодового обозначения. Однозначное определение объекта с помощью кодового обозначения называют *идентификацией объекта*. *Разрядом кода* называют место знака в кодовом обозначении. Старший разряд кода – это место знака в кодовом обозначении, соответствующее наивысшей классификационной группировке или первому слева разряду кода. При проверке правильности записи кодового обозначения используют разряд кода, который называют *контрольным*.

На основании классификации и кодирования информации получают систематизированный свод наименований группировок, объектов, признаков и их кодовых обозначений, называемый *классификатором* (кодификатором). Процесс поддержания классификатора в рабочем состоянии, отражающем его изменение на данный период времени, называют *ведением классификатора*. Для его ведения создают систему ведения – организационную структуру взаимодействия соответствующих органов и служб.

Использование ЭВМ в АСУ было бы невозможным без единой системы кодирования (нумерации) подвижного состава, станций, отделений, дорог, грузов, диспетчерских участков, поездов, грузоотправителей и грузополучателей. Система кодирования имеет принципиальное значение для широкого использования ЭВМ на всех уровнях управления перевозочным процессом. Работа по идентификации объектов транспорта (однозначному определению

нию, распознаванию в АСУ) направлена на дальнейшую унификацию, повышение надежности однозначного распознавания и защиту в процессе передачи и переработки машинно-ориентированных кодов от помех документов и реквизитов на эти документы, создание в перспективе бездокументной технологии перевозочного процесса.

К системам классификации технико-экономической информации предъявляют следующие основные требования:

- обеспечение решения всего комплекса задач, реализуемых в АСУ;
- достижение информационной совместимости подсистем разных уровней управления;
- достаточная емкость классификатора и экономически оправданная глубина классификации;
- гибкость, позволяющая увеличивать множество классифицируемых объектов, группировок и признаков, а также вносить необходимые изменения без существенного нарушения структуры классификации;
- возможность сопряжения с другими классификациями однородных объектов;
- согласованность с алгоритмами переработки информации средствами вычислительной техники;
- простота ведения классификатора и возможность автоматизации процесса ведения.

При разработке информационного обеспечения транспортных систем используют *иерархическую, фасетную и смешанную* системы классификации.

Под *иерархической* понимают такую систему классификации, между классификационными группировками которой установлено отношение подчинения (иерархии). Ее строят по такому принципу. Исходное множество объектов классификации делят вначале по некоторому выбранному признаку на крупные группировки; затем каждую группировку согласно выбранному основанию деления расчленяют на ряд последующих мелких группировок с большей конкретизацией признаков и свойств объектов (рисунок 3.1). При иерархической системе классификации исходное множество объектов классификации  $M$  вначале (на I ступени) делят на классы  $M_1, M_2, \dots, M_k$ . Эти классы на II ступени делят соответственно на подклассы  $M_{11}, M_{12}, \dots, M_{1r}, \dots, M_{k1}, \dots, M_{kr}$  которые, в свою очередь, на III ступени – на группы и т.д.

Под ступенью классификации понимают результат очередного распределения объектов одной классификационной группировки. Количество ступеней классификации устанавливают в зависимости от числа признаков, которые следует выделить у множества объектов, и степени необходимой конкретизации свойств объектов, чтобы обеспечить решение соответствующих задач АСУ.

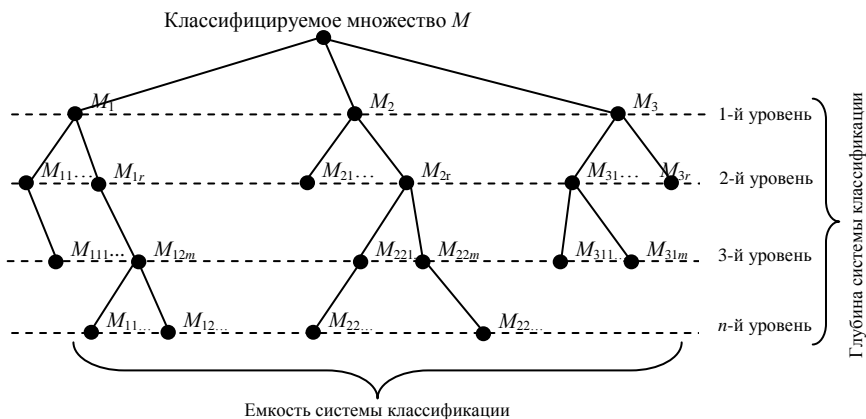


Рисунок 3.1 – Графическое изображение иерархической системы классификации

Совокупность классификационных группировок, расположенных на одних и тех же ступенях, определяет *уровень классификации*, число образованных уровней классификации – *глубину системы классификации*, а наибольшее число возможных классификационных группировок – ее *емкость*. Таким образом, емкость системы классификации зависит от глубины классификации и числа образованных на каждой ступени классификационных группировок. Как правило, наибольшее число последующих группировок, на которое можно делить предыдущую группировку на каждой ступени классификации, устанавливают постоянным либо для всей классификации, либо для данного уровня.

При использовании иерархической системы классификации для отнесения конкретного объекта классификации на каждой ступени только к одной классификационной группировке нужно соблюдать следующие основные правила:

- каждую группировку делить только по одному основанию;
- получаемые на каждой ступени классификации группировки не должны повторяться;
- множество на группировки расчленять так, чтобы на каждой ступени сумма подмножеств составляла делимое множество.

Необходимо уделять внимание выбору системы признаков, применяемых в качестве основания деления, и порядку следования признаков. Состав и последовательность признаков выбирают в зависимости от характера технико-экономической информации и набора конкретных технико-экономических задач, для которых создают данную систему классифи-

кации. Например, в информации об органах управления, территориально-административном делении и т.п. последовательность определяющих признаков классификации соответствует иерархической подчиненности объектов. В информации с независимыми классификационными признаками (технологическая и снабженческая информация, данные о продукции, кадрах и т.п.) рекомендуется присваивать высшие уровни классификации тем признакам объектов, к которым наиболее часто обращаются при обработке информации в АСУ.

Преимущества иерархической системы классификации – наглядность, привычность, хорошая приспособленность для ручной обработки, большая информативность кодового обозначения. Основной недостаток ее – жесткость структуры, обусловленная фиксированностью признаков и порядком их следования, из-за чего изменение хотя бы одного признака ведет к перераспределению классификационных группировок. Поэтому в классификаторах, построенных по иерархической системе, надо предусматривать значительные резервы емкости. Кроме того, иерархическая система классификации не позволяет агрегировать объекты по любому, заранее не намеченному произвольному сочетанию признаков. При ней затрудняется машинная обработка информации из-за нестандартного распределения и следования признаков.

Некоторые из перечисленных недостатков устраняются при фасетной системе классификации. При ее использовании классифицируемое множество объектов делят на независимые группировки по определенным признакам или их совокупностям. Под *фасетом* понимают аспект (признак) классификации, употребляемый при образовании независимых классификационных группировок. У исходного множества объектов классификации  $M$  при фасетной системе классификации выделяют набор признаков, которые являются существенными и необходимыми для решения данного набора задач в АСУ. Выделенные признаки формируются в параллельные независимые фасеты (рисунок 3.2). Очередность следования фасетов определяется либо в иерархической последовательности, либо в порядке простого перечисления, что обуславливает структурную формулу классификации. Группа объектов, имеющая конкретный набор признаков (фасетов), образует соответствующую классификационную группировку. Показанное на рисунке 3.2 исходное множество объектов классификации  $M$  может по определенному сочетанию фасетов образовать независимые группировки.

При построении фасетной системы классификации соблюдаются следующие основные правила: признаки, используемые в различных фасетах, не должны повторяться; из всевозможных признаков, характеризующих множество объектов классификации, отбирают и фиксируют только нужные для решения конкретных технико-экономических задач.

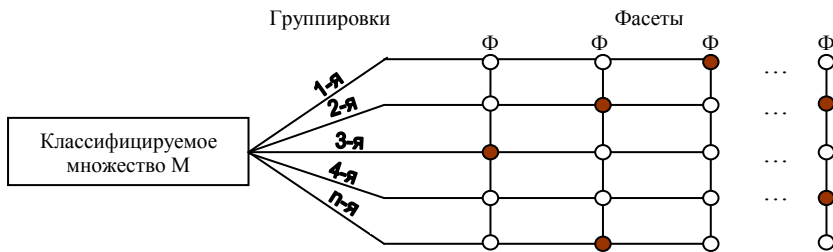


Рисунок 3.2 – Схема фасетной системы классификации

Для фасетной системы классификации характерны: четкость выделения существенных признаков объектов, наглядность получения классификационных группировок, большая информативность кодов. Она хорошо приспособлена к машинной обработке информации, позволяет выбирать и сортировать информацию по определенным значениям фасетов, агрегировать объекты по любому произвольному сочетанию фасетов. Недостатки фасетной системы – необычность восприятия кодовых обозначений, большая трудоемкость написания кодов вручную и сложность ее обработки при этом.

Иерархическую и фасетную системы классификации отдельно применяют редко. Наиболее эффективны смешанные системы классификации, когда одна часть структурной формулы объектов классификации формируется по фасетной системе, другая – по иерархической. При этом в наибольшей степени удастся реализовать взаимные преимущества обеих систем.

### 3.4 Системы кодирования технико-экономической информации

Системы кодирования технико-экономической информации должны обеспечивать решение двух основных задач: однозначно идентифицировать каждый объект кодируемого множества и давать наибольшую информацию о признаках или свойствах объекта. В системах кодирования в качестве алфавита кода рекомендуют применять десятичные цифры и буквы русского либо латинского алфавита. Это позволяет использовать его как при машинной обработке информации, так и при обработке последней вручную.

Системы кодирования должны обеспечивать:

– по возможности наименьшую длину кодового обозначения объектов с простой и четкой структурой (это упрощает заполнение документов, облегчает проверку записей, уменьшает число возможных ошибок, сокращает объем потребной машинной памяти и время обработки информации);

– иметь достаточный резерв незанятых кодовых обозначений (это позволяет кодировать новые объекты и группировки без нарушения структуры классификатора);

– гарантировать максимальную автоматизацию процессов сбора, передачи и обработки технико-экономической информации;

– предусматривать автоматический контроль правильности записи кода дополнением кодового обозначения контрольным разрядом;

– обеспечивать автоматизированный переход к международным классификаторам при использовании отраслевых локальных классификаторов.

Разработаны и применяют четыре относительно самостоятельные системы кодирования технико-экономической информации. В двух из них используют порядковое перечисление. Такие системы называют *регистрационными* (порядковая и серийно-порядковая), другие основаны на предварительной классификации и их называют *классификационными* (последовательная и параллельная).

Наиболее простыми являются регистрационные системы кодирования, в частности *сквозная порядковая*, когда каждый из объектов классифицируемого множества кодируется текущим номером. Эта система кодирования наиболее пригодна для идентификации, приводит к коротким кодовым обозначениям.

Для удобства обработки информации чаще используют равномерный код, в котором число разрядов в каждом кодовом обозначении одинаково. Например, в основу разработки классификатора отделений Белорусской железной дороги положена порядковая система классификации:

НОД 1	Минское отделение
НОД 2	Барановичское отделение
НОД 3	Брестское отделение
НОД 4	Гомельское отделение
НОД 5	Могилевское отделение
НОД 6	Витебское отделение

Недостатки порядковой системы: отсутствие в коде какой-либо информации об объекте и сложность автоматической обработки информации при получении суммарных итогов по группе объектов. Поэтому данную систему можно рекомендовать только для кодирования небольших массивов объектов с одним классифицируемым признаком.

*Серийно-порядковая* регистрационная система кодирования бывает развитой порядковой и основанной на сочетании иерархической системы классификации с порядковой системой кодирования. Кодированное множество объектов при серийно-порядковой системе предварительно расчленяется на отдельные классифицируемые группы; каждой из групп выделяются серии номеров для обозначения входящих в них объектов. Шаг серии номеров может быть постоянным или переменным:

Коды 01-10	...	Станции первого железнодорожного участка
Коды 11-20	...	Станции второго железнодорожного участка
Коды 51-60	...	Станции третьего железнодорожного участка

Подобная система кодирования станций участков удобна при решении на ЭВМ различных эксплуатационных задач, в которых, например, необходимо относить на конкретные подразделения показатели выполненной транспортной работы и т.п.

Коды объектам в развитой порядковой системе кодирования присваивают в регистрационном порядке в пределах выделенных серий номеров. Данную систему кодирования рекомендуют для идентификации объектов, имеющих 2 и более классифицируемых признака. В серийно-порядковой системе, основанной на сочетании иерархической системы классификации с порядковой системой кодирования, ведущий классифицируемый признак выделяется в отдельный разряд или группу разрядов: дальнейшая регистрация осуществляется в пределах выделенной серии номеров. Подобная система, например, была использована при разработке классификатора грузов, перевозимых железнодорожным транспортом:

Коды	(I ступень)	1.0001-1.0800	...	Продукция сельского хозяйства
...	(II ступень)	1.0001-1.0070	...	Различные виды зерна
...	(II ступень)	1.0071-1.0130	...	Семена различных культур
...	(II ступень)	1.0131-1.0150	...	Хлопок различных сортов
...	(I ступень)	2.0001-2.0400	...	Продукция лесной и деревообрабатывающей промышленности
...	(II ступень)	2.0001-2.0050	...	Древесина необработанная
...	(II ступень)	2.0051-2.0090	...	Пиломатериалы

Рассматриваемая подсистема кодирования может быть применена для объектов, имеющих любое число классификационных признаков, и должна соответствовать иерархической системе классификации с последовательной системой кодирования. При этом отдельные группы кодируются не по классификационным признакам, а в регистрационном порядке.

Классификационные системы кодирования подразделяют на параллельную и последовательную. *Последовательная* система кодирования



соответствует иерархической системе классификации. При использовании ее код нижестоящей группировки образуется добавлением соответствующих разрядов к коду вышестоящей группировки. В качестве примера приводим кодовое обозначение станции.

Классифицируемые признаки	Разряды кодового обозначения		
	15	000	0
Номер сетевого района	↑ ✕		
Номер станции в сетевом районе		↑ ✕	
Контрольный знак			↑ ✕

При последовательной системе кодирования значение признака (в виде цифры или буквы), записанного на определенном разряде кодового обозначения, определяется (зависит) значением признака, записанных на предыдущих разрядах кодового обозначения. Эта система кодирования имеет логичное построение, обеспечивает большую информативность кода. Недостатки ее – большая длина и сложная структура кодового обозначения объектов. Из-за недостаточной гибкости последовательную систему кодирования применяют в тех случаях, когда технико-экономическая информация в течение длительного времени меняется незначительно. *Параллельная* система кодирования соответствует фасетной системе классификации. Для обозначения отдельного фасета выделяют определенный разряд или группу разрядов кодового обозначения.

При использовании параллельной системы кодирования в отличие от последовательной значение признака, записанного на любом разряде кодового обозначения, не зависит от значений признаков, записанных на других разрядах. При данной системе кодирования по конкретному кодовому обозначению можно установить, набор каких признаков характеризует рассматриваемый объект. Параллельная система кодирования приспособлена для машинной обработки и решения различных технико-экономических задач. Блочное построение кода по фасетам упрощает его стандартизацию. Недостатки ее – меньшие по сравнению с последовательной системой кодирования информативность кодов и емкость классификаторов.

Рассмотренные системы кодирования самостоятельно применяют редко. Чтобы использовать их преимущества и исключить недостатки при разработке классификаторов, обычно применяют различные сочетания этих систем кодирования. Рациональную систему кодирования выбирают из условий наибольшей эффективности обработки информации с применением технических средств АСУ, учетом состава и взаимосвязей решаемых задач, характера кодируемого множества объектов. При этом выби-

рают также структурные характеристики кода. После выбора систем классификации и кодирования разрабатывают классификаторы информации. При этом формулируют цели создания классификаторов, четко определяют объекты классификации, обосновывают применяемую систему классификации и кодирования, устанавливают ступени АСУ и вышестоящие уровни управления, для которых обязательно использование классификатора, намечают этапы внедрения классификатора при разработке и эксплуатации подсистем АСУ.

Во время разработки информационных систем применяют следующие группы классификаторов технико-экономической информации: отраслевые, выделенных ступеней, локальные, используемые при функционировании отдельных подсистем комплексов задач и отдельных задач. Кроме того, на железнодорожном транспорте применяются классификаторы, разработанные на смежных видах транспорта: классификаторы грузовых судов, морских портов, автомобилей и др.

### **3.5 Кодирование объектов на железнодорожном транспорте**

#### **3.5.1 Единая сетевая разметка**

Работники транспорта в своей работе пользуются единой сетевой разметкой (ЕСР). Она заключается в шифровке станции назначения цифровыми кодами и предназначена для унификации разметки перевозочных документов на всех станциях сети. Это позволяет существенно ускорить работу, обеспечить более четкую и надежную информацию о подходе и назначении вагонов и грузов, значительно уменьшить загрузку связи при передаче сведений о поездах и вагонах. Основное достоинство ЕСР – ориентация ее на использование в различных АСУ железнодорожным транспортом.

С 1971 года введена четырехзначная ЕСР. В ней вся сеть железных дорог СНГ и Балтии разделена на 99 сетевых районов, нумерация которых возрастает с запада на восток. Первый район охватывает станции Кольского полуострова и Карелии, а 99-й – о. Сахалин.

В каждый сетевой район включена одна опорная (районная) станция. Всем станциям, входящим в сетевой район, вначале присваивается четырехзначный код, в котором первые две цифры означают номер сетевого района, а вторые две – номер станции внутри района. За каждым участком закреплен ряд номеров. Номера станций на участках возрастают, как правило, в четном направлении. Например, Гомельский сетевой район имеет номер 15. Внутри района присвоены номера станциям: Новобелицкой – 02, Жлобину – 50, на участках Овруч – Калинковичи – от 10 до 18, Калинковичи – Житковичи – от 33 до 37, Калинковичи – Гомель – от 44 до 49 и т.д. Следо-

вательно, ЕСР станций Новобелицкая – 1502, Жлобин – 1550, станций на участке Калинковичи – Гомель – 1544, 1545 и т.д.

Важнейшие станции районов имеют цифры номера района и нули в двух младших разрядах, поэтому у станции Гомель ЕСР – 1500, Брест – 1300, Минск-Сортировочный – 1400. Для пограничных и некоторых портовых станций кроме основного кода ЕСР выделены дополнительные номера. Например, вагоны назначением для выгрузки на станции Брест-Центральный имеют разметку 1300, а вагоны с экспортными грузами, передаваемые на железные дороги Германии, – 1305, Польши – 1306 и т.д.

Требование совпадения границ ЕСР с границами дорог и отделений целесообразно, но не обязательно. Этим исключаются изменения ЕСР при изменениях границ дорог и отделений.

Для сохранения стабильности ЕСР на перспективу было предусмотрено в каждом районе иметь резервные номера, которые предназначены для идентификации вновь вводимых объектов. Резервные номера выделяются для узлов и участков – по одному-два номера. Кроме того, в целом для района предусматривается резерв номеров при намечающемся строительстве новых.

Однако емкости ЕСР в определенный момент стало не хватать. В качестве выхода было предложено добавить дополнительный знак в сетевой номер станции. Таким образом, в настоящее время первые два разряда, как и ранее, несут информацию о номере сетевого района, а последующие три – о номере станции внутри района.

Еще ранее изменениями ЕСР 1984 года предусмотрено дополнение кода станции пятым защитным знаком, который приписывают справа к номеру станции. Известны статистические данные, характеризующие наиболее общее распределение ошибок: приписывание или потеря цифры – 8,7 %, искажение одной цифры – 76,5 %, перестановка двух соседних цифр – 4,9 %, перестановка двух любых цифр – 0,2 %, прочие ошибки – 9,7 %. Большинство этих ошибок позволяет обнаружить кодовая защита номера станции.

На железных дорогах СНГ и стран Балтии существует ряд методов проверки достоверности информации. Метод контрольных чисел устанавливает защиту кода объекта. Пусть  $a_1, a_2, \dots, a_i, a_n$  – некоторая цифровая последовательность. Цифра  $a_{n+1}$  является контрольной для этой последовательности, если для нее выполняется условие

$$\sum_{i=1}^{n+1} Z_i a_i = 0 \pmod{K}; i = 1, 2, \dots, n;$$

$$0 < \{Z_i\} < K; Z_{n+1} = 1,$$

где  $\{Z_i\}$  – весовой ряд;  $K$  – модуль.

Вариантов защиты, основанных на этом принципе, может быть сколько угодно. Для защиты кодов станций широко используется метод с модулем  $K = 11$ . Весовой ряд имеет вид  $\{Z_i\} = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 1, 2, \dots$ . В том случае, если контрольное число получается двузначным, например,  $a_{n+1} = 10$ ,

весовой ряд сдвигают на две позиции. Он принимает вид 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 1, 2, 3, 4, ..., и расчеты повторяются. Если контрольное число вновь окажется равным 10, то ему присваивается значение 0. Защитный знак определяется как остаток числа от деления суммы поразрядных произведений весового ряда и цифр номера станции на модуль  $K$ .

С помощью этого метода кодовой защиты можно выявить все случаи неправильного указания цифр и их перестановок, а также ошибки других видов.

В настоящее время код ЕСР состоит из шести разрядов: первые два несут информацию о номере сетевого района, следующие три – номер станции в сетевом районе, шестой разряд – контрольный.

### **3.5.2 Идентификация поездов**

В настоящее время на сети железных дорог действует трехзначная нумерация для скорых, скоростных и пассажирских поездов (с 1 по 998) и четырехзначная – для пригородных (с 6001 по 6998) и грузовых различных категорий. В действующей системе нумерации поездов следует отметить ряд недостатков. Для пассажирских поездов она имеет малую емкость, не соответствующую размерам движения. Из-за этого одинаковые номера используются для различных поездов, что осложняет управление движением и обслуживание пассажиров на основе использования подсистем «Экспресс», предполагающих высокую степень централизации управления и конкретизации объектов.

Хотя емкость системы нумерации грузовых поездов значительно больше, она допускает повторное использование номера поезда на одном направлении, а также изменение номера поезда при переходе с одного участка на другой. Для однозначного определения конкретного поезда используется система, в которой кроме номера поезда вводится информация о категории поезда, его признаках, станциях отправления и назначения. Для этого каждому грузовому поезду присваивается неизменяемый индекс, однозначно характеризующий данный состав на всем пути следования – от станции формирования до станции назначения (расформирования). Индекс состоит из десяти-тринадцати цифр, первые четыре-пять из них – код станции в соответствии с ЕСР, две-три следующие – номер состава, остальные четыре-пять – код станции назначения по ЕСР. Составы нумеруют по каждому направлению или назначению порядковыми номерами от 001 до 999. После присвоения очередному составу номера 999 следующим составам присваиваются номера 001, 002, 003 и т.д. Номера составов фиксируют в специальном журнале.

При составлении натурального листа на составы из порожних вагонов, следующих по регулировочному заданию, вместо кода станции назначения проставляется четырехзначный цифровой код, характеризующий род вагонов в составе: крытые – 00002, платформы – 00004, полувагоны – 00006, цистерны – 00007 и т.д. При наличии в составе поезда порожних вагонов двух родов проставляется комбинированный код, при этом первым ставится меньший код. Например, для составов из крытых вагонов и платформ – 00024, платформ и полувагонов – 00046, цистерн и прочих – 00079.

В сочетании с номером поезда, характеризующим его категорию, индекс обеспечивает достаточно полную характеристику состава поезда.

### **3.5.3 Нумерация подвижного состава**

С 1963 года на железных дорогах действует семизначная нумерация грузовых вагонов, по которой можно установить род вагона, осьность, объем кузова и другие характеристики. В связи с появлением новых типов вагонов (двухъярусных платформ, зерновозов и т.д.) и исключением из парка двухосных вагонов в 1984 году в систему нумерации вагонов были внесены изменения. Значительно полнее, чем раньше, в номере вагона отражены такие важные его характеристики, как длина, масса тары, грузоподъемность. Всего выделено более 180 типов грузовых вагонов, в том числе более 60 типов транспортеров.

В каждом роде подвижного состава типы вагонов сгруппированы по объединяющим их признакам. Как правило, внутри группы вагоны «рассставлены» по длине, то есть для типов вагонов, имеющих большую длину, установлена большая по значимости нумерация. Внутри групп предусмотрена резервная емкость, которая используется для перспективных вагонов или при увеличении числа вагонов данного типа. Так, первая цифра означает род вагона: 2 – крытые грузовые вагоны; 4 – платформы; 6 – полувагоны; 7 – цистерны; 8 – изотермические; 3 и 9 – прочие вагоны (специальные и другие); 5 – вагоны – собственность других министерств; 0 – пассажирские вагоны; 1 – локомотивы, путевые машины, краны и другие механизмы на железнодорожном ходу.

Вторая цифра для всех видов вагонов, кроме прочих, номер которых начинается с 3, кодирует осьность: цифры 0–8 означают четырехосные, 9 – восьмиосные вагоны. Все шестиосные вагоны и транспортеры отнесены к прочим вагонам (у шестиосных вагонов вторая цифра номера – 6, у транспортеров – 9). Седьмая цифра номера вагона несет информацию о наличии у вагона переходной площадки.

С 1984 года введена «защита» номера вагона, которая предусматривает добавление восьмой (контрольной) цифры номера вагона. С ее помощью

проверяют правильность передачи и записи номера в документах. Для защиты номеров вагонов с целью стандартизации методов контроля на железных дорогах СНГ и Западной Европы использован способ, предложенный комиссией ОСЖД-МСЖД в 1963 году (модуль  $K = 10$ ). Весовой ряд имеет вид  $\{Z_i\} = 2, 1, 2, 1, \dots$ , при этом каждая нечетная цифра номера вагона, считая справа, умножается на 2, а четная – на 1. Затем выполняется поразрядное сложение полученных произведений и определяется цифра, дополняющая полученную сумму до ближайшего числа, кратного 10.

В 1984 году изменена также система нумерации пассажирских вагонов с четырехзначной на семизначную с восьмым контрольным знаком. Номер пассажирского вагона, как отмечено выше, начинается с нуля, две следующие цифры несут информацию о дороге приписки, 5–7-й знаки составляют порядковый номер вагона. Четвертый знак означает: 0 – мягкий и мягко-жесткий; 1 – купейный; 2 – жесткий открытый; 3 – с креслами и местами для сидения; 4 – почтовый и банковский; 5 – багажный и почтово-багажный; 6 – ресторан; 7 – служебно-технический; 8 – специальный вагон других министерств и ведомств; 9 – резерв.

Номера локомотивов, электропоездов, дизель-поездов, мотовозов, автомотрис и т.д., а также специальных машин и механизмов на рельсовом ходу начинаются всегда с 1. Второй знак является признаком локомотива или машины; 0 – паровозы; 1 – электровазоды односекционные; 2 – электровазоды многосекционные; 3 – электропоезда; 4 – метрополитен; 5 – тепловозы односекционные; 6 – тепловозы многосекционные; 7 – дизель-поезда и автомотрисы; 8 – специальный тяговый подвижной состав (мотовозы, автодрезины и т.д.); 9 – путевые машины.

По третьему и четвертому знакам номера локомотива можно установить его основную техническую характеристику: для какого вида движения используются, серия локомотива, тип передачи и т.д. Аналогично для путевых машин эти знаки означают назначение машины и ее серию.

### **3.6 Методы обнаружения ошибок и повышения достоверности информации**

Во время подготовки, передачи и обработки информация может искажаться, вследствие чего снижается достоверность выходной информации и эффективность функционирования АСУ. В терминологии АСУ различают понятия «*верность*» и «*достоверность*» информации. Под *верной* понимают информацию, правильно (точно), адекватно отражающую описываемый процесс, состояние объекта управления. Термин «*верность*» характеризует информацию о производственно-хозяйственной деятельности предприятия с качественной стороны. *Достоверность* же определяет ин-

формацию с точки зрения неискаженности ее формального содержания в процессе преобразования. Термин «достоверность» главным образом применяют для оценки степени точности (неискаженности) информации после очередной фазы ее преобразования, т.е. характеризует информацию с количественной стороны. Достоверность информации в АСУ достигается соответствием информации действительному положению дел на объекте управления и заданным уровнем обеспечения надежности преобразования ее различными техническими средствами на разных фазах переработки.

Основные причины снижения достоверности выходной информации в АСУ: искажение информации из-за сбоев и отказов аппаратуры подготовки данных (АПД), передачи, обработки и отображения ее; воздействие электромагнитных и других помех при передаче, хранении и обработке информации; алгоритмические и программные ошибки; ошибки человека-оператора как звена АСУ.

Чтобы оценить возможность безошибочной подготовки, передачи, обработки информации на всех этапах технологического процесса ее переработки, вводят *коэффициент достоверности преобразования информации*, который равен отношению достоверно принятых знаков к общему числу переданных знаков.

Обеспечение необходимого уровня достоверности преобразования информации в АСУ включает методы обнаружения допущенных ошибок и мероприятия по предотвращению их возникновения.

Методы обнаружения ошибок базируются на анализе информации по *синтаксическому* и *семантическому* содержанию. В первом случае контролируют элементарные составляющие информации – знаки, во втором – смысловое содержание информации, ее логичность, согласованность данных.

Мероприятия по обнаружению ошибок в первичной информации должны способствовать выявлению максимально возможного числа видов ошибок (в реквизитах, формате сообщения и т.п.); использованию минимальной информационной избыточности; применению наименьшего числа дополнительных технических средств по сравнению с основным оборудованием; обеспечению сквозного контроля информации на всех фазах ее преобразования; возможности использования для широкого круга задач с различным характером информации и разными схемами технологии преобразования; обеспечению минимальных текущих и капитальных затрат.

Универсального метода контроля, который удовлетворял бы всем перечисленным требованиям, нет. Поэтому обеспечение заданной достоверности итоговых данных достигается только комплексным применением ряда конкретных методов.

Необходимая достоверность подготовки первичной информации и ее дальнейшая переработка обеспечиваются при использовании информаци-

онной и аппаратурной избыточности, усложнении алгоритмов и машинных программ для внутримашинного контроля правильности информации, увеличении трудовых затрат на подготовку данных.

К основным методам обнаружения ошибок в информации, которые базируются на информационной и программной избыточности, относят метод контрольных сумм, защиту кодов и реквизитов контрольным разрядом, контроль формата сообщения, программно-логические методы контроля.

*Метод контрольных сумм* получил широкое распространение при подготовке первичной информации и контроле правильности ввода массивов данных в ЭВМ, контроле правильности считывания и записи информации на внешние накопители. Контрольной суммой при обработке первичных документов с одновременным занесением информации на машинные носители можно охватывать все реквизиты строки, столбца документа или их часть. При использовании контрольной суммы по строке документа вначале пореквизитно суммируют все показатели строки. Итоговую сумму заносят в соответствующую графу документа. В дальнейшем при занесении информации на машинный носитель эту контрольную сумму вводят в счетчик устройства регистрации, регистрируемые данные пореквизитно вычитают из контрольной суммы. Регистрацию считают правильной при нулевом значении счетчика после занесения на машинный носитель последнего реквизита.

Для контроля правильности ввода информации в ЭВМ определяют контрольные суммы по массивам вводимой информации. Программным путем предусматривают суммирование разрядов вводимых массивов информации и сравнение результата с занесенной контрольной суммой в конце массива. При совпадении контрольных сумм информацию считают введенной правильно.

Преимущества метода контрольных сумм – высокая эффективность, возможность выявления ошибок различного характера, реализации аппаратным (в точках регистрации информации) и программным (при вводе информации в ЭВМ) путем.

При *методе защиты реквизитов контрольным разрядом* их кодовое обозначение дополняют рассчитанным по определенному алгоритму контрольным разрядом. Если правильность записи кода контролируется автоматически, то по тому же алгоритму вычисляется значение контрольного разряда и сравнивается с имеющимся в коде. Совпадение их указывает на отсутствие ошибок. Данный метод контроля характеризуется достаточной эффективностью, возможностью реализации автоматически в местах регистрации информации и программным путем при вводе и обработке информации в ЭВМ. Метод обеспечивает контроль информации, защищенной контрольным разрядом, на всех фазах ее преобразования, не требует



дополнительных трудовых затрат для контроля регистрируемой информации. Вместе с тем контролем охватываются только реквизиты, защищенные контрольным разрядом.

*Метод контроля формата сообщения* основан на использовании внутренней избыточности информации и проверяет ее формальное содержание. Внутренняя избыточность информации обусловлена различными связями и закономерностями, существующими внутри макетов сообщений и между отдельными сообщениями. Контроль состоит в проверке структуры сообщения на соответствие ее определенному макету. Число реквизитов в документе (или число входящих в него групп реквизитов)

$$D = d_n + ml, \quad (3.1)$$

где  $d_n$  – число информационных слов постоянной части документа;  $m$  – число групп;  $l$  – число реквизитов в группе.

Разновидностью метода контроля формата сообщения является метод шаблонов. Им проверяют наличие у реквизитов определенных формальных признаков. Например, если известно, что реквизит состоит из трех букв и пяти цифр, проверяют его в сообщении на соответствие данному условию. Могут быть предусмотрены операции контроля числа разрядов в реквизитах постоянной длины, наличие в передаваемом сообщении определенных служебных знаков и др.

*Программно-логические методы контроля* основаны на использовании внутренней избыточности экономической информации и проверяют ее формальное содержание. Внутренняя избыточность информации обусловлена различными связями и закономерностями, существующими внутри макета сообщения и между отдельными сообщениями. Контроль состоит в проверке структуры сообщения на соответствие ее определенному макету, числа реквизитов в документе (или числа входящих в него групп реквизитов).

К важным мероприятиям по обнаружению и уменьшению ошибок в первичной информации относят *введение аппаратной избыточности* и увеличение трудовых затрат на контроль правильности занесения данных на машинные носители. Введение, например, блока индикации набираемой информации в устройствах ввода позволяет обеспечить визуальный контроль регистрируемой информации. Большой эффект дает введение в устройства ввода данных блока отображения вводимой информации. Блок позволяет получить электронную копию вводимой информации (данную информацию можно позже вывести на печать), которая является документом и может участвовать в документообороте. Подобная аппаратная избыточность также обнаруживает ошибки, допущенные оператором.

Методы обнаружения ошибок и повышения достоверности при передаче информации по каналам связи можно разделить на три группы:

- основанные на повторении передачи символа или сообщения с последующим сравнением принятых текстов;
- предусматривающие использование избыточного кодирования;
- основанные на передаче данных с применением обратной связи.

В первой группе методов сообщение или отдельные символы информации передаются по каналу связи трижды. Приемная аппаратура запоминает и сопоставляет все три комбинации и принимает решение по «большинству», т.е. если два сообщения из трех совпали, то их и считают истинными. Вероятность того, что все три комбинации окажутся различными, очень мала. Вторую группу методов применяют для проверки правильности передачи кодированной информации, защищенной контрольным разрядом. В месте приема контрольный разряд кода реквизита автоматически вычисляется повторно по тому же алгоритму, что и был использован при кодировании информации, и сравнивается с принятым по каналу связи. Третью группу используют для посылки по обратному каналу от приемника к отправителю переспроса обнаруженной ошибки в месте приема, после чего переданное сообщение в исправленном виде передается повторно. Разновидностью этой группы методов является передача сообщений с информационной обратной связью. Сущность ее состоит в следующем. Каждый символ (или сообщение), прежде чем быть окончательно принятым в пункте приема, передается по обратному каналу в пункт передачи для сравнения. Только после получения из пункта передачи подтверждающего сигнала о правильности комбинации сообщение принимается окончательно. При таком методе одновременно используются прямой и обратный каналы, что увеличивает стоимость передачи данных. Однако при этом обеспечивается довольно высокая достоверность (до  $1 \cdot 10^{-8}$ ). Методы контроля с обратной связью можно использовать при оснащении каналов связи специальной аппаратурой.

*Мероприятия по предотвращению ошибок* могут дать значительно больший эффект в сравнении с мероприятиями по обнаружению ошибок, поскольку исправление допущенных ошибок при машинной обработке информации обходится дороже исправления ошибок, допущенных при ручной обработке. Источниками ошибок в первичной информации являются технические средства и оператор. В связи с этим большое значение для уменьшения ошибок из-за технических средств имеет улучшение параметров средств регистрации, сбора и подготовки информации путем высокого уровня их конструирования и изготовления, соблюдения требований по режиму эксплуатации и технического обслуживания.

Таким образом, повышение достоверности информации в АСУ, как правило, связано с введением информационной, структурной и алгоритмической (программной) избыточностей. *Информационная избыточность*

$$r_{\text{и}} = \left( 1 - \frac{n_0}{n} \right), \quad (3.2)$$

где  $n_0$  – число всех символов в кодовой комбинации, включая контрольные;  $n$  – число чисто информационных символов в кодовой комбинации.

*Структурная избыточность*

$$r_Q = \left(1 - \frac{Q_0}{Q}\right), \quad (3.3)$$

где  $Q_0$  – число всех элементов в системе, включая введенные для контроля, резервные и т.д.;  $Q$  – число минимально необходимых элементов в системе.

*Алгоритмическая избыточность*

$$r_A = \left(1 - \frac{A_0}{A}\right), \quad (3.4)$$

где  $A_0$  – число машинных команд в алгоритме без специально введенных для повышения достоверности;  $A$  – число используемых в алгоритме команд, включая команды, обеспечивающие повышение достоверности.

При обосновании методов повышения достоверности передачи и переработки информации в АСУ необходимо использовать комплексный подход, который базируется на принципах системности, экономичности и равнокомпонентности. *Принцип системности* состоит в том, что для существенного повышения достоверности необходимо учитывать все основные причины ошибок в информации, выдаваемой системой, независимо от причин их возникновения и этапов процесса переработки информации. Методы повышения достоверности, применяемые в системе, согласно *принципу экономичности* должны сравниваться и отбираться не только по их эффективности для повышения показателя достоверности информации, но и по затратам на реализацию. В соответствии с *принципом равнопрочности* затраты на повышение достоверности в системе нужно распределять так, чтобы максимально улучшить общий показатель достоверности выходной информации, не допуская при этом завышения одних характеристик системы по сравнению с другими. Комплексный подход позволяет выявить наиболее эффективные и экономически выгодные методы повышения достоверности результативной информации в АСУ.

### **3.7 Информационное обеспечение перевозочного процесса на железнодорожном транспорте**

Основной информационной системой, обеспечивающей сбор, обработку, хранение данных и представление их пользователю является автоматизированная система оперативного управления перевозками (АСОУП) и современный аналог на Белорусской железной дороге – Информационная аналитическая система поддержки управленческих решений для грузовых перевозок (ИАС ПУР ГП).

Исходная информация АСОУП – это набор сообщений о различного рода объектах управления (состав поезда, поезд, локомотив, локомотивная бригада, вагон) и эксплуатационных событиях с ними (прибытие, отправление, проследование, расформирование, объединение и разъединение поездов, смена локомотивов и бригад, ремонт локомотивов, грузовые операции и т.д.).

### **Информация о составах поездов и операциях с поездами**

Для решения задач управления эксплуатационной работой в центр обработки данных должна передаваться следующая информация, обеспечивающая ведение поездной модели:

- телеграммы-натурные листы на поезд (ТГНЛ);
- сведения обо всех изменениях в составах поездов (т.е. сведения по корректировке ТГНЛ);
- сведения об операциях с поездами, выполняемых на станциях дороги (прибытие, отправление, проследование, временная остановка, объединение и разъединение поездов и др.).

Все сообщения имеют стандартное оформление: его началом является комбинация символов (: – открывающаяся скобка, двоеточие; концом – комбинация символов :) – двоеточие, закрывающаяся скобка. Признаком окончания передачи информации служит комбинация символов "/" – две косые черты, которую можно ставить после каждого сообщения (ввод одного сообщения) и нескольких (ввод пакета сообщений). Слова внутри сообщения (поля) отделяются друг от друга пробелами. Количество пробелов может быть любым. Блоки отделяются друг от друга в сообщениях-запросах двоеточием ":", а в информационных сообщениях – служебными символами "ВКПС" (возврат каретки перевод строки). Блоки могут быть двух типов: **служебные** (служебные фразы), относящиеся к группе объектов, например к поезду, и **информационные**, относящиеся к одному объекту (вагону в составе поезда). Первое поле в служебной фразе обычно содержит код сообщения, определяющий правила его обработки.

Телеграмма-натурный лист является основным сообщением, включающим в себя информацию о составе сформированного или принятого с соседней дороги поезда. Структура и правила подготовки ТГНЛ определены инструкцией по составлению натурного листа поезда формы ДУ-1.

Передача телеграмм-натурных листов (сообщений 02) на станции назначения поездов осуществляется через дорожный информационно-вычислительный центр (ИВЦ, ДВЦ, ИРЦ). В этих целях станция формирования должна заблаговременно (до отправления поезда) передать в вычислительный центр сведения о составе поезда для расчета и выдачи натурного листа и справки для заполнения маршрута машиниста и последующей пере-

дачи самим ИВЦ телеграммы-натурного листа на станцию назначения или в ИВЦ соседней дороги. На передаточные и вывозные поезда ТГНЛ на станции назначения может передаваться через станционный (узловой) ВЦ.

Телеграмма-натурный лист на поезд, сформированный станцией с АСУСС или станцией, прикрепленной к опорной станции (УВЦ), должна передаваться в ИВЦ по окончании формирования поезда. Натурный лист поезда и справка для заполнения маршрута машиниста формируются в АСУ СС. Таким образом, в АСОУП создается банк телеграмм-натурных листов на все поезда, сформированные на станциях дороги и прибывшие с соседних дорог. На основе банка ТГНЛ информацией о составах поездов обеспечиваются станции назначения и все другие нуждающиеся в этих данных объекты.

Не допускается повторение индексов у поездов, находящихся в пределах дороги. Если со станции, не являющейся станцией формирования поезда, в ВЦ поступает сообщение 02 с индексом, уже имеющимся у другого поезда, ЭВМ присваивает порядковому номеру этого состава третий знак (слева относительно двух основных) и выдает его во все выходные документы на станции и в отделения дороги для обеспечения правильной подготовки последующих информационных сообщений запросов (этот третий знак должен в них присутствовать). Станция передачи сообщения 02 может изменить предложенный ЭВМ индекс сообщением 209. Если сообщение 02 передает станция формирования, ЭВМ не присваивает свой индекс, а требует корректировки индекса самой станцией с повторной передачей сообщения. В соседний ИВЦ информация о сдаваемом поезде передается без третьего знака.

При обнаружении станцией формирования, попутной технической станцией, станцией учета перехода или станцией назначения поезда не соответствия данных ТГНЛ фактическому составу поезда, а также при отцепке и (или) прицепке вагонов от поезда должно быть подготовлено и передано в ВЦ (к которому прикреплена станция) сообщение 09 (корректировка данных ТГНЛ).

Если требуется изменить данные только служебного блока ТГНЛ (номер поезда, признак списывания) или ввести информацию о новых парке и пути (при перестановке поезда), то сообщение 09 состоит из одного служебного блока, например: поезд меняет направление следования.

При корректировке сведений о вагонах в сообщении 09 вводятся соответствующие информационные блоки. Сообщением 09 можно осуществить следующие корректировки ТГНЛ:

– при обнаружении станцией несоответствия данных ТГНЛ фактическому составу поезда – исключить сведения о вагонах из ТГНЛ; менять инвентарный номер вагона; заменить любые сведения о вагоне кроме его инвентарного номера; включить сведения о вагонах в ТГНЛ; переставить вагоны в ТГНЛ;

– при изменении станцией состава поезда – исключить сведения об отцепляемых вагонах; вставить данные о прицепляемых вагонах.

Первым словом любого информационного блока является признак (код) корректировки (два знака), вторым (обязательным) словом инвентарный номер вагона, по которому проводится корректировка. Остальные слова присутствуют только при необходимости в них.

Сообщением 09 корректируются также данные ТГНЛ при их соответствии фактическому составу поезда при контрольных проверках на станциях учета перехода, сортировочных и т.д.

Сообщения об операциях с поездами готовятся на станциях, по которым в ЭВМ необходимо вести информационные модели. В них отражаются проследование и наличие на текущий момент времени поездов и локомотивов. Такие станции названы выделенными. Территориальная информационная модель дороги (региона, обслуживаемого ИВЦ) в ЭВМ представляет собой совокупность моделей выделенных станций и участков между ними. Конкретный перечень выделенных станций определяется для каждой дороги и расширяется в зависимости от технических возможностей и функционального состава системы. К выделенным станциям в первую очередь относят: сортировочные, участковые и другие станции, формирующие поезда и осуществляющие перецепку локомотивов и смену локомотивных бригад, в том числе станции, к которым примыкают основные или оборотные депо, станции перехода поездов, вагонов и контейнеров между дорогами и отделениями дороги, станции – границы диспетчерских участков. В отдельных случаях сообщения об операциях с поездами могут поступать и с невыделенных станций.

Сообщения об операциях с поездами в центр обработки должны передавать станции, на которых выполнялись эти операции. При отсутствии необходимой связи допускается передача сообщений из отделений дороги или других выделенных станций, имеющих связь с ИВЦ. При передаче сообщения со станции выполнения операции код этой станции записывается во втором поле после кода сообщения. При передаче сообщения из отделения дороги или другой выделенной станции порядок набивки второго слова служебного блока совпадает с порядком, установленным для сообщения 09.

Основными информационными сообщениями об операциях с поездами являются:

- сообщение об отправлении поезда 200;
- сообщение о прибытии поезда 201;
- сообщение о проследовании поезда через станцию без остановки 202;
- сообщение о временной остановке ("бросании") поезда 204;
- сообщение о расформировании поезда 203;
- сообщение о готовности поезда к отправлению 205.

Для стыковых станций сообщения 200, 201 и 202 позволяют дополнительно учитывать прием (сдачу) поездов.

**Сообщение 200** передается выделенными станциями и содержит информацию об отправлении поезда. Сообщение состоит из служебного (сведения о поезде) и информационных (сведения о локомотивах и бригадах, следующих с поездом) блоков. Структура служебной фразы сообщения 200 приведена в таблице 3.1.

Т а б л и ц а 3.1 – Структура служебной фразы сообщения 200

П0	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8	П9	П10	П11
00	000	00000	0000	0000	000	0000	000000	00	00	00	00
(:	200	14009	1633	0154	051	3526	144404	01	01	01	25

Служебная фраза сообщения 200 состоит из 11 показателей и имеет следующую структуру:

Позиция 0 – признак начала сообщения.

Позиция 1 – номер сообщения.

Позиция 2 – станция передачи информации.

Позиция 3 – номер поезда.

Позиция 4 – код станции формирования поезда.

Позиция 5 – порядковый номер состава.

Позиция 6 – код станции назначения поезда.

Позиция 7 – железнодорожный участок, на который был отправлен поезд. Код участка, как правило, соответствует коду ЕСР технической станции, ограничивающей участок.

Позиции 8 и 9 – дата отправления поезда.

Позиции 10 и 11 – время отправления поезда.

Служебная фраза содержит информацию о поездном локомотиве и локомотивной бригаде. Структура информационной фразы сообщения 200 приведена в таблице 3.2.

Т а б л и ц а 3.2 – Структура информационной фразы сообщения 200

П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8
000	00000	0	00	00	0		00
240	06142	1	23	59	'	ДРАНЕВИЧ	:)

Информационная фраза сообщения 200 состоит из 8 показателей и имеет следующую структуру:

Позиция 1 – код депо приписки локомотива.

Позиция 2 – код локомотива.

Позиция 3 – признак локомотива (основной – 1 или подталкивающий – 2).

Позиции 4 и 5 – время явки локомотивной бригады.

Позиция 6 – разделительный апостроф.

Позиция 7 – фамилия машиниста поездного локомотива.

Позиция 8 – признак окончания сообщения.

**Сообщение 201** должно передаваться станциями назначения и попутными выделенными станциями. Состав слов сообщения 201 и порядок их подготовки аналогичны сообщению 200 с заменой слова «отправление», где оно встречается, на «прибытие». Вместо направления отправления указывается «направление», откуда поезд поступил на станции. Дополнительно в сообщении 201 присутствует слово «признак работ с локомотивом на станции» (в служебном блоке после слова «номер пути»). Структура служебной фразы сообщения 201 приведена в таблице 3.3.

Т а б л и ц а 3.3 – Структура служебной фразы сообщения 201

П0	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8	П9	П10	П11	П12	П13
00	000	00000	0000	0000	000	000	000000	00	00	00	00	00/00	0
(:	201	14009	2117	1800	002	1400	141406	01	01	00	30	00/00	1

Служебная фраза сообщения 201 состоит из 13 показателей и имеет следующую структуру:

Позиция 0 – признак начала сообщения.

Позиция 1 – номер сообщения.

Позиция 2 – станция передачи информации.

Позиция 3 – номер поезда.

Позиция 4 – код станции формирования поезда.

Позиция 5 – порядковый номер состава.

Позиция 6 – код станции назначения поезда.

Позиция 7 – железнодорожный участок, на который прибыл поезд.

Позиции 8 и 9 – дата прибытия поезда.

Позиции 10 и 11 – время прибытия поезда.

Позиции 12 – номер парка и пути, на который прибыл поезд.

Позиции 13 – признак работ с локомотивом на станции: 0 – работы локомотивами и бригадами нет; 1 – перецепка локомотивов; 2 – смена локомотивных бригад.

Если между предыдущей выделенной станцией отправления поезда и станцией прибытия не осуществлялась перецепка локомотивов и (или) смена бригад и информация о них присутствует в справке о подходе поезда, то допускается не включать в сообщение 201 информационные блоки.

**Сообщение 202** должно передаваться выделенными станциями, которые поезд проследовал без остановки. Состав слов и порядок подготовки сообщения 202 аналогичны сообщению об отправлении поезда (с заменой слова «отправление» везде, где оно встречается, на «проследование»). Дополнительно в служебном блоке сообщения 202 присутствует показатель «направление, откуда поезд поступил» в том случае, когда к станции проследования примыкают более двух направлений и по одному направлению



следования нельзя восстановить направление, откуда поезд поступил. Этот реквизит объединяется с реквизитом «направление следования» знаком «+» (плюс). Если между предыдущей выделенной станцией отправления и станцией, подготавливающей сообщение о проследовании этого поезда, не осуществлялись прицепка локомотивов и (или) смена бригад, допускается в сообщении 202 не включать информационные блоки.

**Сообщение 204** передается со станций, на которых поезд был временно оставлен до принятия решения о его дальнейшем продвижении. Состав слов и порядок подготовки сообщения аналогичны сообщению 200 с заменой слова «отправление» везде, где оно встречается, на «остановку». Вместо направления следования указывается «направление, откуда поезд поступил на станцию остановки». По аналогии с сообщением 201 в нем присутствует слово «признак работы с локомотивом».

Для ведения поездной модели АСОУП достаточно передавать по станциям конечного следования поездов сообщения об их прибытии. При необходимости может использоваться дополнительно **сообщение о расформировании поезда (203)**. Состав слов служебного блока сообщения 203 аналогичен составу слов сообщения 200 с заменой слова «отправление» везде, где оно встречается, на «расформирование». В качестве «направления» указывается номер вагона, с которого велось расформирование состава.

Сообщение 203 должно использоваться в случаях:

- ведения в ЭВМ повагонной модели сортировочного парка станции расформирования;
- расформирования поездов не на станциях назначения (в соответствии с индексом поезда);
- расформирования поездов на невыделенных станциях (т.е. станциях, по которым не установлена передача сообщений 200–202);
- автоматизированного учета простоя поездов в парках прибытия выделенных станций.

При ведении модели сортировочного парка в АСУ СС в сообщении 203 вводятся информационные блоки, содержащие следующие показатели:

- порядковый номер отцепа из сортировочного листка (два знака);
- номер пути сортировочного парка (два знака);
- номер первого вагона (восемь знаков);
- номер последнего вагона (восемь знаков).

Информационные блоки задают отклонения от плана роспуска. В случае направления на другой путь целых отцепов информационный блок содержит два первых слова, а отдельных вагонов отцепа – все четыре слова.

Пример сообщения 203:

(: 203 14009 3202 1385 081 1400 0 01 01 03 29 :)

**Сообщение 205** передается станциями отправления после технической готовности состава, прицепки поездного локомотива и опробования тормозов в том случае, если на дороге введен порядок предварительного оповещения из АСОУП поездных диспетчеров о составе поезда, подготовленного к отправлению. Состав слов и порядок подготовки сообщения 205 аналогичны правилам, установленным для сообщения 200 (с заменой слова «отправление» везде, где оно встречается, на «готовность к отправлению»). При передаче сообщения 205 информационные блоки в сообщениях 200 с этой станции присутствуют только при изменении сведений о локомотивах и (или) бригадах после передачи сообщения 205.

**Сообщение 208** предназначено для обеспечения учета работы со двонными поездами. При этом регистрируются операции соединения (код 1) и разъединения (код 2).

Для сокращения объемов передачи данных в случае, когда поезд образуется из групп вагонов, на которые в ЭВМ имеются ТГНЛ, или поезд разъединяется на группы вагонов, на которые необходимо составлять отдельные натурные листы, в сообщении 208 указываются коды операций: 3 – объединение ТГНЛ; 4 – разъединение ТГНЛ. При объединении составов поездов с получением общей ТГНЛ в служебном блоке сообщения 208 указываются данные об образованном поезде, а в информационных блоках – об объединенных поездах (на каждый из объединенных поездов своя информационная фраза). Причем в первом информационном блоке приводятся данные о поезде, поставленном в «голову» нового состава.

Пример подготовки сообщения 208 на объединение двух поездов:

```
(: 208 14009 2015 1629 005 1464 3 15 08 22 10 05/02  
2085 14009 002 1464 2681222 4521681 05/02  
2015 16290 005 1464 6221311 6242221 05/03 :).
```

При разъединении составов поездов с получением новых ТГНЛ в служебном блоке сообщения 208 указываются данные о разъединенном поезде, а в информационных блоках – о поездах, полученных в результате разъединения (на каждый новый поезд свой информационный блок). Состав слов служебного и информационного блоков сообщения по операции разъединения тот же, что и по операции объединения.

Когда операции разъединения не было, но требуется получить документы на заданную часть состава, которая будет отделяться, следует подготовить сообщение 208 с кодом операции 5. В информационных блоках этого сообщения описываются части состава, на которые будут запрашиваться те или иные документы (номера парка и пути не приводятся). Пример:

```
(: 208 14009 2015 1464 05 1529 5 15 08 22 10  
2015 1464 005 1400 2681222 4521681 :).
```

При временном соединении поездов для пропуска по участку (код операции 1) допускается упрощение события 208: в служебном блоке приводятся данные о первом соединенном поезде, а в информационной блоке (блоках) – данные о втором (третьем). Информация о разъединении этих поездов представляется в том же виде, как и о соединении, но с кодом операции 2.

При изменении индекса поезда, например в случае его переадресовки, подготавливается **сообщение 209**, состоящее из одного служебного блока и включающее информацию о месте, причинах и времени изменения, а также новый адрес поезда, например:

(: 209 14009 2417 1629 051 1484 2 08 02 09 10 00/00 1629 052 1550 :).

Если группа вагонов, на которую было передано ранее сообщение о погрузке, направляется на расформирование (внутристанционная передача) или подготавливается к отправке на другую станцию без переформирования, следует подготовить сообщение 209 с кодом операции 8 (присвоение индекса поезда группе погруженных вагонов).

Для внутристанционной передачи старый и новый индексы поезда совпадают: в них на месте станции формирования указывается станция погрузки, на месте номера состава – порядковый номер сообщения о погрузке, а на месте станции назначения – условный код назначения (0001–0019). Номер поезда 9999. Пятнадцатым словом указывается номер головного вагона. Пример:

(: 209 14009 9999 1400 012 0001 8 05 09 1600 1400 12 0001 6216621 :).

Для поездов, следующих на другую станцию, на месте нового индекса поезда приводится присваиваемый ему индекс, а на месте номера поезда (слово 3) – планируемый его номер. Остальные реквизиты заполняются так же, как для внутристанционной передачи. Пример:

(: 209 14009 3001 1400 013 0001 8 05 09 16 10 1400 20 1404 4442211 :).

Сообщение 209 используется также для задания или корректировки станции назначения (станции погрузки или стыка сдачи) порожних регулировочных маршрутов. В этом случае используется код операции 9. Вместо станции формирования в новом индексе указывается станция назначения маршрута, последующие слова не заполняются. Корректировка заданных в ранее принятом ЭВМ сообщении 02 осуществляется сообщением 09.

Если требуется удалить принятый ранее ТГНЛ (в том случае, если другие сведения на этот поезд не передавались), то необходимо передать в АСОУП **сообщение 333**, включающее в себя помимо кода 333 первые шесть слов отменяемого сообщения 02. Пример:

(: 333 02 14009 2002 1400 007 1404 :).

Если после приема ТГНЛ передавались и другие сообщения на этот поезд, отменять сообщение 02 запрещается.

Если требуется скорректировать отдельные слова (кроме кода сообщения, пункта зарождения и индекса поезда) ранее принятых сообщений 200–205, то необходимо повторно подготовить это же сообщение с правильными значениями слов.

Для исключения из ЭВМ ранее принятой информации по сообщениям 200–205 следует подготовить сообщение 333 так же, как и для сообщения 02. Например, ранее было передано и принято ЭВМ сообщение:

(: 333 200 14009 3106 1400 041 1800 :)

### **Информация о локомотивах**

Для решения задач управления локомотивным парком в центре обработки данных необходимо ведение локомотивной (ЛМД) модели, отражающей сведения о продвижении локомотивов и изменении их состояний, объединении и разъединении секций и локомотивов, изменении контролируемого парка локомотивов, отмене ошибочной информации о локомотиве.

Сообщения о локомотивах подготавливаются и передаются локомотивными депо (основными и оборотными) и выделенными станциями непосредственно после совершения события. Порядок подготовки информации о локомотивах в поездных сообщениях (200–205; 333) изложен выше.

В сообщениях о локомотивах, за исключением сообщений о разъединении и объединении секций локомотивов и об изменении контролируемого парка локомотивов, многосекционный локомотив или несколько отдельно работающих секций трех- и четырехсекционного локомотива, а также локомотив при работе по системе многих единиц идентифицируется одной любой из его секций. Сведения об остальных секциях (локомотивах) каждой тяговой единицы содержатся в специальных массивах памяти.

**Сообщение 230** (об изменении состояний локомотива) подготавливается и передаётся при переходе локомотива в новое состояние, причем отнесение локомотива к тому или иному состоянию проводится на основании *Инструкции по учету наличия, состояния и использования локомотивов и моторвагонного подвижного состава*.

Пунктами подготовки и передачи сообщения 230 могут быть основные и оборотные депо, пункты технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ), пункты оборота локомотивов, выделенные станции; вычислительные центры (ВЦ) своей и соседних дорог.

В депо сообщение подготавливается при всех изменениях состояния по всем находящимся в нем локомотивам. При передаче информации из ПТОЛ в качестве кода пункта совершения операции указывается код пункта местона-

хождения ПТОЛ (депо или станция). По окончании технических операций в ПТОЛ из депо или со станции передается сообщение с кодом последующего состояния локомотива. По выделенным станциям сообщение передается на все смены состояний локомотивов эксплуатируемого парка, а также на исправные локомотивы неэксплуатируемого парка. Кроме того, для учета прохождения технического обслуживания ТО-2 при заездах локомотива на другие дороги предусмотрена передача сообщения 230 с других дорог.

При подготовке и передаче сообщения 230 следует выполнять следующие требования:

- после изменения состояния локомотива сообщение должно быть передано с задержкой не более 10 мин;
- должна соблюдаться цепочка допустимости состояний при переходе локомотива из одного состояния в другое;
- должна соблюдаться цепочка дислокации локомотива в предыдущем и последующем сообщениях.

По каждому локомотиву готовится отдельное сообщение.

При подготовке сообщения в основном локомотивном депо первичным документом служит *Настольный журнал дежурного по основному депо* (часть первая), а также книги учета, а в оборотном депо – *Настольный журнал дежурного по оборотному депо*. В пункте технического обслуживания локомотивов сообщение составляется на основании записей в Книге учета технического обслуживания ТО-3 (профилактического осмотра) локомотивов и моторвагонного подвижного состава формы ТУ-150. На станции в качестве первичного документа используется *Журнал учета движения поездов и локомотивов по станции*.

Неверно переданная информация в сообщении 230 может быть отменена. Для этого используется сообщение 333, по структуре повторяющее сообщение 230 (исключаются реквизиты "Признак работы с отключенным электродвигателем" и "Дата начала состояния"). Допустима отмена только последнего состояния локомотива.

**Сообщение 231** об объединении и разъединении секций и локомотивов служит для оперативной корректировки состава тяговой единицы, используемой в эксплуатационной работе. Сообщение подготавливается и передается только по пунктам выполнения операций объединения и разъединения секций и локомотивов (основное и оборотное депо, станция). При подготовке следует выполнять требования:

- сообщение 231 должно быть передано до сообщения 230 на локомотив нового состава;
- не допускается передача пакета сообщений 231 и 230, содержащих информацию об одном и том же локомотиве.

На каждую из контролируемых операций составляется отдельное сообщение и передается не позднее чем через 20 минут после ее окончания. В со-

общении должны быть указаны все секции (локомотивы), участвующие в данной операции объединения (разъединения). Сообщение состоит из одного блока, содержащего служебную и информационную части. Своевременной и качественной подготовке сообщения 231 должно быть уделено повышенное внимание, так как отсутствие или искажение информации приводит к неправильному накоплению учетных данных по данной группе локомотивов.

**Сообщение 233** об изменении контролируемого парка локомотивов служит для включения, оперативной корректировки и исключения локомотивов контролируемого парка своей и соседних дорог в локомотивной модели дороги. Пунктами подготовки и передачи сообщения могут быть основные локомотивные депо, ВЦ своей и соседних дорог, станции. При подготовке сообщения в основном депо первичным документом служит *Настольный журнал дежурного по депо*, в котором фиксируется время снятия или постановки на учет. Сведения о ремонтах и пробегах содержатся в техническом паспорте на локомотив или берутся из книги регистрации ремонтов, профилактических осмотров и учета пробегов локомотивов и секций электро- и дизель-поездов между всеми видами ремонтов. При подготовке сообщения на станции достаточно указать серию и номер локомотива, а также депо приписки.

При подготовке и передаче сообщения 233 следует выполнять следующие требования:

- сообщение по вновь включаемому в парк депо локомотиву должно быть передано в течение суток с момента захода локомотива в депо. Если он сразу включен в работу, сообщение 233 должно быть передано до сообщения 230 по этому локомотиву;

- по исключаемому из парка депо или из числа контролируемых локомотивов сообщение 233 должно быть передано в течение часа после выполнения операции (оформления акта, приказа и т.д.).

Сообщение передается отдельно на каждую тяговую единицу, которой может быть односекционный локомотив, многосекционный локомотив заводской комплектации, локомотив-гибрид, неполносоставный локомотив (одна секция многосекционного локомотива, две секции трех- или четырехсекционного локомотива), локомотив, соединенный для работы по системе многих единиц. В сообщение включаются все секции данной тяговой единицы.

Сообщение состоит из служебного и информационных блоков. Количество информационных блоков определяется количеством секций (локомотивов), входящих в данную тяговую единицу.

## **Информация о грузовой работе**

Подготовка информации о грузовой работе осуществляется с первичных грузовых документов. Для удаленных грузовых фронтов во избежание зна-

чительных задержек в передаче информации допускается передача данных о грузовых операциях в соответствии с формой сообщений в информационный пункт по телефонной связи. Станции, не имеющие прямой связи с ВЦ дороги, передают информацию на пункты концентрации информации выделенных (опорных) станций, к которым они прикреплены, или в информационные пункты отделений дороги по телефонной связи. Конкретные пункты концентрации информации и схемы сбора информации должны выбираться с учетом технологии работы станций и наличия каналов связи.

Информация о грузовых операциях должна передаваться по мере готовности, но не позднее технологически допустимого времени задержки (как правило, 15–20 мин).

Данные для передачи **сообщений 241** о погруженных и занятых вагонах снимаются с комплекта «Вагонный лист – дорожная ведомость» или комплекта «Копия вагонного листа – корешок дорожной ведомости». В условиях отсутствия копий вагонных листов на повагонные отправки данные о погрузке и занятии вагона передаются с комплекта «Вагонный лист – дорожная ведомость» фиксацией данных в специальных журналах, соответствующих форме макета сообщения. Такая технология применима, в первую очередь, в пунктах концентрации информации. Данные могут сниматься непосредственно с документов, минуя промежуточный журнал, если это не задерживает отправление вагонов.

Сообщения о грузовой работе передаются в систему только по операциям, предусмотренным учетом «погрузки», «занятия вагонов при прочих грузовых операциях, не учитываемых в погрузке», «выгрузке», «освобождении вагонов при прочих грузовых операциях, не учитываемых в выгрузке», а также операциям, не относящимся к грузовым, но требующимся для уточнения данных в информационной системе по ранее переданной информации. К последним относятся переадресовка и заадресовка.

**Сообщение 242** может включать в себя сведения о выгрузке и освобождении одного вагона и группы вагонов, если моменты окончания грузовой операции у них совпадают. Сообщение составляется на основе данных вагонного листа, а для вагонов, освобожденных после перевозки коммерческих приспособлений, – на основе данных из пересылочной ведомости формы ГУ-33.

### **3.8 Динамическая модель поездного положения**

Динамическая модель поездного положения (ДМПП) отражает местоположение поездных единиц на путевом развитии железнодорожного полигона в реальном масштабе времени. Исходя из специфических целей и задач диспетчерского управления поездопотоками отслеживание перемещения

поездов ведется по каждому блок участку перегона, станционному пути, входным и выходным участкам станций на основании сигналов, передаваемых по каналам телесигнализации системы диспетчерского контроля (ДК). Непрерывное отслеживание динамики поездного положения с первоначальным однократным вводом информации о вновь появившемся на полигоне поезде обеспечивает автоматическую идентификацию в любой момент времени.

Принцип слежения за передислокацией поездов основан на выявлении изменений состояний элементов путевого развития (занятости и свободности) при очередном съеме информации с ДК. При возникновении новой занятости или освобождении блок-участка, пути или горловины станции в ДМПП производится модификация характеристик элемента мнемосхемы, отображающего данный элемент путевого развития.

Программа ведения динамической модели в каждом цикле опроса о состоянии контролируемых ДК элементов путевого развития производит обмен значениями полей состояний элементов мнемосхемы. Перед новым опросом их значения одинаковы и соответствуют состоянию элементов полигона.

Процесс продвижения поездов по контролируемому полигону протоколируется в массиве общих сведений и представляется на АРМ ДНЦ в виде графика исполненного движения (ГИД). Запись по каждому идентифицированному поезду состоит из его номера и индекса, особых отметок, номеров элементов местонахождения поезда, направление его движения. ГИД представляется в виде расписания проследования поезда станций и стыковых пунктов либо в виде графического отображения. Расписание исполненного движения используется для расчета показателей эксплуатационной работы полигона, оперативного анализа выполнения ГДП, а также для передачи в АСОУП сведений о дислокации поездов.

Описанные выше информационные сообщения обеспечивают поступление в базу данных АСОУП основной информации. Однако развитие функционального состава АСОУП требует наличия и другой, специальной для конкретных задач информации. Например, для задач анализа эксплуатационной работы необходимо иметь плановые задания на различные периоды (месяц, сутки, смена).

Ряд задач требует и дополнительной переменной информации. Так, для слежения за работой кольцевых маршрутов, рефрижераторных секций, транспортеров и т.д. необходима информация о различных операциях с ними (ожидание погрузки или выгрузки, ремонты, остановка или изъятие из запаса и т.д.). Для системы типа «Дорожный диспетчер» необходимы информация о месте, времени и продолжительности предоставления «окон», регулировочные задания по сдаче порожних и т.д.



Приведенные примеры говорят о большом разнообразии этой информации, но в любом случае должны быть выполнены следующие основные требования: информация не должна дублироваться в различных сообщениях; технология получения первичной информации должна предусматривать снятие ее с утвержденного документа-первоисточника или технического средства в регламентированное время; информационное сообщение должно быть оформлено в соответствии с отраслевыми руководящими техническими материалами, а также общесистемными требованиями АСОУП.

Таким образом достигаются минимизация входной информации однократным вводом ее в систему и многократным ее использованием, а также полнота и достоверность информационных моделей.

## 4 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСУ

### 4.1 Назначение и состав математического обеспечения АСУ

*Математическое обеспечение АСУ* – это совокупность экономико-математических моделей, математических методов и алгоритмов для решения задач и обработки информации с помощью вычислительной техники.

К математическому обеспечению АСУ предъявляют следующие основные требования:

- соответствие используемых математических моделей технико-экономическому содержанию задач учета, планирования и управления;
- совместимость математического обеспечения подсистем АСУ разных уровней и различного функционального назначения;
- модульность построения алгоритмов решения задач, типовые модуль должны характеризовать повторяемость применения и стандартность;
- однотипность моделей, методов, алгоритмов решения однородных комплексов задач на различных уровнях управления;
- гибкость алгоритмов решения однородных задач на всех уровнях управления и во всех подсистемах.

В состав собственно математического обеспечения входят:

- экономико-математические модели и алгоритмы решения задач всех функциональных подсистем АСУ;
- стандартные методы и алгоритмы решения информационно-логических, экономико-статистических, оптимизационных задач, задач исследования операций, статистического анализа, операций с матрицами, векторами и т.п.;
- типовые модели и методы обслуживания АБД, алгоритмы анализа и синтеза данных;
- типовые модели и алгоритмы запросно-ориентированной системы для обслуживания автоматизированных банов данных;
- методы и алгоритмы защиты массивов информации от искажений и несанкционированного доступа к данным;
- методы кодирования технико-экономической информации .

## 4.2 Особенности технико-экономических задач и классификация методов их решения

Математическое обеспечение в значительной степени определяется характером решаемых технико-экономических задач учета, планирования и управления. Этим задачам присущи следующие особенности:

- большой объем цифровых и буквенных исходных данных, вводимых в ЭВМ, и информации, выводимой на печать в виде готовых документов;
- относительно простые алгоритмы обработки данных и небольшой объем вычислений на единицу вводимой информации;
- сравнительно ограниченное число типовых процедур обработки информации;
- большой удельный вес логических операций; наличие многократных группировок массивов информации по определенному признаку или их совокупности;
- взаимозависимость задач по первичной, нормативно-справочной и промежуточной информации;
- необходимость соблюдения точного технологического графика решения задач в суточном, декадном и месячном разрезе;
- потребность сбора и передачи по каналам связи значительного объема информации как со стационарных производственных объектов, так и с подвижного состава;
- широкое использование различных методов обеспечения достоверности информации на всех этапах ее регистрации, сбора и обработки, включая разные методы программно-логического контроля.

Для решения задач учета, планирования и управления большой объем исходной информации представляется в цифровом и буквенном виде, причем цифровые данные составляют до 80 % всего объема информации. Следует отметить, что для цифровых данных характерна переменная разрядность числовых значений реквизитов. Высокие требования предъявляются к достоверности информации, вероятность ошибок не должна превышать  $1 \cdot 10^6$ . В связи с этим необходимо применять разнообразные методы повышения достоверности информации.

При разработке математического обеспечения АСУ все задачи учета, планирования и управления подразделяют на информационно-логические, оптимизации решения, прогнозирования, анализа. Такое деление задач достаточно условно, но оно позволяет предварительно выбирать математические методы, которые можно использовать в системе для решения задач каждой группы. Применение единых методов для решения задач сокращает объем необходимого математического обеспечения.

*Информационно-логические задачи* (учета, планирования и контроля) связаны с преобразованием информации в удобный для ее использования вид при принятии решений органами управления. В информационных системах железнодорожного транспорта данная группа задач составляет около 80 % . Для рассматриваемых задач характерны преимущественно логические методы обработки больших массивов информации, простая схема счета. Эти задачи решаются с применением таких типовых процедур обработки информации, как ее группировка, упорядочение, объединение массивов, корректировка и т.п. При решении информационно-логических задач используют методы математической логики, статистики линейной алгебры, комбинаторики.

*Задачи по оптимизации решений* характеризуются сложностью экономико-математических постановок и их реализации на ЭВМ и требуют применения различных методов математического программирования: линейного, нелинейного, динамического, целочисленного и др., чтобы найти наилучший план использования ресурсов по установленному критерию оптимальности. Большое число технико-экономических задач планирования работы транспорта и его развития сводится к нахождению наилучших вариантов решений. При наличии значительного числа вариантов возможных решений поиск наилучшего невозможен без использования методов оптимизации решений и вычислительной техники. Именно методы оптимизации, применяемые для решения задач планирования и управления, позволяют получить основную часть экономического эффекта от создания ИС. Практические расчеты оптимизации планирования перевозок грузов и использования подвижного состава показали экономический эффект от 3–6 до 15–18% по сравнению с планами, разрабатываемыми традиционными методами.

*Задачи прогнозирования* в зависимости от длительности прогнозируемого периода бывают кратко-, средне- и долгосрочные. Возможны различные сочетания планирования и прогноза: прогноз предшествует разработке плана; прогнозируют последствия уже принятых в плане решений или ход выполнения плана. При постановке конкретных задач прогнозирования необходимо учитывать условия, допущения и ограничения, в рамках которых предполагается определять прогнозы. Как и все экономические прогнозы, прогнозы деятельности транспорта имеют вероятностный характер.

Все методы прогнозирования подразделяют на 3 группы: моделирование математическое и на базе машинной имитации процессов, метод экспертных оценок, нормативный метод. При математическом моделировании в основном применяют статистико-вероятностные, одно- и многофакторные модели. Для кратко- и среднесрочного прогноза используют корреляционный и регрессионный анализ и методы экстраполяции. При решении задач

долгосрочного прогнозирования главным образом применяют метод экспертных оценок. При нормативном методе прогнозирования отдельные параметры прогнозируемого процесса задают в виде некоторой нормы. В разработках информационных технологий на железнодорожном транспорте этот метод широкое распространение получил при решении задач технического и оперативного планирования, регулирования поездопотоков, прогнозирования обработки вагонопотока на станциях.

В прогнозировании допускается применять комбинированный подход, когда одна часть параметров объекта прогноза может быть определена методами статистического моделирования, а другая – задана в виде нормативов.

*Цель задач анализа* – исследовать экономические явления, результаты, факторы и причины, их обусловившие; оценить ход выполнения перевозок, использование флота; выявить внутривозможные резервы; способствовать распространению передовых методов работы и т.п. Методы экономического анализа включают: математическую статистику, математический анализ, методы межотраслевого баланса и др. Наибольшее применение в автоматизированных подсистемах получили такие методы статистики, как определение абсолютных, относительных и средних экономических показателей, методы индексов, цепных подстановок, балансовых увязок и т.п.

После разработки в процессе проектирования АСУ экономико-математических моделей задач, классификации последних, выбора методов решения выполняют их анализ. При этом во внимание принимают следующие характеристики: 1) по моделям задач – адекватность предложенных моделей реальным задачам управления транспортным процессом, инвариантность моделей к структуре управления, характер ограничений, учитываемых в моделях, размеры матриц задач с определением возможных типовых методов реализации модели; 2) по методам реализации моделей – достигаемую точность решения задачи, стандартность метода, необходимость разработки новых методов.

Решение какой-либо задачи на ЭВМ передают поэтапно: формулируют математическую задачу, т.е. разрабатывают ее экономико-математическую модель; разрабатывают методику решения задачи; разрабатывают алгоритм решения задачи и запись его на некотором языке программирования; программируют; отлаживают программы на машине; подготавливают исходные данные, решение задачи на ЭВМ. Комплекс этих работ называют *проблемным программированием*.

При разработке системы программ для решения комплекса взаимосвязанных задач указанную последовательность работ сохраняют. Кроме того, появляется ряд дополнительных этапов работы, связанных с необходимостью обеспечить единство системы. Комплекс работ по созданию системы

программ для решения взаимосвязанных задач называют *системным программированием*:

1 Математическая формулировка задачи заключается в выявлении состава и характера основных технико-экономических ее факторов, определении исходных данных, записи условия задачи математическими обозначениями.

2 Многие технико-экономические задачи можно решать различными методами, из них выбирают наиболее эффективный. Методику решения считают разработанной тогда, когда установлены зависимости всех искомых результатов от исходных данных, причем указан такой метод решения задачи, который может быть реализован на ЭВМ. Разработку алгоритма решения задачи выполняют на основе методики ее решения. Разрабатывать алгоритм решения задачи следует с учетом особенностей ЭВМ.

3 Программирование заключается в записи разработанного алгоритма на языке программирования.

4 Отладка программы на машине преследует цель устранить в программе неправильности. Она включает: контроль программы, поиск и определение содержания (диагностирование) ошибок, исправление обнаруженных ошибок.

### **4.3 Моделирование организационной структуры транспортного предприятия**

Для решения эксплуатационных и других задач на транспорте применяются различные методы, которые позволяют осуществить моделирование транспортного процесса и численное решение задач на ЭВМ. Существуют два вида моделирования: физическое и математическое.

*Физическое моделирование* распространено в технике. Оно связано с воспроизведением изучаемого процесса на материальной модели с соблюдением подобия, например, такое моделирование применяют при изучении аэродинамических свойств локомотивов и вагонов путем исследования параметров движения и маневрирования физических моделей.

Эксплуатационная деятельность, как и экономические системы, не могут быть представлены в виде физических аналогов, поэтому для описания таких систем применяется математическое моделирование.

*Математическое моделирование* транспортного процесса – метод научного исследования, позволяющий посредством формализованного описания основных количественных взаимосвязей между факторами с использованием математического аппарата осуществить численное решение транспортных задач, как правило, с использованием ЭВМ.

Основные методы математического моделирования, нашедшие наибольшее применение при решении эксплуатационных задач на транспорте, следующие: вероятностные, математической статистики, теории массового обслуживания, статистических испытаний, имитационные.

Вероятностные методы предназначены для изучения процессов, имеющих неопределенность, т.е. элементы случайного характера.

*Математическая статистика* – наука о математических методах систематизации и использования статистических данных. Во многих своих разделах опирается на теорию вероятностей (дисперсионный, корреляционный, регрессионный анализы).

*Теория массового обслуживания* – самостоятельная прикладная область случайных процессов, сложившаяся путем развития вероятностных методов в применении к обслуживанию массовых потоков требований (заявок) случайного характера в различных областях человеческой деятельности.

*Метод статистических испытаний* (Монте-Карло) используется для численного моделирования и решения вероятностных задач, аналитическое решение которых затруднительно.

*Имитационное моделирование* – прикладной раздел математических методов, выросший из метода статистических испытаний с появлением ЭВМ. В него входят элементы эвристики и аналитического моделирования, в его основе – машинная (численная) имитация изучаемого процесса.

В отличие от имитационного другие методы математического моделирования называют аналитическими.

*Математическое программирование* – раздел математики, посвященный теории и методам нахождения экстремумов функций на множествах, определяемых некоторыми ограничениями. Используется для решения оптимизационных задач железнодорожного транспорта путем поиска минимума (максимума) функции.

*Линейное программирование* – раздел математического программирования для решения задач, переменные которых связаны системой линейных равенств и неравенств.

*Нелинейное программирование* – раздел математического программирования, применяемый для решения задач, уравнения которых содержат нелинейные зависимости.

*Стохастическое и параметрическое программирование* – разделы математического программирования, посвященные решению задач, исходные данные которых содержат элементы неопределенности.

*Динамическое программирование* – раздел математического программирования, используемого для решения задач, в которых процесс развивается в динамике, т.е. в несколько последовательных этапов.

*Методы сетевого планирования и управления* используются для разработки целевых программ, проектов, требующих увязки и координации раз-

личных этапов работ и их ресурсного обеспечения по определенным графикам.

Помимо перечисленных, имеются и другие методы (эвристические, комбинаторные, теория математических игр и т.д.), однако их использование еще не нашло заметного применения при решении эксплуатационных задач на транспорте.

#### **4.4 Имитационное моделирование**

Наибольшее распространение в связи со своей доступностью и объективностью отображения транспортных процессов получило имитационное моделирование. Имитационное моделирование с использованием ЭВМ оказывает существенную помощь в решении задач анализа организационной структуры управления (ОСУ). Имитация представляет собой метод воспроизведения функционирования моделируемой системы во времени. Развитие ЭВМ и математического обеспечения позволяет изучить процессы управления предприятием во всей сложности и многообразии, не втискивая их в модели, описываемые существующими математическими методами. Под машинной имитацией понимается численный метод проведения на ЭВМ экспериментов с математическими моделями, описывающими поведение сложных систем в течение продолжительных периодов времени.

Имитационная модель ОСУ – это формальное описание в ЭВМ изучаемых процессов функционирования ОСУ во всей их полноте и многообразии. Основное отличие имитационных моделей от аналитических состоит в том, что они позволяют предсказывать поведение системы при различных условиях и выбрать приемлемое решение в процессе управляемого эксперимента.

Имитация, как процесс управляемого эксперимента, повышает понимание функционирования ОСУ и помогает наметить пути ее совершенствования. Благодаря этому имитация вписывается в системный анализ как часть интегрированного процесса приближения модели к реальному объекту.

Метод имитационного моделирования ОСУ позволяет провести эксперимент без варьирования ОСУ в реальных условиях.

В имитационной модели ОСУ должны быть описаны правила действия процессов функционирования. Модель в ходе испытаний функционирует «самостоятельно», выполняя заранее предписанные операции.

Целью имитационного моделирования ОСУ является анализ и прогнозирование ее функционирования в различных условиях; достижение лучшего понимания функционирования процессов управления и выполнения управленческих процедур; выявление основных факторов, определяющих ОСУ;



анализ и оценка эффективности различных вариантов и информационных потоков.

Таким образом, имитационное моделирование ОСУ – инструмент ее правдоподобного воспроизведения и понимания происходящих закономерностей.

Ниже изложена **последовательность основных этапов имитационного моделирования ОСУ**.

*Первый* этап – изучение и анализ ОСУ и составление ее неформального описания.

*Второй* этап – формулировка проблемы – включает определение цели исследования и основных критериев, фиксацию допущений, принятых в модели.

*Третий* этап – формулировка математической модели (формализованное описание). Сюда входят определение структуры модели; установление основных классов, правил действий и параметров структурных элементов, звеньев и функциональных блоков; построение укрупненной блок-схемы модели. Математическое описание действий структурных элементов, звеньев и функциональных блоков заключается в классификации переменных, описании процессов функционирования на языке имитационного моделирования, предварительной оценке адекватности модели.

*Четвертый* этап – составление программы на ЭВМ. Он включает построение блок-схемы логической последовательности действий ЭВМ с учетом выбранного имитационного языка; ввод данных, включающих присвоение значений переменных и параметров модели в начальный момент имитации, а также ввод данных с внешних источников или с помощью специальных программ.

*Пятый* этап – оценка адекватности (пригодности) модели – включает проверку полноты внешних (экзогенных) входных переменных; оценку правильности формулировки связей между входными и выходными данными; оценку параметров модели и их статистической значимости; проверку совпадения внутренних (эндогенных) переменных, полученных на основе ручного счета с фактическими значениями за прошлый период.

*Шестой* этап – планирование эксперимента – состоит из сбора и подготовки исходных данных и проведения испытаний на ЭВМ. На этом этапе выбираются факторы, которые должны варьироваться от одного испытания к другому.

*Седьмой* этап – обработка результатов эксперимента и совершенствование моделей: анализ полученных результатов; корректировка модели (изменение значений фактора); изменения в правилах действий структурных элементов, звеньев, функциональных блоков; статистическая обработка результатов; оценка характеристик ОСУ.

*Восьмой* этап – выработка мероприятий по совершенствованию ОСУ.

## 4.5 Основные модели перевозочного процесса

Перевозочный процесс железнодорожного транспорта – одна из наиболее сложных систем. Сложность определяется совокупностью огромного числа железнодорожных объектов, функционирующих вместе и взаимодействующих непростым способом на большом пространстве. Поведение одного или нескольких объектов влияет на поведение других объектов. Сложность зависит не только от взаимозависимости, но и от числа взаимодействующих объектов. Сложные системы можно рассматривать, концентрируя внимание либо на объектах, либо на процессах. Железнодорожный транспорт представляет собой упорядоченную совокупность объектов, которые в процессе перевозок взаимодействуют друг с другом и обеспечивают функционирование транспортной системы как единого целого. Для таких сложных систем, как железнодорожный транспорт, невозможно организовать оптимальное управление, не имея адекватной математической модели. С помощью моделей работы станций, перегонов, участков, линий, направлений можно планировать предстоящую работу, заблаговременно выявлять затруднения и несоответствия, регулировочными мерами устранять препятствия и вырабатывать управляющие решения.

Общую модель перевозочного процесса железнодорожного транспорта даже для дороги сразу создать нельзя. Целесообразно весь перевозочный процесс разделить на отдельные процессы и объекты и уже для них создать модели. Среди процессов в первую очередь следует выделить:

- накопление составов;
- регулирование локомотивного парка;
- организацию выгрузки;
- обеспечение погрузки;
- управление вагонным парком.

Среди объектов в первую очередь выделяются:

- сортировочные станции и железнодорожные узлы;
- грузовые фронты, включая крупные промышленные предприятия, порты, пограничные переходы;
- участки и перегоны;
- локомотивные депо.

Это список, с которого наиболее целесообразно начинать создание моделей. Список моделей может быть расширен, а организация их взаимодействия позволит в различных модификациях создать общую модель перевозочного процесса.

В перспективе основными задачами, которые потребуют использования моделей перевозочного процесса, являются:

- формирование инвестиционной политики на перспективу;

- этапное развитие сети железных дорог и отдельных предприятий;
- технико-экономическое обоснование технического оснащения;
- оперативное управление и нормирование эксплуатационной работы;
- эффективное использование подвижного состава;
- оптимальное использование ресурсов инфраструктуры, пропускной, перерабатывающей и выгрузочной способности объектов.

Этот перечень также может расширяться.

Не касаясь всего многообразия моделей, кратко рассмотрим возможности моделей оперативного управления перевозочным процессом.

**Модель процесса накопления составов** позволяет:

- планировать составообразование;
- заблаговременно определять потребности локомотивов и локомотивных бригад;
- оптимально управлять формированием составов;
- прогнозировать и заблаговременно сопоставлять число планируемых к отправлению составов, локомотивов, локомотивных бригад и «ниток» графика движения поездов;
- заблаговременно приводить в соответствие число составов, локомотивов, локомотивных бригад и «ниток» графика движения поездов;
- планировать явку локомотивных бригад в основных депо и отдых в оборотных депо;
- планировать поездообразование (процесс обеспечения составов локомотивами и локомотивными бригадами) и отправление поездов со станций;
- определять затраты времени накопления при изменении нормы длины и массы поездов;
- определять очередность отпуска составов с горки;
- при скользящей специализации путей сортировочного парка после их освобождения устанавливать новые назначения составов;
- получать исходную информацию для управления локомотивным парком.

**Модель регулирования локомотивным парком** позволяет своевременно:

- обеспечивать составы локомотивами;
- ставить локомотивы на все виды технического обслуживания и ремонта;
- направлять локомотивы резервом;
- оставлять и изымать локомотивы из резерва.

**Модель планирования пропуска поездов** обеспечивает:

- учет влияния различных факторов на скорость движения поездов;
- выбор рационального режима вождения поездов;

- оперативную корректировку графика движения поездов;
- определение реальных размеров движения при предоставлении «окон» для ремонтных работ;
- планирование пропуска и подвода поездов к станциям, стыковым пунктам, предприятиям, портам;
- максимальное использование наличной пропускной способности участков;
- оценку влияния различных факторов на эксплуатационные показатели.

**Модель организации выгрузки** позволит:

- максимально использовать выгрузочные способности грузовых фронтов, предприятий, портов;
- планировать и управлять работой транспортных узлов, стыков с другими видами транспорта и промышленными предприятиями;
- использовать график движения и план формирования для создания оптимальных условий работы грузовых фронтов;
- планировать реальные размеры выгрузки и вырабатывать технологию их достижения;
- организовать погрузку с учетом возможностей своевременной выгрузки;
- планировать образование порожних вагонов;
- оптимизировать очередность обслуживания локомотивами участков местной работы;
- оптимизировать доставку местных вагонов на станции назначения и подачу на грузовые фронты;
- эффективно использовать передаточные, вывозные и маневровые локомотивы.

**Модель обеспечения погрузки** позволяет:

- оптимизировать пономерное прикрепление порожних вагонов к заявкам грузоотправителей по критериям:
  - а) минимума порожнего пробега вагонов;
  - б) максимального использования вместимости и грузоподъемности вагонов;
  - в) максимальной прибыли от тарифной стоимости перевозок;
- реализовать комплексную регулировку;
- обеспечить попутную загрузку порожних вагонов на погрузочные дороги, возврат вагонов в страны – собственницы СНГ.

**Модель управления вагонным парком** обеспечивает:

- условное разделение сети железных дорог на балансовые зоны (избытка и недостатка порожних вагонов);
- комплексное регулирование вагонного парка между балансовыми зонами;

- маршрутизацию порожних вагонопотоков;
- планирование пропуска поездов из порожних вагонов по специализированным расписаниям графика движения;
- использование технико-экономических методов распределения порожних вагонов с учетом получения доходов от тарифов;
- учет и ремонт неисправных вагонов;
- оптимизацию погрузки по дорогам назначения;
- многодневное прогнозирование образования порожних вагонов;
- учет и использование собственных и арендованных вагонов;
- учет и технико-экономическое обоснование использования «чужих» вагонов;
- оптимизацию содержания вагонов в резерве.

#### **Модель сортировочной станции и железнодорожного узла:**

- нормирование показателей работы;
- определение оптимальных условий работы при существующем оснащении;
- установление влияния различного числа маневровых локомотивов на освоение объема переработки и показатели работы;
- установление влияния различного числа и групп бригад ПТО и ПКО на освоение объема переработки и показатели работы;
- установление влияния различного числа путей надвига, отпуска и в парках станции на освоение объема переработки и показатели работы;
- установление влияния различной доли вагонов, запрещенных к роспуску с горки (ЗСГ) на объем переработки и показатели работы;
- установление зависимости между объемом переработки и временем нахождения вагонов в подсистемах станции при существующем оснащении и при изменении путевого развития и технического оснащения;
- установление зависимости времени нахождения вагонов на станции от числа назначений плана формирования поездов;
- установление зависимости времени нахождения вагонов на станциях от изменения нормы длины и массы поездов;
- учет влияния неравномерности прибытия и отправления поездов на объем переработки вагонов и показатели работы;
- заблаговременную сбалансированность в узле параметров прибытия, расформирования, формирования и отправления поездов;
- установление влияния различной загрузки путей надвига и отпуска, парков, горки, вытяжек, маневровых локомотивов на объем переработки и показатели работы;
- перераспределение сортировочной работы при необходимости.

**Модель грузовых фронтов** позволяет:

- определить оптимальную загрузку фронта в соответствии с его вместимостью и временем выполнения грузовых операций;
- определить техническое оснащение и фронт одновременной подачи вагонов для выполнения заданного объема грузовой работы;
- выработать требования к поступлению вагонов на станцию примыкания для максимального использования выгрузочной способности грузового фронта.

**Модель движения поездов на участке** дает возможность:

- рассчитывать наличную пропускную способность участков при существующем путевом развитии и при предоставлении «окон» для ремонтных работ;
- нормировать насыщение участков поездами;
- устанавливать влияние технической оснащенности, числа главных, прямо-отправочных путей на пропускную способность участков;
- устанавливать лимитирующие перегоны и расстановку проходных светофоров (длину блок-участков);
- устанавливать влияние предупреждений об ограничении скорости на время хода поездов и участковую скорость;
- устанавливать влияние соединенных, тяжеловесных и длинносоставных поездов на пропускную и провозную способность;
- устанавливать взаимосвязь между насыщением участков, плотностью потока поездов и скоростью движения;
- устанавливать режимы поездной работы на участках;
- устанавливать влияние изменения скорости движения, длины, массы поездов на пропускную и провозную способность;
- оптимизировать массу и скорость движения грузовых поездов.

**Модель нахождения локомотивов в депо** предназначена:

- для учета времени нахождения и состояния локомотивов в депо;
- планирования расстановки локомотивов по ремонтным постам для выполнения технического осмотра, ремонта и экипировки;
- планирования окончания технического обслуживания и ремонта;
- планирования готовности выхода локомотивов на станцию под поезд;
- планирования обеспечения составов локомотивами;
- планирования отстановки и изъятия локомотивов из резерва.

## 5 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСУ

### 5.1 Назначение и состав программного обеспечения АСУ

*Программное обеспечение АСУ* – это совокупность машинных программ для реализации целей и задач АСУ и нормального функционирования ее КТС. Оно должно обеспечивать:

- решение в автоматизированном режиме всех задач функциональных подсистем АСУ;
- совместимость функционирования одноименных подсистем разных ступеней АСУ и сопрягаемых подсистем одного уровня;
- повышение эффективности использования ЭВМ и других технических средств АСУ вследствие автоматизации процесса управления прохождением задач и работой различных технических устройств;
- сокращение сроков и трудоемкости разработки и отладки машинных программ;
- автоматизацию процедур пользования АБД в запросно-ответном режиме.

Поскольку ЭВМ может воспринимать любые математические методы и алгоритмы лишь после того, как они будут превращены в конкретные машинные программы, более точным и правильным был бы термин «программное обеспечение АСУ», который и применяют чаще.

Значение программного обеспечения определяется тем, что в конечном итоге вся информация в информационных системах обрабатывается по разработанным программам. Следовательно, уровень развития и возможности зависят от программного аппарата системы. При высоком уровне разработки программного обеспечения достигаются минимальные затраты времени на решение задач, наиболее полная загрузка всех устройств ЭВМ, сокращается время и трудоемкость составления и отладки машинных программ.

Доля трудовых затрат на разработку программного обеспечения в общем объеме работ по созданию информационных систем составляет 60–70 %. В развитых системах стоимость его разработки в 2–3 раза превышает затраты на приобретение технических средств. Высокая стоимость разработки программного обеспечения АСУ связана прежде всего со спецификой программирования решения задач и с техническими возможностями применяемых ЭВМ.

Как известно, вычислительные машины обрабатывают информацию только в том случае, если она представлена специальными обозначениями, которые отличаются от общепринятых наименований и чисел. Действия, выполняемые ЭВМ при обработке информации, элементарны; как правило, за один такт работы процессора выполняется одна команда – простейшее арифметическое или логическое действие над двумя числами. В связи с этим машинная программа решения любой технико-экономической задачи управления состоит из большого числа (от сотен до нескольких тысяч) команд, представленных специальными символами и размещенных в строгой последовательности. Подготовка и написание алгоритма решения задачи в командах машины, необходимость правильного и последовательного написания операций в машинных программах обуславливают высокую трудоемкость программирования.

Подготовка задачи для решения на ЭВМ является весьма сложной и включает ряд этапов:

- строгую математическую постановку задачи;
- определение объемов и формы представления исходных, промежуточных и результативных данных;
- разработку (или применение готовых) программ для ввода информации, выполнения расчета и печати результатов.

Многие операции при решении задачи на ЭВМ (ввод исходных данных, различные виды обработки массивов информации, печать результативной информации и т.п.) единообразны для большого числа задач учета, планирования и управления. Поэтому целесообразно составлять такие программы один раз в общем виде, а потом многократно использовать их при решении различных задач.

Выделение в задачах крупных повторяющихся процедур обработки информации и возможность подготовки типовых программ для их выполнения создали предпосылки к разработке общесистемного математического обеспечения.

При большом числе задач в АСУ, необходимости увязки графика решения их с ритмом производственно-хозяйственной деятельности предприятий, более равномерной загрузки всех технических устройств АСУ возникла надобность создания комплекса программ диспетчеризации прохождением задач и загрузки устройств ЭВМ.

За сравнительно короткий период развития программное обеспечение АСУ из набора изолированных программ решения отдельных задач, ряда применяемых стандартных программ превратилось в развитую систему, обеспечивающую автоматизацию разработки машинных программ на базе алгоритмических языков, отладки этих программ, автоматизации управления работой ЭВМ и сопрягаемых технических средств, автоматизации управления прохождением задач.



В составе программного обеспечения АСУ выделяют 3 составные части (рисунок 5.1):

1 Внутреннее программное обеспечение (операционная система) предназначено для автоматизации, управления работой ЭВМ и сопрягаемых технических средств (управляющие программы), что повышает производительность ЭВМ и других устройств АСУ, позволяет автоматизировать разработку, подготовку и отладку машинных программ (обрабатывающие программы), вследствие чего сокращается время программирования и улучшается качество машинных программ.

2 Внешнее программное обеспечение (специальное) включает систему управления прохождением задач АСУ, пакеты стандартных и типовых программ (общесистемное обеспечение), а также библиотеку программ решения всех комплексов задач, включенных в функциональные подсистемы АСУ.

3 Комплекс программ технического обслуживания (КПТО) предназначен для отладки и проверки технической исправности ЭВМ и других устройств, сопряженных с ЭВМ. Он включает тестовые испытательные программы, которые позволяют обнаружить неисправности в технических устройствах АСУ, выявлять места неисправности и предоставлять обслуживающему персоналу информацию об их характере.

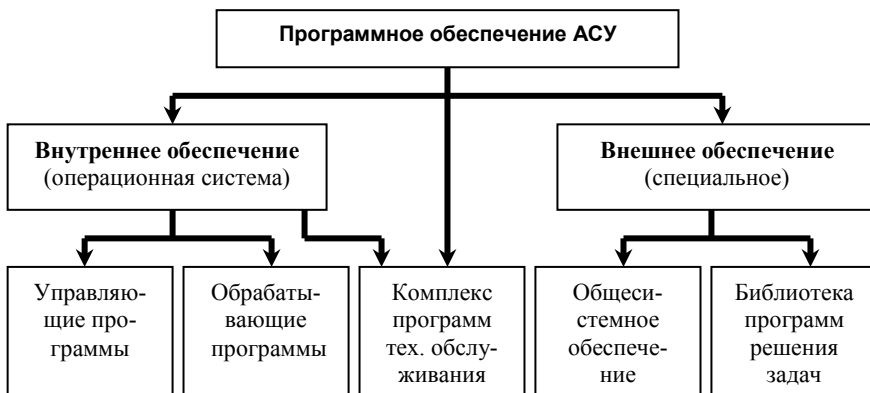


Рисунок 5.1 – Составные части программного обеспечения АСУ

Программы составлены для отдельных устройств ЭВМ и других технических средств и основаны на предположении, что при неисправном устройстве результат работы программ будет отличаться от результата, выданного на исправном устройстве. Работа программы заключается в непрерывном сравнении результатов с теми, которые были получены при заведо-

мо исправном устройстве. При несовпадении их выдается информация, показывающая, в каком месте программы произошло несовпадение. По этой информации можно судить о месте неисправности. Необходимо отметить, что КПО часто рассматривают как составную часть внутреннего математического обеспечения АСУ.

На базе современных ЭВМ программное обеспечение АСУ позволяет решать задачи как в режиме пакетной обработки данных, так и в режиме мультипрограммирования, когда несколько задач одновременно находятся в ЭВМ и выполнение одной из них может быть прервано для перехода к другой с последующим возвратом к прерванной.

Системы с разделением времени обеспечивают одновременный доступ к ЭВМ нескольким пользователям со специальных терминальных устройств.

Программное обеспечение ИС железнодорожного транспорта в значительной степени определяется характером решаемых технико-экономических задач учета, планирования и управления. Этим задачам присущи следующие особенности:

- большой объем цифровых и буквенных исходных данных, вводимых в ЭВМ, и информации, выводимой на печать в виде готовых документов;

- относительно простые алгоритмы обработки данных и небольшой объем вычислений на единицу вводимой информации;

- сравнительно ограниченное число типовых процедур обработки информации;

- большой удельный вес логических операций; наличие многократных группировок массивов информации по определенному признаку или их совокупности;

- взаимозависимость задач по первичной, нормативно-справочной и промежуточной информации;

- необходимость соблюдения точного технологического графика решения задач в суточном, декадном и месячном разрезе;

- потребность сбора и передачи по каналам связи значительного объема информации как со стационарных производственных объектов, так и с подвижного состава;

- широкое использование различных методов обеспечения достоверности информации на всех этапах ее регистрации, сбора и обработки, включая разные методы программно-логического контроля.

Для решения задач учета, планирования и управления большой объем исходной информации представляется в цифровом и буквенном виде, причем цифровые данные составляют до 80 % всего объема информации. Следует отметить, что для цифровых данных характерна переменная разрядность числовых значений реквизитов. Высокие требования предъявляются к достоверности информации, вероятность ошибок не должна превышать  $1 \cdot 10^6$ .

В связи с этим необходимо применять разнообразные методы повышения достоверности информации.

Характер решаемых на железнодорожном транспорте технико-экономических задач предопределяет относительную простоту алгоритмов обработки информации и наличие наряду с простыми арифметическими операциями большого удельного веса логических операций. Преобладающая доля исходной информации в этих задачах состоит из количественной (основание показателя) и призначной (реквизиты) частей. Над основаниями выполняются арифметические операции, над признаками – логические (выборка, объединение, упорядочение и др.). Как основания, так и признаки технико-экономических показателей используют для формирования выходных документов. Причем документированная форма представления результативной информации обязательна для всех задач АСУ.

Отличительная особенность технико-экономических задач – наличие в алгоритмах их решения значительного удельного веса типовых процедур обработки массивов информации. Это создает предпосылки к применению типовых программных блоков для реализации указанных процедур.

К *типовым процедурам логической обработки* информационных массивов относят:

- выборку из массива показателей, для которых коды реквизитов (или их численные значения) имеют заданные значения или расположены в заданном интервале, или удовлетворяют некоторому логическому условию;

- слияние и деление массивов, допускающих дополнение, замену и исключение записей;

- упорядочение (сортировку) массивов, т.е. расположение реквизитов в возрастающей или убывающей последовательности их числовых значений, в порядке возрастания или убывания номеров, кодов и т.п.;

- формирование нового массива в виде результата арифметических действий над имеющимися массивами (одним или несколькими).

Анализ алгоритмов задач, решаемых в АСУ, показывает, что удельный вес типовых процедур (включая процедуры ввода-вывода) составляет в среднем 70 % операторов обработки, а удельный вес команд, реализующих эти операторы, – около 85 % общего объема программ.

Важной особенностью технико-экономических задач АСУ является их взаимосвязь. Она может быть обусловлена общностью информационных массивов и программ обработки информации, методологией решения задач планирования, учета и управления транспортным процессом, технологией организации приема и обработки информации в ВЦ и др.

## 5.2 Типовые операции с массивами информации

К единицам информации относят: элемент данных, запись, массив. *Элемент данных* характеризует какой-либо признак объекта и в рамках рассматриваемой задачи АСУ не поддается дальнейшему смысловому делению. В управленческой информации элементами данных могут быть отдельные реквизиты, показатели. Каждый элемент данных характеризуют название и значение. *Запись* представляет собой систематизированную последовательность элементов объекта. С одним и тем же набором элементов объекты называют однородными. Набор элементов определяет объем сведений, необходимых для описания объекта при решении заданных задач АСУ. *Массив* – это группы записей о всех однородных объектах. Его характеризует название объекта, данные о котором также входят в массив. Различают массивы упорядоченные и неупорядоченные. В упорядоченных массивах записи располагают в порядке возрастания (или убывания) значения одного элемента или группы элементов, называемых ключевым признаком.

В процессе решения задач над массивами информации (а также элементами данных и записей) выполняется, как правило, ряд типовых процедур обработки информации: выборка, сортировка, поиск, пересечение, группировка, расчетные операции, упорядочение, печать и др.

При *выборке* из обрабатываемого массива информации формируют массив записей, признаки которых удовлетворяют некоторому заданному условию. Относительное расположение записей массива при этом не изменяется.

Во время *сокращения* обрабатываемого массива из него исключают множество записей, задаваемое управляющим массивом и некоторым условием. В итоге формируют результирующий массив, содержащий все записи исходного, кроме тех, которые были исключены в соответствии с заданными условиями.

В результате *сортировки* изменяют относительное размещение записей обрабатываемого массива без изменения их значения. Цель сортировки – облегчить и ускорить последующий поиск элементов.

Массив называют *упорядоченным* по некоторому признаку, если при просмотре массива в одном направлении значение этого признака в последовательных записях изменяется монотонно (возрастает или убывает). Если значение признака при просмотре массива от начала к концу возрастает, то считают, что *массив упорядочен в прямом направлении*, если значение его убывает, то – *упорядоченным в обратном направлении*. Рассматриваемая операция упорядочивает данный массив в прямом или обратном направлении.

При *подборке* в результирующий массив включают только взаимно соответствующие одна другой по заданному условию записи обрабатываемого и управляющего массивов. Вначале при этом записывают первую из подо-

бранных записей управляющего массива, затем – все соответствующие ей записи обрабатываемого массива, потом данную процедуру повторяют для второй записи и так продолжают до тех пор, пока не будет полностью исчерпан один из массивов.

Во время *анализа* массива подсчитывают записи массива, ключевой элемент которых удовлетворяет заданному условию. Сам массив при этом не изменяют.

При *выборке экстремальных записей* из обрабатываемого массива выбирают и включают в результирующий массив те записи, у которых наибольшее (или наименьшее) значение заданного ключевого признака.

Если одно и то же значение признака принадлежит более чем одной записи массива, то признак называют *групповым*. Массив называют *сгруппированным по данному признаку*, если все записи, имеющие одинаковое значение группового признака, являются в массиве соседними. Группировка заключается в формировании из заданного массива сгруппированного.

Если два массива упорядочены по одному и тому же признаку, их объединяют в один результирующий, т.е. осуществляют слияние массивов.

При вычислительных операциях по обработке одного массива определяют значения заданной функции  $f$  от значений элементов  $x_1, x_2, \dots, x_n$  записи массива, причем можно обусловить, чтобы эти вычисления выполнялись только для тех записей, ключевые элементы которых удовлетворяют заданному условию.

При внесении изменений для каждой пары взаимно соответствующих по некоторому условию записей обрабатываемого и управляющего массивов заменяют элемент  $x_i$  (или несколько элементов) первого массива элементом  $y_i$ , второго массива. Для эффективного выполнения этой операции необходимо оба массива упорядочить по ключевому признаку.

Часто результаты решения задач приходится представлять в виде расчетных таблиц, которые отличаются различным расположением строк и столбцов. При этом из одного массива формируют таблицу требуемой структуры.

При перемещении данных вводят, выводят, дублируют массивы, изменяют места хранения в пределах одного вида памяти.

Программное обеспечение постоянно интенсивно развивается; по многим аспектам его формирования нет еще единой точки зрения. Нужно ожидать значительного совершенствования составных частей математического обеспечения по организации функционирования, обеспечению взаимодействия АСУ, координации функционирования составных частей различных ступеней АСУ и др.

### 5.3 Аспекты создания автоматизированного банка данных

В настоящее время при проектировании автоматизированных подсистем их информационное обеспечение разрабатывается, как правило, отдельно для каждой из них, без учета информационной взаимосвязанности подсистем. При таком подходе неизбежно дублирование части исходной и промежуточной информации и, как следствие, возрастание трудоемкости подготовки данных, нерациональное использование накопителей информации в АСУ и т.д. Подобный подход в какой-то степени может быть оправдан только на начальном этапе внедрения АСУ.

При дальнейшем увеличении числа эксплуатируемых подсистем обособленное формирование информационного обеспечения подсистем становится недопустимым. Ставится задача формирования единой интегрированной системы информационного обеспечения на основе создания так называемого автоматизированного банка данных.

Под автоматизированным банком данных (АБД) понимается относительно автономная совокупность взаимосвязанных массивов информации (база данных), предназначенных для решения определенного комплекса задач АСУ, языковых и программных средств, методов доступа и управления массивами, а также технических средств, реализующих функции хранения, обновления, поиска и выдачи информации пользователю (программе, лицу, принимающему решение, программисту и т.д.).

Основные преимущества АБД по сравнению с организацией массивов информации для отдельных задач или подсистем (или отдельных потребителей) состоят в следующем:

- высокая степень централизации общесистемных массивов;
- исключение дублирования информации, состав хранимой в АБД информации предназначен для решения всех задач данной АСУ с учетом ее постепенного наращивания и модернизации;
- возможность прямого доступа с соблюдением приоритета большого количества пользователей к любому элементу информации;
- обеспечение непосредственного диалога пользователей с АБД с помощью проблемно-ориентированных языков высокого уровня;
- эффективный автоматический контроль и защита информации на всех этапах ее обработки в АБД;
- использование единой системы классификации и кодирования хранимой информации;
- использование единого системного языка для описания данных и типовых процедур обработки информации;

– наличие необходимого программного обеспечения для реализации основных функций АБД (ввод, контроль, поиск, обновление, корректировка, регенерация, печать, отображение, передача информации и т.п.).

Банк данных АСУ должен включать три составные части (рисунок 5.2):

- 1) справочно-информационный фонд отрасли в целом и (или) отдельных предприятий железнодорожного транспорта;
- 2) общесистемные массивы;
- 3) общесистемные программные модули и программы управления банком данных.

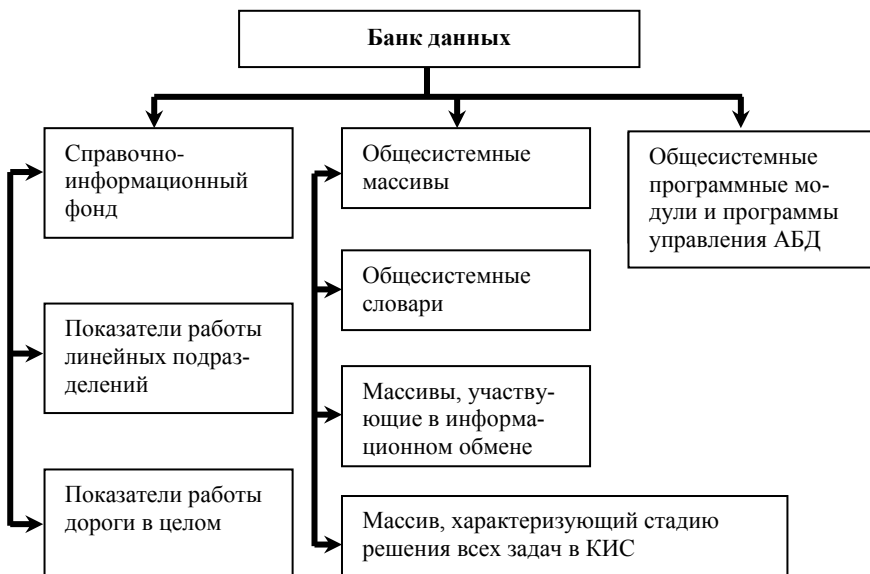


Рисунок 5.2 – Структура банка данных

Таким образом, для создания банка данных необходимо формирование справочно-информационного фонда и общесистемных массивов на машинных носителях; создание развитого программного обеспечения, позволяющего осуществить переход от действующей схемы информационного обеспечения к использованию банка данных.

В процессе формирования справочно-информационного фонда необходимо установить оптимальный состав информационных массивов; оптимальное размещение элементов информации по иерархии памяти ЭВМ, а также элементов информации в одном типе памяти и выбор оптимальной структуры организации массивов.

В качестве критерия оптимальности размещения данных в памяти ЭВМ принимается минимум среднего времени обращения к массиву.

Для функционирования АБД должен быть разработан комплекс программ управления данными. Основными элементами этого комплекса являются системы программ: для типовых процедур обработки информации (ввод, входной контроль, поиск, обновление, исключение, дополнение, вывод, печать, отображение и т.д.); для обеспечения диалога потребителей информации с АБД; для динамической перестройки памяти с целью эффективного использования ее ресурсов.

Важнейшая составная часть программного обеспечения АБД – системный язык описания данных, который должен обеспечить удобство и эффективность пользования данными при большом количестве взаимосвязанных массивов, хранимых в АБД.

Создание АБД на основе современных информационных технологий позволит значительно повысить производительность труда в сфере управления логистическими процессами не только на железнодорожном транспорте, но и в транспортной системе государства в целом.

#### **5.4 Алгоритмизация решения технологических задач**

Программная реализация той или иной технологической задачи начинается с разработки алгоритма ее решения. При его разработке необходимо установить, какие исходные данные будут передаваться из баз данных и баз знаний и в каком объеме. Для недостающих исходных данных разрабатываются машинно-ориентированные сообщения. Определяются нормативно-справочная информация (НСИ), ограничения. Для оптимизационных задач дополнительно определяются критерии эффективности, приемы и решения.

При подготовке алгоритма необходимо учитывать особенности машинной обработки, т.е. понимать действия основных машинных команд. Известно, что алгоритмические языки и программные команды на этих языках часто меняются. В отличие от многообразия команд на алгоритмических языках машинные команды более стабильны, присущи всем ЭВМ и число их сравнительно невелико.

Опыт составления алгоритмов, включающих сотни блоков, показал, что для их разработки необходимо знать лишь упрощенную схему устройств ЭВМ и основные машинные команды. Так, в ЭВМ целесообразно выделить: оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), устройство управления (УУ), внешнюю память (ВП) и устройства ввода-вывода информации (ВВУ).

ОЗУ – устройство, на которое можно записать информацию или считать с него. Каждый байт ОЗУ, состоящий из восьми бит, имеет свой адрес, т.е.



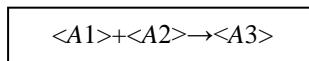
номер. Можно записать или считать информацию с 1 байта и более. В решениях задач используются различные длины информации: 1 байт, полу-слово – 2 байта, слово – 4 байта, двойное слово – 8 байтов и т.д.

Управляющее устройство целесообразно представить в виде регистров. Регистры являются промежуточной быстродействующей памятью и участвуют в выполнении машинных команд. Каждая машинная команда имеет код, с помощью которого УУ настраивает электронную схему для ее выполнения. Код команды одновременно указывает, с какой длиной слова работает программа. В общем случае в команде также содержатся адреса слов, с которыми выполняются те или иные операции. Указывается адрес, куда должен быть записан результат выполнения команды. В командах используются также знаки (+ или –).

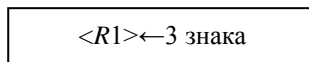
В блок-схеме используются стандартные элементы. Рассмотрим их.

*Процесс* – используется для указаний на выполнение:

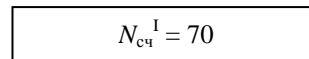
1) арифметических операций. Например, нужно суммировать содержимое адреса  $A1$  и содержимое адреса  $A2$ . Результат записать в памяти с адресом  $A3$ . В алгоритме это действие будет показано:



2) сдвига. Например, число на регистре  $R1$  нужно сдвинуть на 3 знака влево:

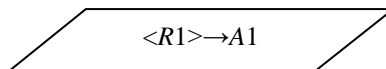


3) записи в счетчик цикла. Например, занести в счетчик цикла  $I$  число 70:

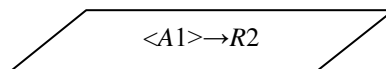


*Ввод–вывод* – элемент отражает пересылочные команды ЭВМ. Варианты применения:

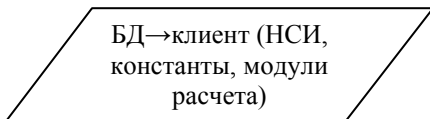
1) переслать, например, содержимое регистра  $R1$  в поле базы данных с адресом  $A1$ :



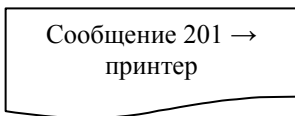
2) переслать содержимое (поле) с адресом  $A1$  на регистр  $R2$ :



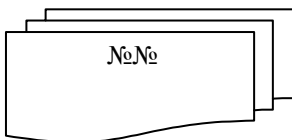
В алгоритмах можно использовать этот элемент для группы пересылочных операций. Например, переслать информацию из сервера базы данных (БД) на клиентское рабочее место:



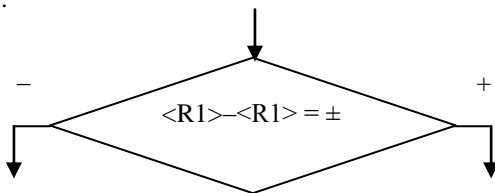
*Документ.* Этот элемент в алгоритме применяется в случае обязательной выдачи промежуточной и выходной информации на устройство вывода:



Разновидностью элемента «документ» является вывод одновременно нескольких документов:

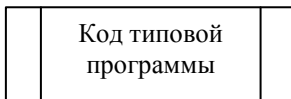


*Принятие решения.* В процессе можно показать логику ЭВМ в зависимости от полученного знака (+ или -). Элемент всегда содержит один вход и два выхода. Например, если содержимое  $R1$  больше, чем  $R2$ , то передача управления осуществляется по знаку «+», в противном случае – по знаку «-». В общем случае:



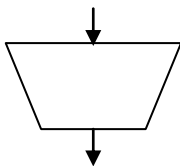
Обычно в этом элементе используется разность двух чисел. Технолог, понимая логику машины, должен правильно расставить поля, чтобы рационально организовать процесс получения результата.

*Предопределенный процесс.* В блок-схеме алгоритма этот элемент применяется для указания о переходе на расчет по типовой программе:



До этого элемента программа должна подготовить в типовой форме все исходные данные для решения. Выходные результаты типовой программы и их форма выдачи известны. После этого элемента должны следовать элементы, использующие результаты, полученные по типовой программе.

*Ввод информации или передача управления оператору.* В случае нарушения работы программы или отклонения от контрольной величины программа должна выдать сигнал оператору. Этот же элемент может указывать на необходимость ввода или вывода исходных данных. В программах с большим временем расчета элемент используется как требование остановки. В этом случае оператор проверяет правильность промежуточных расчетов. Принимает решения о продолжении расчетов, остановке, повторении предыдущей части расчета:



Эффективным методом решения ряда задач является использование циклов. В алгоритме условимся ограничивать каждый цикл следующими элементами:



В алгоритмах принимаем, что при знаке «+» управление передается команде на продолжение расчетов. При знаке «-» управление передается в начальные команды цикла.

Разработку алгоритма рассмотрим на примере задачи определения пути роспуска для каждого распускаемого с горки вагона («сортировочный листок»). Блок-схема обработки кода ЕСР для состава поезда приведена на рисунке 5.5.

В блоке 1 выполняется загрузка телеграммы-натурного листа в базу данных программы.

В блоке 2 из информационной фразы ТГНЛ поочередно производится выбор номеров вагона.

В блоке 3 из позиции 5 соответствующей строки информационной фразы выбирается код ЕСР.

В блоке 4 код ЕСР передается в оперативную память для последующего анализа.

Блок 5 производит анализ: если в ОЗУ содержится код ЕСР, его передают для последующего определения назначения плана формирования в блок 6; если ЕСР отсутствует, блок 7 передает управление программой оператору для ручного ввода станции назначения (например, для порожних вагонов).

В блоках 8, 9, 10 производится сравнение значения кода  $R$  со значениями таблицы назначений ЕСР. Если значение кода  $R \leq$  ЕСР, то в блоке 12 присваивается код назначения для вагона. Если для вагона в таблице назначений не удалось подобрать соответствующее значение, управление программой передается оператору (блок 11) для уточнения станции назначения вагона.

В блоке 13 определяется, для всех ли вагонов расформировываемого состава определены коды назначения? Если остались вагоны с неопределенным назначением, происходит переадресация к блоку 2 и процедура определения назначения ПФ повторяется. Если назначения ПФ определены для всех вагонов, формируется сортировочный листок (блок 14) и готовый документ выдается на печать.

## 5.5 Базы данных

Хранение и обработка данных – важнейшая задача разработки информационных систем. Одним из ее решений явилось создание в конце 60-х годов прошлого века специализированных программно-аппаратных систем, получивших название *систем баз данных* или *баз данных* (БД).

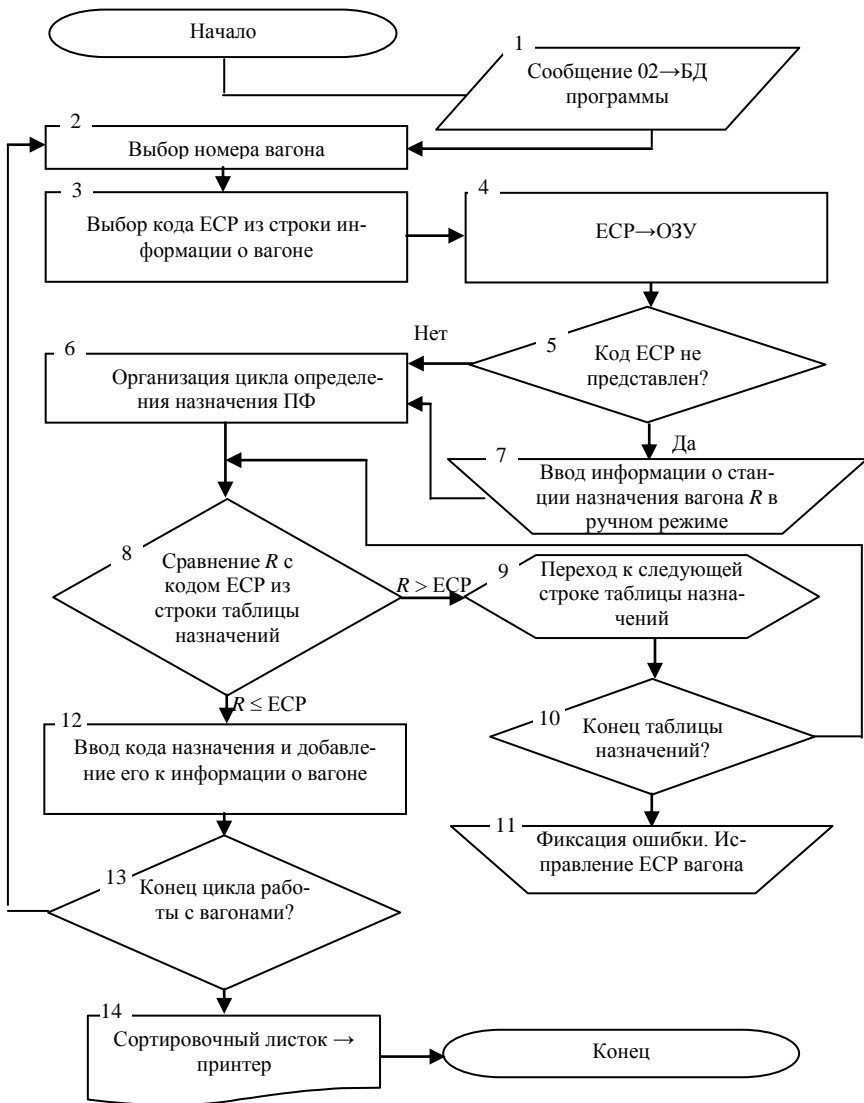


Рисунок 5.3 – Блок-схема анализа кода ЕСР для определения назначения плана формирования

Система баз данных упрощенно может рассматриваться как компьютеризированная система хранения записей-данных, а сама база данных – как хранилище совокупности файлов данных, предназначенных для совместного использования.

Архитектура системы БД состоит из следующих компонентов:

- аппаратное обеспечение;
- программное обеспечение;
- пользователи;
- данные.

Пользователи БД могут выполнять целый ряд операций над записями:

- добавлять записи;
- удалять;
- модифицировать;
- осуществлять поиск и др.

Различают локальные и распределенные (удаленные) БД. Все части локальной БД размещаются на компьютере пользователя. Если к одной БД обращается несколько пользователей одновременно, каждый пользователь должен иметь свою копию БД. В отличие от локальной значительная часть распределенной БД находится на одном достаточно мощном компьютере (сервере), в то время как компьютеры пользователей содержат относительно небольшие фрагменты БД, которая называется клиентской частью.

В процессе проектирования (конструирования) решается, какой вид будет иметь вновь создаваемая база данных. Для этого необходимо определить:

- 1) таблицы, которые будут входить в базу данных;
- 2) столбцы, из которых состоит каждая таблица;
- 3) взаимосвязи между таблицами и столбцами.

Конструирование базы данных связано с построением ее логической структуры. В реляционной модели логическая структура базы абсолютно не зависит от ее физической структуры и способа хранения. Логическая структура также не определяется тем, что видит у себя на экране конечный пользователь. Например, это могут быть виртуальные таблицы, созданные разработчиком или прикладными программами.

Конструирование баз данных на основе реляционной модели имеет ряд важных преимуществ перед другими моделями, а именно:

- независимость логической структуры от физического и пользовательского представления;
- гибкость структуры БД – конструктивные решения не ограничивают возможности выполнять в будущем самые разнообразные запросы;
- реляционная модель не требует описания всех возможных связей меж-

ду данными.

Можно впоследствии задавать запросы о любых логических взаимосвязях, содержащихся в базе, а не только о тех, которые планировались первоначально.

С другой стороны, реляционные системы не имеют никаких встроенных защитных механизмов против некорректных структурных решений и не умеют различать хорошую структуру базы данных от посредственной. К тому же не существует автоматизированных средств, которые могли бы заменить разработчика или пользователя в процессе принятия структурных решений.

Ниже приводится примерная последовательность шагов, выполняемая в процессе проектирования базы данных.

**1 Исследование информационной среды** для моделирования предопределяет ответы на следующие вопросы: откуда поступает информация и в каком виде; как она будет вводиться в систему и кто этим будет заниматься; как часто информация изменяется; какие параметры системы будут наиболее критическими: время и реакции на запрос или надежность. Для ответов на эти вопросы потребуются:

– изучение всех бумажных материалов, а также информационных файлов и форм, которые используются в организации для хранения и обработки данных;

– уточнение, в каком виде информация должна извлекаться из базы данных: в форме отчетов, заказов, статистической информации и др.;

– определение пользователей, которым выходная информация будет предназначаться.

**2 Создание списка объектов** (сущностей, которые будут предметом базы данных) вместе с их свойствами и атрибутами. Объекты должны быть собраны в таблицы (каждая строка описывает один объект, например: вагон, станция, локомотив). Свойства объектов будут представлены столбцами таблицы (например: номер, тип, приписка и т.п.).

**3** В ходе работы обязательно должен создаваться **макет таблиц и связей** между ними, называемый структурой данных или диаграммой зависимостей между объектами (ER-диаграмма).

**4** Предварительно разобравшись с объектами и их атрибутами, надо убедиться, что каждый объект имеет атрибут (или группу атрибутов), по которому однозначно можно идентифицировать любую строку в будущей таблице. Этот идентификатор обычно называется **первичным ключом**. Если такового нет, то для получения **искусственного ключа** следует создать дополнительный столбец.

**5** Должны быть рассмотрены **зависимости между объектами**:

а) имеются ли зависимости типа «один-ко-многим» (например, одна бригада может обслуживать много локомотивов, но каждый локомотив может быть обслужен одной бригадой) или «многие-ко-многим»;

б) есть ли возможности для объединения связанных таблиц. Для этого служат внешние ключи, столбцы в связанных таблицах с совпадающими значениями первичных ключей.

**6 Анализ структуры базы данных** с точки зрения правил нормализации для поиска логических ошибок. Исправление всех отклонений от нормальных форм или обоснование решения отказаться от выполнения ряда правил нормализации в интересах простоты или производительности. Документирование причины таких решений.

**7 Непосредственное создание структуры базы данных** и помещение в нее некоторых прототипов данных. Обязательное экспериментирование с запросами, изучение полученных результатов. Выполнение ряда тестов на производительность, чтобы проверить разные технические решения.

**8 Оценка базы данных** с точки зрения того, удовлетворяют ли заказчика полученные результаты.

Необходимо отметить, что широкие таблицы трудно читать и в них сложно разбираться. В то же время разделение данных таблиц на целый ряд небольших таблиц усложняет отслеживание взаимосвязей между ними. Выбор подходящего числа столбцов обычно является компромиссом между простотой понимания базы и правилами нормализации.

Хорошо разработанная база данных предотвращает ввод противоречивой информации и случайное удаление данных. Это достигается за счет минимизации ненужного дублирования данных в таблицах и поддержки целостности. Хорошо разработанная база данных должна обладать достаточной производительностью. Опять-таки здесь играет большую роль число столбцов в таблице. Выборка данных будет проводиться медленнее, если информация размещена не в одной, а в нескольких таблицах. Однако большие таблицы могут требовать от системы обработки большего количества данных, чем это на самом деле необходимо для выполнения конкретного запроса. Другими словами, количество и размер таблиц существенно влияют на производительность. Также с точки зрения производительности критическим является выбор столбца (по которому выполняется индексирование) и тип индексирования.

Плохая структура базы данных:

- приводит к непониманию результатов выполнения запросов;
- повышает риск введения в базу данных противоречивой информации;
- порождает избыточные данные;
- усложняет изменение структуры созданных ранее и уже заполненных данными таблиц.

Не существует идеального решения, полностью удовлетворяющего всем требованиям, предъявляемым при проектировании баз данных. Часто приходится чем-то жертвовать, основываясь на требованиях и особенностях приложений, которые будут использовать базу данных.



В качестве примера рассмотрим БД программы «График движения поездов», которая разрабатывалась в среде Microsoft Access.

Структура базы данных приведена на рисунке 5.4.

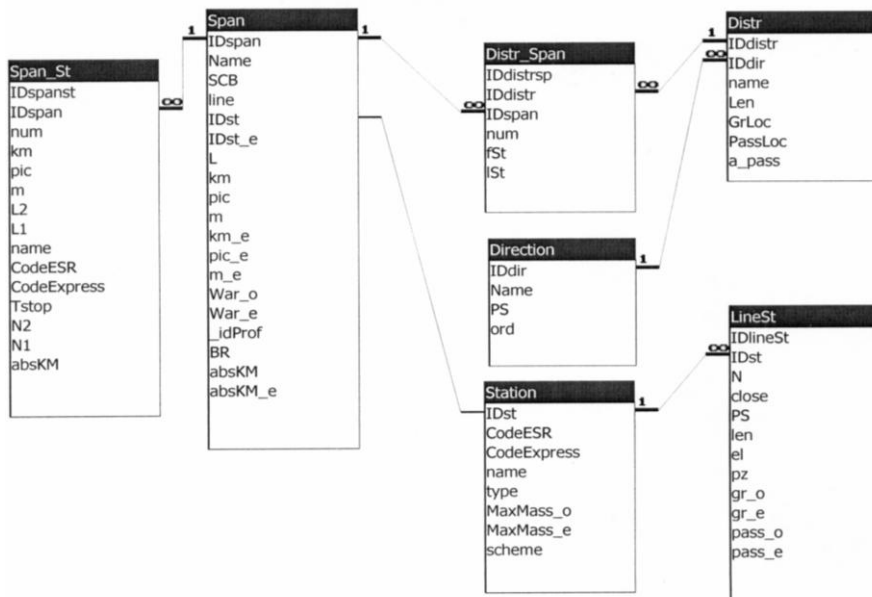


Рисунок 5.4 – Структура базы данных программы «График движения поездов»

Исходные данные, необходимые для описания железнодорожного участка, по которому разрабатывается график, представлены в виде совокупности взаимосвязанных объектов (таблица 5.1).

Т а б л и ц а 5.1 – Состав базы данных

Объект (сущность)	Таблица БД
Железнодорожное направление	Direction
Станции	Station
Пути станций	LineSt
Перегоны	Span
Остановочные пункты на перегонах	Span_St
Участки	Distr

*Железнодорожное направление* характеризуется названием и протяженностью. Каждому направлению принадлежат определенные станции и перегоны. К сущности «станция» относятся: станция, разъезд, обгонный пункт,

путевой пост, блок-пост. На отдельных пунктах осуществляются основные операции с поездами: обгон, скрещение, начало и конец маршрута движения, технические операции, длительные стоянки с занятием приемо-отправочных путей и т.д.

Основные нормативно-справочные показатели станции:

- наименование и код ЕСП;
- километровая отметка;
- расположение пассажирского здания (ПЗ);
- способ управления стрелками;
- вид примыкания линий к станции;
- сведения о горловинах отдельного пункта, включая информацию о станционных интервалах в горловине;
- сведения о приемо-отправочных и главных путях в пределах станции, включая информацию о специализации путей;
- список входящих (прибытие поездов) и исходящих (отправление поездов) перегонов, связанных с данным отдельным пунктом;
- нормы технических стоянок.

*Приемо-отправочные пути* расположены на станциях участка. К нормативным характеристикам приемо-отправочных путей относятся:

- специализация путей по типам поездов (пассажирские, грузовые, пригородные), направлению движения (нечетные, четные) и видам движения по отдельному пункту (прибытие, отправление, пропуск на ходу). Все проверки допустимости проследования поездов через отдельный пункт осуществляются с учетом заданной специализации путей;
- длина пути в условных вагонах – для проверки возможности остановки конкретного поезда на данном пути;
- интервал освобождения пути – минимальное время между отправлением поезда с данного пути и прибытием на него следующего поезда.

*Остановочные пункты* – место остановки пассажирских и пригородных поездов для посадки–высадки пассажиров. В отличие от отдельных пунктов остановочный пункт:

- не имеет никаких путей, кроме главных;
- не может быть пунктом разветвления линий и, соответственно, маршрутов поездов;
- не может быть пунктом оборота поезда (начальным или конечным пунктом маршрута поезда);
- на остановочном пункте не может совершаться обгон или скрещение поездов;
- не имеет собственного набора межпоездных и станционных интервалов;

– единственный вид операции с поездом, допустимый на остановочном пункте, – кратковременная остановка пассажирского или пригородного поезда для посадки–высадки пассажиров.

Перегоны, наряду со станциями и отдельными пунктами, являются основной составляющей железнодорожного направления.

Перегон определяется двумя ограничивающими его станциями, номером главного пути и направлением движения по перегону (*нечетное, четное*).

При движении поездов встречных направлений по физически одному и тому же перегону перегоны считаются различными и описываются отдельно, каждый со своими характеристиками.

Для перегона установлены следующие нормативы и показатели:

– отдельные пункты начала и конца перегона и номер главного пути перегона;

– направление движения поездов по перегону (*четное, нечетное*);

– длина перегона;

– средства сигнализации и связи;

– набор межпоездных интервалов на перегоне;

– допустимость движения по перегону конкретных категорий поездов.

С перегонем связывается набор времен хода (*чистое время хода, разгон, замедление, предупреждение*). Времена хода задаются отдельно для каждой категории поездов (*пассажирские, грузовые, пригородные*).

В свою очередь, совокупность перегонов составляет железнодорожный участок.

## 5.6 Обеспечение безопасности информационных систем

*Целостность информации* – существование информации в неискаженном виде (неизменном по отношению к некоторому фиксированному состоянию). В общем случае субъектов интересует обеспечение более широкого свойства – достоверности информации, которое складывается из адекватности (полноты и точности) отображения состояния предметной области и непосредственно целостности информации.

Однако вопросы обеспечения адекватности отображения выходят далеко за рамки проблемы обеспечения информационной безопасности и поэтому при исследовании этой проблемы ограничиваются только рассмотрением вопросов обеспечения целостности информации.

Целью построения информационных систем является организация доступа к хранимой и обрабатываемой в системах информации. Если по каким-либо причинам в узлах обработки информации системы возможно

превышение их пропускной способности, узлы могут выйти из строя, поскольку «захлебнутся» в потоке данных и не смогут обрабатывать запросы пользователей.

*Доступность информации* – свойство системы, характеризующееся способностью обеспечивать своевременный беспрепятственный доступ субъектов к интересующей их информации и готовность соответствующих автоматизированных служб к обслуживанию поступающих от субъектов запросов всегда, когда в обращении к ним возникает необходимость.

Безопасность информационной системы обеспечена в случае, если в ней поддерживается определенный уровень конфиденциальности (невозможность несанкционированного получения какой-либо информации), целостности (невозможность несанкционированной или случайной ее модификации) и доступности (возможность за определенное время получить требуемую информацию). Интегральным показателем безопасности информационной системы является уровень информационной безопасности.

*Угрозы информационной безопасности.* Базовым понятием безопасности является понятие *угрозы*. Под угрозой обычно понимают потенциально возможные события, действия которых могут привести к нанесению ущерба чьим-либо интересам. Угрозой информационной безопасности называют возможность реализации воздействия на обрабатываемую в системе информацию, приводящего к искажению, уничтожению, копированию, блокированию доступа к информации, а также возможность воздействия на компоненты системы, приводящего к утрате, уничтожению или сбою функционирования носителя информации, средства взаимодействия с носителем или средства его управления.

В соответствии с вышеизложенным для информационных систем предлагается рассматривать три основных вида угроз.

*Угроза нарушения конфиденциальности* заключается в том, что информация становится известной тому, кто не располагает полномочиями доступа к ней. В терминах информационной безопасности угроза нарушения конфиденциальности имеет место всякий раз, когда получен доступ к некоторой конфиденциальной информации, хранящейся в вычислительной системе или передаваемой от одной системы к другой. Иногда, в связи с угрозой нарушения конфиденциальности, используется термин «утечка информации».

*Угроза нарушения целостности* включает в себя любое умышленное изменение информации, хранящейся в вычислительной системе или передаваемой из одной системы в другую. Когда имеет место преднамеренное изменение информации, говорится, что целостность информации нарушена. Целостность также будет нарушена, если к несанкционированному изменению приводит случайная ошибка программного или аппаратного обеспечения. Санкционированными изменениями являются те, которые сделаны уполно-

моченными лицами с обоснованной целью (например, санкционированным изменением является периодическая запланированная коррекция некоторой базы данных).

Угроза отказа служб возникает всякий раз, когда в результате преднамеренных действий других пользователей или злоумышленника блокируется доступ к некоторому ресурсу вычислительной системы. Реально блокирование может быть постоянным (запрашиваемый ресурс никогда не будет получен) или оно может вызывать только задержку запрашиваемого ресурса, достаточно долгую для того, чтобы он стал бесполезным. В этих случаях говорят, что ресурс исчерпан.

Данные виды угроз можно считать первичными или непосредственными, так как если рассматривать понятие угрозы как некоторую потенциальную опасность, реализация которой наносит ущерб информационной системе, то реализация вышеперечисленных угроз приведет к непосредственному воздействию на защищаемую информацию. В то же время непосредственное воздействие на информацию возможно в том случае, если система, в которой циркулирует информация, «прозрачна», т.е. не существует никаких средств обеспечения безопасности или других препятствий.

На современном этапе развития информационных технологий подсистемы или функции безопасности являются неотъемлемой частью комплексов по обработке информации. Информация не представляется «в чистом виде», на пути к ней имеются хотя бы какие-нибудь средства обеспечения безопасности, и поэтому, чтобы угрожать, например, нарушением конфиденциальности, необходимо преодолеть эти средства. Однако абсолютных средств безопасности не существует: вопрос лишь во времени и затратах, требующихся на их преодоление. Исходя из этого принимают положение: безопасность информационной системы считается нарушенной, если в ходе ее исследования определены *уязвимые места системы*.

Таким образом, рассматривают четвертый вид угроз – *угрозу раскрытия параметров информационной системы*, включающей в себя систему безопасности. Угрозу раскрытия можно считать опосредованной. Последствия ее реализации не причиняют какого-либо ущерба информации в системе, но дают возможность реализоваться первичным или непосредственным угрозам, перечисленным выше.

Для обеспечения информационной безопасности на практике абстрактным понятиям («информация» и т.п.) ставятся в соответствие физические представления в среде вычислительной техники. В последнее время используется новая группа обобщающих понятий. Это понятия продукта информационных технологий (product IT), системы информационных технологий (system IT) и актива (asset).

Под *продуктом* понимается совокупность программных, программно-аппаратных и (или) аппаратных средств информационных технологий (ИТ),

предоставляющая определенные функциональные возможности и предназначенная для непосредственного использования или включения в различные системы. Система ИТ определяется как специфическое воплощение информационных технологий с конкретным назначением и условиями эксплуатации. Под *активами* ИТ понимаются информация или информационные ресурсы, входящие в состав продукта (системы) и подлежащие защите мерами безопасности (контрмерами).

Процесс обеспечения информационной безопасности достаточно сложен и представляет собой совокупность нескольких одновременно протекающих взаимосвязанных, но разномасштабных процессов. Его полное понимание и представление сопряжено с определенными трудностями, а особенности отображения, как правило, зависят от целей исследования.

Для обсуждения задач безопасности обычно используют модель, предлагаемую ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408. Схема, представленная на рисунке 5.5, иллюстрирует связь положений вероятностной концепции безопасности с вопросами практического обеспечения безопасности информационных систем.

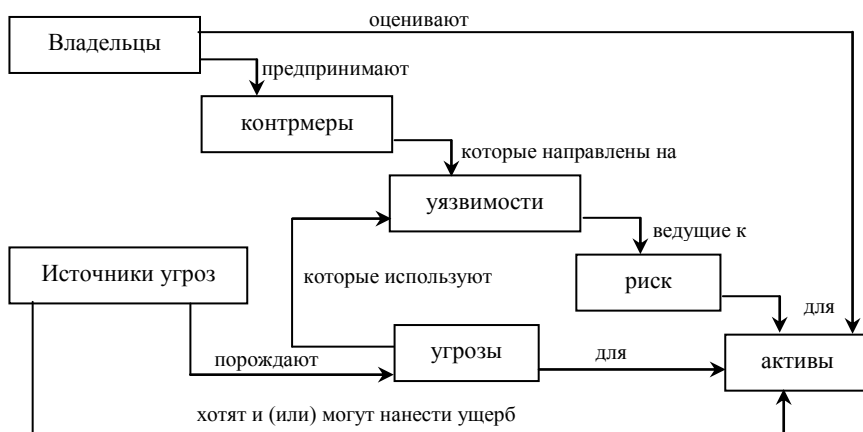


Рисунок 5.5 – Контекст безопасности в соответствии с ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408

Для определения методов обеспечения безопасности (выбора контрмер) используют опыт, обобщенный в соответствующих руководящих документах. К наиболее известным методам обеспечения безопасности относят:

1) методы *идентификации* – проверка подлинности и контроль за доступом субъектов в систему (к терминалам, ЭВМ, узлам сети ЭВМ, каналам связи, внешним устройствам ЭВМ) и к программам (к томам, каталогам, файлам, записям, полям записей);

2) методы *регистрации и учета* – регистрация и учет входа субъектов в систему или выхода из системы (узла сети), выдачи печатных (графических) документов, запуска или завершения программ и процессов (задач или заданий) и т.п.; учет носителей информации; обнуление освобождаемых областей оперативной памяти ЭВМ и внешних накопителей; сигнализация о попытках нарушения защиты;

3) *криптографические* методы – шифрование конфиденциальной информации и информации, принадлежащей различным субъектам доступа (группам субъектов) на разных ключах: сертификация криптографических средств;

4) методы *обеспечения целостности* – физическая охрана средств вычислительной техники и носителей информации: администрирование системы: тестирование систем безопасности: сертификация средств безопасности.

Усиление внимания к проблеме обеспечения информационной безопасности на Белорусской железной дороге в последние годы позволило ликвидировать отставание в этой области на железнодорожном транспорте.

Приблизительно 50 % усилий направлено на внедрение средств обеспечения безопасности в существующих системах передачи и обработки информации (в сети передачи данных, локальных вычислительных сетях, автоматизированной системе оперативного управления перевозками, ГИД «Неман», центре управления перевозками, АСУ станциями), около 10 % – на продление лицензий на антивирусное программное обеспечение и оснащение подразделений информационной безопасности средствами контроля защищенности корпоративных сетей, около 35 % – на разработку и внедрение средств обеспечения безопасности для вновь создаваемых АСУ.

Приблизительно 5 % мероприятий направлено на обучение специалистов, подготовку подразделений к лицензированию деятельности в области технической защиты конфиденциальной информации, разработку нормативных документов для обеспечения требуемого уровня информационной безопасности.

В настоящее время постепенно складывается практика унифицированного подхода к построению подсистем и комплексов обеспечения безопасности информации. Это обусловлено двумя факторами. Первым является результат анализа рисков и возможных способов их минимизации в масштабах всего железнодорожного транспорта. Вторым определяется нехваткой квалифицированных специалистов в области внедрения и эксплуатации систем и средств защиты информации.

Основные направления работ по обеспечению информационной безопасности на железнодорожном транспорте:

– своевременное корректное использование и поддержка в работоспособном состоянии эксплуатируемых средств информационной безо-

пасности, в том числе штатных, входящих в состав операционных систем (сред);

- разработка новых и доработка существующих типовых положений и инструкций по организации и поддержанию требуемого уровня информационной безопасности;

- оснащение, обновление и поддержание в работоспособном состоянии средств защиты магистральных и региональных узлов сети передачи данных (СПД, оборудование точек подключения СПД к публичным сетям и сетям других государств;

- оснащение, обновление и поддержание в работоспособном состоянии системы защиты информации единой магистральной цифровой сети связи (ЕМЦСС) на сети железных дорог;

- проектирование и внедрение средств защиты АСУ центра управления перевозками, АСУ станций, систем ГИД «Неман», «САПОД» и др., защиты mainframe и ПЭВМ индивидуальных пользователей, в том числе с использованием технологии «электронной цифровой подписи» (ЭЦП);

- оснащение, обновление и поддержание в работоспособном состоянии штатных и дополнительных средств защиты АСУ пассажирскими перевозками («Экспресс-3», в том числе ее терминального оборудования);

- полномасштабное использование и регулярное обновление лицензий на средства антивирусной защиты, проектирование и отработка в пилотной зоне элементов корпоративной системы активной защиты;

- оснащение, обновление и поддержание в работоспособном состоянии средств защиты системы электронной коммерции, в том числе средств защиты информации при подключениях внешних пользователей корпоративного web-портала и электронной торговой площадки;

- ввод в действие защищенного сегмента электронной почтовой системы;

- поставка, обновление и поддержание в работоспособном состоянии средств контроля защищенности локальных вычислительных сетей и программно-технических комплексов;

- оснащение и поддержание в работоспособном состоянии на сети дорог программно-технических комплексов обнаружения вторжений в информационные системы и телекоммуникационные сети;

- оснащение и поддержание в работоспособном состоянии средств защиты информации от несанкционированного доступа на серверных частях ЛВС и информационных технологий;

- оснащение, обновление и поддержание в работоспособном состоянии средств разграничения доступа, межсетевого экранирования и организации виртуальных частных сетей, криптографических средств защиты критичной информации ЕК АСУ финансами и ресурсами;

- оснащение и обновление средств ограничения физического доступа в информационно-вычислительные центры железных дорог.



## 6 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АС

### 6.1 Назначение и принципы формирования КТС

Комплекс технических средств (КТС) предназначен для реализации в автоматизированном режиме всех этапов технологического процесса подготовки, передачи и обработки информации. Исходя из назначения автоматизированных систем (АС) на КТС возлагают выполнение следующих основных *функций*:

- механизацию и автоматизацию процессов регистрации первичной информации, которая зарождается на линейном уровне (станциях, депо и т.п.), а также поступает с подвижного состава, подготовку первичных документов с одновременной выдачей машинных носителей информации;
- автоматизацию сбора информации о ходе транспортного процесса и передачи информации по каналам связи в ВЦ;
- автоматизацию подготовки данных на машинных носителях;
- ввод и обработку данных ЭВМ в соответствии с заданными алгоритмами решения задач; накопление данных о процессе их обработки;
- выдачу результатов решения задач из ЭВМ в виде, удобном для представления работникам управления;
- размножение выходных форм документов;
- автоматизацию обмена информацией между пользователями и ЭВМ, между всеми ступенями АС, а также АС смежных видов транспорта и других отраслей экономики.

Выбор КТС включает обоснование сети ВЦ различных типов, каналов связи; расчет потребности технических устройств для конкретного ВЦ; разработку технологического процесса регистрации и сбора информации с линейных подразделений, стационарных объектов и подвижного состава, передачи информации и обработки данных в ВЦ; определение целесообразной организационно-функциональной структуры ВЦ, ИП и др.

На формирование КТС АС требуются большие капитальные вложения. Это определяет необходимость тщательного обоснования его структуры, выбора наиболее эффективных технологических схем сбора и преобразования информации.

Применяемые в АС технические средства должны удовлетворять следующим требованиям с учетом специфики различных отраслей народного хозяйства:

1 *Организационно-экономические*: КТС должен обеспечить решение всех задач учета, планирования и управления данной АС и надежное функционирование всех ее подсистем; структура КТС должна допускать возможность ее развития и изменения с учетом расширения состава решаемых задач и увеличения числа функционирующих подсистем; КТС необходимо формировать из условия минимума капитальных вложений и затрат на эксплуатацию.

2 *Организационно-технические и функциональные*: КТС должен обеспечивать выполнение всех этапов преобразования информации от ее регистрации и сбора до выдачи работникам управления; должен обладать программной, информационной и технической совместимостью для прямого обмена информацией между отдельными устройствами с помощью машинных носителей информации и каналов непосредственной связи; должен обеспечивать пропорциональность и соотносительность в производительности всех звеньев, необходимую надежность работы и заданный уровень достоверности преобразования информации.

3 *Конструктивные и эксплуатационные*: при формировании КТС предусматривать применение унифицированных устройств и блоков; КТС должен обеспечивать агрегируемость технических средств, позволяющую перестраивать и наращивать мощность КТС; должен занимать минимальные производственные площади, быть приспособлен к условиям окружающей среды и достаточно прост в эксплуатации.

Отличительная черта информационных систем железнодорожного транспорта – наличие большого разнообразия технологических схем регистрации, сбора, передачи и обработки информации.

## **6.2 Структура комплекса технических средств АС**

В соответствии с основными стадиями технологического процесса преобразования информации технические средства АСУ подразделяют на следующие укрупнённые группы:

- регистрации, сбора и подготовки информации;
- передачи;
- обработки данных;
- вывода, отображения, накопления и размножения информации.

Кроме перечисленных основных функциональных групп технических устройств в состав КТС входит также различное вспомогательное оборудование (аппаратура проверки и наладки основного оборудования, кондиционеры, ремонтные мастерские и т.п.).

*Средства регистрации и сбора информации* являются периферийными устройствами АСУ и устанавливаются в местах зарождения первичной информации. Эти средства должны обеспечивать автоматизированную (авто-

матическую) регистрацию, сбор и контроль первичных данных, выдачу печатных документов, одновременно подготовку исходной информации на машинных носителях (жестких дисках, дискетах, компакт-дисках) и передаче ее в необходимых случаях в канал связи.

В качестве средств регистрации и сбора информации в АСУ могут быть использованы: регистраторы производства и регистраторы информации, устройства дистанционного сбора информации, терминальные устройства абонентских пунктов, организационные автоматы, телеграфные аппараты и другие. При создании устройств регистрации и сбора информации предусмотрены специальные меры по повышению надежности их работы и достоверности регистрируемой информации. Технические средства позволяют осуществлять ручной, автоматический и полуавтоматический ввод информации в устройство с клавиатуры, жестких дисков, компакт-дисков.

На железнодорожном транспорте используется множество специализированных технических средств сбора и регистрации информации (рисунок 6.1).

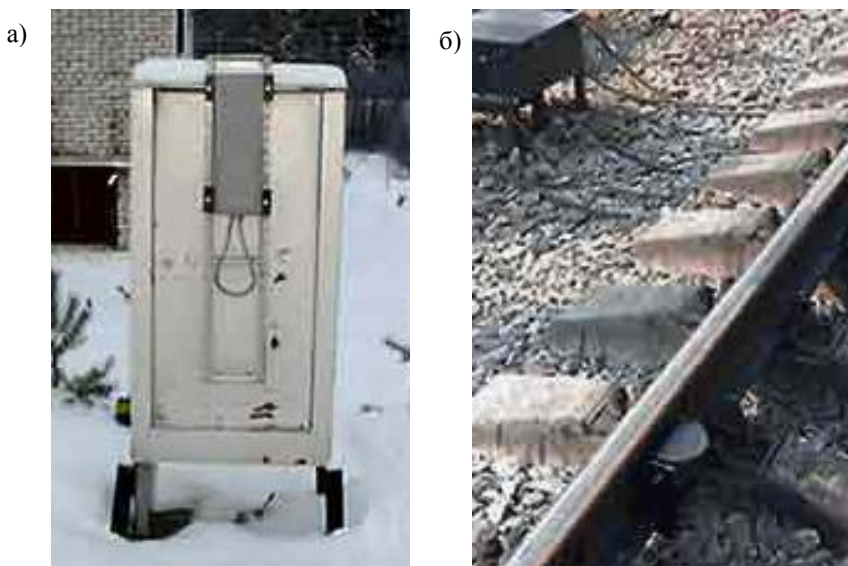


Рисунок 6.1 – Устройства регистрации информации:  
а – пункт считывания информации системы автоматической идентификации  
подвижного состава; б – счетчик осей подвижного состава

*Средства передачи информации* должны обеспечивать доставку данных с заданной скоростью, в установленные сроки с необходимым уровнем надежности. Различают два вида средств передачи данных:

- немеханизированные (почта, курьерская связь);
- механизированные и автоматизированные (системы передачи данных по каналам связи).

*Системой передачи данных* называют совокупность аппаратуры передачи данных и каналов связи, обеспечивающих обмен информацией между источником сообщения и получателем информации.

**Система передачи данных** включает **сообщения, передающее устройство, канал связи, приемное устройство и получателя** информации.

Источниками информации могут быть как человек, так и различные устройства автоматического и полуавтоматического считывания информации. Получателями могут быть человек, вычислительная машина, запоминающее устройство и другие средства отображения информации. Каналом связи называется совокупность устройств, обеспечивающих прохождение сообщения от передатчика к приемнику.

Основные параметры системы передачи данных – скорость и достоверность передачи данных. Скорость передачи данных измеряется числом передаваемых импульсов в единицу времени – бодами.

*Средства обработки информации.* Данная группа технических средств должна выполнять вычислительные и логические операции в соответствии с заданными алгоритмами, обмен информацией между процессором и группами средств ввода-вывода данных, внешних накопителей информации, а также приема-передачи информации в каналы связи.

По классу решаемых задач средства обработки информации делятся на специализированные и универсальные. Специализированные ЭВМ предназначены для решения узкого круга задач (математических, технических, экономических), универсальные – для решения широкого круга задач.

К числу основных технических характеристик ЭВМ относят быстрдействие, объем оперативной памяти, типы и объем памяти внешних запоминающих устройств, способы ввода и вывода информации, уровень математического обеспечения, надежность работы и др.

На железнодорожном транспорте применяют специальные средства обработки информации с повышенными параметрами надежности работы (рисунк 6.2).

*Технические средства ввода, отображения и размножения информации.* Данная группа технических средств предназначена для вывода из ЭВМ результатов расчетов либо в машиночитаемом виде, либо в виде, удобном для представления управленческому персоналу. К рассматриваемой группе устройств относятся *автономные печатающие устройства, устройства вывода на жесткие носители, графопостроители, видеотерминальные устройства* и т.д.



Рисунок 6.2 – Средства обработки информации системы ДЦ «Неман»

**По способу регистрации** выводимой информации технические средства делятся на две группы: *устройства с регистрацией* выводимой информации и *устройства с отображением* выводимой информации.

К первой группе относятся устройства, обеспечивающие вывод информации на машинные носители информации и обычные бумажные носители информации, ко второй – устройства, отображающие информацию временно, которая стирается при поступлении новой информации. В состав устройств этой группы входят видеотерминальные устройства, электронные табло, которые могут быть выполнены по различной технологии: плазменная панель, видеостена, жидкокристаллическое матричное табло, мнемосхемы и др. Различают также коллективные (рисунок 6.3) и индивидуальные (рисунок 6.4) средства отображения информации.



Рисунок 6.3 – Средства отображения информации в Центре управления перевозками



Рисунок 6.4 – Средства отображения информации на рабочем месте  
поездного диспетчера

По организации выдачи информации средства вывода и отображения делятся на запросно-ответные устройства, работающие в режиме диалога человека с машиной, и устройства с принудительной выдачей информации по командам работающей программы.

### 6.3 Основные понятия теории надежности

Научную основу анализа и обеспечения надежности технических средств составляет теория надежности, предметами исследования которой являются критерии и количественные характеристики надежности, а также методы анализа и повышения надежности, синтеза систем по критериям надежности, испытания аппаратуры на надежность, эксплуатации аппаратуры с учетом ее надежности.

По ГОСТ 27.002–89 надежность есть «свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования».

Одним из основных понятий теории надежности является понятие отказа технического устройства (изделия). Под отказом изделия понимается наступление события, заключающегося в нарушении его работоспособности. Из определения следует, что отказ может наступать не только из-за механических или электрических повреждений, когда для устройства характерно лишь два состояния – исправно или неисправно, но и из-за ухода параметров (нарушение точности и т.д.) за допустимые пределы.

Различают *независимые* и *зависимые* отказы. К первым относятся отказы, не обусловленные отказами других элементов устройства, ко вторым – отказы, явившиеся следствиями отказов других элементов устройства.

Бывают также *мгновенные* (внезапные или катастрофические) и *постепенные* отказы. Последние вызываются постепенным изменением параметров устройств вследствие износа или старения материалов, из которых они изготовлены. Следует различать *устойчивый* и *самоустраняющийся* отказы. Устойчивый отказ может быть устранен лишь с помощью специальных мер, предпринимаемых для восстановления работоспособности устройства. К самоустраняющимся отказам относятся такие, которые устраняются сами через некоторое время.

Кратковременные самоустраняющиеся отказы носят название *сбоев*.

Перечисленные выше определения дают, конечно, только некоторое качественное представление о явлениях. В теории и практике рассматриваются и другие типы отказов.

Важнейшим этапом в исследовании надежности технических устройств является установление критериев надежности, т.е. признаков, по которым оценивается надежность аппаратуры. Достаточно полно оценить такое сложное свойство, как надежность, можно только с помощью нескольких критериев.

Количественное значение критерия называют количественной характеристикой или просто характеристикой надежности. Так как факторы,

определяющие надежность аппаратуры, случайны, оценки характеристик надежности имеют статистический (вероятностный) характер.

Основным показателем безотказности устройств является *вероятность безотказной работы*, представляющая собой вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникает. Основным показателем ремонтпригодности – *вероятность восстановления в заданное время* или вероятность того, что время восстановления работоспособности объекта не превысит заданного. При этом подразумевается, что время восстановления включает время на обнаружение, поиск причин отказа и устранение его последствий.

Важными количественными характеристиками надежности являются *среднее время между соседними отказами* (наработка на отказ) и *среднее время восстановления*.

Процесс эксплуатации технических средств представляет собой смену работоспособного и неработоспособного состояний. Перечисленные выше характеристики дают представление о каждом состоянии, но не позволяют судить о распределении всего времени эксплуатации между состояниями. Поэтому часто дополнительно используют специальные коэффициенты (комплексные показатели) надежности и, в частности, коэффициент готовности, коэффициент технического использования, коэффициент оперативной готовности и др. *Коэффициентом готовности* называется вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых использование объекта по назначению не предусматривается. Коэффициент готовности является показателем надежности изделия, не подвергающегося профилактическому обслуживанию в процессе выполнения задачи. Если же изделие подвергается профилактике, то для оценки надежности применяется *коэффициент технического использования* – отношение математического ожидания времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к сумме математических ожиданий времени пребывания объекта в работоспособном состоянии, времени простоев, обусловленных техническим обслуживанием, и времени ремонтов за тот же период эксплуатации.

Коэффициент готовности устройства является функцией времени и с течением времени стремится к постоянному значению, которое носит название «стационарный коэффициент готовности». Время установления стационарного значения этого коэффициента обычно пренебрежимо мало по сравнению с временем эксплуатации аппаратуры длительного использования. Поэтому практически всегда, за исключением специальных случаев, говоря об этом коэффициенте, имеют в виду именно стационарное значение.

Важное понятие – *элемент расчета надежности*. Это элемент, блок и вообще некоторая часть системы, которая в исследуемой конкретной задаче



имеет характеристики надежности, рассматриваемые вне зависимости от характеристик надежности более мелких деталей, составляющих эту часть системы.

Основная **задача** анализа надежности технических средств формулируется следующим образом: имеется система элементов расчета с их характеристиками надежности, требуется определить некоторые характеристики надежности всей системы. Следует отметить, что в практических задачах необходимо прогнозировать характеристики, выбор которых определяется использованием системы и ролью характеристик надежности в расчетах, связанных с выбором. В задачах анализа надежности используются методы теории вероятностей, теории массового обслуживания, теории восстановления, статистического моделирования.

**Методы** обеспечения надежности технических средств можно разбить на следующие основные группы: уменьшение интенсивности отказов устройства; внесение избыточности в устройство; уменьшение (в среднем) времени восстановления; сокращение времени непрерывной работы. *Уменьшение интенсивности отказов* устройства может быть достигнуто за счет упрощения системы, применения более надежных элементов, облегчения условий и режимов работы, проведения профилактических мероприятий и т.д.

*Введение избыточности*, и прежде всего *резервирование*, является важным и широко применяемым способом обеспечения надежности. Смысл резервирования заключается в том, что устройство (система) наряду с «основными элементами», которые в соответствующем соединении, в принципе, выполняют все необходимые функции, снабжается дополнительными «резервными» элементами, берущими на себя функции соответствующих «основных» элементов при отказе последних.

Известны различные методы резервирования. В частности, используют «горячий» резерв (резервный элемент работает под нагрузкой одновременно с основным), «холодный» резерв (резервный элемент подключается только после отказа «основного»), резервирование со скользящим резервом (резервные элементы одного типа не закреплены за определенными основными элементами, а могут заменять любой отказавший из группы основных элементов этого типа) и т.д.

*Уменьшение (в среднем) времени восстановления* аппаратуры улучшает ее использование и приводит к увеличению (в среднем) продолжительности исправной работы систем с резервированием (достигается, например, за счет повышения эффективности программных тестов (для АРМов) и контрольной аппаратуры, построения устройств на типовых унифицированных блоках, повышения квалификации обслуживающего персонала и т.д.).

Как метод повышения надежности возможно *отключение аппаратуры на время*, когда она не должна выполнять свою задачу. Именно так эксплуа-

тируются многие терминальные устройства (АРМы, печатающие устройства и т.д.). Естественно, что когда устройство выключено, вероятность возникновения неисправностей в нем меньше, чем когда оно включено. Однако следует учитывать частоту включения и выключения устройств. Опыт эксплуатации электронных и электромеханических устройств показывает, что в момент переключения в результате переходных процессов в аппаратуре могут возникать неисправности, высокая частота включения-выключения может привести к снижению надежности.

Особое место в теории надежности отводится исследованию поведения так называемых «сложных» систем, для которых характерно большое количество взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов, обеспечивающих выполнение системой некоторой достаточно сложной функции. В качестве элементов сложная система может включать вычислительные машины, каналы связи, датчики, исполнительные органы, устройства контроля и сигнализации, устройства ввода и вывода, работающих с различными носителями информации людей и т.д.

Отличительной особенностью сложной системы является то, что выход из строя ее отдельного элемента, в общем случае, не приводит к потере всей системой работоспособности, а вызывает лишь некоторое ухудшение качества ее функционирования.

Для оценки надежности такой сложной системы, как АСУ линейными предприятиями, целесообразно ввести минимум два критерия: экономическую эффективность и вероятность выполнения задач, решаемых системой, имея в виду установленные технические нормы. Кроме того, для подсистем, влияющих на безопасность движения, критерием должна являться степень обеспечения безопасности управления.

Для пояснения подхода к оценке надежности сложной системы рассмотрим пример. Пусть некоторая «простая» система управления может находиться в одном из двух состояний: работоспособном  $S_p$  и неработоспособном  $S_n$ , при этом качество работы системы описывается функцией  $W(S)$ . Функция  $W(S)$  может принимать два значения:  $W_p$  – для состояния  $S_p$  и  $W_n$  – для состояния  $S_n$ , причем можно считать, что  $W_p$  соответствует качеству работы при традиционных (ручных) методах управления.

Очевидно, что среднее качество работы  $Q$  системы за длительное время ее эксплуатации может быть рассчитано по формуле

$$Q = (W_p - W_n)k_r + W_n, \quad (6.1)$$

где  $k_r$  – коэффициент готовности системы.

Следовательно, при постоянных значениях  $W_p$  и  $W_n$  коэффициент готовности полностью определяет качество работы «простой» системы и может быть использован как объективный показатель ее надежности.

Рассмотрим теперь «сложную» систему. В такой системе отказ какого-либо элемента ведет к некоторому изменению качества работы системы (в общем случае – различному для отказов различных элементов). Например, отказ одного из АРМов в СТЦ ведет к задержкам в выдаче документов на отправляемые поезда, при отказе всех АРМов эти задержки резко возрастают, но, тем не менее, документы могут быть получены другим путем. Отказ терминалов на постах списывания не останавливает всю АСУ, но также ведет к задержкам в обработке документов. А вот отказ обоих вычислительных комплексов АСУСС ведет к необходимости полного перехода на традиционные методы управления.

Если в сложной системе выделяется  $n$  элементов и каждый из них может находиться в одном из двух состояний – работоспособен или неработоспособен, то общее число возможных состояний системы равно  $2^n$ , причем каждому состоянию соответствует свое качество работы и, кроме того, могут иметь место переходные процессы, вызванные сменой состояний.

В практических случаях, если нет взаимного влияния последствий отказов, что, в частности, может иметь место при низкой интенсивности суммарного потока отказов всех элементов расчета, можно применить *критерий средних потерь*, позволяющий оценивать надежность системы суммой потерь из-за отказов отдельных элементов расчета.

Расчет эффективности функционирования системы и средних потерь предусматривает следующие этапы:

- 1 Выбор количественной меры, позволяющей судить о качестве управления, представляемой в виде функции качества.

- 2 Разработка вариантов физической конфигурации системы (с указанием конкретных технических средств). При комплексном исследовании системы рассматриваются варианты, отобранные по производительности.

- 3 Разбиение сложной системы на отдельные элементы расчета. Составление перечня возможных состояний системы (режимов работы) и исследование их связи с состояниями элементов расчета.

- 4 Исследование характеристик надежности элементов расчета.

- 5 Определение вероятностных характеристик состояний системы.

- 6 Определение функций качества для возможных состояний системы.

- 7 Определение среднего значения функции качества (эффективности функционирования системы) или средних потерь.

При определении технико-экономической эффективности системы проводятся необходимые дополнительные расчеты. Если показатели качества работы не удовлетворяют предъявленным требованиям (например, срок окупаемости выше нормативного) из-за значительных потерь, связанных с отказами, необходимо принять меры по повышению надежности разрабатываемой системы.

## 7 ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

### 7.1 Основные понятия

Термин *передача данных* появился в начале 60-х годов и был связан с дистанционным доступом к вычислительным ресурсам, а также обменом информацией между терминальным оборудованием абонентов и ЭВМ в режиме телеобработки данных. Стремительное развитие программно-технических средств вычислительной техники привело в последующие годы к появлению вычислительных сетей или сетей ЭВМ.

По определению, *вычислительная сеть* является взаимосвязанной совокупностью территориально рассредоточенных сетей телеобработки данных, средств и систем связи и передачи данных, она обеспечивает пользователям дистанционный доступ к ее ресурсам и коллективное использование этих ресурсов [3]. Из этого определения следует, что в состав вычислительной сети входит два основных множества территориально рассредоточенных объектов:

– систем обработки данных, включающих в себя различные ЭВМ для выполнения вычислений, хранения баз данных, поиска информации и т.п., а также терминального оборудования (телетайпы, дисплеи, персональные ЭВМ), обеспечивающего взаимодействие пользователей с системами обработки данных;

– средств связи и передачи данных, обеспечивающих в общем случае как дистанционный доступ пользователей к ресурсам систем обработки, так и обмен информацией между различными удаленными системами обработки, а также между отдельными пользователями сети.

С точки зрения организации обмена информацией все объекты, подключаемые к средствам связи и передачи данных, являются абонентами вычислительной сети, а их оборудование в соответствии с принятыми в сетевой архитектуре определениями называются *абонентской системой* или *оконечным оборудованием данных* независимо от технической реализации (большие ЭВМ центров обработки данных, персональные ЭВМ различных пользователей сети и т.д.) [4]. С учетом изложенного будем называть *абонентской сетью* совокупность всех абонентов вычислительной сети. В зарубежной литературе оконечное оборудование данных (ООД) называют DTE (Data terminal equipment).

Второй составной частью вычислительной сети являются средства связи и передачи данных, образующих *сеть передачи данных* [2]. Сеть передачи данных состоит из множества территориально рассредоточенных узлов коммутации, соединенных друг с другом и с абонентами сети при помощи различных каналов связи (рисунок 7.1).

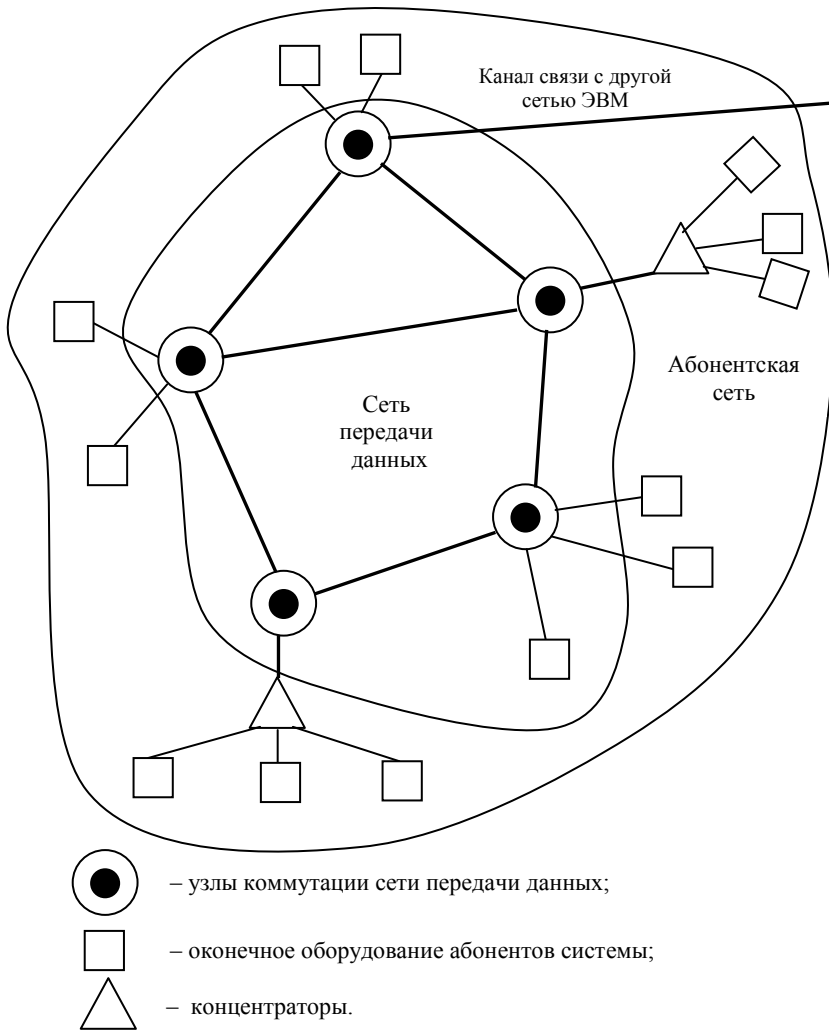


Рисунок 7.1 – Структурная схема сети ЭВМ

*Узел коммутации* представляет собой комплекс технических и программных средств, обеспечивающих коммутацию каналов, сообщений или пакетов [5]. При этом термин *коммутация* означает процедуру распределения информации, при которой поток данных, поступающих в узел по одним каналам связи, передается из узла по другим каналам связи с учетом требуемого маршрута передачи. Способы коммутации, реализуемые в узлах сетей передачи данных, подробно рассматриваются в разд. 7.2.

*Концентратор* в сети передачи данных представляет собой устройство, объединяющее нагрузку нескольких каналов передачи данных для последующей передачи по меньшему числу каналов [2]. Использование концентраторов позволяет снизить затраты на организацию каналов связи, обеспечивающих подключение абонентов к сети передачи данных.

*Канал связи* является совокупностью технических средств и среды пространства, обеспечивающей передачу сообщения любого вида от источника к получателю при помощи сигналов электросвязи [5].

## **7.2 Методы коммутации в сетях передачи данных**

### **7.2.1 Описание методов коммутации**

Приведенная на рисунке 7.1 структура сети ЭВМ, построенная по принципу организации обмена информацией через узлы коммутации сети передачи данных, предполагает, что абоненты сети не имеют между собой прямых (выделенных) каналов связи, а соединяются с ближайшим узлом коммутации и через него (и другие промежуточные узлы) с любым другим абонентом данной или даже другой сети ЭВМ.

Преимуществами построения сетей ЭВМ с использованием узлов коммутации сети передачи данных являются:

- значительное сокращение общего количества каналов связи и их протяженности из-за отсутствия необходимости организации прямых каналов между различными абонентами сети;
- высокая степень использования пропускной способности каналов связи за счет использования одних и тех же каналов для передачи различных видов информации между абонентами сети;
- возможность унификации технических решений по программно-техническим средствам обмена для различных абонентов сети, включая создание узлов интегрального обслуживания, способных осуществлять коммутацию информационных потоков, содержащих сигналы данных, голоса, телефакса и видео.

В настоящее время в сетях передачи данных применяются три метода коммутации: коммутация каналов, коммутация сообщений и коммутация пакетов [6].

*При коммутации каналов* в сети создается непосредственное соединение путем создания сквозного канала передачи данных (без промежуточного накопления информации при передаче).

Физический смысл коммутации каналов заключается в том, что до момента начала передачи информации в сети через узлы коммутации устанавливается непосредственное электрическое соединение между абонентом-отправителем и получателем сообщения. Такое соединение устанавливается путем посылки отправителем специального сообщения-вызова, которое содержит номер (адрес) вызываемого абонента, и при прохождении по сети занимает каналы связи на всем пути последующей передачи сообщения. Очевидно, что при коммутации каналов все составные части формируемого сквозного канала связи должны быть свободными. Если на каком-либо участке сети не будет обеспечено прохождение вызова (например, нет свободных каналов между узлами коммутации, составляющими путь передачи сообщения), то вызывающий абонент получает отказ в установлении соединения и для сети его вызов считается потерянными. Для осуществления передачи сообщения абонент-отправитель должен вызов повторить.

После установления соединения абонент-отправитель получает сообщение о том, что он может начинать передачу данных. Принципиальной особенностью коммутации каналов является то, что все каналы, занятые при установлении соединения, используются в процессе передачи данных одновременно и освобождаются только после завершения передачи данных между абонентами.

Типичным примером сети с коммутацией каналов является сеть телефонной связи.

*При коммутации сообщений* производятся прием и накопление сообщения в узле коммутации, а затем осуществляется его последующая передача. Из этого определения следует основное отличие коммутации сообщений от коммутации каналов, которое заключается в том, что при коммутации сообщений происходит промежуточное хранение сообщений в узлах коммутации и производится их обработка (определение приоритета сообщения, размножение для многоадресной рассылки, запись сообщения в архив и т.п.). Для обработки сообщений они должны иметь принятый в сети формат, то есть однотипное расположение отдельных элементов сообщения.

Сообщение от абонента сначала поступает в узел коммутации сети, к которому подключен данный абонент. Далее в узле производится обработка сообщения и определяется направление его дальнейшей передачи с учетом адреса. Если все каналы в выбранном направлении передачи заняты, то сообщение ожидает в очереди момента освобождения нужного канала. По-

сле достижения сообщением узла сети, к которому подключен абонент-получатель, сообщение выдается ему в полном объеме по каналу связи между этим узлом и абонентом.

Таким образом, сообщение при прохождении по сети в любой момент времени занимает лишь один канал связи.

*Коммутация пакетов* определяется как разновидность коммутации сообщений, при которой сообщения разбиваются на части, называемые пакетами, и передаются, принимаются и накапливаются в виде таких пакетов данных.

Эти пакеты нумеруются и снабжаются адресами, что позволяет передавать их по сети одновременно и независимо друг от друга. В результате существенно снижается время передачи данных по сети по сравнению с методом коммутации сообщений.

Сравнение физической реализации методов коммутации и возникающих при этом задержек показано на рисунке 7.2.

Наклон прямых, ограничивающих заштрихованные площади на рисунке 7.2, определяется скоростью физического распространения сигналов по каналам связи. Размеры заштрихованных площадей зависят от объема передаваемых сообщений и скорости передачи данных. В случае коммутации сообщений и коммутации пакетов возможны задержки в узлах коммутации, вызванные ожиданием момента освобождения канала связи. Эти задержки на рисунке 7.2 не показаны (для случая коммутации сообщений на рисунке 7.2 показаны лишь затраты времени на обработку сообщения в узле).

## **7.2.2 Сравнительный анализ методов коммутации**

Из описанных выше методов коммутации первым по времени появился метод коммутации каналов, который применяется в телефонных и телеграфных сетях связи. Методы коммутации сообщений и пакетов появились 3-4 десятилетия тому назад для построения сетей передачи данных, обеспечивающих обмен информацией в сетях ЭВМ. Использование того или иного метода коммутации в сети передачи данных зависит от ряда условий, таких как требуемое время доставки сообщений, величина загрузки, режим обмена (диалог или передача файлов, электронная почта и т.п.). Эти условия можно рассмотреть по следующим основным показателям.

*Время доставки сообщений.* В нормальных условиях (т.е. при работе без перегрузки сети) сети с коммутацией каналов обеспечивают наименьшее время доставки за счет организации непосредственной связи между абонентами. Сеть с коммутацией пакетов при той же скорости передачи имеет несколько большее время доставки, связанное с необходимостью записи и обработки пакетов в узлах коммутации.



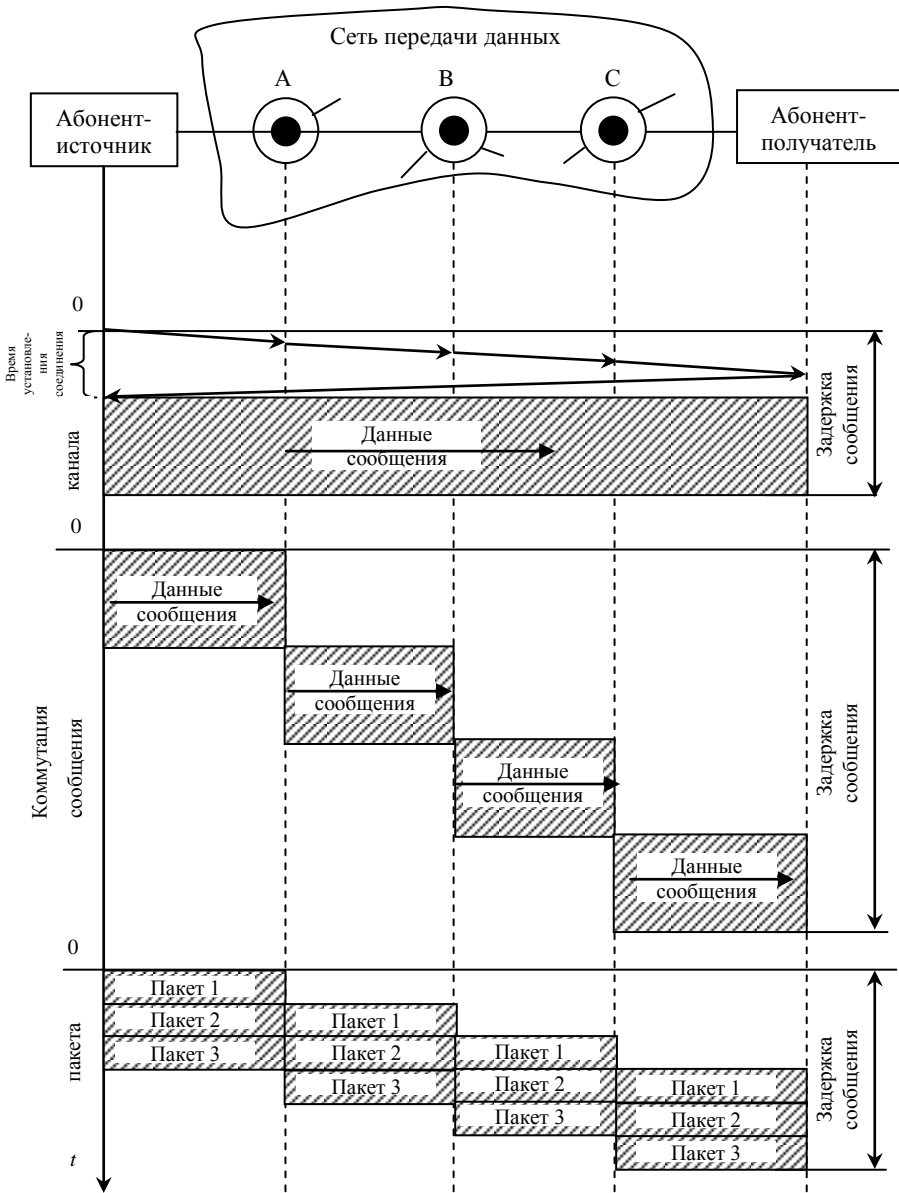


Рисунок 7.2 – Процесс передачи сообщений при различных методах коммутации

В сети с коммутацией сообщений время доставки больше, чем при коммутации каналов или пакетов, поскольку в узлах сети осуществляется запись и обработка сообщения в целом. Следует отметить, что в сетях с коммутацией сообщений или пакетов время доставки можно существенно уменьшить, если использовать высокие скорости передачи между узлами сети.

*Степень использования каналов связи.* В сетях с коммутацией каналов степень использования, или *коэффициент загрузки*, зависит от допустимого процента отказов при установлении соединения между абонентами и числа каналов в пучке (например, между двумя узлами коммутации). Так, при норме 2 % отказов зависимость между числом каналов в пучке и коэффициентом загрузки каналов приведена в таблице 7.1.

Т а б л и ц а 7.1 – **Коэффициент загрузки каналов в зависимости от числа каналов в пучке при заданной вероятности отказа 2 %**

Число каналов в пучке	1	3	10	30
Коэффициент загрузки каналов, %	2	20	50	70

В сетях с коммутацией сообщений за счет запоминания сообщений в памяти узлов коммутации возможно накопление сообщений в очередях к каналам при пиках нагрузки. Вследствие этого каналы связи могут быть загружены в среднем на 70–80 %, а в отдельные пики нагрузки – на 100 %. Кроме того, в сетях с коммутацией каналов потери времени на передачу по каналам служебной информации (вызов, передача адреса, обмен автоответами до начала и после окончания передачи) бывают соизмеримы со временем передачи полезной информации сообщения. В сетях с коммутацией сообщений и пакетов потери времени на передачу служебной информации, которая необходима для автоматической обработки сообщений в узле, составляют порядка 8–12 % [7].

*Области применения различных методов коммутации.* Сопоставительный анализ методов коммутации показывает, что метод коммутации каналов необходимо применять в таких сетях, где абоненты производят обмен информацией в виде диалога с малым временем реакции, то есть ожиданием ответа корреспондирующего абонента. При этом необходимо иметь в виду, что потоки сообщений от абонентов сети с коммутацией каналов не могут быть достаточно большими, так как при этом возрастает нагрузка канала связи от абонента до узла коммутации и, соответственно, возрастает вероятность отказа при установлении с ним соединения. По результатам ряда исследований можно рекомендовать применение коммутации каналов, если время занятия канала связи между абонентом и узлом составляет от 6 до 12 мин в час наибольшей нагрузки (ЧНН) [8].

Сети с коммутацией сообщений или пакетов по сравнению с коммутацией каналов более приспособлены к использованию в сетях ЭВМ, где возникают требования передачи многоадресных и циркулярных сообщений, передаются сообщения различной категории срочности, используется самое различное абонентское оборудование как по скорости передачи, так и по используемым кодам. Наиболее эффективным по времени доставки сообщений и возможностям организации диалога между абонентами сети является метод коммутации пакетов. По этой причине метод коммутации пакетов находит наибольшее распространение в сетях передачи данных и стандартизован на международном уровне в Рекомендациях X.25 МККТТ [9].

В существующей сети передачи данных железнодорожного транспорта применяются все три описанных метода коммутации путем подключения абонентов к соответствующим узлам коммутации в виде станций автоматической коммутации телефонных каналов, концентраторам и коммутаторам пакетов.

В существующих сетях передачи данных при обмене информацией между абонентами и узлами коммутации сети, а также между узлами сети используются протоколы канального уровня. Известно, что основной функцией протокола канального уровня (2-й уровень сетевой иерархии протоколов) является обеспечение защиты от ошибок, возникающих в потоке данных под действием помех в канале связи. Для обнаружения этих ошибок в протоколе канального уровня производится блочное помехоустойчивое кодирование сообщений с защитой каждого передаваемого блока проверочными символами, а ошибки исправляются путем повторной передачи искаженных блоков.

В сети передачи данных систем железнодорожного транспорта применяются наиболее распространенные протоколы передачи, в которых при обнаружении ошибок в блоке приемник посылает передающей стороне отрицательное подтверждение, после чего происходит повторная передача искаженного блока. Добавление служебных символов к блокам полезной информации, а также повторение искаженных блоков приводит к потере *эффективной скорости передачи данных* по каналу.

Очевидно, что степень этой потери зависит от вероятности искажения закодированного блока при передаче (что определяется первичными характеристиками канала связи) и от выбранной при передаче длины блока, поскольку выбор как слишком малой, так и слишком большой длины блока резко снижает эффективную скорость передачи. В первом случае это объясняется соотношением между количеством информационных (полезных) и служебных символов, во втором – частыми повторениями блоков большой длины из-за высокой вероятности их искажения при передаче.

Таким образом, эффективная скорость передачи данных зависит от соотношения полезной и служебной информации при использовании того или иного протокола передачи, а также от вероятностей искажения блока в канале связи. Эта скорость зависит также от используемого при передаче способа синхронизации (асинхронный или синхронный способы) и, соответственно, от количества бит для кодирования отдельного служебного или полезного символа.

### 7.3 Аналитическое исследование эффективности протоколов передачи данных

Рассмотрим методику анализа эффективности протоколов канального уровня, которая применяется для сравнения эффективности широко используемых на железнодорожном транспорте асинхронного протокола АП-70 и синхронного протокола BSC в режиме передачи «точка – точка». Оба эти протокола относятся к *байт-ориентированным* протоколам, где служебные символы кодируются при передаче в виде одного или нескольких байтов.

В качестве критерия эффективности протокола используем *коэффициент эффективной скорости передачи данных*, который определяется отношением времени передачи полезной информации к времени передачи полной [полезной и дополнительной (служебной)] информации, обеспечивающей реализацию используемого протокола передачи. Кроме того, время передачи полной информации должно учитывать потери времени на повторение искаженных блоков.

Для общего анализа эффективной скорости передачи данных введем следующие обозначения:

$b$  – длина передаваемого блока полезной информации (символов);

$n_d$  – количество дополнительных (служебных) символов в передаваемом блоке;

$n_n$  – длина блока подтверждения от принимающей стороны (символов);

$n_3$  – количество символов защиты информации в передаваемом блоке;

$r$  – количество двоичных разрядов, используемых для кодирования полезных и служебных символов, бит;

$p$  – вероятность ошибки (искажения) двоичного разряда (бита) при передаче по каналу связи;

$v$  – скорость передачи данных по каналу, бит/с;

$t_1$  – время передачи полезной информации в блоке, с;

$t_2$  – среднее время передачи всего блока с учетом добавления служебных символов, передачи подтверждения, а также повторения искаженных блоков, с;

$\eta$  – коэффициент эффективной скорости передачи данных, равный отношению  $t_1$  к  $t_2$ .

Требуется найти аналитическую зависимость  $\eta = f(b, n_d, n_n, r, p)$  и экстремум этой функции, определяющий максимальное значение эффективной скорости передачи данных. Учитывая, что величины  $n_d, n_n, r$  однозначно определяются используемым протоколом передачи, величина практически зависит от единственного варьируемого параметра протокола – длины блока полезной информации  $b$  и вероятности  $p$ .

Для получения аналитической зависимости

$$\eta = \frac{t_1}{t_2}$$

найдем предварительно значение величин  $t_1$  и  $t_2$ .

По определению,

$$t_1 = \frac{rb}{v}. \quad (7.1)$$

Время передачи закодированного помехоустойчивым кодом блока является случайной величиной вследствие случайного числа повторений искаженных блоков. Процесс передачи блоков информации в системе передачи с решающей обратной связью показан на рисунке 7.3.

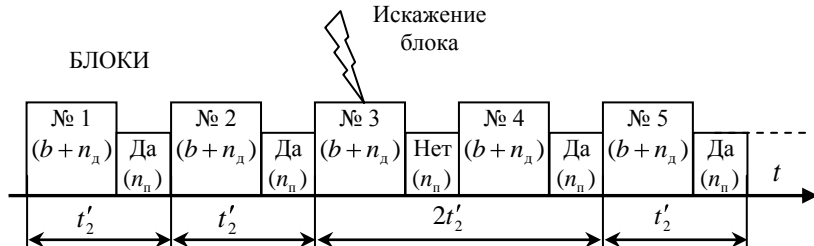


Рисунок 7.3 – Процесс передачи блоков данных

Время передачи  $t'_2$ , с, закодированного блока данных  $(b + n_d)$  с учетом потерь времени на передачу блока подтверждения  $(n_n)$ , но без учета возможных повторений при искажении (см. рисунок 7.3)

$$t'_2 = \frac{r(b + n_d + n_n)}{v}. \quad (7.2)$$

Для нахождения среднего значения времени передачи блока  $t_2$  с учетом возможных повторений определим вероятность  $P_{\text{бн}}$  как вероятность без-

ошибочной передачи полного блока данных. Обозначим через  $n_3$  число защищаемых помехоустойчивым кодом служебных символов.

Тогда в предположении о независимом характере искажения битов в канале связи

$$P_{\text{бп}} = (1-p)^{r(b+n_3)}. \quad (7.3)$$

Соответственно вероятность искажения (и повторения) блока данных при передаче

$$P_{\text{ош}} = 1 - P_{\text{бп}} = 1 - (1-p)^{r(b+n_3)}. \quad (7.4)$$

Случайная величина  $\xi$ , равная времени передачи блока данных с учетом добавления служебных символов, передачи блока подтверждения, а также повторной передачи искаженных блоков, будет иметь следующее дискретное распределение:

Значение случайной величины $\xi$	Вероятность данного события
$t'_2$	$P_{\text{бп}}$
$2t'_2$	$P_{\text{ош}} P_{\text{бп}}$
$3t'_2$	$P_{\text{ош}}^2 P_{\text{бп}}$
...	...
$kt'_2$	$P_{\text{ош}}^{k-1} P_{\text{бп}}$

Отсюда среднее время передачи блока  $t_2$ , равное математическому ожиданию случайной величины  $\xi$ ,

$$t_2 = P_{\text{бп}} t'_2 \sum_{k=0}^{\infty} k P_{\text{ош}}^{k-1}. \quad (7.5)$$

Поскольку

$$\sum_{k=0}^{\infty} k P_{\text{ош}}^{k-1} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{dP_{\text{ош}}^k}{dP_{\text{ош}}} = \frac{1}{(1-P_{\text{ош}})^2} = \frac{1}{P_{\text{бп}}^2},$$

то из формулы (7.5)

$$t_2 = P_{\text{бп}} t'_2 \frac{1}{P_{\text{бп}}^2} = \frac{t'_2}{P_{\text{бп}}}. \quad (7.6)$$

В окончательном виде [см. выражение (7.2)] среднее время передачи блока с учетом повторений

$$t_2 = \frac{r(b+n_a+n_n)}{v(1-p)^{r(b+n_3)}}. \quad (7.7)$$

Следовательно, коэффициент эффективной скорости передачи данных

$$\eta = \frac{t_1}{t_2} = \frac{b(1-p)^{r(b+n_3)}}{(b+n_a+n_n)}. \quad (7.8)$$

Коэффициент  $\eta$  показывает, как уменьшается эффективная скорость передачи информации за счет добавления служебных символов в каждый блок, а также за счет передачи блоков подтверждения и повторных передач искаженных блоков.

Обозначив через  $n_c$  объем служебной информации на каждый передаваемый блок, т.е.

$$n_c = n_d + n_p,$$

можно записать коэффициент эффективной скорости передачи в виде

$$\eta = \frac{b(1-p)^{r(b+n_c)}}{b+n_c}. \quad (7.9)$$

Поскольку  $n_s$ ,  $n_c$ ,  $r$  являются фиксированными величинами и зависят только от вида выбранного протокола передачи, а величина  $p$  определяется характеристиками используемого канала связи, можно рассматривать  $\eta$  как функцию одной переменной  $b$  (длина блока полезной информации). Вычисление коэффициента  $\eta$  по формуле (7.9) для каналов связи различного качества производится для набора параметров  $p$  (например,  $p = 10^{-4}$  или  $p = 10^{-5}$ ), определяющих вероятность искажения бита при передаче по данному каналу связи.

Из формулы (7.9) видно, что  $\eta \rightarrow 0$  как при  $b \rightarrow 0$  (т.е. для малых значений длины блока полезной информации), так и при  $b \rightarrow \infty$  (для очень больших значений длины блока).

Таким образом, можно найти максимум выражения (7.9), который достигается при оптимальном значении длины блока  $b_{\text{опт}}$ .

Путем дифференцирования выражения (7.9) по переменной  $b$  и приравнивания результата к 0 можно найти оптимальное значение длины блока  $b_{\text{опт}}$ , при которой достигается максимум коэффициента эффективной скорости передачи:

$$b_{\text{опт}} = -\frac{n_c}{2} + \sqrt{\frac{n_c^2}{4} - \frac{n_c}{r \ln(1-p)}}. \quad (7.10)$$

Соответственно максимальное значение коэффициента эффективной скорости передачи, которого можно добиться в канале связи с вероятностью искажения бита  $p$ ,

$$\eta_{\text{max}} = \frac{b_{\text{опт}}(1-p)^{r(b_{\text{опт}}+n_c)}}{b_{\text{опт}}+n_c}. \quad (7.11)$$

Применим полученные выше результаты для сравнения эффективности широко применяемых в сети передачи данных АСУЖТ асинхронного протокола АП-70 и синхронного протокола BSC.

### 7.3.1 Описание асинхронного протокола АП-70

Этот протокол применяется в сетях передачи данных АСУЖТ дорожного уровня при обмене информацией, например, между абонентами и концентраторами информации, между концентраторами и системой АСОУП дорожного уровня, а также при подключении АРМ на базе ПЭВМ к АСОУП по выделенным или коммутируемым телефонным каналам связи.

В этом протоколе каждый передаваемый блок полезной информации дополняется служебными символами «Номер блока» (1 символ), «Конец блока» (1 символ) и «Контрольная последовательность блока» (1 символ защиты на четность одноименных двоичных разрядов всех символов блока, включая «Конец блока»). Отсюда  $n_d = 3$ ,  $n_s = 3$ .

Блок подтверждения в протоколе АП-70 состоит из одного символа (положительный или отрицательный ответ принимающей стороны на каждый принятый блок). Следовательно,  $n_n = 1$ . Поскольку в асинхронном протоколе каждый символ (байт) дополняется одним стартовым и двумя стоповыми битами, то  $r = 11$ .

Таким образом, для протокола АП-70 среднее время  $t_2$  передачи блока длиной  $b$  символов полезной информации с учетом повторов (см. формулу 7.7)

$$t_2 = \frac{11(b+4)}{V(1-p)^{11(b+3)}}. \quad (7.12)$$

Из формулы (7.9) коэффициент эффективной скорости для протокола АП-70

$$\eta = \frac{b(1-p)^{11(b+3)}}{b+4}, \quad (7.13)$$

а оптимальную длину блока, обеспечивающую максимум эффективной скорости протокола АП-70, можно определить из (7.10):

$$b_{\text{опт}} = -2 + \sqrt{4 - \frac{4}{11 \ln(1-p)}}. \quad (7.14)$$

### 7.3.2 Описание синхронного протокола BSC

Этот протокол применяется в сети передачи данных АСУЖТ при межмашинном обмене между ВЦ дорожного и сетевого уровней, а также при обмене между терминалами и центром системы «Экспресс-2» и между отдельными центрами вычислительной сети «Экспресс-2».

В этом протоколе каждый передаваемый блок дополняется следующими служебными символами: «Заполнитель» (1 символ), «Синхронизация» (2



символа), «Начало текста» (1 символ), «Конец блока» (1 символ), «Контрольная последовательность блока» (2 символа циклического кода с образующим полиномом 16-й степени) и «Заполнитель» (1 символ). Отсюда  $n_d = 8$ .

Циклическим кодом при передаче защищается полезная информация, а также «Конец блока» и два символа «Контрольной последовательности блока», поэтому  $n_s = 3$ .

Блок подтверждения в протоколе BSC состоит из 6 символов (1 символ-заполнитель, 2 символа синхронизации, 2 символа положительного или отрицательного подтверждения, 1 символ-заполнитель). Следовательно,  $n_n = 6$ ,  $n_c = n_d + n_s = 14$ .

Каждый символ при передаче протоколом BSC кодируется восемью битами,  $r = 8$ .

Тогда для протокола BSC среднее время  $t_2$  передачи блока длиной  $b$  символов полезной информации с учетом повторений (см. формулу (7.7))

$$t_2 = \frac{8(b+14)}{V(1-p)^{8(b+3)}}. \quad (7.15)$$

Из формулы (7.9) коэффициент эффективной скорости для протокола BSC

$$\eta = \frac{b(1-p)^{8(b+3)}}{b+4}, \quad (7.16)$$

а оптимальную длину блока можно определить из формулы (9.10):

$$b_{\text{опт}} = -7 + \sqrt{49 - \frac{49}{8 \ln(1-p)}}. \quad (7.17)$$

### 7.3.3 Результаты сравнения эффективности протоколов

Сравнение эффективности протоколов производится по среднему времени  $t_2$  передачи блока длиной  $b$  символов для протоколов АП-70 и BSC по формулам (7.12) и (7.15), а также по коэффициенту эффективной скорости по формулам (7.13) и (7.16).

Кроме того, для каждого протокола вычисляется оптимальная длина блока и максимум коэффициента эффективной скорости передачи для каналов связи с вероятностью искажения бита  $p$  от  $10^{-3}$  до  $10^{-5}$ .

Результаты расчета среднего времени передачи блока длиной  $b$  символов полезной информации приведены в таблице 7.2. Расчеты произведены для наиболее типичных значений вероятности искажений бита в каналах связи ( $p = 10^{-3}$ ;  $10^{-4}$ ;  $10^{-5}$ ).

Т а б л и ц а 7.2 – Среднее время передачи блока длиной  $b$  для протоколов АП-70 и BSC и каналов различного качества на скорости 1200 бит/с  
В секундах

Длина блока $b$ (символов)	Значения среднего времени передачи для различных значений вероятности появления ошибок					
	$p = 10^{-3}$		$p = 10^{-4}$		$p = 10^{-5}$	
	$t_2$ (АП-70)	$t_2$ (BSC)	$t_2$ (АП-70)	$t_2$ (BSC)	$t_2$ (АП-70)	$t_2$ (BSC)
10	0,15	0,18	0,13	0,16	0,13	0,16
20	0,28	0,27	0,23	0,23	0,22	0,23
30	0,45	0,38	0,32	0,30	0,31	0,29
50	0,89	0,65	0,52	0,44	0,50	0,43
100	2,96	1,73	1,07	0,82	0,96	0,77
200	17,46	7,24	2,34	1,68	1,91	1,45
300	78,23	23,67	3,89	2,67	2,88	2,14
400	312,51	69,48	5,77	3,81	3,87	2,85

Из таблицы 7.2 видно, что асинхронный протокол АП-70 несколько эффективнее протокола BSC только при передаче данных блоками длиной до 10–15 символов. Такие длины, как будет показано ниже, не соответствуют оптимальным значениям длин блоков, при которых достигается максимум эффективной скорости для реальных каналов связи со значениями  $p$  от  $10^{-3}$  до  $10^{-6}$ .

Для больших значений длин блоков протокол BSC в 1,3–1,5 раза более эффективен, чем протокол АП-70 (см. таблицу 7.2), причем эффективность протокола BSC по сравнению с АП-70 резко возрастает при передаче данных по каналам связи с низким качеством (столбец таблицы 7.2 для  $p = 10^{-3}$ ).

Оптимальные значения длин блоков и максимумы коэффициента эффективной скорости для протоколов АП-70 и BSC и каналов связи различного качества приведены в таблице 7.3.

По таблице 7.3 можно определить, что на реальных каналах связи СПД АСУЖТ ( $p = 10^{-4}$ ;  $10^{-5}$ ) оптимальная длина блока для протокола АП-70 составит 58; 188 символов, а для протокола BSC – 126; 410 символов. При этом соответствующие значения максимального коэффициента эффективной скорости передачи равны 0,64; 0,70 и 0,81; 0,94.

Т а б л и ц а 7.3 – Оптимальные значения длин блоков  $b$  для протокола АП-70 и BSC и каналов связи с  $p$  от  $10^{-2}$  до  $10^{-6}$  и соответствующие значения максимального коэффициента эффективной скорости передачи данных

Вероятность появления ошибки $p$	АП-70		BSC	
	Оптимальная длина блока $b_{\text{опт}}$	Коэффициент эффективной скорости $\eta_{\text{max}}$	Оптимальная длина блока $b_{\text{опт}}$	Коэффициент эффективной скорости $\eta_{\text{max}}$
$10^{-3}$	17	0,47	36	0,51
$10^{-4}$	58	0,64	126	0,81
$10^{-5}$	188	0,70	410	0,94

Приведенные выше численные результаты показывают, что эффективность синхронного протокола BSC на реальных каналах связи СПД АСУЖТ значительно превосходит эффективность асинхронного протокола АП-70. В связи с этим в СПД АСУЖТ, а также и в других сетях необходимо переходить на использование синхронных протоколов, что позволит уменьшить время занятия каналов, загрузку узлов коммутации и повысить общую эффективность сети передачи данных.

Одновременно следует заметить, что и при использовании синхронных протоколов для обеспечения максимальной эффективной скорости передачи необходимо для каналов определенного качества выбирать соответствующие значения оптимальной длины блока полезной информации.

#### 7.4 Методика расчета среднего времени занятия канала при передаче сообщений

Среднее время занятия канала при передаче сообщений необходимо знать для проведения системотехнических расчетов в процессе проектирования АСУ и определения таких характеристик системы, как время реакции, общее время доставки сообщений, потери на ожидание, требуемое число каналов связи, скорость передачи и т.п.

Пусть требуется определить среднее время  $T$  занятия канала при передаче сообщения, содержащего  $M$  символов (байтов) полезной информации. Расчет производится в такой последовательности:

– с учетом используемого протокола передачи данных определяются величины  $n_d$ ,  $n_n$ ,  $r$ ,  $n_3$ ,  $n_c$ ;

– на основании измерения характеристик используемого канала связи определяется вероятность  $p$  искажения бита в канале связи, по формуле (7.10) рассчитывается оптимальная длина блока, обеспечивающая максимальное значение эффективной скорости передачи данных для используемого протокола и канала связи;

– на основании формулы (7.7) рассчитывается среднее время передачи блока оптимальной длины при заданной (или выбранной на основе характеристик используемых модемов) скорости передачи данных  $v$ , бит/с, в канале связи

$$t_2 = \frac{r(b_{\text{опт}} + n_d + n_n)}{v(1-p)^{r(b_{\text{опт}}+n_n)}}; \quad (7.18)$$

– производится расчет среднего времени занятия канала при передаче сообщения длиной  $M$  символов по формуле

$$T = \left\lceil \frac{M}{b_{\text{опт}}} \right\rceil t_2, \quad (7.19)$$

где символ  $\lceil \rceil$  означает взятие ближайшего большего целого числа при делении  $M$  на  $b_{\text{опт}}$ .

**Пример 7.1.** Рассчитать среднее время  $T$  занятия канала при передаче сообщений длиной 1000 символов по протоколу BSC между терминалами и центром системы «Экспресс-2» по телефонному каналу связи с вероятностью искажения бита  $p = 10^{-5}$  и скоростью передачи 1200 бит/с.

Имеются следующие расчетные значения:  $M = 1000$  символов;  $p = 10^{-5}$ ;  $v = 1200$  бит/с.

Для протокола BSC:  $n_d = 8$ ;  $n_n = 6$ ;  $r = 8$ ;  $n_s = 3$ ;  $n_c = 14$ .

По формуле (7.17) для протокола BSC  $b_{\text{опт}} = 410$  символов.

По формуле (7.15) для протокола BSC  $t_2 = 2,9$  с.

По формуле (7.19)

$$T = \left\lceil \frac{1000}{410} \right\rceil \cdot 2,9 = 3 \cdot 2,9 = 8,7 \text{ с.}$$

Таким образом, время передачи сообщения длиной 1000 символов составит 8,7 с.

## 7.5 Технология передачи информации

В общем случае технология передачи данных в сети ЭВМ полностью определяется последовательностью функционирования сетевых протоколов.

Для упрощения изложения рассмотрим ее на примере передачи данных в сети с протоколами TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), которые применяются как в локальных сетях ЭВМ, так и в глобальной сети Internet.

Рисунок 7.4 иллюстрирует сценарий, в котором пользователь применяет протокол передачи файлов (FTP), чтобы передать файл от одного компьютера локальной сети на другой. Верхний уровень (FTP-клиент и FTP-сервер) является примером прикладной программы, которая выполняется в программно-адресуемом пространстве памяти каждого компьютера. Оба средних уровня (TCP и IP) являются составными частями ядра операционной системы. Самый нижний уровень протоколов (уровень Ethernet) почти всегда реализован аппаратными средствами сетевой карты.

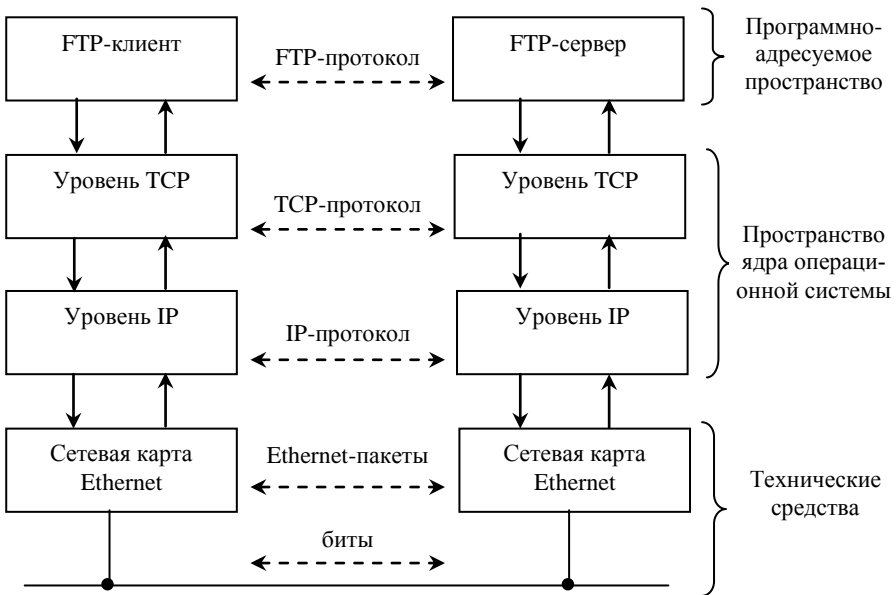


Рисунок 7.4 – Система протоколов для прикладной задачи передачи файлов

Протокол FTP определяет формат сообщений, которые должны быть переданы между клиентом и сервером. Для пользователя это выглядит так, как будто клиент и сервер взаимодействуют непосредственно друг с другом. Однако практически все происходит иначе, так как данные перемещаются вниз по системе протоколов отправителя, а затем вверх по системе протоколов получателя. Связь между одинаковыми уровнями системы протоколов называется «от уровня к уровню». Таким образом, разработчик программы передачи файлов должен знать и выдерживать требования двух интерфей-

сов: интерфейс соединения «от уровня к уровню» между клиентом и сервером, а также интерфейс с нижерасположенным уровнем (в нашем случае ТСР/IP).

Одна из важнейших задач системы протоколов состоит в том, чтобы на каждом отдельном уровне производить упаковку данных. Сам процесс, который называется «упаковкой данных», состоит в том, что на каждом уровне пакет данных дополняется заголовком, а иногда также концевиком. Каждый заголовок содержит исключительно ту информацию, которая нужна соответствующему уровню для выполнения его функций.

Чем больше уровней протоколов проходит пакет, тем больше он становится из-за добавления соответствующего числа заголовков. После приема пакета начинается обратный процесс, при котором каждый уровень после выполнения своих функций удаляет из пакета соответствующий заголовок прежде, чем направит данные на следующий уровень.

Важно отметить, что ни один уровень не пытается распознавать данные, поступающие от верхнего уровня. Он не может также предвидеть, какие данные в виде заголовков добавляются на нижних уровнях. Например, уровень IP не интерпретирует данные, полученные от транспортного уровня, и одновременно он не знает, какие данные будут добавлены к пакету на канальном уровне. Поскольку интерпретация данных не осуществляется, а эти данные только направляются дальше к соответствующему уровню на другом конце, то их называют *упакованные данные*.

Внутри сети определением структуры данных занимаются протоколы. Пример, представленный на рисунке 7.5, поясняет оба аспекта взаимодействия «связь уровня к уровню» и «упаковка полезных данных».

Рисунок 7.5 показывает, каким образом при помощи ТСР/IP передаются данные от отправителя к получателю. Отправитель вызывает телекоммуникационную службу своего прикладного уровня и передает ей предназначенные для передачи данные. Прикладной уровень добавляет к данным дополнительную информацию в виде заголовка прикладного уровня (ЗПУ) для того, чтобы сообщить удаленному прикладному уровню получателя, что он должен делать с поступающими данными. Транспортный уровень принимает этот элемент данных (данные плюс ЗПУ) от прикладного уровня с директивой отослать его получателю. Одновременно транспортный уровень добавляет к нему свою собственную информацию (заголовок транспортного уровня) и передает вновь расширенный элемент данных (сегмент) на сетевой уровень. Сетевой уровень добавляет к сегменту свой управляющий заголовок (ЗСУ) и передает новый элемент данных (пакет) вниз на канальный уровень. Канальный уровень вставляет в пакет еще один заголовок (ЗКУ) и добавляет в конце контрольную последовательность (КП). Таким образом получается кадр, который направляется на физический уровень. Физический уровень преобразует биты данных в сигналы, соответ-

ствующие используемой среде распространения, и передает их на интерфейс с линией связи (кабелем).

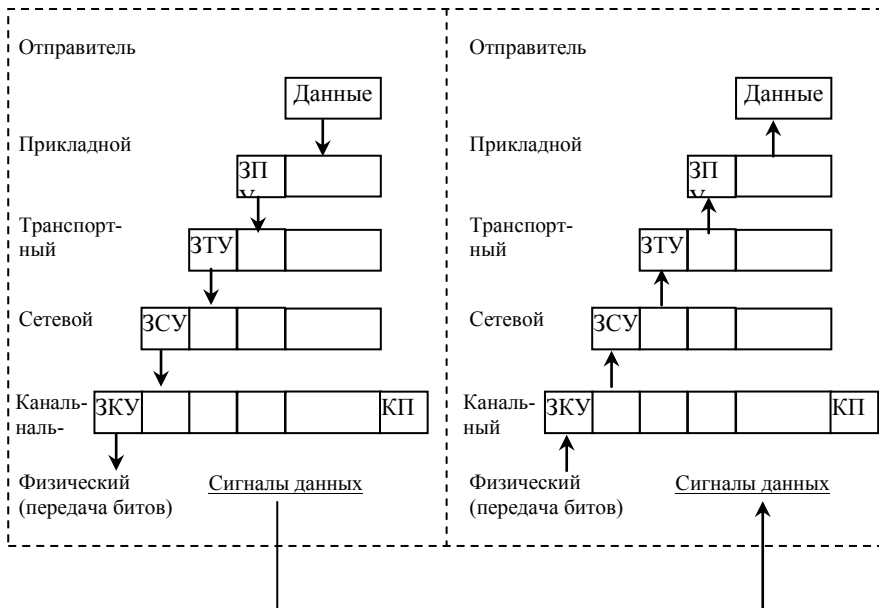


Рисунок 7.5 – Процедура добавления и удаления заголовков и концевиков

Когда электрические сигналы поступают на физический уровень получателя, они преобразуются в биты и байты кадра. Канальный уровень принимает кадры, переданные с физического уровня, и проверяет контрольную последовательность (КП). Кроме того, он расшифровывает информацию заголовка канального уровня (ЗКУ), для того чтобы точно установить, что кадр адресован именно данному получателю. Если это так, то он удаляет заголовок (ЗКУ) и концевик (КП) и направляет уже уменьшенный пакет данных на сетевой уровень. Сетевой уровень анализирует предназначенный ему заголовок (ЗСУ), для того чтобы определить, что он должен сделать с пакетом, и передает его в виде сегмента на транспортный уровень. Прикладной уровень принимает элемент данных с транспортного уровня уже без заголовка (ЗТУ), анализирует заголовок прикладного уровня (ЗПУ) и передаст данные нужной прикладной программе получателя.

Такова технология обмена данными между двумя компьютерами в сети. Информация в заголовках, которая добавляется каждым уровнем, используется на таких же уровнях в других узлах сети и поэтому является информацией типа «от уровня к уровню».

## 7.6 Сети передачи данных на железнодорожном транспорте

### 7.6.1 Действующая инфраструктура сети передачи данных

В основе действующей инфраструктуры сети передачи данных железнодорожного транспорта лежит системная телеобработка данных как совокупность технических, программных средств и процедур обмена, обеспечивающих коллективное использование ресурсов систем обработки данных удаленными пользователями с возможностью организации межмашинного обмена. Создание систем телеобработки и развитие сетей передачи данных на железнодорожном транспорте было обусловлено, прежде всего, разработкой автоматизированной системы оперативного управления грузовыми перевозками (АСОУП) и автоматизированной системы продажи и учета мест в поездах, а также общего управления пассажирскими перевозками (Экспресс).

Различие в требованиях к этим системам, этапности разработки в методах проектирования и внедрения привело к необходимости создания на железнодорожном транспорте двух относительно независимых сетей передачи данных (СПД): СПД грузовыми перевозками и СПД системы «Экспресс». Одно из основных отличий в требованиях заключается в том, что СПД «Экспресс» должна обеспечивать диалоговое взаимодействие «запрос-ответ» абонента (терминала кассира) с системой обработки в жестко регламентированные по времени сроки (время реакции 3-5 с). СПД грузовыми перевозками, главным образом, обеспечивает обмен сообщениями между абонентами и системой обработки в менее жестком по времени режиме (десятки секунд и минут) и передачу сообщений и файлов при межмашинном обмене.

Вместе с тем автономия рассматриваемых сетей не является абсолютной, так как обе сети, например, при обмене информацией на межрегиональном уровне (ГВЦ – ИВЦ, ИВЦ – ИВЦ соседних дорог) могут использовать каналы первичной сети связи, организованные в одних и тех же аналоговых или цифровых системах передачи.

Исходя из структуры управления железнодорожным транспортом СПД грузовыми перевозками имеет трехуровневую структуру: уровень линейных предприятий, дорожный (региональный) уровень, сетевой (межрегиональный). Существующая СПД «Экспресс-2» имеет двухуровневую структуру: региональная терминальная сеть и межрегиональная магистральная сеть коммутации сообщений [10].

#### *СПД линейных предприятий*

СПД линейных предприятий (СПД-ЛП) предназначена для автоматизированного съема, централизованного сбора, обработки, передачи и распределения потребителям в реальном масштабе времени оперативной, в том



числе диагностической информации. По сети передаются данные о состоянии линейных технологических объектов, технических средств и систем автоматики, связи, энергетики; устройств контроля состояния подвижного состава на ходу поезда (ПОНАБ, ДИСК). Пользователями этой единой для всех служб сети являются работники службы перевозок (дежурные по станции, поездные диспетчеры, дежурные по отделению и т.д.), работники хозяйств энергоснабжения, сигнализации и связи и др.

СПД-ЛП строится на базе концентраторов информации (КИ) и линейных контроллеров (ЛК), подключаемых к КИ. В свою очередь, к ЛК подключается оконечное оборудование контролируемых объектов. По своим техническим характеристикам СПД-ЛП относится к классу распределенных сетей с коммутацией пакетов и использованием для передачи выделенных телефонных каналов связи и физических линий.

Централизованный сбор, накопление и хранение первичной информации производятся на общем сервере СПД-ЛП, включенном в локальную вычислительную сеть (ЛВС) центра сбора информации. В эту же ЛВС включаются АРМы пользователей СПД-ЛП (диспетчеры, дежурные и другие работники служб), которые получают необходимую им информацию из сервера СПД-ЛП.

В СПД-ЛП может быть реализовано два варианта структур: радиально-узловая и многоточечная (шинная) [11]. Для радиально-узловой структуры характерно использование КИ в качестве узлов коммутации пакетов, соединенных между собой выделенными каналами связи. При этой структуре кадр информации от каждого линейного контроллера передается в сервер СПД-ЛП через узлы коммутации с учетом используемого алгоритма маршрутизации.

Источники информации (линейные контроллеры) и пользователи (АРМ) в СПД-ЛП с радиально-узловой структурой могут подключаться к любому узлу сети, что позволяет производить одновременный обмен информационными кадрами между ЛК, сервером СПД-ЛП и АРМ пользователей.

Многоточечная (шинная) структура СПД-ЛП ориентирована на линейную топологию участка железной дороги, оборудованного аналоговой 24-канальной системой передачи К-24Т. В СПД с такой структурой сервер СПД производит циклический опрос узлов (КИ) по групповому каналу аппаратуры К-24Т, то есть осуществляется мультиплексирование с временным разделением. За время цикла опроса каждый узел получает долю времени для занятия группового канала и производит за это время обмен информацией между узлом и сервером СПД-ЛП.

В обоих случаях реализации структуры СПД-ЛП информация в КИ поступает от линейных контроллеров (ЛК), которые производят циклический

опрос состояния контролируемых объектов и формируют соответствующую информацию для передачи в КИ.

При помощи шлюзовой ЭВМ СПД-ЛП может производить обмен информацией с абонентами и прикладными системами (например, АСОУП) сети передачи данных дорожного уровня.

#### *СПД дорожного (регионального) уровня*

Действующие СПД дорожного уровня обеспечивают в пределах железной дороги (региона) обмен информацией между абонентами и системами обработки данных, решающими прикладные задачи управления перевозками и другими видами деятельности железнодорожного транспорта. Основной системой, требующей непрерывного обмена информацией и создающей интенсивные информационные потоки, которые должна передавать СПД дороги, является АСУ перевозками (АСУП).

АСУП включает несколько функциональных систем управления, разработанных относительно самостоятельно, но действующих в условиях постоянного информационного взаимодействия. Центральной частью АСУП является автоматизированная система оперативного управления перевозками (АСОУП). На базе АСОУП в Главном расчетном информационном центре Белорусской железной дороги (ИРЦ) созданы поездные и вагонные модели дороги, производится контроль погрузки/выгрузки вагонов, формируются электронные перевозочные документы, составляются отчеты о работе дороги, выдается множество ответов на запросы работников различных служб и т.д.

Для обеспечения функционирования АСОУП необходимо связать большие системы обработки данных (мейнфреймы) в ИРЦ с многочисленными АРМами, поставляющими оперативные данные о движении, дислокации и изменении состояния поездов, вагонов и грузов.

Абонентское оборудование СПД дорожного уровня включает в себя телеграфные аппараты (ТА, в настоящее время они находятся в оперативном резерве и в качестве основного оборудования не используются), персональные компьютеры (ПК) работников различных служб, локальные вычислительные сети АСУ сортировочных станций (АСУСС) или АСУ грузовых станций (АСУГС), комплексные системы автоматизированных рабочих мест на станциях (КСАРМ) и различные автоматизированные рабочие места (АРМ) на линейных предприятиях.

Группы территориально рассредоточенных абонентов в пределах крупной железнодорожной станции или узла, оснащенные персональными компьютерами (ПК), производят обмен информацией с ИРЦ через концентраторы информации (КИ). КИ строятся на базе персональных компьютеров, оснащенных платами расширения интерфейса RS-232 C (V.24/V.28). Концентратор информации в зависимости от конкретной конфигурации может иметь 8, 16, 32 или 64 входа для подключения ПК абонентов. В КИ осу-

ществляется процедура коммутации сообщений, то есть сообщения записываются в память КИ, ожидают в очереди на обработку и последующую передачу сообщения в ИВЦ дороги. Обмен между КИ и ИВЦ производится по выделенным телефонным каналам связи (ТЛФ/В) по протоколу АП-70 или другим протоколам (BSC, TCP/IP).

АСУ сортировочной станции (АСУСС) и АСУ грузовой станции (АСУГС) также обмениваются информацией с ИРЦ по выделенным телефонным каналам. Последние разработки АСУСС и АСУГС основаны на использовании локальных вычислительных сетей и структур типа «клиент – сервер». Протоколы обмена между АСУСС, АСУГС и ИРЦ – АП-70 или BSC в зависимости от типа ЭВМ АСУСС.

Отдельную группу абонентов СПД дорожного уровня представляют комплексные системы автоматизированных рабочих мест (КСАРМ) на станциях. В КСАРМы объединяются группы абонентов, использующих в своей работе общий сервер КСАРМ, функционально ориентированный на решение определенного круга задач управления перевозками. Обычно сервер КСАРМ выполняет также функции концентратора информации (КИ), что позволяет абонентам КСАРМ производить обмен информацией с ИВЦ дороги (системой АСОУП и другими системами).

Количество абонентов СПД дорожного уровня в среднем по сети составляет 1200, а на больших дорогах достигает более 2000.

Средний объем входной (принимаемой в ИРЦ) информации составляет 5,2 млн знаков/сут, выходной – 25,3 млн знаков/сут.

Процессор телеобработки данных (ПТД) выполняет аналогичные функции сопряжения больших ЭВМ с каналами связи. Однако использование ПТД существенно расширяет возможности информационного обмена за счет снижения загрузки обрабатывающей ЭВМ функциями по управлению передачей данных, поскольку ПТД автономно выполняет функции управления процедурами обмена с каналами связи, накопления сообщений, организации очередей, коммутации сообщениями и пакетов. В СПД дорожного уровня применяется ПТД типа IBM 3725, который имеет следующие основные характеристики:

- количество подключаемых каналов связи – 96;
- типы каналов связи – выделенные телефонные или широкополосные каналы связи;
- режим обмена – дуплекс, полудуплекс;
- протоколы передачи данных – асинхронные, синхронные (BSC, HDLC, SDLC).

*СПД сетевого (межрегионального) уровня*

СПД сетевого (межрегионального) уровня обеспечивает обмен информацией между ГВЦ и ИВЦ железных дорог, а также между ИВЦ соседних дорог. Сеть построена на базе выделенных каналов связи между ГВЦ и

ИВЦ, между ИВЦ соседних дорог также организованы выделенные телефонные каналы связи. Ежесуточный обмен информацией между ГВЦ и ИВЦ дорог составляет более 100 Мбайт в сутки [12]. На основе обмена информацией через СПД сетевого уровня в ГВЦ функционирует огромное количество (более 250) прикладных задач и систем, наиболее крупными из которых являются диалоговая информационная система контроля оперативной работы (ДИСКОР), центр управления перевозками (ЦУП), интегрированная обработка дорожной ведомости (ИОДВ), система расчетов за пользование грузовыми вагонами других государств, система непомерного учета и контроля дислокации вагонного парка (ДИСПАРК).

В настоящее время при обмене информацией между ГВЦ и ИВЦ дорог задействованы 2 типа каналов связи: каналы с протоколами BSC (BSC – каналы) и с протоколом IP (IP-каналы, точнее HDLC-каналы, поскольку IP является протоколом сетевого уровня).

BSC-каналы организованы между ПТД ГВЦ и МПД (или ПТД) ИВЦ дорог, и по ним происходит передача информации, необходимой для функционирования всех прикладных задач и систем АСУЖТ, решаемых на мейнфреймах.

IP-каналы организованы между маршрутизаторами ГВЦ и ИВЦ дорог и предназначены для обмена информацией между локальными сетями автоматизированной комплексной системы фирменного транспортного обслуживания (АКС ФТО), реализации электронной почты и общего обмена между серверами различных приложений дорожно-сетевого уровня.

В СПД сетевого (межрегионального) уровня реализуется межмашинный обмен информацией между ИВЦ соседних железных дорог. По выделенным телефонным каналам передаются данные о составе поездов (телеграмм-натурные листы поездов), переходящих с одной дороги на другую, а также другие сообщения, обеспечивающие ведение поездных и вагонных моделей на уровне дороги.

### **7.6.2 Перспективы развития сетей передачи данных на железнодорожном транспорте**

Перспективная СПД железнодорожного транспорта создается на основании Программы информатизации железнодорожного транспорта. Целью создания СПД является замена морально и физически устаревших существующих систем и сетей передачи данных АСУЖТ и обеспечение возможностей внедрения на железнодорожном транспорте новых информационных технологий, отвечающих современным международным требованиям и стандартам.

Концепция СПД базируется на технологии передачи данных с пакетной коммутацией X.25 при использовании аналоговых каналов связи и ретрансляции кадров (Frame Relay) при использовании высокоскоростных цифровых каналов связи.

В средствах СПД предусматривается возможность (техническая и функциональная) входа в транспортный уровень перспективной сети связи железнодорожного транспорта, базирующейся на технологии АТМ.

СПД представляет собой совокупность аппаратно-программных средств передачи данных (коммутаторов и аппаратуры передачи данных) и каналов связи (аналоговых и цифровых), обеспечивающих услуги по передаче данных между абонентами, подключенными к сети и использующими следующие протоколы передачи:

- асинхронный протокол на выделенных и коммутируемых телефонных каналах в соответствии с рекомендацией X.28 МККТТ;
- байт-синхронные протоколы BSC-1, BSC-3 на выделенных аналоговых телефонных каналах;
- бит-синхронные протоколы SNA/SDLC, HDLC на выделенных аналоговых телефонных каналах;
- протокол пакетной передачи X.25 на выделенных цифровых и аналоговых каналах;
- протокол пакетной передачи X.25 на коммутируемых телефонных каналах с использованием процедур доступа входящего и исходящего вызова, и идентификации пользователя в соответствии с рекомендацией X32.

СПД представляет собой совокупность региональных СПД (СПД ГВЦ и дорожных), образующих единую сеть. Каждая региональная СПД состоит из регионального сетевого узла на 400 портов подключения каналов (меж-узловых и абонентских) с центром управления сетью своего региона (ЦУС). Региональному узлу ГВЦ определены функции главного узла. Ориентировочная пропускная способность региональных узлов не менее 12000 пакетов/с.

Каждая региональная СПД включает в свой состав необходимое число узлов доступа с требуемыми в данном пункте числом портов подключения и пропускной способностью. Число портов в узлах доступа может измениться от 8 до 40, а требуемая пропускная способность – от 500 до 2500 пакетов/с.

В СПД планируется использовать единую нумерацию абонентов сети в соответствии с рекомендацией X.121 МККТТ и сопряжение с другими сетями по протоколу X.75 МККТТ.

Взаимодействие СПД регионов между собой обеспечивается через главный и региональные узлы сети по цифровым каналам передачи данных со скоростью до 2,048 Мбит/с и использованием технологии ретрансляции кадров (Frame Relay).

Во всех узлах СПД предусматривается возможность использования на межузловых соединениях цифровых каналов связи и технологии Frame Relay.

На нижнем уровне региональных СПД организуются местные сети автоматического съема данных с контролируемых технических объектов – источников первичной информации, находящихся на станциях и перегонах (МССД). Функции и структура этих сетей в целом аналогичны существующим сетям передачи данных линейных предприятий (СПДЛП, рассмотренных выше).

### **7.6.3 Международная сеть передачи данных «ГЕРМЕС» европейских железных дорог**

Интеграция железнодорожного транспорта европейских стран, основанная на использовании общего парка грузовых вагонов и развитого международного пассажирского сообщения, потребовала внедрения единой информационно-управляющей системы для европейских железных дорог на базе современных информационных технологий и средств телекоммуникаций.

В этих условиях стало необходимо создание на железных дорогах Европы международной сети передачи данных, обеспечивающей обмен сообщениями между системами обработки данных железнодорожного транспорта различных государств.

В конце 1978 года железнодорожные администрации шести европейских стран (Англия, Западная Германия, Франция, Италия, Швейцария и Бельгия) с участием комиссий по информатике и эксплуатации Международного союза железных дорог (МСЖД) приняли решение о создании собственной международной сети передачи данных, которая получила название «ГЕРМЕС».

Сеть «ГЕРМЕС» была разработана как сеть передачи данных с коммутацией пакетов в соответствии с Рекомендацией X.25 МККТТ (ITU-T), стандартизирующей процедуры передачи на первых трех уровнях сетевой иерархии протоколов. Фирма-поставщик программных и технических средств сети («SESA», Франция) и специальная проектная группа «ГЕРМЕС» при МСЖД разработали к началу 1981 г. следующие основные элементы сети:

- международные центры коммутации пакетов (ЦКП) X.25, устанавливаемые на каждой железной дороге, включаемой в сеть «ГЕРМЕС»;
- каналы передачи данных, организованные между ЦКП X.25;
- центр управления сетью;
- фронтальные предпроцессоры (FEP-Front-End Processor);

– программные средства обеспечения обмена информацией и реализации сетевых протоколов, устанавливаемые в ЦКП, фронтальных предпроцессорах и ЭВМ национальных систем обработки данных (мейнфреймов), подключаемых к сети «ГЕРМЕС» для решения прикладных задач управления международными грузовыми и пассажирскими перевозками.

На первоначальном этапе создания сети «ГЕРМЕС» ЦКП X.25 были установлены в городах Ноттингеме, Франкфурте-на-Майне, Париже, Риме, Берне и Брюсселе. Между этими ЦКП были организованы каналы связи, обеспечивающие скорость передачи данных 9600 бит/с. Для повышения надежности сети каждый ЦКП был соединен не менее чем с двумя другими ЦКП сети, что позволяет использовать обходные пути передачи при повреждениях в сети.

Центр управления сетью был установлен в Париже и позволял выполнять следующие функции: контроль состояния каналов и ЦКП сети; изменение адресов абонентского оборудования; разрешение на подключение новых абонентов сети и изменение характеристик сетевых устройств (числа входов в ЦКП, скорости передачи в каналах и т.п.); регистрация сообщений о повреждениях сети и организация восстановления отказавшего оборудования.

Фронтальные предпроцессоры (FEP) включаются между ЦКП X.25 и ЭВМ обработки данных (мейнфреймами) и выполняют функции транспортной станции, реализующей транспортный (4-й уровень) и сеансовый (5-й уровень) протоколы сети «ГЕРМЕС», а также выполняют преобразование методов доступа, способов представления данных и протоколов национальных систем обработки данных при сопряжении их с сетью «ГЕРМЕС».

Работы по установке международных ЦКП X.25, фронтальных предпроцессоров и центра управления сетью, включая предварительную приемку и тестирование, закончились в начале 1983 г. После этапа опытной проверки технических и программных средств сети в январе 1985 г. началось промышленное внедрение обмена информацией через сеть «ГЕРМЕС» по задаче «Предварительное информирование о грузовых поездах в международном сообщении». В последующий период к сети «ГЕРМЕС» стали подключаться другие европейские железные дороги и одновременно росло число прикладных задач управления международными перевозками, использующими сеть «ГЕРМЕС» для обмена информацией.

Для расширения функциональных возможностей и увеличения пропускной способности сети в середине 1995 г. была произведена замена технических и программных средств сети «ГЕРМЕС» на более современное оборудование сетей X.25. Практически была создана новая сеть передачи данных «ГЕРМЕС ПЛЮС», также являющаяся сетью коммутации пакетов X.25.

К сети «ГЕРМЕС ПЛЮС» могут подключаться:

- мейнфреймы систем обработки данных железных дорог через FER или непосредственно, если функции FER реализуются в мейнфрейме;
- локальные вычислительные сети по протоколу X.25 через многопротокольные мосты-маршрутизаторы;
- системы обработки данных, поддерживающие стандарты X.400 МККТТ (ITU-T) «Сети передачи данных: системы обработки сообщений»;
- другие сети передачи данных X.25 с сопряжением по протоколу X.75 МККТТ (ITU-T) «Управление соединением и передачей данных по международным каналам между сетями коммутации пакетов».

Сеть «ГЕРМЕС ПЛЮС» объединяет системы обработки данных 12 железных дорог Европы. К шести первоначальным дорогам, включенным в сеть «ГЕРМЕС» (см. выше), добавились железные дороги Дании, Голландии, Австрии, Испании, Швеции и Словении.

Топология сети «ГЕРМЕС ПЛЮС» состоит из 3 уровней:

- ЦКП в Париже, Франкфурте-на-Майне, Брюсселе и Берне образуют первый уровень сети, через который проходят потоки транзитных сообщений;
- ЦКП в Копенгагене, Ноттингеме, Риме и Утрехте образуют второй Уровень сети;
- ЦКП в Мадриде, Стокгольме, Вене и Любляне составляют третий уровень и считаются периферийными центрами сети.

ЦКП первого и второго уровней (8 ЦКП) имеют пропускную способность 4000 пакетов/с, а 4 периферийные ЦКП – 350 пакетов/с. Центр управления сетью «ГЕРМЕС ПЛЮС» расположен в Ноттингеме (Англия).

К основным задачам управления международными грузовыми и пассажирскими перевозками, решаемым с использованием сети «ГЕРМЕС ПЛЮС», относятся контроль продвижения поездов и информирование соседних дорог о переходе поездов через пограничные станции, взаиморасчеты за использование грузовых вагонов при перевозках, слежение за дислокацией и состоянием грузовых вагонов, информирование клиентуры о местонахождении и подходе грузов, резервирование мест на пассажирские поезда и т.д.

Внедрение этих задач осуществляется в рамках ряда системных проектов, разрабатываемых рабочими группами МСЖД по реализации (GR), такими, как GRM (применение сети для задач управления перевозками), GRC (применение сети в области грузовой и коммерческой работы) и GRR (соединение систем резервирования).

К основным системным проектам, реализуемым МСЖД на базе сети «ГЕРМЕС ПЛЮС», относятся следующие:

EUROP – слежение за дислокацией и перемещением вагонов;



GOETHE – обмен информацией о местонахождении и использовании вагонов на иностранных железных дорогах;

PROMETHEE – система периодического контроля и технического обслуживания оборудования, в том числе вагонного парка;

ORFEUS – открытая система обмена информацией о продвижении грузов между железными дорогами;

ENEE – обеспечение актуальной информацией, касающейся европейских станций пересечения границы (пограничных переходов);

DAMOCLES – слежение за перевозками опасных грузов и создание базы данных по этим перевозкам.

Сеть передачи данных европейских железных дорог «ГЕРМЕС ПЛЮС» рассматривается МСЖД как база для внедрения новых информационных технологий управления международными перевозками.

## 8 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

### 8.1 Понятие о проектировании информационных систем

*Проектирование* – это процесс перехода от первичного описания информационной системы в виде проектного (технического) задания к описанию ее в виде набора стандартных документов (проектной документации), достаточного для создания системы.

В ходе проектирования находится способ реализации *технического задания*, т.е. воплощения того, что требуется создать согласно техническому заданию. При этом набор стандартных документов – это *технический и рабочий* (или технорабочий) *проекты*, содержание которых регламентировано государственными стандартами.

Объектом проектирования является информационная система. Используется термин «система», поскольку имеется множество взаимосвязанных элементов, например множество взаимосвязанных задач: результаты решения одной необходимы для решения других и т.д. Множество элементов системы и связи между ними определяют *структуру системы*. Элементами структуры могут являться ее составляющие, выделенные по различным признакам. Поэтому информационная система, как и всякая иная, может иметь множество различных структур: *функциональную, структуру комплекса технических средств, структуру функциональной части, структуру обеспечивающей части, объектную структуру*.

Элементами *функциональной структуры* информационной системы являются функциональные подсистемы (комплексы информационных технологий). *Функциональная подсистема* – это часть системы, предназначенная для выполнения заданной функции, например функции оперативного управления перевозочным процессом, управления инфраструктурой железнодорожного транспорта и т.д.

Элементами *объектной структуры* информационной системы являются объектные подсистемы. *Объектная подсистема* – это часть системы, предназначенная для выполнения совокупности функций, обеспечивающих функционирование некоторого объекта (или его части). Объект, для обеспечения функционирования которого создается информационная система, может быть представлен в виде системы взаимосвязанных элементов. Например, сеть железных дорог состоит из отдельных дорог, каждая из ко-

торых включает в себя ряд отделений дороги, совокупность линейных предприятий (сортировочных станций, депо) (рисунок 8.1).

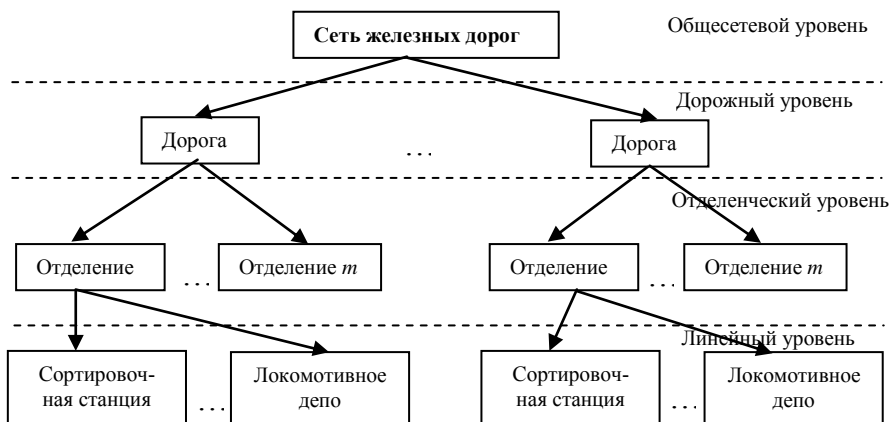


Рисунок 8.1 – Структура сети железных дорог

Объектная структура информационной системы железнодорожного транспорта включает в себя объектные подсистемы на четырех уровнях: общесетевом, дорожном, отделенческом и линейном. Отметим, что функциональные подсистемы (комплексы информационных технологий) имеют также объектную структуру, элементы которой на разных уровнях объекта предназначены для выполнения заданной функции в пределах соответствующего уровня.

Основные аспекты, требующие проработки на этапе проектирования, следующие:

- состав функций, реализуемых информационной системой, их объединение в группы (структуризация) и распределение по уровням объекта, для поддержки функционирования которого создается информационная система (отметим, что для железнодорожного транспорта уровни объекта – это сетевой уровень, уровень дорог, уровень отделения и линейный уровень (станций, депо));

- разработка технологий обработки данных информационной системы, определение форм представления вводимых данных и системы сбора, ввода, передачи, обработки, хранения и выдачи информации;

- разработка баз данных и информационных сервисов;

- выбор технических средств (технического обеспечения) информационной системы: состав, тип, количество, размещение устройств сбора, передачи, обработки, накопления и представления данных;

– выбор программной платформы (операционной среды), разработка и отладка программных средств системы (программное обеспечение информационной системы);

– анализ достижимости требований, предъявляемых к показателям качества функционирования информационной системы (по показателям качества информации, безопасности данных, временным характеристикам, показателям надежности и т.д.) и поиск путей для удовлетворения этих требований.

## 8.2 Стадии разработки информационных систем

Стадии разработки автоматизированных систем и виды проектной документации регламентированы ГОСТ 34.201-89 (приложение А). Нормативные документы определяют следующие стадии создания информационных систем:

- формирование требований к автоматизированной системе (АС);
- разработка концепции АС;
- техническое задание;
- эскизный проект;
- технический проект;
- рабочий проект и рабочая документация;
- ввод в действие и отладка;
- сопровождение АС.

Основное содержание стадии *формирование требований* – сбор данных и анализ объекта, для поддержки функционирования которого предполагается создание АС, анализ существующей информационной системы (включая изучение информационных потоков, выявление недостатков) и обоснование целесообразности создания АС. На этой стадии проводятся следующие подготовительные операции для формирования требований:

- выбор показателей;
- выявление факторов, обуславливающих целесообразность создания АС;
- выявление требований пользователей АС.

На стадии *разработка концепции АС* осуществляется поиск путей удовлетворения требований пользователя на уровне концепции создаваемой системы (структура, функции, программно-техническая платформа, режимы). Рассматриваются альтернативные варианты концепции системы, производится их анализ, выбирается лучшая концепция системы.

На стадии *техническое задание* разрабатывается техническое задание (ТЗ) на автоматизированную систему. Состав и содержание ТЗ определены в нормативных документах [13]. Основой ТЗ являются требования к создаваемой системе.

На стадии *эскизный проект* проводится проработка предварительных проектных решений по системе и ее частям. Эта стадия может быть объединена со стадией *технический проект*.

На стадии *технический проект* осуществляется разработка основных проектных решений по системе и ее частям: определение функциональной структуры; выбор комплекса технических средств; выбор системы управления базами данных (СУБД) и проектирование баз данных, входных и выходных форм; разработка технологии обработки информации, обеспечивающей выполнение требований, предъявляемых к данным; разработка алгоритмов обработки данных при выполнении различных функций. На этой стадии осуществляется разработка проектной документации на систему и ее части, необходимой для создания системы.

На стадии *рабочая документация* проводится разработка программных средств системы, осуществляется адаптация приобретаемых программных средств, готовится рабочий проект и рабочая документация, содержащая сведения, необходимые и достаточные для ввода в действие и эксплуатации АС.

Стадия *ввод в действие* включает в себя выполнение строительно-монтажных работ, организационную подготовку к вводу АС в действие, обучение персонала, пуско-наладочные работы, опытную эксплуатацию (с необходимой доработкой АС по ее результатам), приемочные испытания.

На стадии *сопровождение АС* осуществляется гарантийное и послегарантийное обслуживание АС, проводится анализ функционирования АС, выявляются отклонения эксплуатационных характеристик и устанавливаются их причины, вносятся необходимые изменения в документацию.

### **8.3 Состав и формирование требований к проектируемой автоматизированной системе**

Обоснованное и тщательное формирование требований к автоматизированной системе – необходимое условие успешного выполнения работ по созданию системы.

Состав требований регламентирует ГОСТ 34.602-89, устанавливающий содержание ТЗ на автоматизированную систему (приложение Б). Однако начало формирования требований связано уже с первой (предпроектной) стадией создания системы, когда проводится обоснование целесообразности разработки

В ходе проектирования требования могут уточняться и изменяться по согласованию с заказчиками системы. Это нормальный процесс, часто по-иному создать систему невозможно. Чем полнее, обоснованнее будут сфор-

мулированы требования на начальном этапе (на стадии ТЗ), тем успешнее (быстрее, дешевле) может оказаться процесс создания системы.

Требования к автоматизированной системе делят на три группы:

- требования к системе в целом;
- требования к функциям, выполняемым системой;
- требования к видам обеспечения (информационному, математическому, программному и т.д.).

Состав требований, включаемых в ТЗ, устанавливается в зависимости от вида, назначения и особенностей проектируемой системы. Рассмотрим основные элементы перечня требований, предъявляемые к широкому классу автоматизированных систем.

**Требования к системе в целом**, как правило, включают в себя:

*а) требования к структурным характеристикам и режимам функционирования системы:*

- состав основных функций (состав функциональных подсистем);
- объектная структура системы (число уровней иерархии, основные объектные подсистемы на каждом уровне);
- требования к средствам и способам обмена информацией между объектными подсистемами в случае их территориальной разобщенности;
- требования к интегрируемости (совместимости) со смежными системами или уже реализованными элементами создаваемой системы, с которыми должна быть обеспечена возможность взаимодействия;
- требования к режимам функционирования системы (пакетный, интерактивный и т.д.);

*б) требования к показателям назначения, т.е. к важнейшим характеристикам системы, определяющим степень соответствия системы ее основному назначению.* Например, для систем продажи и резервирования железнодорожных билетов показатели назначения – это пропускная способность (среднее время приобретения билета), число подключаемых терминалов кассира, обслуживаемые регионы; для информационно-справочной системы вокзала – это среднее время реакции, число терминалов пользователей, показатели достоверности выдаваемой информации (показатели степени соответствия данных, хранящихся в системе, истинной ситуации);

*в) требования к надежности:*

- перечень отказов (указание на то, что понимается под отказом) системы или ее частей, по которым следует предъявлять требования по надежности;
- состав и количественные значения (нормы) показателей надежности по типам отказов для системы или ее элементов;
- требования к методам оценки и контроля надежности на разных этапах создания системы (жизненного цикла системы);

*г) требования к качеству данных:*

– показатели достоверности данных (вводимых, хранящихся, выдаваемых системой) и их количественные значения; ситуации (события), при которых должна быть обеспечена сохранность данных;

– возможные способы несанкционированного доступа к данным, от которых система должны быть защищена;

*д) требования по стандартизации и унификации:*

– используемые стандарты при создании системы документооборота;

– используемые классификаторы;

– требования по применению типовых программных и технических средств при создании системы;

*е) требования к развитию системы:*

– возможность модификации, включения новых функций;

– открытость (возможность взаимодействия с другими системами);

– масштабируемость (увеличение числа пользователей, числа подключаемых терминалов и пр.).

**Требования к функциям (задачам)**, выполняемым системой, включают в себя:

– *перечни задач по каждой функциональной подсистеме* (комплексу информационных технологий) с их распределением по уровням системы;

– *требования к качеству реализации каждой функции* (задачи, комплекса задач);

– *формы представления входной и выходной информации*; временной регламент (требования к временным характеристикам); *требования к качеству результатов* (достоверности выдаваемой информации, точности расчетов и т.д.).

Состав **требований к видам обеспечения** зависит от типа и назначения системы.

Требования к *информационному обеспечению* могут включать в себя требования к качеству данных, составу и способу организации данных, их совместимости со смежными системами, использованию классификаторов и унифицированных документов, методам контроля, хранения, обновления и восстановления данных.

В состав требований к *программному обеспечению* могут входить требования к качеству программных средств, интерфейсам, используемым языкам программирования, операционной системе и т.д.

В состав требований к *техническому обеспечению* могут входить требования к функциональным, конструктивным, эксплуатационным характеристикам отдельных видов аппаратных средств, например, к быстродействию средств передачи данных, производительности средств вычислений,

объемам запоминающих устройств, надежности отдельных устройств или комплексов и т.д.

Перечисленные выше требования могут быть представлены в виде:

- *списка необходимых элементов* (список задач; перечень способов несанкционированного доступа к данным, против которых система должна быть защищена, и т.д.);

- *перечня возможных элементов*, например, указание на то, что в качестве линии связи могут быть использованы оптоволоконные линии или медные провода (витая пара) и т.д.;

- *требований качественного типа*, например, требование открытости, масштабируемости и пр.;

- *количественных показателей* (норм значений соответствующих показателей) – требования к надежности, достоверности информации, временным характеристикам.

В последнем случае возникает проблема определения нормы значений показателя, по которому предъявляется требование. Эту проблему можно решить следующими способами:

- использовать нормативную документацию (государственные или отраслевые стандарты), регламентирующую количественные требования по данному показателю;

- использовать «прототипы», т.е. установление норм, исходя из уровня, достигнутого в лучших реализациях аналогичных систем;

- обосновать норму расчета путем оценки степени влияния изучаемого показателя на установленные нормы требований по другим показателям. Например, требуемое быстродействие средств передачи (обработки) данных может быть установлено исходя из требований к временным характеристикам системы (например, к среднему времени реакции системы). Необходимые расчеты проводятся при этом с использованием моделей информационных процессов (моделей функционирования информационных систем).

#### **8.4 Оценка целесообразности создания информационной системы. Понятие о предельном эффекте**

Оценка целесообразности создания информационной системы осуществляется на стадии «формирование требований к автоматизированной системе».

Оценке целесообразности предшествует детальный анализ объекта, для обеспечения функционирования которого создается автоматизированная система (сортировочной станции, отделения дороги, локомотивного депо и



т.д.), описание и анализ существующей информационной системы. Этот анализ должен выявить недостатки существующей системы, ее «слабые» места, основные показатели, улучшение которых может стать основанием для разработки новых информационных технологий.

Показатели качества функционирования любой системы (производственной, информационной и т.д.) делят обычно на три группы:

– *экономические* – прибыль, эксплуатационные затраты, экономическая эффективность как отношение разности дохода и затрат к затратам и т.д.;

– *технические* – показатели технологии обработки данных (временные показатели, показатели качества информации; показатели надежности, производительности; эксплуатационные показатели, например, коэффициент загрузки; показатели научно-технического уровня);

– *социальные* – показатели условий труда, качества обслуживания пользователей системы.

Последствиями создания новой информационной системы могут быть изменения *внутренних показателей*, характеризующих функционирование существующей информационной системы, или *внешних показателей*, характеризующих объект, функционирование которого обеспечивает информационная система.

К *внутренним показателям* информационной системы относятся, в частности, такие, как показатели затрат (временных, финансовых) на реализацию информационного процесса, эксплуатационные затраты, показатели надежности, производительности информационной системы; показатели, характеризующие защищенность и сохранность данных, содержащихся в информационной системе, их полноту, достоверность и т.д.

К *внешним показателям* следует отнести показатели качества обслуживания пользователей (например, среднее время, затрачиваемое на получение информации), показатели качества предоставляемой пользователям информации (например, полноты и релевантности документов, перечень которых получен от информационно-поисковой системы).

Очевидно, что существует связь между внутренними и внешними показателями. Например, увеличение производительности информационной системы повлечет за собой уменьшение среднего времени, затрачиваемого на получение информации; увеличение объемов данных, содержащихся в информационной системе, повышение степени их сохранности, защищенности приведут к росту количества информации, которая может быть использована при управлении объектом и т.д.

Назовем *эффектом создания информационной системы* совокупность изменений множества показателей, относящихся к внутренним и внешним характеристикам информационной системы. Эффект  $\mathcal{E}_i$  по некоторому показателю  $W_i$  определяется соотношением

$$\mathcal{E}_i = |W_i^{(H)} - W_i^{(O)}|, \quad (8.1)$$

где  $W_i^{(H)}$  – новое значение показателя, достигаемое после создания и внедрения информационной системы;  $W_i^{(O)}$  – значение показателя до создания системы.

В ходе рассматриваемого этапа создания информационной системы должны быть выявлены основные показатели, улучшением которых можно обосновывать целесообразность разработки системы.

Рассмотрим процесс создания автоматизированной системы продажи и резервирования железнодорожных билетов. В ходе анализа существующей (до создания системы «Экспресс») системы продажи и резервирования билетов выявлены следующие ее недостатки:

- из-за задержки поступления информации о сданных, непроданных или неиспользованных билетах имеет место неэффективное использование транспорта (свободные места в поездах при неудовлетворенном полностью спросе на билеты);

- пассажирам требуется значительное время на приобретение билетов из-за недостаточного производительного труда кассиров, тратящих много времени на получение мест у диспетчера и на оформление проездных документов.

Приведенные здесь результаты анализа позволяют выделить два основных показателя для обоснования целесообразности создания автоматизированной системы продажи и резервирования билетов: показатель использования перевозочных ресурсов (например, потери из-за неполного использования провозных возможностей) и показатель качества обслуживания пассажиров (например, среднее время, затрачиваемое на приобретение проездных документов). Очевидно, что для вывода о целесообразности внедрения информационных технологий необходимо иметь количественные оценки эффекта создания информационной системы по указанным показателям.

В этом примере оба выделенных показателя относятся к внешним показателям качества функционирования информационной системы, причем первый (потери из-за недоиспользования транспорта) является показателем качества функционирования не системы резервирования билетов, а совсем другой – системы пассажирских перевозок. Однако изменение этого показателя (т.е. эффект по показателю использования транспорта) может рассматриваться как фактор обоснования целесообразности создания информационной системы.

Для оценки эффекта согласно выражению (8.1) надо знать значения показателя  $W_i$  до  $W_i^{(O)}$  и после  $W_i^{(H)}$  создания информационной системы. Если

$W_i^{(o)}$  можно определить по статистическим данным или по результатам специальных исследований существующей системы, то для оценки  $W_i^{(n)}$  такого способа нет. Сложность проблемы в том, что значение показателя  $W_i^{(n)}$  зависит от характеристик создаваемой системы (например, время приобретения проездных документов зависит от производительности системы продажи и резервирования, ее надежности и т.д.), а системы еще нет, нет даже проекта системы. В этой ситуации вводится понятие *предельный эффект информатизации*, определяемый (по  $i$ -му показателю) как

$$\mathcal{E}^* = W_i^{(o)} - \inf W_i^{(n)} = |W_i^* - W_i^{(o)}|. \quad (8.2)$$

В формуле (8.2) через  $\mathcal{E}^*$  обозначен предельный эффект, а через  $W_i^* = \inf W_i^{(n)}$  – нижняя граница  $i$ -го показателя, достигаемая при создании информационной системы (здесь полагается, что предпочтительными являются меньшие значения  $W_i$ ). Оценка  $W_i^*$  часто может быть осуществлена путем пренебрежения влиянием на показатель  $W_i$  «неидеальности» информационной системы, например, ее ограниченной производительностью, возможностью отказов, недостоверностью исходной информации, неадекватностью используемых моделей и т.п.

Рассмотрим оценку предельного эффекта системы продажи и резервирования билетов по среднему времени приобретения пассажирами проездных документов. Для этого построим модель для оценки среднего времени приобретения билетов в железнодорожной кассе. При построении модели сделан ряд допущений. Пусть в кассовом зале  $n$  кассиров, поток заявок на приобретение проездных документов – простейший с интенсивностью  $\lambda$ . Будем считать, что к каждому кассиру поступает поток заявок с интенсивностью  $\frac{\lambda}{n}$ . Если предположить, что время обслуживания пассажира кассиром случайная величина, распределенная экспоненциально со средним значением  $m_{\text{обсл}}$ , то среднее время, затрачиваемое пассажиром на приобретение билета,

$$m_T = \frac{1}{\frac{1}{m_{\text{обсл}}} - \frac{\lambda}{n}}. \quad (8.3)$$

В качестве модели здесь использована одноканальная система массового обслуживания.

При переходе на новую технологию среднее время обслуживания пассажира кассиром ( $m_{об}$ ) должно уменьшиться, и поэтому уменьшится среднее время, затрачиваемое пассажиром на приобретение билета. Оценим предельное уменьшение среднего времени ( $m_{об}$ ). Для этого рассмотрим, из чего складывается ( $m_{об}$ ):

$$m_{об} = m_1 + m_2 + m_3, \quad (8.4)$$

где  $m_1$  – среднее время переговоров с пассажиром (включая затраты времени на оплату);  $m_2$  – среднее время резервирования места у диспетчера (при старой технологии);  $m_3$  – среднее время оформления проездных документов.

Среднее время резервирования места у диспетчера при старой технологии включает в себя ожидание момента, когда диспетчер закончит процесс резервирования для других кассиров, переговоры с диспетчером, поиск диспетчером незарезервированных мест. При новой технологии функции диспетчера выполняет центральная ЭВМ системы, в памяти которой хранится вся информация о проданных и зарезервированных местах. Передача заявки пассажира с терминала кассира на центральную ЭВМ осуществляется по каналам связи, число которых, а также пропускную способность определяют при проектировании. Поэтому, оценивая предельный эффект, мы можем пренебречь временем  $m_2$  резервирования билетов в базе данных центральной ЭВМ системы. Оформление проездных документов при новой технологии осуществляется путем их вывода на печатающее устройство терминала кассира (кассир должен только вставить в печатающее устройство соответствующий бланк). Поэтому время  $m_3$  при новой технологии оказывается малым и при оценке предельного эффекта им можно пренебречь.

Тогда нижняя граница среднего времени обслуживания  $m_{об}$  при новой технологии

$$\inf m_i^{(H)} = m_1 \quad (8.5)$$

и, следовательно, предельный эффект

$$\mathcal{E}^* = \frac{1}{\frac{1}{m_1 + m_2 + m_3} - \frac{\lambda}{n}} - \frac{1}{\frac{1}{m_1} - \frac{\lambda}{n}}. \quad (8.6)$$

Значимость полученного предельного эффекта можно оценить, рассчитывая относительный предельный эффект

$$\mathcal{E}_{\text{отн}}^* = \frac{\mathcal{E}^*}{W_i^{(o)}} \cdot 100 \% \quad (8.7)$$

где  $W_i^{(o)}$  – значение показателя в существующей системе.

## 8.5 CASE-технологии проектирования программного обеспечения информационных систем

### 8.5.1 Назначение CASE-технологий

Аббревиатуре CASE (Computer-aided Software Engineering) может быть поставлен в соответствие следующий перевод – автоматизированная разработка программного обеспечения.

*CASE-технология* – это совокупность методов анализа, проектирования, разработки и сопровождения сложных систем программного обеспечения, поддерживаемых комплексом взаимосвязанных средств автоматизации.

Для реализации CASE-технологий создаются *CASE-средства* – инструментарий для разработчиков и программистов, позволяющий автоматизировать процесс проектирования и разработки программного обеспечения.

Очевидно, что автоматизация процесса создания ПО предполагает наличие формализованной процедуры разработки, т.е. процедуры, в которой однозначно определены этапы разработки, методы, используемые на каждом этапе, способы документирования решений, проверки их правильности и т.д.

При описании CASE-технологий используется *понятие жизненный цикл (ЖЦ) программного обеспечения*, который состоит из последовательностей состояний ПО, начиная от момента возникновения необходимости в данном программном продукте до момента его полного выхода из употребления. Обычно выделяют следующие этапы ЖЦ ПО:

- анализ требований;
- проектирование;
- программирование (разработка);
- тестирование и отладка;

- эксплуатация и сопровождение.

Анализ требований выделяется в отдельный этап, т.е. этой проблеме придается важное значение при создании программных продуктов. Считается, что именно здесь лежит ключ к успеху разработки [14]. На этом этапе дается ответ на вопрос, что должна делать создаваемая система, т.е. каковы ее функции, условия их выполнения, особенности взаимодействия с пользователями и другими системами. Безусловно, что этот этап основан на творческой работе разработчика (системного аналитика). CASE-технология должна помочь ему четко представить все особенности создаваемой системы и также четко и однозначно выразить требования к ней.

Наибольшее распространение получили следующие две модели ЖЦ [15]:

- каскадная модель;
- спиральная модель.

В случае *каскадной модели* переход к следующему этапу ЖЦ происходит только после того, как будет полностью завершена работа на предыдущем.

Положительные стороны каскадного подхода заключаются в следующем:

- на каждом этапе формируется законченный набор проектной документации, отвечающий критериям полноты и согласованности;
- выполняемые в логичной последовательности этапы работ позволяют планировать сроки завершения всех работ и соответствующие затраты.

Каскадная модель хорошо зарекомендовала себя при разработке ПО, для которого в самом начале можно достаточно точно и полно сформулировать все требования. Такая ситуация имеет место при разработке сложных расчетных систем, систем реального времени и других аналогичных задач.

С другой стороны, у каскадной модели есть и ряд недостатков, обусловленных тем, что реальный процесс создания ПО редко укладывается в жесткую каскадную схему. При проектировании, как правило, возникает потребность в возврате к предыдущим этапам и уточнении или пересмотре ранее принятых решений. Поэтому к настоящему времени наибольшее распространение получила *спиральная модель ЖЦ*.

Каждый виток спирали или каждая итерация соответствует созданию фрагмента или версии ПО. При этом уточняются параметры проекта, планируются работы следующего витка спирали. В результате на некотором витке выбирается обоснованный вариант, который и доводится до окончательной реализации.

Итерационный характер разработок отражает реально существующий спиральный цикл создания ПО. Переход на следующий этап производится без ожидания полного завершения работы на текущем этапе, а недостающая работа выполняется на следующей итерации. При этом ставится цель как можно быстрее создать работоспособный вариант ПО, в ходе тестирования

которого производится уточнение и дополнение требований к ПО. Понятно, что определение момента перехода на следующий этап в этом случае становится центральной задачей, для решения которой вводятся временные ограничения на каждый из этапов жизненного цикла. Переход производится в соответствии с планом, даже если не вся запланированная работа закончена, а план формируется на основе личного опыта разработчиков, результатов тестирования и статистических данных, полученных на предыдущих этапах проекта.

В жизненном цикле ПО этапы проектирования и программирования разделены. Такое разделение связано с тем, что при четком изложении того, что и как должна делать система, процесс написания программы (кодирования) может быть автоматизирован (частично или полностью). Поэтому особое значение приобретает именно этап проектирования, где требуется творческое участие разработчика.

Этапы анализа требований и проектирования, являющиеся наиболее трудноформализуемыми, как раз и явились теми, где CASE-технологии получили наибольшее распространение. Основой для этих этапов в большинстве разработанных CASE-средств являются методологии *структурного анализа и проектирования*.

### 8.5.2 Понятие о структурном анализе

*Структурным анализом* (структурным подходом) принято называть метод исследования системы, основанный на представлении ее в виде иерархии взаимосвязанных элементов. Обычно число элементов на каждом уровне иерархии ограничено (от 3 до 6–7); описание каждого уровня включает в себя только существенные для этого уровня элементы; используются строгие формальные правила записей и изображения системы и ее элементов.

Наиболее распространенные методологии структурного подхода базируются на следующих принципах [15]:

- решение сложных проблем путем их разбиения на множество меньших независимых задач, легких для понимания и решения;
- иерархическое упорядочение или организация составных частей ПО в иерархические древовидные структуры с добавлением новых деталей на каждом уровне;
- абстрагирование, т.е. выделение существенных аспектов системы и отбрасывание несущественных;
- непротиворечивость, которая требует обоснованности и согласованности элементов.

Ранее уже отмечалось, что любая система может иметь множество структур, отличающихся признаком выделения элементов (см. подразд. 2.2). Структурный анализ информационных систем предполагает следующие три вида анализа (и, следовательно, три типа структурных моделей):

- анализ функций системы;
- анализ данных;
- анализ поведения системы.

Для анализа функций системы (функционального моделирования) используются структурные модели типа *диаграммы потоков данных* (DFD – Data Flow Diagrams), для анализа данных (информационное моделирование) – модели типа *диаграммы «сущность – связь»* (ERD – Entity-Relationship Diagrams), для анализа поведения систем (событийное моделирование) – модели типа *диаграммы переходов состояний* (STD – State Transition Diagrams).

**SADT (Structured Analysis and Design Technique)** – одна из наиболее распространенных технологий анализа и проектирования систем, разработанная Дугласом Россом (США) в 1973 г.

Полная методология **SADT** заключается в построении множества моделей для описания сложной системы. Основным рабочим элементом при моделировании является диаграмма. Модель **SADT** объединяет и организует диаграммы в иерархические древовидные структуры, при этом, чем выше уровень диаграммы, тем она менее детализирована. Наибольшее распространение получили только функциональные модели **SADT**-технологий, поддерживаемые стандартом IDEFO, разработанным Министерством обороны США [IDEF – аббревиатура слов Integrated DEFINition, интегральная спецификация (описание)].

### 8.5.3 Состав средств CASE-технологий

Большинство CASE-средств характеризуется сочетанием методологии, методов, нотаций и средств поддержки.

*Методология* – это последовательность выполнения работ, правил выбора методов и решений на разных этапах разработки.

*Методы* – это систематические процедуры построения моделей проектируемой системы (например, построения моделей данных, потоков и т.д.).

*Нотации* – это установленные способы (обозначения), используемые для описания элементов системы, т.е. графы, таблицы, блок-схемы, формальные и естественные языки.

*Средства поддержки* – это инструментарий для реализации методов, например, поддержка создания и редактирования графического проекта в интерактивном режиме и др.



CASE-макет (CASE-средства) может содержать следующие четыре основных функциональных компонента [14]:

- средства централизованного хранения всей информации о проектируемом ПО в течение всего жизненного цикла ПО (это так называемый *репозиторий*);

- средства ввода данных в репозиторий;

- средства анализа, проектирования и разработки ПО, обеспечивающие планирование и анализ различных описаний, а также их преобразование в процессе разработки;

- средства вывода, предназначенные для документирования проекта.

Все вышеперечисленные компоненты должны поддерживать графические модели, контролировать ошибки, поддерживать репозиторий.

#### **8.5.4 Тенденции развития CASE-технологий**

Появление CASE-технологий явилось естественным этапом в развитии средств разработки программного обеспечения. Появлению CASE-средств предшествовало использование в качестве инструментария при создании ПО таких средств, как ассемблеры, компиляторы, интерпретаторы, символические отладчики, системы анализа и управления исходными текстами.

В эволюции CASE-технологий можно выделить два этапа. Первый этап характеризуется развитием CASE-технологий и CASE-средств, основанных на методологии структурного анализа и ориентированных на поддержку первых двух стадий жизненного цикла ПО (анализ требований, проектирование). К CASE-средствам этого типа относятся такие, как Desing/IDEF (компания Meta Software), BPWin (Platinum), Desing/2000 (ORACLE) и др.

Второй этап характеризуется развитием технологий и средств, поддерживающих все стадии жизненного цикла, в первую очередь, стадии программирования, тестирования и отладки. Применение этих средств обеспечивает автоматическую кодогенерацию из полученных спецификаций с полным документированием разработанных программ. К CASE-средствам этого уровня относятся такие пакеты, как COBOL2/Workbench (Micro Focus), DECASE (DEC) и др. CASE-средства второго этапа могут включать до 100 функциональных компонентов, поддерживающих все этапы жизненного цикла, предоставляя пользователям возможность выбора необходимых средств и их интеграцию в нужном составе.

С начала 90-х годов XX века получают развитие CASE-технологии, основанные на комбинировании методологии структурного анализа и объектно-ориентированных методов создания ПО. Объектно-ориентированные методы имеют ряд преимуществ по сравнению со структурной методологией построения информационных систем.

Комбинированные CASE-средства поддерживают объектно-ориентированные и структурные методологии, что упрощает переход на объектно-ориентированные технологии разработчикам, которые использовали CASE-средства в структурных разработках.

## **9 АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ**

### **9.1 Цели и средства анализа информационных процессов**

Анализ информационных процессов осуществляется с целью выявления свойств и получения количественных оценок показателей, характеризующих свойства процесса. Для систем управления наибольший интерес представляют временные параметры процесса: среднее время завершения информационного процесса; дисперсия длительности процесса; среднее время получения ответа на запрос, направляемый в информационную систему. Знание временных характеристик информационных процессов позволяет определить соответствие параметров информационной системы требованиям, сформулированным в техническом задании.

Существуют два способа получения оценок временных характеристик: путем построения и анализа математической модели информационного процесса и с помощью эксперимента, проводимого с информационной системой. Последний способ предполагает, что информационная система либо уже существует, либо в ходе проектирования создается макет системы (в этом случае макет системы является объектом экспериментальных исследований).

Математическая модель описывает информационный процесс на языке математических и логических отношений (в виде алгебраических или дифференциальных уравнений, систем уравнений, логических операторов и т.д.). Один и тот же информационный процесс может иметь много различных моделей. Вид модели определяется задачами моделирования (какие характеристики процесса необходимо оценить). Различный вид будут иметь модели, например, процесса расчета заработной платы для работников некоторой организации в случаях, когда модель предполагается использовать для оценки времени решения задачи или вероятности ошибки при начислении заработной платы (достоверности информации). В каждом из этих случаев в модели присутствуют только те показатели процесса расчета заработной платы, которые важны именно для данного использования. Для оценки времени решения задачи надо знать порядок выполнения операций и длительность каждой операции, для оценки достоверности – вероятность появления ошибок при осуществлении каждой операции, используемые

методы контроля и показатели их эффективности (вероятности пропуска ошибок).

Обычно процедура анализа информационного процесса начинается с его словесного описания (описательной модели). Далее переходят к модели графической, а от графической – к математической.

*Логическая схема информационного процесса* – это графическая модель, предназначенная для оценки временных характеристик. Сочетание логической схемы с правилами представления информационного процесса набором типовых элементов и моделями расчета временных характеристик типовых элементов представляет собой модель математическую (аналитического типа).

*Граф состояний* информационной системы – графическая модель, описывающая процессы изменения состояний информационной системы. Правила перехода к системе дифференциальных уравнений для вероятностей состояний позволяют построить математическую аналитическую модель информационного процесса.

*Сеть Петри* – графическая модель, описывающая системы, в которых одновременно реализуется множество параллельных информационных процессов. Эта графическая модель в сочетании с логическими правилами изменения состояний (маркировки) сети Петри, позволяющими воспроизвести динамику функционирования информационной системы, представляет собой математическую модель имитационного типа.

Важнейшая проблема использования для анализа информационных процессов их математических моделей – это проблема правильности (или адекватности) выбранной модели. Проверить адекватность модели можно, сопоставляя результаты расчетов по модели (результаты моделирования) с результатами эксперимента (наблюдений) над реальной (действующей) системой. Рассмотрим основные понятия описания модели.

## **9.2 Оценка показателей с использованием логических схем информационных процессов**

Логические схемы предназначены для оценки временных характеристик информационных процессов: *времени завершения* (при детерминированной модели), *среднего времени* и *дисперсии времени завершения процесса* (при вероятностных моделях, содержащих элементы неопределенности). При этом речь идет о ситуации, когда все ресурсы информационной системы используются для решения одной задачи. Иными словами, область применения этих моделей – оценка временных затрат на реализацию информационного процесса в условиях, когда не возникают конфликты между задача-

ми (заявками) из-за ресурсов системы. Если на вход системы поступает поток заявок или в системе одновременно обрабатывается несколько заявок, требующих одних и тех же ресурсов, то следует использовать другие модели (модели систем и сетей массового обслуживания).

При оценке временных характеристик несущественны сведения о том, где, когда и с помощью каких средств реализуется та или иная операция. Зато необходимо знать характеристики длительности выполнения операции и правила, определяющие характер их следования.

Для оценки временных характеристик информационных процессов удобно использовать модели с символикой, показанной в таблице 9.1.

В позиции 1 таблицы 9.1 в прямоугольнике, обозначающем операцию, указываются ее характеристики. Как правило, это средняя длительность  $\tau_T$  и дисперсия длительности  $\sigma_T^2$ . При детерминированных операциях указывается ее длительность  $T$ ; при случайной длительности допускается вместо  $\tau_T$  и  $\sigma_T^2$  приводить плотность распределения вероятностей длительности операции.

Для получения для  $\tau_T$  и  $\sigma_T^2$  какой-либо операции требуется детально описать ее в терминах логических схем.

Аналогичные пояснения даны и ко всем остальным символам таблицы 9.1.

На основе символики таблицы 9.1 могут быть описаны типовые элементы логических схем информационных процессов (таблица 9.2). Основное требование к перечню типовых элементов – это требование полноты: совокупность вводимых элементов должна быть достаточной для представления выбранного класса информационных процессов.

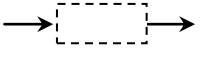
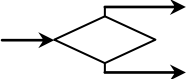
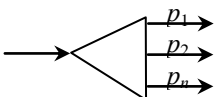
В таблице 9.3 приведены выражения для длительностей  $T$ , средних длительностей  $\tau_T$  и дисперсией длительностей  $\sigma_T^2$  выполнения действий, представленных в виде типовых элементов 1–4 таблицы 9.2 для случая, когда время выполнения каждой элементарной операции типовой схемы детерминированное (не случайное).

Расчет временных характеристик для последовательного соединения элементов логических схем при случайных длительностях операций производится по формулам

$$\tau_T = \sum_{i=1}^n \tau_i ; \quad \sigma_T^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 .$$

Пользуясь таблицей 9.3, любой типовой элемент логической схемы можно заменить символом *операция* с характеристиками  $\tau_T$  и  $\sigma_T^2$ , определяемыми расчетным путем.

Т а б л и ц а 9.1 – Условные обозначения на логических схемах

№ п/п	Графическое изображение	Название элемента	Примечания
1		Операция	$\tau_T$ – среднее время выполнения операции; $\sigma_T^2$ – дисперсия времени выполнения операции. Допускается вместо $\tau_T, \sigma_T^2$ указывать функцию плотности распределения времени выполнения операции $f_T(t)$ или, в случае детерминированной операции, ее длительность $T$
2		Фиктивная операция	Операция, не требующая затрат времени на выполнение (допускается не изображать прямоугольник вообще)
3		Разветвитель И	Все выходящие связи инициируются одновременно
4		Разветвитель ИЛИ (по условию)	Внутри ромба записывается условие ветвления. В схемах, подготовленных для расчетов, этот символ заменяется символом 5
5		Разветвитель ИЛИ (по вероятности)	$\sum_{i=1}^n p_i = 1$
6		Объединитель И	Выходная связь инициируется после инициализации всех входных связей
7		Объединитель ИЛИ	Выходная связь инициируется любой входной

Если при этом модель информационного процесса представлена в виде множества типовых элементов, связанных между собой по входам и выходам (вход одного является выходом другого и т.д.), то расчет временных характеристик сводится к последовательности преобразований исходной логической схемы, при которых типовые элементы заменяются символом *операция*.

Т а б л и ц а 9.2 – Т и п о в ы е э л е м е н т ы м о д е л е й п р о ц е с с о в о б р а б о т к и д а н н ы х

№ п/п	Графическое изображение	Наименование	Примечания
1		Последовательное соединение	–
2		Параллельные операции	–
3		Схема ветвления	$\sum_{i=1}^n p_i = 1$
4		Цикл	Если число повторений цикла фиксировано (например, всегда равно $N$ ), то следует элемент 1 с $N$ прямоугольниками
5		Цикл с ограниченным числом $k$ повторений	–

При таких преобразованиях могут возникнуть трудности, требующие реконфигурации исходной логической схемы. При этом допустимыми являются любые преобразования исходной схемы, при которых не изменяются результирующие оценки временных характеристик.

*Пример применения логических схем информационных процессов*

При прохождении поезда с одной дороги на другую в стыковом пункте готовится сообщение объемом  $k_1$  алфавитно-цифровых символов. Это сообщение передается по каналам связи в ИВЦ дороги, сдающей поезд. В ИВЦ формируется телеграмма-натурный лист (ТГНЛ) объемом  $k_2$  алфавитно-цифровых символов, который по каналам связи передается в ИВЦ принимающей дороги.

Требуется оценить математическое ожидание и дисперсию времени  $T$  между моментом прохода поездом стыкового пункта и получением ТГНЛ ИВЦ принимающей дороги при следующих условиях:

- время подготовки сообщения о прохождении поездом стыкового пункта – случайная величина со средним значением 2 мин и дисперсией 1 мин<sup>2</sup>;
- объем сообщения  $k_1 = 250$  алфавитно-цифровых символов, объем ТГНЛ  $k_2 = 2500$  алфавитно-цифровых символов, каждый символ кодируется 8 двоичными разрядами;

- передача сообщений осуществляется блоками по 250 алфавитно-цифровых символов ( $N = 250 \cdot 8 = 2000$  двоичных разрядов);
- при передаче возможно искажение передаваемых данных; вероятность искажения одного двоичного символа  $q = 10^{-3}$ ;
- скорость передачи  $v = 1200$  бит/с;
- при обнаружении ошибки в принятой информации (полагается, что метод контроля достоверности принятой информации не допускает пропуска ошибок) передача блока, содержащего ошибочные данные, повторяется до тех пор, пока блок не будет принят без ошибок;
- среднее время подготовки ТГНЛ составляет 8 мин, дисперсия – 2 мин<sup>2</sup>.

Т а б л и ц а 9.3 – Расчет временных характеристик для типовых элементов логических схем при детерминированных длительностях операций

№ п/п	Наименование	Графическое изображение	$T, \tau_T$	$D(T) = \sigma_T^2$
1	Последовательное соединение		$T = \sum_{i=1}^n T_i$	–
2	Параллельные операции		$T = \max [T_1, T_2]$	–
3	Схема ветвления		$m_T = \sum_{i=1}^n p T_i$	$D(T) = \sum_{i=1}^n p_i (T_i - m_T)^2$
4	Цикл		$m_T = \frac{T_1 + p_2 T_2}{p_1}$	$D(T) = (T_1 + T_2)^2 \frac{1 + p_2}{p_1^2} - 2T_2(T_1 + T_2) \frac{1}{p_1} + T_2^2 - \left( \frac{T_1 + p_2 T_2}{p_1} \right)^2$

На рисунке 9.1 приведена логическая схема описанного информационного процесса. Штриховыми линиями обозначены контуры типовых схем, соответствующих таблицам 9.2 и 9.3.

Схема 1 отображает операцию подготовки сообщения:  $\tau_1 = 2$  мин;  $\sigma_1^2 = 1$  мин<sup>2</sup>.

Схема 2 – цикл, описывающий передачу сообщения в ИВЦ сляющей дороги. Объем сообщения совпадает с объемом блока. Время передачи блока

$$T_1^{(2)} = \frac{2000}{1200} \cong 1,67 \text{ с.}$$



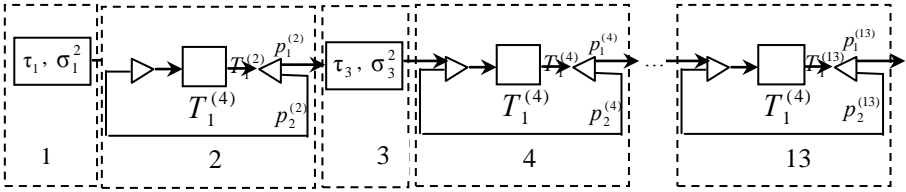


Рисунок 9.1 – Логическая схема информационного процесса

Время повторной обработки блока из-за неправильной передачи  $T_2^{(2)}$  принимается равным нулю.

Вероятность  $p_1^{(2)}$  правильной передачи блока из 2000 двоичных символов при вероятности  $q = 10^{-3}$  искажения каждого символа

$$p_1^{(2)} = (1 - q)^{2000} = 0,999^{2000} = 0,14.$$

Схема 3 отражает операцию подготовки ТГНЛ:  $\tau_3 = 8$  мин;  $\sigma_3^2 = 2$  мин<sup>2</sup>.

Схемы 4–13 соответствуют *циклам*, отражающим процессы передачи 10 блоков данных, содержащих сведения из ТГНЛ (2500 алфавитно-цифровых символов ТГНЛ при объеме блока 250 символов). Очевидно, что

$$p_1^{(4)} = p_1^{(5)} = \dots = p_1^{(13)} = p_1^{(2)} = 0,999^{2000} = 0,14,$$

$$T_1^{(4)} = T_1^{(5)} = \dots = T_1^{(13)} = T_1^{(2)} = 1,67 \text{ с.}$$

Расчет проводят в такой последовательности:

1) находят характеристики времени выполнения циклов, пользуясь формулами таблицы 9.3:

$$m_2 = m_4 = m_5 = \dots = m_{13} = \frac{T_1^{(2)}}{p_1^{(2)}} = \frac{1,67}{0,14} = 11,92 \text{ с.},$$

$$\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \dots = \sigma_{13}^2 = (T_1^{(2)})^2 \frac{1 + p_2^{(2)}}{(p_1^{(2)})^2} - \frac{(T_1^{(2)})^2}{(p_1^{(2)})^2} = \frac{(T_1^{(2)})^2}{(p_1^{(2)})^2} (1 - p_1^{(2)}) = 122,2 \text{ с}^2;$$

2) преобразовывают логическую схему (см. рисунок 9.1) в схему последовательного соединения операций (рисунок 9.2);

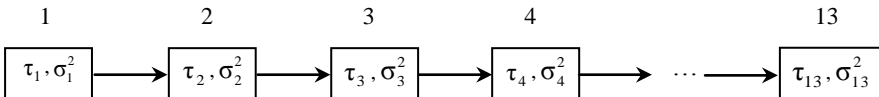


Рисунок 9.2 – Преобразованная схема информационного процесса

3) находят характеристики ( $\tau_\tau$  и  $\sigma_\tau^2$ ) случайного периода времени между моментами прохода поездом стыкового пункта и получения ТГНЛ ИВЦ принимающей дороги:

$$\tau_r = \sum_{i=1}^{13} \tau_i = 120 + 11,92 + 480 + 10 \cdot 11,92 = 731,12 \text{ с} = 12,12 \text{ мин} ,$$

$$\sigma_r^2 = \sum_{i=1}^{13} \sigma_i^2 = 3600 + 122,2 + 7200 + 10 \cdot 122,2 = 12144,2 \text{ с}^2 = 3,37 \text{ мин}^2 \cdot$$

В данном случае можно принять, что случайная величина  $T$  распределена по нормальному (гауссовскому) закону, поскольку  $T$  образуется в результате суммирования большого числа (13) независимых случайных величин. При этом оказывается возможным определить, например, такие характеристики информационного процесса, как вероятность его завершения в течение заданного времени  $T^*$  (например, в течение 10 мин) или период, в течение которого с заданной вероятностью  $p^*$  (например,  $p^* = 0,95$ ) процесс будет завершен.

### 9.3 Графы состояний при оценке временных характеристик информационных процессов

В моделях выделяются различные состояния информационного процесса и потоки событий, переводящие процесс из одного состояния в другое.

Признаками состояний являются фазы (операции) информационного процесса: состояние процесса не меняется, пока длится соответствующая операция, переход к другому состоянию осуществляется в момент завершения операции. Таким образом, событиями, переводящими процесс из одного состояния в другое, являются завершения предыдущих операций с информацией.

Графически состояния системы обозначают кружками (вершинами графа), а возможные переходы из состояния в состояние – дугами. Над дугой обычно надписывается интенсивность перехода (или переходные вероятности для систем с дискретным временем, когда переходы возможны лишь в дискретные моменты времени).

Примем следующее существенное допущение: длительности операций, осуществляемых над информацией в ходе информационного процесса, являются независимыми случайными величинами, распределенными по экспоненциальному закону с параметрами  $\lambda_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , где  $n$  – число фаз обработки информации. При этом интенсивность выхода из состояния  $S_i$ , соответствующего  $i$ -й фазе обработки, постоянна во времени и равна  $\lambda_i$ . Информационный процесс при этом будет описываться дискретным марковским процессом с конечным числом состояний и непрерывным временем (время непрерывное, так как завершение операции происходит в любой

момент времени; временной дискретностью, определяемой тактовой частотой цифровых устройств обработки информации, мы в данном случае пренебрегаем, так как ее влияние ничтожно мало).

Рассмотрим пример. Пусть сообщения двух типов, передаваемых по каналу связи (операция 1), подвергается контролю на приемной стороне. В случае обнаружения ошибки на передающую сторону отправляется служебное извещение (операция 2) и передача сообщения повторяется. Если ошибка не обнаружена, осуществляется проверка типа сообщения (операция 3). Сообщение первого типа обрабатывается по алгоритму 1 (операция 4), второго – по алгоритму 2 (операция 5). Результаты обработки помещаются в запоминающее устройство (операция 6).

Приведенное здесь описание является неформализованной моделью информационного процесса. Пользуясь обозначениями, приведенными в предыдущем разделе, можно представить данный процесс с помощью логической схемы (рисунок 9.3). На логической схеме указаны вероятности в схемах цикла ( $p_1^{(1)}$  – вероятность обнаружения ошибки,  $p_2^{(1)} = 1 - p_1^{(1)}$ ) и ветвления ( $p_1^{(2)}$  – вероятность принадлежности сообщения к первому типу,  $p_2^{(2)}$  – вероятность принадлежности ко второму типу).

Представим этот процесс с помощью модели типа графа состояний. Положим, что длительности всех шести операций – случайные величины, распределенные экспоненциально с параметрами  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_6$  соответственно. Тогда граф состояний будет выглядеть так, как это показано на рисунке 9.4. Из семи состояний  $S_1, \dots, S_7$  первые шесть соответствуют указанным выше операциям, состояние  $S_7$  – завершению информационного процесса. Состояние  $S_7$  – поглощающее, дальше процесс не продолжается. Обратим внимание на интенсивности выходов из состояний  $S_1$  и  $S_3$ : суммы интенсивностей выходов из этих состояний равны  $\lambda_1$  и  $\lambda_3$  соответственно:

$$\lambda_1 p_1^{(1)} + \lambda_1 p_2^{(1)} = \lambda_1 (p_1^{(1)} + p_2^{(1)}) = \lambda_1,$$

$$\lambda_3 p_1^{(2)} + \lambda_1 p_2^{(2)} = \lambda_3 (p_1^{(2)} + p_2^{(2)}) = \lambda_3.$$

Интенсивность потока событий – это среднее число событий в единицу времени.

Для расчета вероятностей состояний марковского процесса в любой момент времени  $t$  (при условии, что известны вероятности состояний в момент  $t=0$ ) необходимо составить и решить *систему дифференциальных уравнений Колмогорова*. Подробное описание порядка составления системы уравнений и методики их решения приведены в [16].

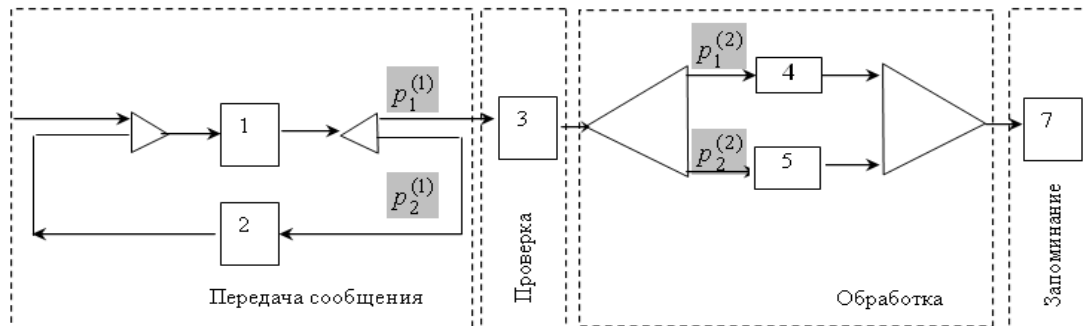


Рисунок 9.3 – Логическая схема информационного процесса

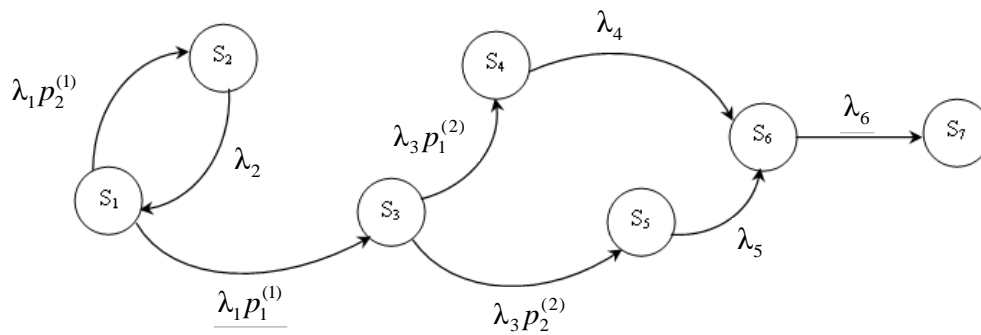


Рисунок 9.4 – Граф состояний информационного процесса

## 9.4 Анализ информационных потоков

### 9.4.1 Цели и средства анализа информационных потоков

*Поток событий* – это последовательность однородных событий, появляющихся один за другим в фиксированные или случайные моменты времени. В последнем случае поток называется *случайным*.

*Информационный поток* – это последовательность однородных сообщений, документов, запросов.

Поток можно характеризовать следующими показателями:

– *интенсивностью потока* – средним числом сообщений, поступающих в единицу времени, например, в течение одного часа. Если интенсивность потока не изменяется во времени, то поток является стационарным;

– средним объемом информации (числом символов), поступающих в единицу времени, например, в течение одного часа;

– показателем неравномерности в течение заданного периода – *коэффициентом концентрации потока* – отношением среднего числа сообщений (или объема информации), поступающих в определенный период (например, в течение часа) наибольшей нагрузки к среднему числу сообщений в течение заданного периода (например, суток).

Перечисленные характеристики потока могут быть определены на основе данных наблюдений (экспериментальных данных).

При аналитических расчетах характеристик информационных систем, проводимых на этапе проектирования, необходимо использовать ту или иную модель потока сообщений. Модель потока определяется следующей совокупностью свойств:

– *ординарностью* – события появляются поодиночке, вероятность того, что на интервале длиной  $\Delta t$  появится два и более события, стремится к нулю при уменьшении  $\Delta t$ ;

– *отсутствием последствия* – поток событий называется потоком без последствия, если для любых непересекающихся интервалов времени количества событий, попадающих на эти интервалы, являются независимыми случайными величинами.

– *стационарностью* – вероятностные характеристики не меняются во времени. Если поток ординарный и без последствия и, следовательно, числа событий на непересекающихся интервалах одной и той же длины являются независимыми случайными величинами, то в случае стационарного потока все эти величины будут иметь один и тот же пуассоновский закон распределения, т.е. интенсивность потока будет постоянной.

Стационарный ординарный поток без последствия называется *стационарным пуассоновским или простейшим* потоком события.

## **9.4.2 Графическое представление информационных потоков**

Графическая модель потока должна содержать информацию о том, куда и для каких целей направляется сообщение. Такая информация содержится в модели типа ОСИВС (см. разд. 1), однако эта модель содержит много иных сведений (в частности, вид носителя, способ подготовки документа), несущественных для анализа информационных потоков. Поэтому используют более простые схемы графового типа [17]. Пример графической модели, описывающей потоки сообщений, направленных к динамической модели перевозочного процесса на уровне сортировочной станции, с целью корректировки этой модели или ее использования при решении прикладных задач показан на рисунке 9.5. Вершины графа соответствуют операциям с данными, дуги определяют направления потоков сообщений. Штриховые дуги указывают на длительное хранение данных. Модель описывает следующую ситуацию: имеется две группы источников сообщений, поступающих к динамической модели перевозочного процесса (источники сообщений, предназначенных для корректировки модели, и источники запросов на данные, необходимые для решения прикладных задач). Сообщения после первичной обработки поступают в очередь к диспетчеру динамической модели, где хранятся в течение некоторого времени. Диспетчер проводит анализ сообщений, по результатам которого направляет их к одной из пяти баз данных динамической модели. В базах данных информация хранится длительное время (штриховые линии). При поступлении сообщения в базу данных производится коррекция базы либо поиск информации, необходимой для решения прикладной задачи. Эта информация передается для использования в прикладных задачах.

## **9.5 Оценка количественных показателей потока сообщений**

### **9.5.1 Теории оценки количественных показателей потока сообщений**

На железнодорожном транспорте потоки сообщений часто можно рассматривать как периодически нестационарные. Это означает, что количественные характеристики потока (интенсивность) меняются в течение периода заданной длины (например, в течение суток), а затем эта закономерность периодически повторяется. Суточную периодичность имеют потоки сообщений о прибытии поездов, потоки запросов в информационно-справочные системы вокзалов, потоки заявок на приобретение или резервирование билетов и т.д. При этом в течение суток часто можно выделить интервал времени, где поток имеет наибольшую и неизменную интенсивность.

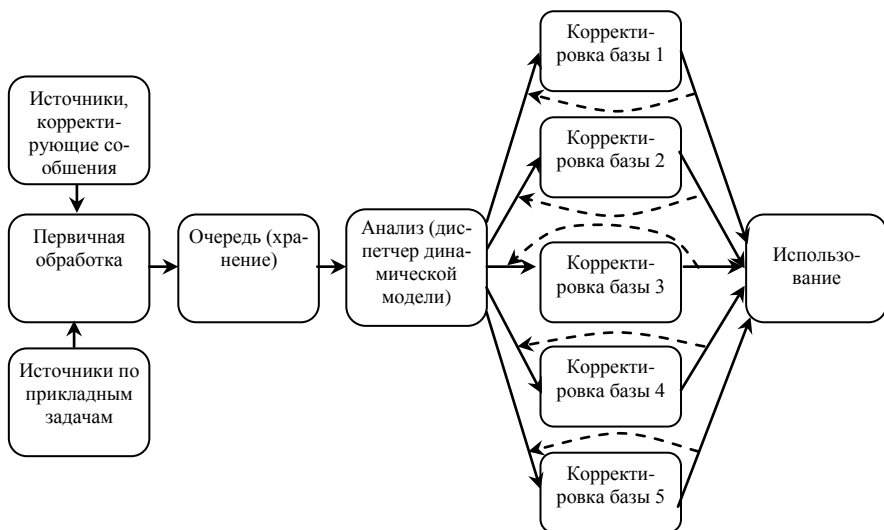


Рисунок 9.5 – Схема информационных потоков динамической модели перевозочного процесса

Периодическое (суточное) повторение закономерностей изменения характеристик потока позволяет рассматривать реализацию, полученную в течение  $n$  суток, как  $n$  реализаций суточного процесса.

В АС железнодорожного транспорта имеются вполне установившиеся потоки информации, которые циркулируют по каналам связи. Информация в системах передается, принимается и перерабатывается. Следовательно, система может иметь количественные характеристики информационных сообщений. Такими характеристиками являются производительность системы в целом, ее уровень и элементов, их пропускная способность, скорость передачи данных и другие параметры.

При оценке количества информации, прежде всего, возникает вопрос о виде исходной информации, поэтому измерение ее количества в значительной степени зависит от подхода к самому понятию информации, т.е. к ее содержанию. В настоящее время существуют три основные теории, в которых к понятию содержательного характера информации подходят с разных позиций.

*Статистическая* теория оценивает информацию в системе управления с позиции меры неопределенности, снимаемой при получении информации. Как правило, она не затрагивает смысла передаваемой информации, т.е. се-

мантического содержания. В статистической теории основное внимание обращается на распределение вероятностей отдельных квантов слов, фраз, сообщений информации и построение на его основе некоторых обобщенных характеристик, позволяющих оценить качество информации о каком-то кванте.

*Семантическая* теория учитывает в основном ценность информации, полезность ее и, тем самым, помогает связать ценность информации и количество ее с эффективностью управления в системе.

*Структурная* теория рассматривает структуру построения отдельных информационных массивов, при этом за единицу информации принимают элементарные структурные единицы – кванты, и количество информации оценивается простейшим подсчетом квантов в информационном массиве.

В теории информации за единицу количества информации принято число сведений, которое передается двумя равновероятными символами или сообщениями. Она называется *двоичной системой информации*.

### 9.5.2 Расчет количества информации с помощью статистической меры

Статистическая мера информации связывает вероятность появления каждого информационного сообщения и количество информации. Для расчета среднего количества информации в информационном сообщении при равновероятностных появлениях событий используется формула, предложенная американским ученым Клодом Шенноном,

$$I = -\sum_{i=1}^k [(x_i) \log_2 P(x_i)], \quad (9.1)$$

где  $P(x_i)$  – вероятность наступления события  $i$ ;  $k$  – число всех возможных исходов.

Из формулы (9.1) видно, что количество информации зависит от вероятности появления всех возможных событий, которая может быть установлена статистическим методом. Количество информации и появление каждого события определяются по формуле

$$I = -\log_2 I(x_{0i}). \quad (9.2)$$

*Общее количество информации*, обращающееся в АСУ, согласно статистической теории оценки информации может быть определено из условия

$$H_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^m f_{1i}(m_i) f_{2i}(t), \quad (9.3)$$

где  $f_{1i}(m_i)$  – функция из числа контролируемых объектов;  $f_{2i}(t)$  – функция времени, характеризующая частоту получения сведений о контролируемых объектах.



Общее количество информации  $H_{\text{общ}}$  характеризует энтропию источника сообщений (парков станции, станций, узла, участка дороги) за определенный отрезок времени, функция  $f_{i_1}(m_i)$  – энтропию на один символ, а функция  $f_{2i}(t)$  – число символов, выдаваемых  $i$ -м источником сообщений в единицу времени. Для получения аналитического вида функции необходимо иметь перечень контролируемых объектов и установить возможные их состояния. Источником этих данных являются статистические выборки. Для определения функции времени устанавливается частота поступления информации о ходе эксплуатационной работы на контролируемых объектах. Эта информация также может быть получена на основе обработки статистических данных наблюдений на АРМ работников.

### 9.5.3 Расчет количества информации с использованием семантической меры

Использование семантической теории для расчетов количества информации, циркулирующей в автоматизированной системе управления, базируется на таком свойстве информационного обеспечения оперативного руководства эксплуатационной работой, как ценность представляемой информации. Это свойство достаточно хорошо определяется энтропией. Энтропия – мера неопределенности состояния. Например, в информационной системе диспетчерского управления эксплуатационной работой неопределенность снимается за счет принятой диспетчером информации. Численно энтропия равна количеству информации, т.е. *энтропия является количественной мерой информации*. Понятие энтропии позволяет характеризовать функционирование системы с позиции целевой неупорядоченности в системе.

*Целевую энтропию*, т.е. неупорядоченность в управляющей информации, можно определить в следующем виде. Например, в системе диспетчерского управления эксплуатационной работой на дороге имеется три этапа преобразования информации: станционный, отделенческий, дорожный. Если возникает рассогласование выходного вектора системы относительно вектора цели на  $i$ -м этапе в виде  $q_i$ , то энтропия состояния объекта

$$H_y = \sum_{i=1}^n p_i \log_2 \frac{1}{q_i + 1}, \quad (9.4)$$

где  $p_i$  – вероятность появления рассогласования данных величиной  $q_i$ , равная 1. Информация, используемая в системе оперативного планирования, эквивалентна энтропии, так как на начало планового периода она несет сведения, полностью или частично выясняющие состояние каждой подсистемы, расположение поездов и вагонов, а также поездных локомотивов на

полигоне дороги. Количество информации, получаемое при поступлении сведений о состоянии объектов планирования и дающее полное выяснение этого состояния, равно энтропии состояния объекта или может быть приравнено к ней, т.е.

$$I(X) = H(X). \quad (9.5)$$

Так как энтропия объекта планирования

$$H(X) = -\sum (p_i \log_2 p_i), \quad (9.6)$$

то

$$I(X) = -\sum (p_i \log_2 p_i), \quad (9.7)$$

где последняя запись означает, что в суммарном количестве информации, получаемой с объекта управления и планирования и из отдельных сообщений, имеются сведения о том, что объект планирования  $x$  находится в состоянии  $X(t_{сб})$  на момент сбора информации  $t_{сб}$ .

В процессе разработки оперативного плана и управленческих решений наблюдения за объектами железнодорожного транспорта и сбор информации о состоянии этих объектов проводятся по отдельным периодам времени, когда это состояние выяснено в достаточной степени. В таких случаях собирается полная информация об объекте планирования, но при этом имеет место непосредственное использование для планирования работы подразделений вторичной информации, дополнительно доработанной на нижних уровнях управления и приведенной в соответствие с целями и задачами станционного и регионального уровней управления и планирования. Количество же информации, передаваемой на вышестоящий уровень управления, может быть либо меньше, либо больше количества информации, действительно получаемой при отражении перевозочного процесса в нижестоящих подсистемах.

Для железнодорожных систем характерно, что состояние установленной совокупности подсистем нижестоящего уровня управления  $\sum X_i$  определяет общее состояние системы вышестоящего уровня управления ( $Z$ ) (совокупное состояние станций определяет положение на отделении, а состояние отделений является определяющим для дорожной оперативной ситуации). При этом подсистемы  $\sum X_i$  не могут однозначно определять состояние системы ( $Z$ ). Это в конечном итоге приводит к тому, что энтропия подсистемы

$\sum X_i$  меньше, чем системы ( $Z$ ).

Полная взаимная информация  $I_{z,}$  имеющаяся в подсистемах управления различных уровней, будет равна энтропии подсистемы нижестоящего уровня, т.е.

$$I_{(z)} = H\{X\} + \Delta H(Z). \quad (9.8)$$

В большинстве случаев неопределенность информации возникает при информационном обмене:

- между станциями, когда имеет место искажение информации для достижения ранее поставленных целей;
- между станциями и диспетчерским центром управления, когда станции ставят себя в более выгодное положение по отношению к планируемым общерегиональным задачам;
- между диспетчерским центром управления и верхним уровнем управления на дороге, когда работники диспетчерского центра могут исказить передаваемую на верхний уровень информацию.

В этом случае энтропия информации определяет то ее количество, которое приходит к потребителю от источника. Это количество информации представляет собой разность между входной (начальной) и полученной потребителем информацией.

#### 9.5.4 Расчет количества информации с помощью структурной меры

С помощью структурной теории в АСУ можно определить объемы потоков информации, циркулирующие между работниками оперативного персонала в виде макетов информационных сообщений, специальных отчетов, справок, характеристик, а также письменных указаний, распоряжений, приказов. Для определения числовых значений количества информации, содержащейся в этих документах, в каждом из них выделяется элементарная единица, на базе которой строится информационный массив документа. Такая элементарная единица несет постоянный объем информации, характеризующий конкретный показатель эксплуатационной работы участка или состояние одного из контролируемых объектов.

Простейшим подсчетом числа элементарных единиц в информационном массиве определяется объем информации в документе. Например, объем информации по используемым в работе поездного диспетчера показателям

$$I_{\text{вх}}^{\text{ДНЦ}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m I_{ji} k_{ji}, \quad (9.9)$$

где  $I_{ji}$  – объем информации о  $j$ -м показателе, поступающем к диспетчеру от  $i$ -го работника;  $k$  – периодичность поступления информации о  $m$ -м показателе за смену;  $m$  – количество показателей, поступающих от  $i$ -го работника;  $n$  – число оперативных работников, источников АСУ диспетчерского центра станции и других подразделений, передающих документы с показателями работы.

Как видно из формулы, в данном случае информационный массив о  $m$ -м показателе формируется за счет периодического поступления информации о

нем в течение смены от соответствующих оперативных работников. По подобным формулам определяется объем информации в документах, характеризующих состояние контролируемых объектов (например, положение путей в парках технических станций) или их характеристики (например, характеристики состава поездов). При представлении в документах информации в виде десятичных знаков и текста производится перерасчет по принятой единице измерения информации.

Исходя из анализа функциональной деятельности оперативных работников и экспертных оценок информационных потоков сообщений устанавливается номенклатура необходимой информации для формирования и реализации оптимальных управленческих решений. Перечень необходимой информации устанавливается как для дорожного, так и для линейного уровней информации по согласованию с верхними и нижними уровнями управления. В соответствии с номенклатурой рассчитываются объемы информации. Расчеты производятся с использованием структурной теории, учитывающей объем информации на одну структурную единицу информационного сообщения.

## **10 ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ**

### **10.1 Предпосылки создания экспертных систем**

Развивающаяся рыночная экономика требует решения на станциях оперативных задач принципиально новыми методами. Данные задачи связаны с непрерывным и всесторонним совершенствованием организации производства и повышением его эффективности, со стратегическим планированием, которое призвано обеспечить необходимый уровень качества работы. В новых условиях требуется проведение экономического анализа и оптимизации планов развития станций с учетом рационального использования возможных кредитов и прогнозируемой прибыли.

Разработка рациональной маркетинговой политики, обеспечивающей получение достаточной прибыли, а также контроль за рациональным ее распределением и использованием требуют применения системного анализа и экономико-математических методов. Важность применения современных методов теории принятия оптимальных решений возрастает в условиях появления фактора риска, являющегося неотъемлемой частью любой предпринимательской деятельности в условиях рынка.

Очевидно, что решение данных вопросов вызывает рост потоков информации и, как следствие, появление нового класса проблем управления. Важнейшим фактором становится управление информацией, включая данные и знания.

Применяемые АС в основном ориентированы на выполнение учетно-контрольных и справочных функций. В этой ситуации важнейшие решения, определяющие стратегию и тактику развития станции и ее технологических зон (парков, маневровых ресурсов, грузовых фронтов, складов и т.д.), принимаются административным аппаратом практически без помощи АС. Такое положение обусловлено отсутствием оптимизационной системы выработки управленческих решений в рамках АС. Конечный пользователь не взаимодействует активно с системой в ходе принятия оптимальных управленческих решений, его производственный опыт используется в АС с малой эффективностью. Исследования в области автоматизации конторских работ не должны отвлекать разработчиков от создания АС производством на грузовой станции.

Информационные потоки, циркулирующие в рамках АС, необходимо сделать активной составляющей процесса принятия управленческих реше-

ний. Необходимо преодолеть существующую пассивность при использовании выходных форм макетов и документов в рамках информационно-справочной системы (первого этапа создания АС). В то же время имеющийся опыт показывает, что один из важных источников эффективности АС – это широкое применение в них оптимизационных задач.

Целью создания информационной технологии должно быть обеспечение максимальной гибкости в улучшении административных процедур в условиях динамично изменяющейся обстановки на станции. Автоматизированная система должна не только облегчать, но и улучшать управление работой станции. Для достижения этой цели необходим переход от информационной системы, задачей которой является хранение информации и выдача ее по запросам лиц, принимающих решения, к информационно-советующей и информационно-управляющей системам, позволяющим определять оптимальный режим функционирования станции. Кроме того, интегрированная оптимизационная система должна обеспечивать условия оптимального режима работы станции не только в процессе эксплуатации, но и на стадии стратегического управления, т.е. на этапе проектирования, реконструкции или разработки нового технологического процесса.

Повышение эффективности функционирования автоматизированных систем достигается комбинированным использованием различных типов автоматизированных человеко-машинных систем принятия оптимальных управленческих решений (АСПУР): поддержки и обеспечения принятия решений (СППР и СОПР); оптимизационного моделирования (СОМ) и экспертных систем (ЭС). Тип применяемой АСПУР зависит от уровня управления (стратегического, тактического, оперативного), структуры решаемой задачи (состава целевых функций и ограничений), степени неопределенности исходной информации (ее нечеткости, вероятностного характера) и вида используемой автоматизированной системы (СППР, АСПП и т.д.).

Объективно необходимым методическим инструментом АСПУР является ЭС. Наличие такой системы обеспечивает сокращение срока внедрения научных разработок, повышает их практическую значимость. Следует отметить, что в период развития рыночных отношений предложение научных идей, как правило, опережает спрос на них. Научные разработки, связанные с теоретическими основами создания АСПУР, вызывают определенный скептицизм у представителей производства. Объектом критики, часто справедливой, является прежде всего отсутствие у подобных автоматизированных систем таких свойств, как возможность анализа последствий принимаемых решений, их объяснения и обоснования.

Следует еще раз отметить, что структура, принципы построения и алгоритмы функционирования автоматизированной системы станции как объекта проектирования, эксплуатации и оперативного управления должны обеспечивать ее адаптацию к изменяющимся технико-технологическим требо-

ваниям. Необходимость наличия гибкости у оптимизационной системы управления, быстрой адаптации вызвана особенностями технологических процессов грузовой станции, характеризующимися многими факторами, векторным критерием оптимальности, неоднородностью взаимосвязей параметров (как входных, так и выходных), многообразием возмущающих воздействий.

Учитывая большое число неформализуемых факторов, которые приходится использовать при выработке управленческих воздействий, в ряде случаев, как указывалось выше, может оказаться целесообразным использование экспертных систем обеспечения и поддержки принятия решения. Данные системы являются эффективным средством для управления в условиях случайных изменений системных параметров грузовой станции (производительности ПРМ, простоя транспортных средств, использования емкости складов) и нечеткого задания ряда неуправляемых параметров (прогнозируемых объемов грузовой работы).

Участие человека в процессе решения задач вызывается рядом факторов. При решении слабоструктуризованных задач человек уточняет постановку задачи, исходные данные, определяет момент окончания вычислительной процедуры. При решении формализованных задач участие человека обеспечивает приемлемую сложность процедуры принятия решения благодаря эффективности использования эмпирического опыта ЛПР. При эксплуатации ЭС появляется возможность накапливать знания в процессе общения с экспертом, адаптировать на этой основе анализ в изменяющихся условиях, обеспечивать ЛПР информацией о примерах принятия решений в той или иной подобной ситуации. Многие недостатки управления работой станции обусловлены ошибками, допускаемыми руководителями в стандартных ситуациях. При наличии ЭС в память ЭВМ закладываются данные на основе опыта специалиста (или совета специалистов), с которым ЛПР могло бы в диалоговом режиме обсудить решение возникшей проблемы.

Очевидно, что при эксплуатации ЭС поддержки решений возникают задачи, которые целесообразно решать с помощью математических оптимизационных методов. В то же время в рамках системы оптимизационного моделирования на этапах выбора типа моделей, количества критериев оптимальности и их значимости, анализа полученных решений эффективным является использование возможностей ЭС.

Для работы ЭС поддержки решений используется информационная база, создаваемая в процессе функционирования АСУСС, располагающая динамическими информационными моделями, описывающими состояние сортировочного комплекса в момент принятия управленческого решения. В этом случае ЭВМ упорядочивает всю имеющуюся информацию и составляет четкий перечень альтернатив.

В ЭС не только используется база данных, но и строится база знаний о том, как пользоваться имеющейся информацией для решения поставленных перед транспортно-грузовым комплексом задач.

Схема экспертной автоматизированной системы (ЭАС) включает в себя блоки анализа проблем, подбора моделей и принятия решений, диалоговые процессоры взаимодействия с пользователем (начальником станции, главным инженером, диспетчером, оператором ПРМ, приемосдатчиком) и разработчиком системы, интерпретатор правил, базы данных, знаний и целей, а также другие блоки, обеспечивающие процесс выработки управляющих воздействий.

База знаний включает в себя правила поиска оптимального управленческого решения в зависимости от конкретной ситуации. Каждое правило представляет собой программу, для вызова которой пользователю, например диспетчеру грузовой станции, необходимо задать в процессе человеко-машинной диалоговой процедуры определенные условия (признаки). Множество признаков формируется на этапе анализа проблемы, и к ним могут быть отнесены критерии оптимальности (цели управления), например такие, как минимизация времени простоя транспортных средств, максимизация перерабатывающей способности ПРМ и т.д.

Помощь пользователю в формировании множества критериев оптимальности оказывает база целей, которую, как и базу данных и базу знаний, необходимо постоянно обновлять, учитывая те показатели, которые в наибольшей мере характеризуют качество работы, скажем, транспортно-грузового комплекса. Выбор цели и критерия определяется конкретными условиями функционирования объекта. Для повышения качества выбора в базе целей (если приходится при принятии решения учитывать несколько критериев) целесообразно иметь характеристику относительной важности каждого критерия в рассматриваемый момент времени. Весовые коэффициенты, характеризующие относительную важность критериев, можно получить, воспользовавшись оценками высококвалифицированных экспертов.

Таким образом, пользователь получает возможность установить соответствие между стоящей перед ним производственной задачей, сформулированной в технологических терминах производственного объекта, и методами, формулируемыми в терминах теории принятия оптимальных управленческих решений. Эти методы содержатся в блоках объективных и субъективных моделей и алгоритмов ЭАС. Операция сопоставления выполняется ЭВМ. После задания признаков управленческой ситуации и начала функционирования программы ЭАС правила из базы знаний «загружаются» в интерпретатор правил, который «просматривает» информацию из базы данных. База данных содержит объективную информацию о состоянии объекта в момент принятия решения. Для станции – это информация о наличии вагонов и составов, техническом оснащении парков, подъездных путей и т.д.



Если выбранный набор данных соответствует условиям (признакам) правила, то результат записывается в базу данных для дальнейшего использования при решении задачи.

Когда в качестве признаков ситуации выступают критерии оптимальности, интерпретатор правил анализирует те правила, которые обеспечивают достижение желаемых целей – подбирается соответствующий алгоритм. Если не существует правил, обеспечивающих достижение сформулированных целей, разработчик системы во взаимодействии с коллективом экспертов с помощью блока «механизма приобретения знаний» изменяет и дополняет или изымает модели знаний и вводит новые данные и правила. Таким образом осуществляется корректировка блоков моделей и алгоритмов.

На подготовительном этапе создания АСПУР на базе ЭС необходимо проведение работ по повышению наукоемкости разрабатываемых информационных технологий на основе применения современных методов системного анализа, исследования операций. Разработка методологии комплексного использования современных методов теории принятия решений и ЭС позволит снизить затраты, связанные с созданием программного обеспечения и внедрением научных разработок.

В то же время сложность используемых теоретических методов должна быть «спрятана» от конечного пользователя (работника станции), который должен иметь возможность работать с «дружественным» ему интерфейсом, используя профессиональную терминологию.

В рамках ЭАС на АРМ работников грузовой станции, оборудованных ПЭВМ, могут одновременно решаться задачи с различными критериями оптимальности. В этом случае возрастает роль блока принятия решения, обеспечивающего декомпозицию и координацию частных задач. Согласование результатов решения отдельных частных задач осуществляется с помощью методов итеративного агрегирования на базе центральной ЭВМ, имеющей связь с АРМ. К таким локальным задачам, характерным, например, для грузовой станции, относятся распределение вагонов по грузовым фронтам, очередность их обслуживания, оптимизация технико-технологических параметров транспортно-грузовых комплексов и др.

Создаваемая на базе экспертной системы АСПУР должна соединять в себе эффективные вычислительные возможности ЭВМ и опыт, знание конкретной станции.

Функционально АСПУР предназначена для помощи пользователю (работнику станции) в принятии управленческих действий в конкретной сложившейся производственной ситуации, в снабжении его оперативной и достоверной информацией.

ЭС работает в реальном масштабе времени и учитывает различный уровень пользователей (маневрового диспетчера, начальника станции, дежурного по станции и др.).

Диалоговый блок ЭС должен работать по принципу меню. Такой способ организации диалога обеспечивает пользователю комфортное взаимодействие с АСПУР. В этом случае пользователь постоянно выбирает одну или несколько из предложенных системой альтернатив (практически это сводится к нажатию одной клавиши).

База знаний АСПУР ориентирована на возможность использования информации, хранящейся в базе данных АСУГС.

База данных состоит из двух уровней. Первый содержит общую модель станции, в которой сосредоточены знания о производственно-функциональной структуре станции и ее связях с внешней средой (другими видами транспорта) вышестоящими органами управления и т.д. Здесь же хранятся характеристики пользователей (работников станции). Эти характеристики включают в себя информационные потребности работников, перечень решаемых ими задач. На первом уровне для представления знаний в основном декларативного и фактографического характера используются *фреймы*.

Второй уровень базы знаний составляет база правил, в которой должны быть собраны знания о конкретных производственных ситуациях, описывающих их моделях, а также пакеты прикладных программ, обеспечивающих решение оптимизационных задач. В базу знаний входит база целей, содержащая набор критериев, определяющих качество работы грузовой станции в период принятия управленческих решений. На втором уровне знания записываются в виде фреймов и правил – продукций.

## 10.2 Этапы создания экспертных систем

**Экспертные системы** – это интерактивные автоматизированные системы управления, способные вести активный диалог с пользователем и не только отвечать на поставленные вопросы, но и анализировать ситуацию, комментировать и пополнять знания, вырабатывать решения. Эти решения должны быть не хуже заключений квалифицированного эксперта в данной области знаний. Практический и теоретический интерес к ЭС объясняется тем, что они позволяют решать задачи оперативно-технологического класса, не поддающиеся формализации. Кроме того, нередко реализовать оптимизационные решения практически невозможно из-за многих допущений, которые приходится принимать при постановке задач, и ограниченности временных ресурсов и мощности технических средств.

ЭС получают широкое распространение в самых различных сферах деятельности: в медицине, строительстве, геологии, при планировании производ-

ства и на транспорте. В области планирования и оперативного управления выделяют три типа интеллектуальных систем, составляющих основу ЭС:

- вопросо-ответные системы, взаимодействующие с базами данных на ограниченном естественном языке;

- расчетно-логические системы, позволяющие автоматически выбирать методы решения задач и формировать программу в предметной области;

- ЭС, позволяющие обобщать, хранить, использовать знания и опыт, накопленные высококвалифицированными специалистами. Специалисты считают, что ЭС могут применяться при конструировании и проектировании, особенно на стадии предпроектного анализа для предварительного определения преимуществ техники других технических и технологических структур.

При проектировании ЭС получал признание принцип быстрого прототипа, когда разработчики системы сразу не ставят целью выдать конечный продукт. Такой прототип должен продемонстрировать пригодность разработок инженера по знаниям. Рассмотрим краткое содержание отдельных этапов.

На этапе идентификации определяются участки проектирования и их роли: идентифицируется проблема, характеризуется проблемная область – объект управления, уточняются ресурсы и цели; устанавливаются источники знаний, осуществляется содержательное описание проблемы, например, планирование и управление маневровой работой на грузовой станции. При создании ЭС типичными ресурсами являются источники знаний (технологические процессы, инструкции, указания вышестоящих органов управления), время разработки, модели вычислительной техники, объемы финансирования. Задача идентификации целей состоит в формулировании стратегической цели. Все перечисленные вопросы должны получить развитие в Техническом задании.

На стадии концептуализации эксперт, инженер по знаниям эксплицирует ключевые понятия, отношения между объектами и характеристики. На этой стадии устанавливаются: типы доступных данных; содержание выходных результатов, в частности структура плана для маневрового диспетчера; идентификация подпроблем общей проблемы; стратегии и гипотезы; характер взаимодействия между объектами предметной области (маневровыми средствами, автомобильными и железнодорожными грузовыми фронтами, станционными путями); виды отношений (наличие иерархической зависимости между подпроцессами и объектами, действие «причина – следствие», «часть – целое» и т.д.); характер ограничений и состав знаний.

На этом этапе целесообразно составить протокол действий эксперта хотя бы для одной задачи. При этом, как считают специалисты, не нужно добиваться полноты и корректности разрабатываемой проблемы.

На этапе формализации ключевые понятия и отношения, введенные на этапе концептуализации, выражаются на некотором формальном языке,

например на языке исчисления предикатов, теории графов. Завершает этап описание процесса решения рассматриваемой проблемы на предложенном формальном языке – определяются состав и способы представления знаний.

В процессе формализации знаний выполняется построение модели исследуемой проблемы, например построение плана маневровой работы с использованием графа раскрытия вершин знаний и задач.

На этапе выполнения создается один или несколько прототипов ЭС. Обычная ошибка разработчиков при создании прототипа, считают специалисты, состоит в том, что процесс приобретения знаний откладывают до полного завершения программирования. Необходимо начинать приобретение знаний, как только составлены программы, позволяющие работать в простейшем представлении знаний. Здесь не ставится цель немедленно добиться высокой эффективности системы, а реализуется простейшая процедура вывода. После завершения первого прототипа необходимо расширить круг задач для разработки следующей версии ЭС, расширить базу знаний, которые необходимо структурировать.

При тестировании осуществляется оценка выбранного способа представления знаний на всей ЭС. Выявляются ошибки и недостатки функционирования при вводе-выводе, правил вывода, управляющих стратегий. Тестирование осуществляется в лабораторных условиях.

В процессе опытной эксплуатации определяется пригодность системы для конечного пользователя. Система занимается решением всех задач, указанных в Техническом задании не на стенде, а на одной из станций. С точки зрения пользователя проверяются удобство, гибкость, устойчивость к ошибкам. После опытной эксплуатации может потребоваться не только модификация (программы, данные), но и изменение устройства ввода-вывода.

Модификация связана с реформированием понятий и требований, реконструированием представлений и усовершенствованием прототипа. На этом этапе осуществляется возврат от этапа тестирования к этапу формализации. Объясняется это необходимостью изменения системы представления знаний. Возврат на этапы идентификации и концептуализации связан с переформулированием решаемых задач.

На железнодорожном транспорте в рамках информатизации создаются АСУ такими транспортными объектами, как грузовые и сортировочные станции (АСУС). Помимо информационно-справочных задач, при разработке АСУС предусматривается решение оперативно-технологических задач. К ним относятся планирование работы маневровых локомотивов, ПРМ, распределение вагонов по грузовым пунктам и т.д. На основе АСУС ставится задача составления сменно-суточного плана работы станции с прогнозированием ситуации на ближайшую перспективу и достоверным планированием основных технико-экономических показателей: объемов погрузки и выгрузки грузов, времени обслуживания вагонов и автомобилей, статической

нагрузки транспортных средств, объемов работы по формированию и расформированию поездов и др. Эффективным инструментом для решения перечисленных задач являются ЭС, так как многие из этих задач не поддаются формализации.

Результаты решения оперативно-технологических задач необходимы руководителям станции: диспетчеру, начальнику и дежурному по станции (лицам, принимающим решение). Известно, что научной основой построения ЭС является быстро развивающаяся теория искусственного интеллекта. Применение ЭС для решения некоторой оперативно-технологической задачи в конечном счете сводится к построению ее компьютерной модели с использованием, как указано выше, базы данных и базы знаний, содержащихся в памяти ЭВМ. База знаний – это основной специфический элемент ЭС. «Ядром» базы знаний являются процедуральные знания, которые собираются опросом специалистов в данной предметной области. Образует базу знаний продукционная система, представляющая собой множество продукций – правил решения задач. В свою очередь система продукций в ЭС – это метод организации программ в виде базы данных, списка порождающих правил, которые применяются при формировании ответов ЭС, а также методы выбора этих правил.

Ключевым понятием представления знаний в ЭС является *фрейм*. Фрейм – система знаний для представления некоторых стандартных стереотипных ситуаций, в том числе модулей – процедур. Фреймы из базы знаний вызываются по соответствию текущей информации о состоянии транспортного объекта. Системы фреймов образуют интегрированную модель – поисковую информационную сеть. Фрейм рассматривается как модуль представления знаний. Незаполненные части фреймов – слоты. Наличие слотов придает свойство адаптивности модели.

В зависимости от содержания и физической природы управляемого технологического процесса различают различные виды фреймов. Например, фрейм «назначение» описывает производственный цикл – процесс подачи и уборки вагонов на грузовом фронте или адресование грузов на складе; фрейм «распределение» – расформирование состава вагонов; фрейм «закон» моделирует процесс расчета или реализации некоторых аналитических зависимостей и т.д. При поиске решения с помощью прямой или обратной цепочки рассуждений строят логическую последовательность правил - продукций, каждая из которых состоит из первой условной части «если» и второй части логического вывода «то». В условной части также могут быть поставлены вопросы «как», «почему» и т.д. При построении дерева решения они модифицируются в виде логических процедур – конъюнкций «и» и дизъюнкций «или».

## **11 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

### **11.1 Факторы, определяющие эффективность внедрения информационных технологий**

К основным факторам, определяющим воздействие информационных систем на показатели производственно-хозяйственной и управленческой деятельности, относят:

- оптимизацию плана и регулировочных решений в результате использования экономико-математических методов;
- расчет нескольких вариантов плана;
- улучшение сбалансированности плана;
- повышение точности плановых расчетов;
- решение новых задач;
- увеличение объема выдаваемой полезной информации и доли аналитической информации, а также число обслуживаемых пользователей;
- сокращение срока выдачи выходной информации;
- повышение достоверности отчетно-учетной информации;
- совершенствование нормативной базы;
- высвобождение времени работников аппарата управления;
- сокращение трудоемкости расчетов, сбора и обработки информации.

Эти факторы влияют на следующие основные показатели производственно-хозяйственной деятельности железнодорожного транспорта:

- увеличение объема перевозок, объема перегрузочных работ и выпуска промышленной продукции;
- снижение эксплуатационных расходов;
- сокращение размера оборотных средств;
- увеличение дополнительных доходов;
- повышение производительности труда;
- сокращение непроизводительных расходов.

Изменения указанных показателей достигаются сокращением потребности в подвижном составе; повышением ритмичности работы станций; сокращением порожних пробегов вагонов, сокращением простоев в ожидании выполнения операций, а также за счет оптимизации работы перегрузочных машин и оборудования; уменьшением потерь рабочего времени работников

станции и улучшением использования стационарного оборудования; увеличением доходов от сдачи подвижного состава в аренду; сокращением сроков финансовых расчетов, сверхнормативных запасов сырья и материалов; снижением расходов промышленных материалов, топлива, электроэнергии, заработной платы; уменьшением времени нахождения грузов в пути.

Автоматизация также влияет на показатели управленческой деятельности: относительное сокращение численности аппарата управления, снижение административно-управленческих расходов, сокращение трудоемкости ручной обработки информации, совершенствование структуры аппарата управления, ликвидация излишних звеньев.

Следует также учитывать, что помимо эффекта, получаемого на железнодорожном транспорте от внедрения АСУ, создается дополнительный экономический эффект в народном хозяйстве из-за ускорения доставки грузов в результате сокращения времени нахождения их в процессе перевозки, т.е. уменьшения оборотных средств в сфере обращения; сокращения простоев подвижного состава смежных видов транспорта; уменьшения оборота контейнеров вследствие оптимизации технологии их обработки.

## 11.2 Методы определения экономической эффективности внедрения информационных систем

В качестве оценок экономической эффективности внедрения ИТ принимаются следующие показатели: годовой прирост прибыли (или годовая экономия), годовой экономический эффект, расчетный коэффициент эффективности или срок окупаемости затрат.

**1 Годовой прирост прибыли** (годовая экономия от внедрения ИТ является результатом снижения себестоимости перевозок (погрузочно-разгрузочных работ, промышленной продукции) и получения прибыли от освоения дополнительного объема работ в связи с оптимизацией планов, улучшением использования производственных мощностей. Так как на железнодорожном транспорте выполняются различные виды работ (перевозка грузов и пассажиров, погрузка-выгрузка, промышленная деятельность, сдача в аренду складов и подвижного состава и др.), годовой прирост прибыли определяется суммированием по каждому виду деятельности.

Годовой прирост прибыли определяется по формуле

$$\Delta_{\text{год}} = \sum \left[ \left( \frac{A_{2j} - A_{1j}}{A_{1j}} \right) \Pi_{1j} + \frac{(C_{1j} - C_{2j})A_{2j}}{100} \right], \quad (11.1)$$

где  $A_{1j}, A_{2j}$  – годовой объем работ по  $j$ -му виду деятельности до и после внедрения АС соответственно, в натуральном и стоимостном (доходы) выражении;  $C_{1j}, C_{2j}$  – затраты на единицу годового объема  $j$ -го вида дея-

тельности (на 1 ткм, на 1 т, на 1 руб. доходов) до и после внедрения АС соответственно, руб.;  $\Pi_{1j}$  – прибыль по  $j$ -му виду деятельности до внедрения АС, руб.

Каждая из частей прироста прибыли от внедрения конкретной подсистемы АС определяется путем суммирования элементов экономии по основным задачам или комплексам задач, решаемых в подсистемах АС.

В дальнейших расчетах годового прироста прибыли от функционирования более удобно пользоваться формулой, полученной после преобразований формулы (11.1) и с учетом специфики этих АСУ:

$$\Theta_{\text{год}} = \sum D_j dA_j - \sum \Delta C_j, \quad (11.2)$$

где  $D_j$  – доходы от  $j$ -го вида деятельности, тыс. руб.;  $dA_j$  – относительный прирост объема работ (доходов) по  $j$ -му виду деятельности; характеризуется соотношением  $dA_j = \frac{A_{2j} - A_{1j}}{A_{1j}}$ , в случае, когда не предусматривается увеличение объема работ,  $dA_j = 0$ ;  $\Delta C_j$  – общее изменение эксплуатационных расходов по  $j$ -му виду деятельности после внедрения АС, тыс. руб.

**2 Годовой экономический эффект АС** различных уровней определяется по формуле

$$\Theta = \Theta_{\text{год}} - E_n K_d^A, \quad (11.3)$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений на железнодорожном транспорте,  $E_n = 0,12$ ;  $K_d^A$  – дополнительные затраты, связанные с созданием и внедрением АС, руб.

Эффективность затрат определяется по выражениям

$$E_p = \frac{\Theta_{\text{год}}}{K_d^A}; \quad T = \frac{K_d^A}{\Theta_{\text{год}}}, \quad (11.4), (11.5)$$

где  $\Theta_{\text{год}}$  – расчетный коэффициент эффективности затрат;  $T$  – срок окупаемости дополнительных капиталовложений, лет.

**3 Расчетный коэффициент эффективности** сопоставляется с нормативным значением коэффициента эффективности информатизации, и в случае, когда расчетный коэффициент больше его, АС считается эффективной, т.е.

$$E_p \geq E_{\text{н.в.т}} = 0,3. \quad (11.6)$$



**4 Срок окупаемости затрат на АС  $T$**  характеризует период времени, в течение которого дополнительные затраты возмещаются за счет экономии от снижения себестоимости и прибыли от прироста объемов работ.

Дополнительными показателями экономической эффективности АС могут служить показатели, которые характеризуют изменения в аппарате управления и объемах обрабатываемой и используемой информации до и после внедрения АС. К таким показателям относятся: сокращение общей численности работников органов управления подразделений отрасли, достигнутое в результате внедрения АС; уменьшение расходов на содержание аппарата управления подразделений отрасли; снижение трудоемкости ручной обработки информации в ходе решения задач управления в результате внедрения АС (в трудо-часах и в процентах).

Кроме экономического эффекта, создаваемого непосредственно на железнодорожном транспорте в результате внедрения АС, в ряде случаев возникает дополнительный эффект, реализуемый на других видах транспорта и на более высоком уровне – в экономике в целом (народнохозяйственный эффект). Этот эффект достигается за счет решения задач АС, приводящих к ускорению обработки подвижного состава смежных видов транспорта и сокращению сроков доставки народнохозяйственных грузов благодаря уменьшению времени в пути. При расчете обобщающих показателей экономической эффективности АС следует учитывать эффект в народном хозяйстве и на смежном виде транспорта. При этом:

а) суммарный годовой прирост прибыли или годовую экономию  $\mathcal{E}_{\text{год}}^{\Sigma}$  определяют по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{год}}^{\Sigma} = \mathcal{E}_{\text{год}} + \mathcal{E}_{\text{год}}^{\text{пс}}, \quad (11.7)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{год}}$  – годовой прирост прибыли или экономия, получаемая предприятиями железнодорожного транспорта, без учета экономического эффекта на других видах транспорта, тыс. руб.;  $\mathcal{E}_{\text{год}}^{\text{пс}}$  – годовой прирост прибыли на смежных видах транспорта в связи с увеличением объема перевозок высвободенным подвижным составом, руб.;

б) срок окупаемости с учетом народнохозяйственного эффекта  $T_{\text{ок}}^{\Sigma}$  рассчитывают по формуле

$$T_{\text{ок}}^{\Sigma} = \frac{K_{\text{д}}^{\Lambda \Sigma}}{\mathcal{E}_{\text{год}}^{\Sigma}}, \quad (11.8)$$

где  $K_{\text{д}}^{\Lambda \Sigma}$  – затраты, связанные с созданием и внедрением АС с учетом экономического эффекта в народном хозяйстве от ускорения доставки грузов;

$$K_{\text{д}}^{\Delta\Sigma} = K_{\text{д}}^{\Delta} - K_{\text{гр}}^{\text{н.х}}, \quad (11.9)$$

где  $K_{\text{гр}}^{\text{н.х}}$  – уменьшение оборотных средств народного хозяйства за счет сокращения сроков доставки грузов, тыс. руб.;

$$K_{\text{гр}}^{\text{н.х}} = \frac{\Pi Q_0^{\Delta}}{365} \Delta t_{\text{гр}}^{\Delta}, \quad (11.10)$$

где  $\Pi$  – средняя стоимость 1 т груза, перевозимого железнодорожным транспортом, руб.;  $Q_0^{\Delta}$  – грузооборот за год, тыс. т;  $\Delta t_{\text{гр}}^{\Delta}$  – сокращение среднего времени нахождения груза на станции и в пути в условиях функционирования АСУ, сут,

$$\Delta t_{\text{гр}}^{\Delta} = t_{\text{гр}} - t_{\text{гр}}^{\Delta}, \quad (11.11)$$

где  $t_{\text{гр}}$ ,  $t_{\text{гр}}^{\Delta}$  – среднее время нахождения на станции и в пути соответственно без автоматизации решения задач управления и в условиях функционирования АСУ.

### 11.3 Пример определения экономической эффективности внедрения информационных систем

Рассмотрим методику расчета затрат на примере модернизации АСУ СС. Затраты по модернизации АСУ СС подразделяются на два вида: единовременные (разовые) на их создание и внедрение и постоянные – на эксплуатацию.

В состав единовременных входят затраты на научную и проектную разработки этих систем управления (предпроизводственные), на строительномонтажные работы и оборудование (ЭВМ, периферийное оборудование и т.д.) информационно-вычислительных центров и информационных пунктов. Таким образом, единовременные затраты, связанные с созданием и внедрением АСУ, определяются по формуле

$$K_{\text{д}}^{\Delta} = K_{\text{п}}^{\Delta} + K_{\text{о}}^{\Delta}, \quad (11.12)$$

где  $K_{\text{п}}^{\Delta}$  – предпроизводственные затраты, у. д. е.;  $K_{\text{о}}^{\Delta}$  – затраты на оборудование и строительномонтажные работы для АСУ, у. д. е.;

Предпроизводственные затраты  $K_{\text{п}}^{\Delta}$  предназначены на предпроектные и научные исследования, разработку проектов АСУ, включая разработку, отладку и внедрение программ, составление инструкций, справочников и других руководящих документов по эксплуатации АСУ, подготовку и переподготовку кадров. Они определяются исходя из сметы расходов по договору между разработчиком и заказчиком или берутся по фактическим рас-

ходам. В случае тиражирования АСУ для других объектов или использования проектов по какой-либо системе (подсистеме) как типовых для других уровней управления затраты перераспределяются между объектами тиражирования. Порядок перераспределения определяется в каждом конкретном случае в зависимости от количества объектов тиражирования и полноты первоначального проекта.

Затраты на оборудование и строительно-монтажные работы  $K_o^A$  для АСУ СС предусматривают расходы на приобретение вычислительной техники, периферийных устройств, средств связи, вспомогательного оборудования и прочей оргтехники (с учетом затрат на транспортировку, монтаж, накладку и пуск), производственно-хозяйственного инвентаря, а также расходы на строительство (реконструкцию) зданий и сооружений, необходимых для функционирования АСУ. Расчет ведется по формуле

$$K_o^A = K_{\text{КТС}}^A + K_c^A + K_{\text{м.н}}^A, \quad (11.13)$$

где  $K_{\text{КТС}}^A$  – затраты на приобретение оборудования (технические средства ВЦ и средства связи), включая серийно выпускаемые и разрабатываемые средства, у. д. е.;  $K_c^A$  – затраты на строительство (реконструкцию) зданий СТС (в рассматриваемом варианте модернизации эти расходы равны нулю);  $K_{\text{м.н}}^A$  – затраты на монтажно-наладочные работы, пуск и транспортировку комплекса технических средств, у. д. е.

Расходы на монтажно-наладочные работы, пуск и транспортировку КТС принимаются равными 9 % от стоимости КТС.

Затраты на приобретение оборудования определяются по формуле

$$K_{\text{КТС}}^A = N_{\text{комп}} \cdot \Pi_{\text{комп}} + N_{\text{принт}} \cdot \Pi_{\text{принт}} + \Pi_{\text{сеть}} + \Pi_{\text{сервер}}, \quad (11.14)$$

где  $N_{\text{комп}}$ ,  $N_{\text{принт}}$  – количество дополнительно необходимых соответственно компьютеров, принтеров;  $\Pi_{\text{комп}}$ ,  $\Pi_{\text{принт}}$ ,  $\Pi_{\text{сеть}}$ ,  $\Pi_{\text{сервер}}$  – стоимость соответственно компьютеров, принтеров, сетевого оборудования, сервера;

$$K_{\text{КТС}}^A = 12 \cdot 700 + 12 \cdot 100 + 5000 + 5000 = 19600 \text{ у. д. е.}$$

Расходы на монтажно-наладочные работы, пуск и транспортировку КТС принимаются равными 9 % от стоимости КТС:

$$K_{\text{м.н}}^A = 19600 \cdot 9 / 100 = 1768 \text{ у. д. е.}$$

Данные о предпроизводственных затратах и затратах на оборудование и строительно-монтажные работы сводятся в таблицу 11.1.

Т а б л и ц а 11.1 – **Предпроизводственные затраты**

Вид затрат	Условное обозначение	Количественное значение
Предпроизводственные затраты (стоимость НИР и проектных работ)	$K_{п}^A$	70000
Стоимость реконструкции здания СТС	$K_{с}^A$	0
Стоимость комплекса технических средств АСУ (ЭВМ, периферийные устройства, средства связи и другие технические средства)	$K_{кТС}^A$	19600
Затраты на монтаж и наладку технических средств и их транспортировку	$K_{мн}^A$	1764
<b>И т о г о</b>		91 364

Затраты на оборудование и строительно-монтажные работы:

$$K_{О}^A = 19600 + 1764 = 21384 \text{ у. д. е.}$$

Таким образом, единовременные затраты, связанные с созданием и внедрением АСУ,

$$K_{Д}^A = 70000 + 21364 = 92364 \text{ у. д. е.}$$

В состав затрат по эксплуатации АСУ  $C_{АСУ}$  входят расходы на содержание ЭВМ и компьютерной техники, заработную плату, амортизационные отчисления, текущий ремонт, на электроэнергию, аренду помещений и пр.

Расчет общих затрат, связанных с эксплуатацией АСУ, производится в соответствии с методикой определения экономической эффективности АСУ предприятиями и методикой оценки экономической эффективности отраслевых автоматизированных систем управления в промышленных министерствах и промышленных объединениях:

$$C_{АСУ} = Z_{эвм} + Z_{зпл} + Z_{актс} + Z_{апом} + Z_{тр} + Z_{э} + Z_{пр}, \quad (11.15)$$

где  $Z_{эвм}$  – расходы на содержание ЭВМ, составляют 5 % стоимости технических средств;  $Z_{зпл}$  – заработная плата персонала, связанного с обслуживанием АСУ, определяется прямым счетом на основании штатного расписания (в рассматриваемом случае увеличения штата работников не предполагается);  $Z_{актс}$ ,  $Z_{апом}$  – амортизационные отчисления соответственно по периферийным техническим средствам, составляют 12,5 % стоимости технических средств;  $Z_{тр}$  – затраты на текущий ремонт периферийной техники (3–4 % стоимости технических средств);  $Z_{э}$  – затраты на электроэнергию, потребляемую периферийными техническими средствами, определя-

ются исходя из установленной мощности технических средств, фактического годового фонда рабочего времени и стоимости 1 кВт-ч;  $Z_{\text{пр}}$  – прочие затраты на содержание персонала АСУ, составляют 8–12 % от суммарных затрат.

Затраты, связанные с эксплуатацией АСУ, приведены в таблице 11.2.

Т а б л и ц а 11.2 – Затраты, связанные с эксплуатацией АСУ СС

Статья затрат	Условное обозначение	Количественное значение
Расходы на содержание ЭВМ	$Z_{\text{ЭВМ}}$	280
Годовой фонд заработной платы с отчислениями на социальное страхование	$Z_{\text{зпл}}$	0
Амортизационные отчисления от стоимости периферийного оборудования	$Z_{\text{актс}}$	672
Затраты, необходимые для текущего ремонта технических средств	$Z_{\text{тр}}$	224
Стоимость электроэнергии, потребляемой периферийной техникой	$Z_{\text{э}}$	800
Прочие затраты	$Z_{\text{пр}}$	237
<b>И т о г о</b>		2213

### *Расчет экономического эффекта и срока окупаемости АСУ*

*Экономический эффект от повышения безопасности.* Повышение безопасности движения, равно как и повышение качества управления, не приносит прямой экономии денежных средств, за исключением косвенной экономии за счет снижения браков и порчи. Следовательно, экономический эффект в данном случае рассчитывают по правилам расчета экономического эффекта от внедрения рационализаторских предложений (по табличным коэффициентам):

$$\mathcal{E}_{\text{без}} = K_1 K_2 K_3 0,5 M \cdot 12, \quad (11.16)$$

где  $K_1$  – коэффициент достигнутого положительного эффекта, равен 2;  $K_2$  – коэффициент объема использования, равен 2;  $K_3$  – коэффициент сложности технического решения, равен 4;  $M$  – минимальный оклад работника оперативного управления (125 у. д. е.);

$$\mathcal{E}_{\text{без}} = 2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 0,5 \cdot 125 \cdot 12 = 12000 \text{ у. д. е.}$$

*Экономический эффект от ускорения оборота вагонов на станции* рассчитывается по формуле

$$\Theta_{об} = \frac{24 \cdot 365 n E_{пр} \Delta O}{100}, \quad (11.17)$$

где  $n$  – среднее количество обрабатываемых за сутки вагонов;  $E_{пр}$  – стоимость одного вагоно-часа (0,49 у. д. е.);  $\Delta O$  – сокращение простоя вагона на станции за счет внедрения новых задач (3 %);

$$\Theta_{об} = 24 \cdot 365 \cdot 1600 \cdot 0,49 \cdot 3 / 100 = 206000 \text{ у. д. е.}$$

Годовая экономия эксплуатационных затрат приведена в таблице 11.3.

Т а б л и ц а 11.3 – Годовая экономия эксплуатационных затрат при внедрении АСУ

Показатель	Экономия, у. д. е.
Повышение безопасности движения	12000
Ускорение оборота вагонов на станции	206000
<b>И т о г о</b>	<b>218000</b>

В процессе эксплуатации новых функциональных подсистем АСУ СС возможны и другие источники экономической эффективности.

Срок окупаемости проекта  $T_{ок}$  находят по формуле

$$T_{ок} = \frac{K_{д}^A}{\Theta - C_{АСУ}}, \quad (11.18)$$

$$T_{ок} = \frac{91364}{218000 - 2213} = 0,45 \text{ года.}$$

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Толковый словарь по вычислительным системам / под ред. В. Иллингуорта, Э.Л. Глейзера, Т.К. Пайла. – М. : Машиностроение, 1990. – 560 с.
- 2 **Советов, В.Я.** Информационная технология / В.Я. Советов. – М. : Высш. шк., 1994. – 368 с.
- 3 ГОСТ24402-88. Телеобработка данных и вычислительные сети. Термины и определения. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 16 с.
- 4 **Етрухин, Н.Н.** Обзор рекомендаций МККТТ по современным технологиям электронных коммуникаций / Н.Н. Етрухин. – М. : ЭКО-ТРЕНДЗ, 1993. – Т. 10. – С. 95–148.
- 5 ГОСТ 22348-86. Единая автоматизированная сеть связи. Термины и определения. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 16 с.
- 6 ГОСТ 17657-79. Передача данных. Термины и определения. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 16 с.
- 7 Обработка сообщений в центре коммутации сообщений / В.П. Клепиков [и др.]. – М. : Радио и связь, 1987. – 128 с.
- 8 **Панкратов, В.И.** Методические рекомендации по выбору структуры и расчету характеристик сети передачи данных АСУ дорожного уровня / В.И. Панкратов, Г.П. Железняков. – М. : Издание МПС, 1985. – 53 с.
- 9 Протоколы информационно-вычислительных сетей: справочник / под ред. И.А. Мизина, А.П. Кулешова. – М. : Радио и связь, 1990. – 503 с.
- 10 Информационные услуги в сетях передачи данных железнодорожного транспорта / В.И. Панкратов [и др.] // Экспресс-информация «Вычислительная техника и автоматизированные системы управления». – М. : ЦНИИТЭИ МПС, 1994. – Вып. 4. – 28 с.
- 11 Внедрение диспетчерских систем контроля и управления / В.Н. Новиков [и др.]. // Автоматика, связь, информатика. – 1998. – № 10. – С. 31–34
- 12 **Корсаков, А.В.** Главный вычислительный центр МПС в структуре информатизации / А.В. Корсаков // Железнодорожный транспорт. – 1998. – № 4. С. 56–59.
- 13 ГОСТ 34.602-89. Техническое задание на создание автоматизированной системы. // Информационная технология. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы. – М. : Издательство стандартов, 1991. – С. 15–29.
- 14 **Калянов, Г.Н.** CASE: структурный системный анализ (автоматизация и применение) / Г.Н. Калянов. – М. : ЛОРИ, 1996. – 242 с.
- 15 **Вентцель, Е.С.** Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Наука, 1991. – 384 с.
- 16 **Зиглер, К.** Методы проектирования программных систем / К. Зиглер. – М. : Мир, 1985. – 328 с.
- 17 Автоматизированные диспетчерские центры управления эксплуатационной работой железных дорог / П. С. Грунтов [и др.] ; под ред. П. С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1990. – 228 с.
- 18 Автоматизированные системы управления на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / П. С. Грунтов [и др.] – Гомель : БелИИЖТ, 1993. – Ч. IV. – 52 с.

19 **Буянов, В.А.** Автоматизированные системы управления на железнодорожном транспорте / В. А. Буянов, Г. С. Ратин. – М. : Транспорт, 1984. – 239 с.

20 **Ерофеев, А.А.** Информационные технологии на железнодорожном транспорте : пособ. по вып. практич. работ / А.А. Ерофеев, В.Г. Кузнецов. – Гомель : БелГУТ, 2003. – 83 с.

21 Информационные технологии на железнодорожном транспорте / под ред. Э.К. Лецкого, Э.С. Поддавашкина, В.В. Яковлева. – М. : УМК МПС России, 2001. – 668 с.

22 Системы автоматизации и информационные технологии управления перевозками на железных дорогах : учеб. для вузов / В. . Гапанович [и др.] ; под ред. В.И. Ковалева, А.Т. Осьминина, Г.М. Грошева. – М. : Маршрут, 2006. – 544 с.

23 Расчеты автоматизированных систем управления (на примере автоматизированных систем управления железнодорожным транспортом) / под ред. Г.В. Дружинина. – М. : Транспорт, 1985. – 223 с.

24 Управление и информационные технологии на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов / Л.П. Тулупов [и др.] ; под ред. Л.П. Тулупова. – М. : Маршрут, 2005. – 467 с.

25 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов / под ред. П.С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.

26 **Юшкевич, Ю. П.** Основные принципы разработки АСУ перевозочным процессом на железной дороге : учеб. пособие / Ю.П. Юшкевич, З.Н. Рогачева. – Гомель : БелИИЖТ, 1990. – 67 с.

27 **Ерофеев, А. А.** Информационные технологии на железнодорожном транспорте : практикум для студентов специальности «Организация движения и управление на железнодорожном транспорте» / А. А. Ерофеев. – Гомель : БелГУТ, 2009. – 97 с.



*ПРИЛОЖЕНИЕ А*  
*(информационное)*

**ГОСТ 34.201-89. ВИДЫ, КОМПЛЕКТНОСТЬ И ОБОЗНАЧЕНИЕ  
ДОКУМЕНТОВ ПРИ СОЗДАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ  
(ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ)**

Настоящий стандарт распространяется на автоматизированные системы (АС), используемые в различных сферах деятельности (управление, исследование, проектирование и т.п.), включая их сочетание, и устанавливает виды, наименование, комплектность и обозначение документов, разрабатываемых на стадиях создания АС, установленных ГОСТ 24.601.

**1 ВИДЫ И НАИМЕНОВАНИЕ ДОКУМЕНТОВ**

1.1 Состав видов документов, разрабатываемых на стадии «Исследование и обоснование создания АС», определяют в соответствии с разд. 3 ГОСТ 24.601, исходя из требуемых результатов выполнения данной стадии.

1.2 На стадии «Техническое задание» разрабатывают Техническое задание (ТЗ) на создание автоматизированной системы в соответствии с требованиями ГОСТ 34.602.

Допускается разрабатывать частные ТЗ на отдельные системы (подсистемы, комплексы задач, программно-технические комплексы, компоненты технического и программного обеспечений и т.п.).

1.3 Виды документов, разрабатываемых на стадиях «Эскизный проект», «Технический проект», «Рабочая документация», приведены в таблице А.1.

**Т а б л и ц а А.1 – Виды документов, разрабатываемых на стадии проектирования**

Вид документа	Код документа	Назначение документа
Ведомость	В	Перечисление в систематизированном виде объектов, предметов и т.д.
Схема	С	Графическое изображение форм документов, частей, элементов системы и связей между ними в виде условных обозначений
Инструкция	И	Изложение состава действий и правил их выполнения персоналом
Обоснование	Б	Изложение сведений, подтверждающих целесообразность принимаемых решений
Описание	П	Пояснение назначения системы, ее частей, принципов их действия и условий применения
Конструкторский документ		По ГОСТ 2.102
Программный документ		По ГОСТ 19.101

1.3.1 Наименование конкретных документов, разрабатываемых при проектировании системы в целом или ее части, приведены в таблице А.2.

Т а б л и ц а А.2 – **Перечень документов, разрабатываемых на стадии проектирования**

Стадия создания	Наименование документа	Код документа	Часть проекта	Принадлежность к		Дополнительные указания
				проектно-сметной документации	эксплуатационной документации	
ЭП	Ведомость эскизного проекта	ЭП*	ОР	-	-	-
	Пояснительная записка к эскизному проекту	П1	ОР	-	-	-
ЭП, ПП	Схема организационной структуры	СО	ОР	-	-	Допускается включать в документ ПЗ или ПВ
	Схема структурная комплекса технических средств	С1*	ТО	X	-	Допускается включать в документ П9
	Схема функциональной структуры	С2*	ОР	-	-	При разработке документов СО, С1, С2, С3 на стадии ЭП допускается их включать в документ П1
	Перечень заданий на разработку специализированных (новых) технических средств	В9	ТО	X	-	При разработке на стадии ТП допускается включать в документ П2
	Схема автоматизации	С3*	ТО	X	-	-
	Технические задания на разработку специализированных (новых) технических средств	-	ТО	-	-	В состав проекта не входят

Продолжение таблицы А.2

Стадия создания	Наименование документа	Код документа	Часть проекта	Принадлежность к		Дополнительные указания
				проектно-сметной документации	эксплуатационной документации	
ТП	Задания на разработку строительных, электротехнических, санитарно-технических и других разделов проекта, связанных с созданием системы	-	ТО	X	-	В состав проекта не входят
	Ведомость технического проекта	ТП*	ОР	-	-	-
	Ведомость покупных изделий	ВП*	ОР	-	-	-
	Перечень входных сигналов и данных	В1	ИО	-	-	-
	Перечень выходных сигналов (документов)	В2	ИО	-	-	-
	Перечень заданий на разработку строительных, электротехнических, санитарно-технических и других разделов проекта, связанных с созданием системы	В3	ТО	X	-	Допускается включать в документ П2
	Пояснительная записка к техническому проекту	П2	ОР	-	-	Включает план мероприятий по подготовке объекта к вводу системы в эксплуатацию
	Описание автоматизируемых функций	П3	ОР	-	-	-
Описание постановки задач (комплекса задач)	П4	ОР	-	-	Допускается включать в документы П2 или П3	

Продолжение таблицы А.2

Стадия создания	Наименование документа	Код документа	Часть проекта	Принадлежность к		Дополнительные указания
				проектно-сметной документации	эксплуатационной документации	
ТП	Описание информационного обеспечения системы	П5	ИО	-	-	-
	Описание организации информационной базы	П6	ИО	-	-	-
	Описание систем классификации и кодирования	П7	ИО	-	-	-
	Описание массива информации	П8	ИО	-	-	-
	Описание комплекса технических средств	П9	ТО	-	-	Для задачи допускается включать в документ 46 по ГОСТ 19.101
	Описание программного обеспечения	ПА	ПО	-	-	-
	Описание алгоритма (проектной процедуры)	ПБ	МО	-	-	Допускается включать в документы П2, П3 или П4
	Описание организационной структуры	ПВ	ОО	-	-	-
	План расположения	С8	ТО	X	-	Допускается включать в документ П9
	Ведомость оборудования и материалов	-	ТО	X	-	-
	Локальный сметный расчет	Б2	ОР	X	-	-
ТП, РД	Проектная оценка надежности системы	Б1	ОР	-	-	-
	Чертеж формы документа (видеокадра)	С9	ИО	-	X	На стадии ТП допускается включать в документ П4 или П5

Продолжение таблицы А.2

Стадия создания	Наименование документа	Код документа	Часть проекта	Принадлежность к		Дополнительные указания
				проектно-сметной документации	эксплуатационной документации	
РД	Ведомость держателей подлинников	ДП*	ОР	-	-	-
	Ведомость эксплуатационных документов	ЭД*	ОР	-	X	-
	Спецификация оборудования	В4	ТО	X	-	-
	Ведомость потребности в материалах	В5	ТО	X	-	-
	Ведомость машинных носителей информации	ВМ*	ИО	-	X	-
	Массив входных данных	В6	ИО	-	X	-
РД	Каталог базы данных	В7	ИО	-	X	-
	Состав выходных данных (сообщений)	В8	ИО	-	X	-
	Локальная смета	Б3	ОР	X	-	-
	Методика (технология) автоматизированного проектирования	И1	ОО	-	X	-
	Технологическая инструкция	И2	ОО	-	X	-
	Руководство пользователя	И3	ОО	-	X	-
	Инструкция по формированию и ведению базы данных (набора данных)	И4	ИО	-	X	-
	Инструкция по эксплуатации КТС	ИЭ	ТО	-	X	-
	Схема соединений внешних проводок	С4*	ТО	X	-	Допускается выполнять в виде таблиц
	Схема подключения внешних проводок	С5*	ТО	X	-	То же
	Таблица соединений и подключений	С6	ТО	X	-	-
Схема деления системы (структурная)	Е1*	ТО	-	-	-	

Окончание таблицы А.2

Стадия создания	Наименование документа	Код документа	Часть проекта	Принадлежность к			Дополнительные указания
				проектно-сметной документации	эксплуатационной документации		
РД	Чертеж общего вида	ВО*	ТО	X	-	-	
	Чертеж установки технических средств	СА	ТО	X	-	-	
	Схема принципиальная	СБ	ТО	X	-	-	
	Схема структурная комплекса технических средств	С1*	ТО	X	-	-	
	План расположения оборудования и проводов	С7	ТО	X	-	-	
	Описание технологического процесса обработки данных (включая телеобработку)	ПГ	ОО	-	X	-	
	Общее описание системы	ПД	ОР	-	X	-	
	Программа и методика испытаний (компонентов, комплексов средств автоматизации, подсистемы, систем)	ПМ*	ОР	-	-	-	
	Формуляр	ФО*	ОР	-	X	-	
Паспорт	ПС*	ОР	-	X	-		

\*Документы, код которых установлен в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

*Примечания*

1 В таблице приняты следующие обозначения: ЭП – эскизный проект; ТП – технический проект; РД – рабочая документация; ОР – общесистемные решения; ОО – решения по организационному обеспечению; ТО – решения по техническому обеспечению; ИО – решения по информационному обеспечению; ПО – решения по программному обеспечению; МО – решения по математическому обеспечению.

2 Знак X обозначает принадлежность к проектно-сметной или эксплуатационной документации.

3 Номенклатуру документов одного наименования устанавливают в зависимости от принятых при создании системы проектных решений.

1.3.2 Виды документов на программные средства, используемые при создании АС (ее частей), – по ГОСТ 19.101.

1.3.3 Виды документов на технические средства, используемые при создании АС (ее частей), – по ГОСТ 2.102 и по ГОСТ 2.601 в части эксплуатационных документов.

1.3.4 В зависимости от применяемых методов проектирования и специфики создаваемых АС допускается:

1) разрабатывать групповые и базовые документы в соответствии с разд. 1, 3, 4, 6 ГОСТ 2.113;

2) выпускать документы отдельными самостоятельными частями, соответствующими разделам основного документа;

3) расширять номенклатуру документов, установленную настоящим стандартом.

1.4 На стадиях «Изготовление несерийных компонентов КСА» и «Ввод в действие» разрабатывают следующие организационно-распорядительные документы:

1) акт завершения работ;

2) акт приемки в опытную эксплуатацию;

3) акт приемки в промышленную эксплуатацию;

4) план-график работ;

5) приказ о составе приемочной комиссии;

6) приказ о проведении работ;

7) программа работ;

8) протокол испытаний;

9) протокол согласования.

## **2 КОМПЛЕКТНОСТЬ ДОКУМЕНТАЦИИ**

2.1 Перечень наименований разрабатываемых документов и их комплектность на систему и ее части должен быть определен в техническом задании на создание автоматизированной системы (подсистемы).

*Примечание* – Комплектность проектно-сметных документов определяют в соответствии с правилами, установленными системой проектной документации для строительства (СПДС).

2.2 На каждый комплект должна быть составлена ведомость документов.

2.3 Комплектность документации, обеспечивающей разработку, изготовление, приемку и монтаж технических средств, – по ГОСТ 2.102. Комплектность эксплуатационной документации на эти средства – по ГОСТ 2.601.

2.4 Комплектность документации на программные средства вычислительной техники – по ГОСТ 19.101.

2.5 При самостоятельной разработке части системы документы на нее комплектуют в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

*ПРИЛОЖЕНИЕ Б*  
*(информационное)*

**ГОСТ 34.602-89 ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ  
НА СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ  
(ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ)**

Настоящий стандарт распространяется на автоматизированные системы (АС) для автоматизации различных видов деятельности (управление, проектирование, исследование и т.п.), включая их сочетания, и устанавливает состав, содержание, правила оформления документа «Техническое задание на создание (развитие или модернизацию) системы» (далее – ТЗ на АС).

## **1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

1.1 ТЗ на АС является основным документом, определяющим требования и порядок создания (развития или модернизации – далее создания) автоматизированной системы, в соответствии с которым проводится разработка АС и ее приемка при вводе в действие.

1.2 ТЗ на АС разрабатывают на систему в целом, предназначенную для работы самостоятельно или в составе другой системы.

Дополнительно могут быть разработаны ТЗ на части АС:

- на подсистемы АС, комплексы задач АС и т.п. в соответствии с требованиями настоящего стандарта;
- комплектующие средства технического обеспечения и программно-технические комплексы в соответствии со стандартами ЕСКД и СРПП;
- программные средства в соответствии со стандартами ЕСПД;
- информационные изделия в соответствии с ГОСТ 19.201 и НТД, действующей в ведомстве заказчика АС.

*Примечание* – В ТЗ на АСУ для группы взаимосвязанных объектов следует включать только общие для группы объектов требования. Специфические требования отдельного объекта управления следует отражать в ТЗ на АСУ этого объекта.

1.3 Требования к АС в объеме, установленном настоящим стандартом, могут быть включены в задание на проектирование вновь создаваемого объекта автоматизации. В этом случае ТЗ на АС не разрабатывают.

1.4 Включаемые в ТЗ на АС требования должны соответствовать современному уровню развития науки и техники и не уступать аналогичным требованиям, предъявляемым к лучшим современным отечественным и зарубежным аналогам. Задаваемые в ТЗ на АС требования не должны ограничивать разработчика системы в поиске и реализации наиболее эффективных технических, технико-экономических и других решений.

1.5 ТЗ на АС разрабатывают на основании исходных данных, в том числе содержащихся в итоговой документации стадии «Исследование и обоснование создания АС», установленной ГОСТ 24.601.



1.6 В ТЗ на АС включают только те требования, которые дополняют требования к системам данного вида (АСУ, САПР, АСНИ и т.д.), содержащиеся в действующих НТД, и определяются спецификой конкретного объекта, для которого создается система.

1.7 Изменения к ТЗ на АС оформляют дополнением или подписанным заказчиком и разработчиком протоколом. Дополнение или указанный протокол являются неотъемлемой частью ТЗ на АС. На титульном листе ТЗ на АС должна быть запись «Действует с ... ».

## **2 СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ**

2.1. ТЗ на АС содержит следующие разделы, которые могут быть разделены на подразделы:

- 1) общие сведения;
- 2) назначение и цели создания (развития) системы;
- 3) характеристика объектов автоматизации;
- 4) требования к системе;
- 5) состав и содержание работ по созданию системы;
- 6) порядок контроля и приемки системы;
- 7) требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации к вводу системы в действие;
- 8) требования к документированию;
- 9) источники разработки.

В ТЗ на АС могут включаться приложения.

2.2 В зависимости от вида, назначения, специфических особенностей объекта автоматизации и условий функционирования системы допускается оформлять разделы ТЗ в виде приложений, вводить дополнительные, исключать или объединять подразделы ТЗ.

В ТЗ на части системы не включают разделы, дублирующие содержание разделов ТЗ на АС в целом.

2.3 В разделе «Общие сведения» указывают:

- 1) полное наименование системы и ее условное обозначение;
- 2) шифр темы или шифр (номер) договора;
- 3) наименование предприятий (объединений) разработчика и заказчика (пользователя) системы и их реквизиты;
- 4) перечень документов, на основании которых создается система, кем и когда утверждены эти документы;
- 5) плановые сроки начала и окончания работы по созданию системы;
- 6) сведения об источниках и порядке финансирования работ;
- 7) порядок оформления и предъявления заказчику результатов работ по созданию системы (ее частей), по изготовлению и наладке отдельных средств (технических, программных, информационных) и программно-технических (программно-методических) комплексов системы.

2.4 Раздел «Назначение и цели создания (развития) системы» состоит из подразделов:

- 1) назначение системы;
- 2) цели создания системы.

2.4.1 В подразделе «Назначение системы» указывают вид автоматизируемой деятельности (управление, проектирование и т.п.) и перечень объектов автоматизации (объектов), на которых предполагается ее использовать.

Для АСУ дополнительно указывают перечень автоматизируемых органов (пунктов) управления и управляемых объектов.

2.4.2 В подразделе «Цели создания системы» приводят наименования и требуемые значения технических, технологических, производственно-экономических или других показателей объекта автоматизации, которые должны быть достигнуты в результате создания АС, и указывают критерии оценки достижения целей создания системы.

2.5 В разделе «Характеристики объекта автоматизации» приводят:

1) краткие сведения об объекте автоматизации или ссылки на документы, содержащие такую информацию;

2) сведения об условиях эксплуатации объекта автоматизации и характеристиках окружающей среды.

*Примечание* – Для САПР в разделе дополнительно приводят основные параметры и характеристики объектов проектирования.

2.6 Раздел «Требования к системе» состоит из следующих подразделов:

1) требования к системе в целом;

2) требования к функциям (задачам), выполняемым системой;

3) требования к видам обеспечения.

Состав требований к системе, включаемых в данный раздел ТЗ на АС, устанавливают в зависимости от вида, назначения, специфических особенностей и условий функционирования конкретной системы. В каждом подразделе приводят ссылки на действующие НТД, определяющие требования к системам соответствующего вида.

2.6.1 В подразделе «Требования к системе в целом» указывают:

– требования к структуре и функционированию системы;

– требования к численности и квалификации персонала системы и режиму его работы;

– показатели назначения;

– требования к надежности;

– требования безопасности;

– требования к эргономике и технической эстетике;

– требования к транспортабельности для подвижных АС;

– требования к эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению компонентов системы;

– требования к защите информации от несанкционированного доступа;

– требования по сохранности информации при авариях;

– требования к защите от влияния внешних воздействий;

– требования к патентной чистоте;

– требования по стандартизации и унификации;

– дополнительные требования.

2.6.1.1 В требованиях к структуре и функционированию системы приводят:

1) перечень подсистем, их назначение и основные характеристики, требования к числу уровней иерархии и степени централизации системы;

2) требования к способам и средствам связи для информационного обмена между компонентами системы;

3) требования к характеристикам взаимосвязей создаваемой системы со смежными системами, требования к ее совместимости, в том числе указания о способах обмена информацией (автоматически, пересылкой документов, по телефону и т.п.);

4) требования к режимам функционирования системы;

5) требования по диагностированию системы;

6) перспективы развития, модернизации системы.

2.6.1.2 В требованиях к численности и квалификации персонала на АС приводят:

– требования к численности персонала (пользователей) АС;

– требования к квалификации персонала, порядку его подготовки и контроля знаний и навыков;

– требуемый режим работы персонала АС.

2.6.1.3 В требованиях к показателям назначения АС приводят значения параметров, характеризующие степень соответствия системы ее назначению.

Для АСУ указывают:

– степень приспособляемости системы к изменению процессов и методов управления, к отклонениям параметров объекта управления;

– допустимые пределы модернизации и развития системы;

– вероятностно-временные характеристики, при которых сохраняется целевое назначение системы.

2.6.1.4 В требования к надежности включают:

1) состав и количественные значения показателей надежности для системы в целом или ее подсистем;

2) перечень аварийных ситуаций, по которым должны быть регламентированы требования к надежности, и значения соответствующих показателей;

3) требования к надежности технических средств и программного обеспечения;

4) требования к методам оценки и контроля показателей надежности на разных стадиях создания системы в соответствии с действующими нормативно-техническими документами.

2.6.1.5 В требования по безопасности включают требования по обеспечению безопасности при монтаже, наладке, эксплуатации, обслуживании и ремонте технических средств системы (защита от воздействий электрического тока, электромагнитных полей, акустических шумов и т.п.), по допустимым уровням освещенности, вибрационных и шумовых нагрузок.

2.6.1.6 В требования по эргономике и технической эстетике включают показатели АС, задающие необходимое качество взаимодействия человека с машиной и комфортность условий работы персонала.

2.6.1.7 Для подвижных АС в требования к транспортабельности включают конструктивные требования, обеспечивающие транспортабельность технических средств системы, а также требования к транспортным средствам.

2.6.1.8 В требования к эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению включают:

1) условия и регламент (режим) эксплуатации, которые должны обеспечивать использование технических средств (ТС) системы с заданными техническими пока-

зателями, в том числе виды и периодичность обслуживания ТС системы или допустимость работы без обслуживания;

2) предварительные требования к допустимым площадям для размещения персонала и ТС системы, к параметрам сетей энергоснабжения и т.п.;

3) требования по количеству, квалификации обслуживающего персонала и режимам его работы;

4) требования к составу, размещению и условиям хранения комплекта запасных изделий и приборов;

5) требования к регламенту обслуживания.

2.6.1.9 В требования к защите информации от несанкционированного доступа включают требования, установленные в НТД, действующей в отрасли (ведомстве) заказчика.

2.6.1.10 В требованиях по сохранности информации приводят перечень событий: аварий, отказов технических средств (в том числе – потеря питания) и т.п., при которых должна быть обеспечена сохранность информации в системе.

2.6.1.11 В требованиях к средствам защиты от внешних воздействий приводят:

1) требования к радиоэлектронной защите средств АС;

2) требования по стойкости, устойчивости и прочности к внешним воздействиям (среде применения).

2.6.1.12 В требованиях по патентной чистоте указывают перечень стран, в отношении которых должна быть обеспечена патентная чистота системы и ее частей.

2.6.1.13 В требования к стандартизации и унификации включают: показатели, устанавливающие требуемую степень использования стандартных, унифицированных методов реализации функций (задач) системы, поставляемых программных средств, типовых математических методов и моделей, типовых проектных решений, унифицированных форм управленческих документов, установленных ГОСТ 6.10.1, общесоюзных классификаторов технико-экономической информации и классификаторов других категорий в соответствии с областью их применения, требования к использованию типовых автоматизированных рабочих мест, компонентов и комплексов.

2.6.1.14 В дополнительные требования включают:

1) требования к оснащению системы устройствами для обучения персонала (тренажерами, другими устройствами аналогичного назначения) и документацией на них;

2) требования к сервисной аппаратуре, стендам для проверки элементов системы;

3) требования к системе, связанные с особыми условиями эксплуатации;

4) специальные требования по усмотрению разработчика или заказчика системы.

2.6.2 В подразделе «Требование к функциям (задачам), выполняемым системой» приводят:

1) по каждой подсистеме перечень функций, задач или их комплексов (в том числе обеспечивающих взаимодействие частей системы), подлежащих автоматизации; при создании системы в две или более очереди - перечень функциональных подсистем, отдельных функций или задач, вводимых в действие в 1-й и последующих очередях;

2) временной регламент реализации каждой функции, задачи (или комплекса задач);

3) требования к качеству реализации каждой функции (задачи или комплекса задач), к форме представления выходной информации, характеристики необходимой точности и времени выполнения, требования одновременности выполнения группы функций, достоверности выдачи результатов;

4) перечень и критерии отказов для каждой функции, по которой задаются требования по надежности.

2.6.3 В подразделе «Требования к видам обеспечения» в зависимости от вида системы приводят требования к математическому, информационному, лингвистическому, программному, техническому, метрологическому, организационному, методическому и другие видам обеспечения системы.

2.6.3.1 Для математического обеспечения системы приводят требования к составу, области применения (ограничения) и способам использования в системе математических методов и моделей, типовых алгоритмов и алгоритмов, подлежащих разработке.

2.6.3.2 Для информационного обеспечения системы приводят требования:

- 1) к составу, структуре и способам организации данных в системе;
- 2) к информационному обмену между компонентами системы;
- 3) к информационной совместимости со смежными системами;
- 4) по использованию общесоюзных и зарегистрированных республиканских, отраслевых классификаторов, унифицированных документов и классификаторов, действующих на данном предприятии;
- 5) по применению систем управления базами данных;
- 6) к структуре процесса сбора, обработки, передачи данных в системе и представлению данных;
- 7) к защите данных от разрушений при авариях и сбоях в электропитании системы;
- 8) к контролю, хранению, обновлению и восстановлению данных;
- 9) к процедуре придания юридической силы документам, продуцируемым техническими средствами АС (в соответствии с ГОСТ 6.10.4).

2.6.3.3 Для лингвистического обеспечения системы приводят требования к применению в системе языков программирования высокого уровня, языков взаимодействия пользователей и технических средств системы, а также требования к кодированию и декодированию данных, к языкам ввода-вывода данных, языкам манипулирования данными, средствам описания предметной области (объекта автоматизации), к способам организации диалога.

2.6.3.4 Для программного обеспечения системы приводят перечень покупных программных средств, а также требования:

- 1) к независимости программных средств от используемых СВТ и операционной среды;
- 2) к качеству программных средств, а также к способам его обеспечения и контролю;
- 3) по необходимости согласования вновь разрабатываемых программных средств с фондом алгоритмов и программ.

2.6.3.5 Для технического обеспечения системы приводят требования:

- 1) к видам технических средств, в том числе к видам комплексов технических средств, программно-технических комплексов и других комплектующих изделий, допустимых к использованию в системе;

2) к функциональным, конструктивным и эксплуатационным характеристикам средств технического обеспечения системы.

2.6.3.6 В требованиях к метрологическому обеспечению приводят:

- 1) предварительный перечень измерительных каналов;
- 2) требования к точности измерений параметров и (или) к метрологическим характеристикам измерительных каналов;
- 3) требования к метрологической совместимости технических средств системы;
- 4) перечень управляющих и вычислительных каналов системы, для которых необходимо оценивать точностные характеристики;
- 5) требования к метрологическому обеспечению технических и программных средств, входящих в состав измерительных каналов системы, средств, встроенного контроля, метрологической пригодности измерительных каналов и средств измерений, используемых при наладке и испытаниях системы;
- 6) вид метрологической аттестации (государственная или ведомственная) с указанием порядка ее выполнения и организаций, проводящих аттестацию.

2.6.3.7 Для организационного обеспечения приводят требования:

- 1) к структуре и функциям подразделений, участвующих в функционировании системы или обеспечивающих эксплуатацию;
- 2) к организации функционирования системы и порядку взаимодействия персонала АС и персонала объекта автоматизации;
- 3) к защите от ошибочных действий персонала системы.

2.6.3.8 Для методического обеспечения САПР приводят требования к составу нормативно-технической документации системы (перечень применяемых при ее функционировании стандартов, нормативов, методик и т.п.).

2.7 Раздел «Состав и содержание работ по созданию (развитию) системы» должен содержать перечень стадий и этапов работ по созданию системы в соответствии с ГОСТ 24.601, сроки их выполнения, перечень организаций - исполнителей работ, ссылки на документы, подтверждающие согласие этих организаций на участие в создании системы, или запись, определяющую ответственного (заказчик или разработчик) за проведение этих работ.

В данном разделе также приводят:

- 1) перечень документов по ГОСТ 34.201-89, предъявляемых по окончании соответствующих стадий и этапов работ;
- 2) вид и порядок проведения экспертизы технической документации (стадия, этап, объем проверяемой документации, организация-эксперт);
- 3) программу работ, направленных на обеспечение требуемого уровня надежности разрабатываемой системы (при необходимости);
- 4) перечень работ по метрологическому обеспечению на всех стадиях создания системы с указанием их сроков выполнения и организаций-исполнителей (при необходимости).

2.8 В разделе «Порядок контроля и приемки системы» указывают:

- 1) виды, состав, объем и методы испытаний системы и ее составных частей (виды испытаний в соответствии с действующими нормами, распространяющимися на разрабатываемую систему);
- 2) общие требования к приемке работ по стадиям (перечень участвующих предприятий и организаций, место и сроки проведения), порядок согласования и утверждения приемочной документации;

3) статус приемочной комиссии (государственная, межведомственная, ведомственная).

2.9 В разделе «Требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации к вводу системы в действие» необходимо привести перечень основных мероприятий и их исполнителей, которые следует выполнить при подготовке объекта автоматизации к вводу АС в действие.

В перечень основных мероприятий включают:

1) приведение поступающей в систему информации (в соответствии с требованиями к информационному и лингвистическому обеспечению) к виду, пригодному для обработки с помощью ЭВМ;

2) изменения, которые необходимо осуществить в объекте автоматизации;

3) создание условий функционирования объекта автоматизации, при которых гарантируется соответствие создаваемой системы требованиям, содержащимся в ТЗ;

4) создание необходимых для функционирования системы подразделений и служб;

5) сроки и порядок комплектования штатов и обучения персонала.

Например, для АСУ приводят:

– изменения применяемых методов управления;

– создание условий для работы компонентов АСУ, при которых гарантируется соответствие системы требованиям, содержащимся в ТЗ.

2.10 В разделе «Требования к документированию» приводят:

1) согласованный разработчиком и Заказчиком системы перечень подлежащих разработке комплектов и видов документов, соответствующих требованиям ГОСТ 34.201-89 и НТД отрасли заказчика; перечень документов, выпускаемых на машинных носителях; требования к микрофильмированию документации;

2) требования по документированию комплектующих элементов межотраслевого применения в соответствии с требованиями ЕСКД и ЕСПД;

3) при отсутствии государственных стандартов, определяющих требования к документированию элементов системы, дополнительно включают требования к составу и содержанию таких документов.

2.11 В разделе «Источники разработки» должны быть перечислены документы и информационные материалы (технично-экономическое обоснование, отчеты о законченных научно-исследовательских работах, информационные материалы на отечественные, зарубежные системы-аналоги и др.), на основании которых разрабатывалась ТЗ и которые должны быть использованы при создании системы.

2.12 В состав ТЗ на АС при наличии утвержденных методик включают приложения, содержащие:

1) расчет ожидаемой эффективности системы;

2) оценку научно-технического уровня системы.

Приложения включают в состав ТЗ на АС по согласованию между разработчиком и заказчиком системы.

### **3 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ**

3.1 Разделы и подразделы ТЗ на АС должны быть размещены в порядке, установленном в разд. 2 настоящего стандарта.

3.2 ТЗ на АС оформляют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105 на листах формата А4 по ГОСТ 2.301 без рамки, основной надписи и дополнительных граф к ней.

Номера листов (страниц) проставляют, начиная с первого листа, следующего за титульным листом, в верхней части листа (над текстом, посередине) после обозначения кода ТЗ на АС.

3.3 Значения показателей, норм и требований указывают, как правило, с предельными отклонениями или максимальным и минимальным значениями. Если эти показатели, нормы, требования однозначно регламентированы НТД, в ТЗ на АС следует приводить ссылку на эти документы или их разделы, а также дополнительные требования, учитывающие особенности создаваемой системы. Если конкретные значения показателей, норм и требований не могут быть установлены в процессе разработки ТЗ на АС, в нем следует сделать запись о порядке установления и согласования этих показателей, норм и требований:

«Окончательное требование (значение) уточняется в процессе ... и согласовывается протоколом с ... на стадии ...».

При этом в текст ТЗ на АС изменений не вносят.

3.4 На титульном листе помещают подписи заказчика, разработчика и согласующих организаций, которые скрепляют гербовой печатью. При необходимости титульный лист оформляют на нескольких страницах. Подписи разработчиков ТЗ на АС и должностных лиц, участвующих в согласовании и рассмотрении проекта ТЗ на АС, помещают на последнем листе.

3.5 При необходимости на титульном листе ТЗ на АС допускается помещать установленные в отрасли коды, например: гриф секретности, код работы, регистрационный номер ТЗ и др.

3.6 Титульный лист дополнения к ТЗ на АС оформляют аналогично титульному листу технического задания. Вместо наименования «Техническое задание» пишут «Дополнение № ... к ТЗ на АС ...».

3.7 На последующих листах дополнения к ТЗ на АС помещают основание для изменения, содержание изменения и ссылки на документы, в соответствии с которыми вносятся эти изменения.

3.8 При изложении текста дополнения к ТЗ следует указывать номера соответствующих пунктов, подпунктов, таблиц основного ТЗ на АС и т.п. и применять слова: «заменить», «дополнить», «исключить», «изложить в новой редакции».



Учебное издание

*ЕРОФЕЕВ Александр Александрович*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ  
Учебно-методическое пособие  
Ч А С Т Ь 1

Редактор *Н.А. Дашкевич*

Технический редактор *В.Н. Кучерова*

Корректор *Т.А. Пугач*

Подписано в печать 01.10.2012 г. Формат 60 × 84 1/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 14,14. Уч.-изд. л. 13,48. Тираж 500 экз.  
Зак. №                      Изд. № 26

Издатель и полиграфическое исполнение  
Белорусский государственный университет транспорта:  
ЛИ № 02330/0552508 от 09.07.2009 г.  
ЛП № 02330/0494150 от 03.04.2009 г.  
246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34