



**С.Б. Якимович**  
**М.А. Быковский**  
**С.С. Якимович**

**ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ**

Электронное издание

Электронный архив УГЛТУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный  
лесотехнический университет»

ФГБОУ ВО «Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана»

**С.Б. Якимович**  
**М.А. Быковский**  
**С.С. Якимович**

## **ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ**

Учебное пособие

2-е издание, переработанное и дополненное

*Учебное пособие содержит сведения, необходимые для формирования профессиональных компетенций при подготовке бакалавров и магистров по направлениям 35.03.02 и 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», и рекомендуется Научно-методическим советом по лесному хозяйству для использования в учебном процессе*

Екатеринбург  
2018

УДК 004: 630\*: 51-74

ББК 43.9

Я45

Рецензенты:

И.В. Григорьев – д-р техн. наук, проф. кафедры «Технология и оборудование лесного комплекса» ФГБОУ ВО Якутской государственной сельскохозяйственной академии;

кафедра «Технология и оборудование лесопромышленного производства» Мытищинского филиала ФГБОУ ВО МГТУ им Н.Э. Баумана

**Якимович С.Б.**

Я 45      **Информационное обеспечение в лесном комплексе** [Электронный ресурс]: учеб. пособие / С.Б. Якимович, М.А. Быковский, С.С. Якимович. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2018. 206 с. 6,64 Мб. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). Мин. Системные требования: IBM Intel Celeron 1,3 ГГц; Microsoft Windows XP SP3; Видеосистема Intel HD Graphics; дисковод, мышь. Загл. с экрана.

ISBN 978-5-94984-622-3

Изложены теория информационных систем, локальных и глобальных сетей, принципы организации Internet/Intranet, современные системы связи. Приведены методы, методики моделирования и модели информационных процессов в лесном комплексе. Дан пример проектирования системы информационного обеспечения предприятия лесного комплекса.

Пособие предназначено для бакалавриата и магистратуры направлений 35.03.02 и 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств».

УДК 004: 630\*: 51-74

ББК 43.9

ISBN 978-5-94984-622-3

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2018

© Якимович С.Б., Быковский М.А., Якимович С.С., 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	8
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	10
1.1. Общие понятия .....	10
Контрольные вопросы.....	17
1.2. Информационная технология в лесопромышленном комплексе .....	17
1.2.1. Циклы организации и существования данных лесопромышленного комплекса.....	17
1.2.1.1. Знания и их представление в средствах вычислительной техники.....	20
1.2.1.2. Базы данных. Структура и области применения...	21
1.2.1.3. Проектирование баз данных лесопромышленного комплекса.....	26
1.2.2. Информационные технологические процессы.....	31
1.2.2.1. Информационные технологии как отображение структуры материального производства.....	32
1.2.2.2. Информационная технология как система.....	33
1.2.2.3. Информационная технология без обработки и с обработкой данных на средствах вычислительной техники.....	34
1.2.2.4. Автоматизированные информационные технологии.....	35
1.2.2.5. Автоматизированное управление для организационно-экономического уровня производства...	36
1.2.3. Средства информационных технологий.....	37
1.2.3.1. Основные понятия компьютерных сетей.....	37
1.2.3.2. Типы сетей.....	42
1.2.3.3. Топология сети.....	47
1.2.3.4. Сетевые архитектуры.....	54
1.2.3.5. Сетевые кабели.....	55
1.2.3.6. Проводные сети широкополосного доступа.....	58
1.2.3.7. Беспроводные сети.....	63
1.2.3.8. Расширение сетей.....	66
Контрольные вопросы.....	67
1.3. Моделирование информационных процессов и документооборота лесопромышленного предприятия.....	68
1.3.1. Основные понятия теории графов.....	68
1.3.1.1. Математическое описание графов матрицей смежности.....	69
1.3.1.2. Объединение графов и матриц смежности.....	70

1.3.2. Методика исследования потоков информации лесопромышленного предприятия. Общие сведения.....	72
1.3.2.1. Исходный материал для анализа.....	73
1.3.2.2. Математическая информационная модель объекта исследования.....	74
1.3.3. Имитационное моделирование информационных процессов в лесном комплексе.....	82
1.3.3.1. Сети Петри. Основные понятия.....	82
1.3.3.2. Имитационная модель информационного процесса.....	84
1.3.3.3. Алгебраические операции над моделью информационного процесса.....	86
1.3.3.4. Динамика функционирования модели информационного процесса.....	91
1.3.3.5. Методы анализа моделей информационных процессов.....	92
1.3.3.6. Методика оптимизации информационных процессов лесопромышленного предприятия по времени.....	96
Контрольные вопросы	100
1.4. Информационные сети корпораций и предприятий .....	100
1.4.1. Общее представление о сети.....	100
1.4.2. Internet и Intranet: организация, структура и методы....	101
1.4.2.1. Структура.....	101
1.4.2.2. Соответствие уровней модели OSI/ISO и Internet (Intranet). Протоколы Internet.....	106
1.4.2.3. Система сетевых адресов. Доменная система имен.....	115
1.4.2.4. Маршрутизация. Общие сведения.....	117
1.4.2.5. Виды доступа в Internet. Провайдеры.....	119
1.4.3. Intranet и информационное обеспечение лесного комплекса.....	121
1.4.3.1. Структура и средства организации Intranet.....	123
1.4.3.2. Технологии Intranet.....	127
1.4.4. Internet-ресурсы для лесопромышленного комплекса..	131
Контрольные вопросы.....	133
<b>2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ.....</b>	<b>134</b>
2.1. Общая характеристика предприятия .....	138
2.1.1. Общие сведения.....	138
2.1.2. Структура управления.....	139
2.1.3. Основные задачи.....	139
2.1.4. Режим работы предприятия.....	139

2.1.7. Транспортная доступность, существующая транспортная сеть.....	141
2.2. Анализ существующей технологии лесозаготовок и деревопереработки .....	143
2.2.1. Подготовительные и лесосечные работы.....	143
2.2.2. Лесотранспортные работы.....	143
2.2.3. Лесоскладские работы.....	143
2.2.4. Существующая информационная технология и аппаратные средства предприятия.....	144
2.2.4.1. Информационные потребности предприятия.....	144
2.2.4.2. План помещений служб персонала предприятия..	145
2.2.4.3. Существующая информационная технология предприятия.....	145
2.3. Анализ деятельности предприятия .....	150
2.3.1. Анализ функционирования существующей системы информационного обеспечения предприятия.....	150
2.4. Обоснование темы, целей и задач проектирования .....	154
2.5. Исходные данные для проектирования.....	155
2.5.1. Интервал времени моделирования документооборота..	162
2.5.2. Территориальная основа и другая информация для проектирования.....	162
2.6. Обзор информации о теории и практике решения аналогичных задач.....	162
2.7. Разработка вариантов проектных решений.....	164
2.7.1. Проект и смета расходов сети по топологии «звезда»...	165
2.7.2. Проект и смета расходов сети по топологии «звезда-шина».....	167
2.8. Разработка принятого варианта.....	169
2.8.1. Математическое моделирование потоков информации на основе документооборота предприятия. Построение информационного графа.....	169
2.8.2. Математическое моделирование и расчет объемов информации предприятия.....	178
2.8.3. Построение иерархической и функциональной структур информационных потоков предприятия.....	189
2.8.4. Разработка информационной технологии предприятия	192
2.8.4.1. Проектная структура информационной технологии предприятия.....	192
2.8.4.2. Определение комплекса решаемых задач и построение модели предметной области информационного обеспечения. Обоснование вида базы данных.....	193
2.8.4.3. Модель информационного процесса на основе сетей Петри.....	194

2.8.4.4. Обоснование применения Internet (Intranet)- технологии.....	197
2.8.5. Обоснование технического обеспечения СИО.....	198
2.8.5.1. Синтез аппаратных и программных средств.....	198
2.8.5.2. Проект локальной сети предприятия.....	199
2.9. Экономическое обоснование проектируемого варианта.....	201
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	202
Библиографический список .....	204

## ВВЕДЕНИЕ

Цивилизация в своем развитии достигла стадии информационного общества, которое характеризуется значительными объемами потоков информации и, как следствие, ростом потребностей в сфере информационных обменов. Информация является решающим фактором в мировой политике, экономике торговых, промышленных, сельскохозяйственных и других отраслях и представляет собой совокупность сведений, которые необходимо отображать, фиксировать, передавать, хранить, преобразовывать и использовать в соответствии с потребностями. В связи с этим значимость знаний и умений в области информатизации оценивается потребностью в информации и информационных технологиях, определяющих способы оперирования с информацией в различных сферах человеческой деятельности. Перечислим лишь часть из них:

- 1) управление различными средствами общественной деятельности, в том числе и производством;
- 2) учет и контроль в материально-техническом снабжении, экономике предприятия и других видах деятельности;
- 3) проектирование (в том числе технологических процессов лесопромышленного комплекса);
- 4) образование и наука.

Перечисленные сферы имеют непосредственное отношение к производству лесного комплекса, качество и конкурентоспособность которого невозможно обеспечить, не пользуясь такими мощными информационными инструментами, как компьютеры и компьютерные сети различных видов.

Целью настоящего издания является предоставление теоретического материала и примера его практического приложения в области современных информационных технологий применительно к лесному комплексу. Основное внимание уделяется идеологии и принципам построения современных систем информационного обеспечения. Значительный объем информации дается на уровне расширенных понятий. Детали (программное обеспечение, настройка сетевых ресурсов, установка протоколов, драйверов и пр.) в достаточном объеме представлены в многообразии литературных и Интернет источников. Освоение содержания учебного пособия специалистами лесного дела необходимо для получения базовых знаний и умений в сфере автоматизированного проектирования, разработки и внедрения систем информационного обеспечения документооборота лесного предприятия.



Освоение содержания учебного пособия бакалаврами и магистрантами направлений 35.03.02 и 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» необходимо для получения базовых знаний и умений в сфере информационных технологий и умению самостоятельно применять полученные знания на практике.

Над пособием работали:

Сергей Борисович Якимович, заведующий кафедрой технологии и оборудования лесопромышленного производства Уральского государственного лесотехнического университета, д-р техн. наук.

Максим Анатольевич Быковский, декан факультета лесного хозяйства, лесопромышленных технологий и садово-паркового строительства Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана, канд. техн. наук.

Сергей Сергеевич Якимович, начальник отдела сетевых технологий.

Cisco Certified Internetwork Expert Service Provider, департамент инфраструктурных решений АО «Открытые Технологии», г. Москва.

## 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 1.1. Общие понятия

При любом виде деятельности информация рассматривается как ресурс. Под ресурсом понимается нечто, подлежащее измерению, преобразованию и обладающее определенной ценностью. **Информация** – совокупность сообщений, приносящая определенную осведомленность [1]. Информация предполагает наличие какого-либо источника информации и её потребителя.

Информацию рассматривают в следующих измерительных пространствах [2, 3]:

1) семантическом: определяется ценность информации с точки зрения её способности обеспечить достижение цели управления;

2) структурном: рассматриваются вопросы измерения информации с позиции её хранения в различных информационных хранилищах (базы данных). В данном случае единицей информации является элементарная структурная единица – запись;

3) статистическом: дается количественная оценка информации в битах.

Из перечисленных подходов к оценке (измерению) информации наиболее развитым является третий подход, реализованный в теории информации [4], где принята единица измерения информации – бит (*binary digit* – двоичная единица, двоичный знак). Измерение информации есть определение её количества.

Что понимается под количеством информации? Как определить (измерить) это количество информации? Ответ на эти и другие вопросы, связанные с количественными закономерностями получения, передачи, обработки и хранения информации, дает теория информации, основанная на статистическом подходе.

**Количество информации** – мера снятой неопределенности относительно состояния какого-либо объекта. Мерой степени неопределенности состояния объекта является **информационная энтропия**. Например, лесоучасток, намеченный в рубку в текущий момент времени, характеризуется определенным состоянием, отражаемым совокупностью таксационных показателей случайного характера. Если эти показатели были бы детерминированными (строго определенными во времени), то не существовало бы необходимости в получении информации (сообщения) о состоянии лесоучастка, поскольку все было бы известно заранее. Однако это не так, ибо состоянию лесоучастка заведомо присуща какая-то степень неопределенности. И чтобы снять

неопределенность, необходимо получить соответствующую информацию. Очевидно, что информация будет иметь тем большую ценность, чем больше была неопределенность состояния объекта до получения сообщения о нем. Как измерить большую или меньшую степень неопределенности и дать сравнительную оценку? Для понимания сущности этого измерения рассмотрим три простейших объекта с различным числом возможных состояний:

4) для монеты определены 2 состояния (герб и цифра номинальной стоимости), и вероятность нахождения объекта в каком-либо из них равна 0,5;

5) для игральной кости определены 6 состояний (1, 2, ..., 6), и вероятность каждого состояния равна 1/6;

6) для двух игральных костей определено 36 состояний, и вероятность каждого 1/36.

В представленных объектах интуитивно определяется, что наименьшую степень неопределенности имеет монета, так как число возможных состояний наименьшее, а наибольшую неопределенность имеют две игральные кости. Другими словами, чем больше число возможных состояний объекта, информацию о действительном состоянии которого необходимо получить, тем меньше вероятность нахождения объекта в данном состоянии и больше неопределенность. Следовательно, кроме количества состояний объекта степень неопределенности определяет также вероятность состояния. Для тех же самых костей, имеющих встроенные магниты в соответствующие грани, при бросании на металлическую поверхность вероятность выпадения комбинации граней с магнитами практически равна 0,99, т.е. состояние системы известно заранее и степень её неопределенности весьма мала.

**Понятие единицы информации и меры её измерения.** В качестве меры априорной неопределенности (т.е. неопределенности возможной, теоретической, до опыта) объекта в теории информации принимается специальная характеристика – энтропия, которая обладает следующими свойствами [4].

**Первое свойство энтропии.** Увеличение количества возможных состояний увеличивает энтропию, а при заданном числе состояний она обращается в максимум, когда эти состояния равновероятны.

**Второе свойство энтропии.** Энтропия обращается в нуль, когда состояние объекта достоверно, а другие невозможны (состояние полной определенности). Например, герб монеты после факта выпадения его или известный средний объем хлыста древостоя на лесоучастке, назначенном в рубку.

**Третье свойство энтропии.** Для нескольких независимых объектов их энтропии складываются, т.е. свойство аддитивности.

Перечисленными свойствами обладает мера, предложенная известным физиком Л. Больцманом и получившая развитие в работах Р. Хартли и К. Шеннона, которая названа информационной энтропией и имеет следующее математическое описание.

Во-первых, по формуле Хартли

$$H = K \cdot \log_2 n, \quad (1.1)$$

где  $H$  – энтропия, характеризующая неопределенность относительно какого-то объекта;  $K$  – переводной коэффициент, который принят в теории информации, равным 1;  $n$  – количество возможных состояний объекта.

Например, для объекта монета, которая имеет 2 возможных состояния, энтропия равна  $H = 1 \cdot \log_2 2 = 1$ .

Во-вторых, по формуле Шеннона

$$H = -K \sum_i P_i \log_2 P_i, \quad (1.2)$$

где  $P_i$  – вероятность появления  $i$ -го состояния;  $i$  – количество возможных состояний.

Для монеты численное значение энтропии по формуле Шеннона следующее:

$$H = -\left(\frac{1}{2} \cdot \log_2 \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \log_2 \frac{1}{2}\right) = 1. \quad (1.3)$$

Изложенная мера может быть также использована для количественной оценки всего многообразия лесной продукции [5].

Выбор единицы измерения для рассмотренной меры основан на том факте, что ЭВМ оперируют с двоичной системой исчисления, которая отображает два состояния двоичного числа 0 и 1. Если принять два возможных состояния за единицу, то получим единицу измерения энтропии и информации (бит). Полным физическим аналогом этой единицы является бросаемая монета с последующим выпадением герба или цифры (0 или 1). График энтропии при бросании монеты в зависимости от вероятности ее состояний на основе выражения (1.2) представлен на рис. 1.1, а её количественное выражение до опыта (до события падения) определяется по выражению (1.3).

Определив понятие единицы измерения энтропии, весьма просто найти количество информации посредством измерения количества уменьшения энтропии после получения информации, с которым (уменьшением) снижается степень неопределенности объекта. Тогда

количество информации, получаемое при полном выяснении состояния объекта, равно энтропии этого объекта:

$$I = H - H_{\text{после опыта}}, \quad (1.4)$$

где  $I$  – численное значение количества информации.

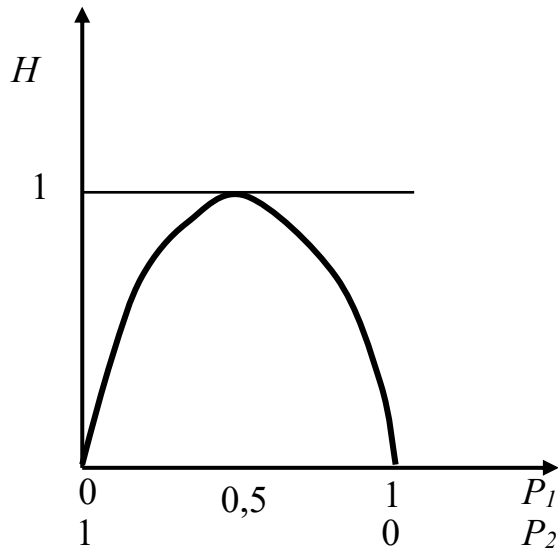


Рис. 1.1. Зависимость энтропии от вероятностей появления герба ( $P_1$ ) или цифры ( $P_2$ ) при бросании монеты

Например, для монеты (не забывайте, что этот объект – физический аналог бита) энтропия  $H$  до получения информации (до опыта) определяется по выражению (1.3), а после опыта

$$H_{\text{после опыта}} = -(1 \cdot \log_2 1 + 0 \cdot \log_2 0) = 0. \quad (1.5)$$

На основе выражений (1.3) – (1.5) имеем  $I = 1 - 0 = 1$  бит.

Соотношения бита с единицами измерения информации более высокого порядка следующие:

1 байт = 8 бит,

1 Кбайт = 1024 байт,

1 Мбайт = 1024 Кбайт = 1048576 байт,

1 Гбайт = 1024 Мбайт = 1048576 Кбайт = 1073741824 байт.

**Понятие информационной технологии.** *Технология* – это совокупность способов преобразования предмета труда и средств, реализующих эти преобразования. **Информационные технологии** – это совокупность способов сбора, преобразования, хранения и передачи данных и знаний (предмет труда), а также совокупность средств, реализующих эти способы. **Сбор, преобразование, хранение, передача** – технологический процесс (о нём несколько позже).

К информационным средствам относятся:  
информационные системы, среди которых выделяются два уровня:

а) функциональный:

*АСУ* – автоматизированная система управления;

*САПР* – система автоматизированного проектирования;

*АСНИ* – автоматизированная система научных исследований;

*ГИС* – геоинформационные системы, обеспечивающие сбор, обработку и представление информации по географическому признаку, причем информация предоставляется в картографическом виде, по каждому слою которого отображаются данные в текстовом, графическом, аудио и видео представлении;

*АОС* – автоматизированные обучающие системы;

б) конкретные уровни:

*АСУ* – системы управления харвестерами, форвардерами и др.;

*САПР* – САПР лесных складов, Базис-Конструктор-Мебельщик, КЗ-Коттедж; House Creator; Google SketchUp; Arcon; Сударушка;

*АСНИ* – LabVIEW, Mathcad, Statistica, Maple;

программные средства создания информационных систем (языки программирования);

аппаратные средства информационной техники и сети.

Общее представление об информационных технологиях получим на примере информационной технологии управления. Под информационной технологией управления понимаются способы сбора, хранения, обработки и передачи информации и средства, их реализующие с целью обслуживания материального производства и обеспечения наибольшего эффекта функционирования предприятия.

Общая схема материального производства с учетом всех видов потоков (материалы, энергия и информация, которая выделена отдельно) структурно реализуется в виде схемы на рис. 1.2.

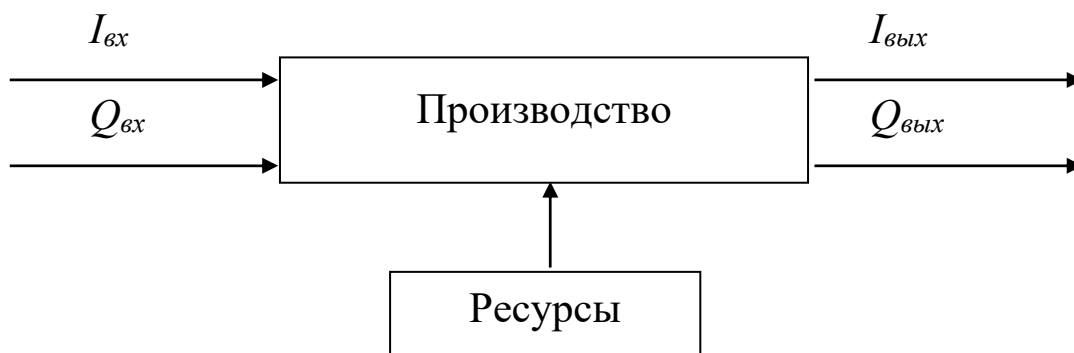


Рис. 1.2. Схема материального производства:

$Q_{вх}$  – сырье, подлежащее переработке;  $Q_{вых}$  – выпускаемая продукция;  $I_{вх}$  – входная информация, представляющая собой сведения о характеристиках сырья, структуре технологического потока, последовательности операций (маршрутов) по преобразованию сырья в конечную продукцию;  $I_{вых}$  – информация о текущих изменениях в процессе производства и выпускаемой продукции

Под производством понимается совокупность технологических процессов и оборудования, реализующего эти потоки.

Структурная схема производства с учетом информационной технологии управления (на основе схемы, представленной на рис. 1.2) приведена на рис. 1.3.

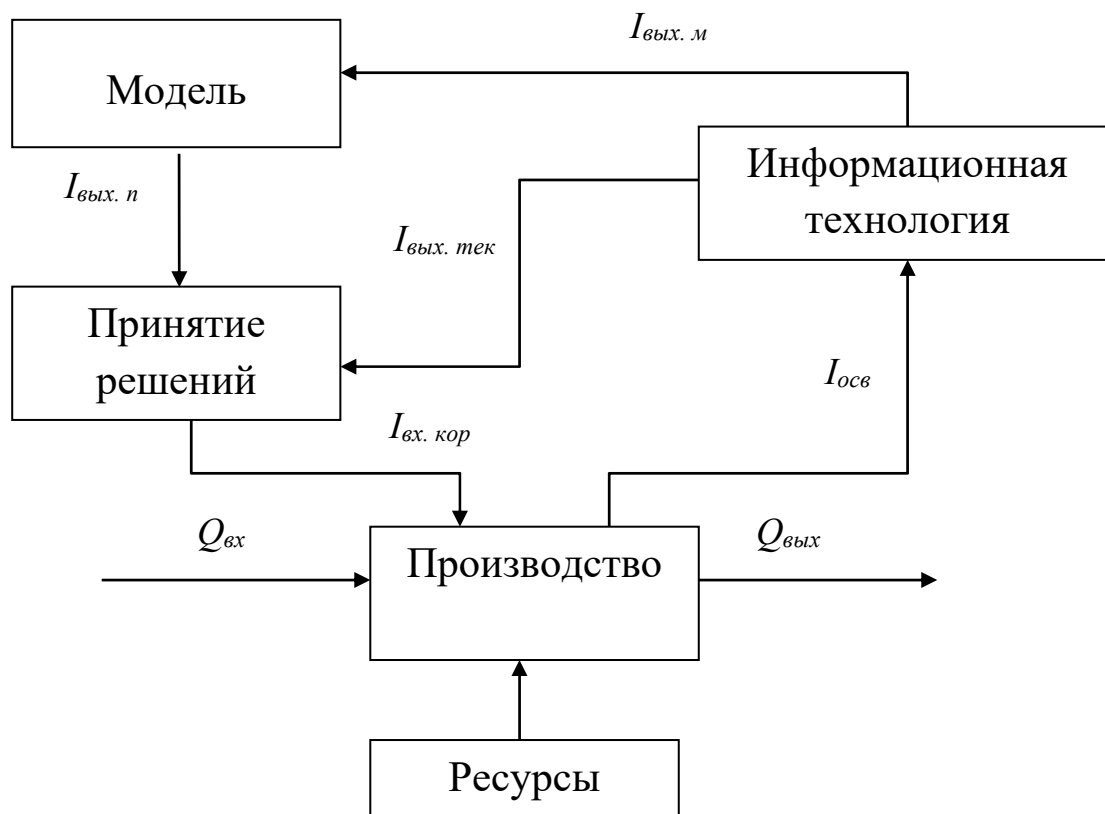


Рис. 1.3. Схема материального производства с учетом информационных технологий управления

Здесь приняты следующие обозначения:  $I_{осв}$  – информация о характере производства и выпускаемой продукции как текущая с точки зрения оперативности управления, так и предполагаемая с точки зрения проектирования производства;  $I_{вых.м}$  – информация, полученная на основе информационной технологии для формирования модели производства;  $I_{вых.тек}$  – информация, учитывающая фактор времени и дополняющая процедуру принятия решений вследствие каких-либо изменений после создания модели;  $I_{вых.п}$  – информация, полученная на основе действий с моделью производства для принятия решений относительно производства;  $I_{вх.кор}$  – информация, полученная на основе принятия решений для корректировки (выполнения определенных действий) относительно производства с точки зрения долгосрочного стратегического

управления. Модель производства представляется в виде маршрутов, алгоритмов, графов, математических зависимостей и иных форм.

Конкретный пример организации мастерского участка по производству хлыстов и сортиментов на основе применения информационных технологий приведен на рис. 1.4.

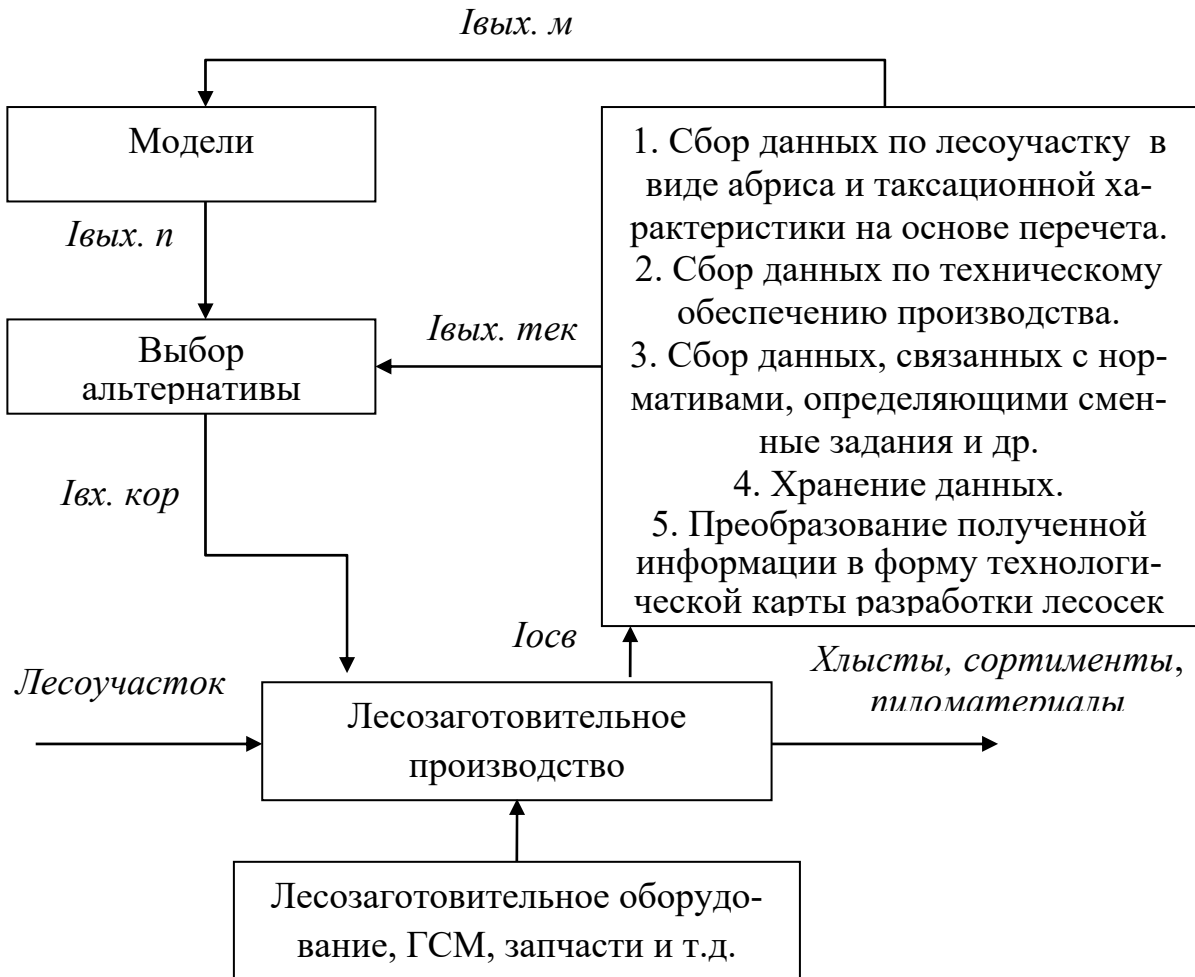


Рис. 1.4. Схема организация производства мастерского участка лесозаготовок

На рис. 1.4 *I<sub>вых.п</sub>* – информация, определяющая проектные решения в виде визиров, обозначающих границы делянок, пасек, волоков, погрузочного пункта и т.д., а также последовательности выполнения технологических операций при получении конечного продукта, количества лесозаготовительных машин и их типов (марки), количества рабочих в бригаде и другая информация, связанная с организацией работ на лесосеке; *I<sub>вх.кор</sub>* – информация, определяющая соответствующие действия для реализации производства (разбивка волоков, распределение комплектов лесозаготовительных машин); *I<sub>вых.тек</sub>* – информация об изменении последовательности обработки делянок и траектории или трассы волоков при ухудшении несущей способности



грунтов. Технологические карты строятся в виде нескольких альтернативных вариантов для выбора наиболее подходящей к условиям конкретного лесоучастка.

## **Контрольные вопросы**

1. Что понимается под информацией?
2. Как она измеряется?
3. Дайте понятие информационной технологии?
4. Каковы ее составляющие?
5. Как информационная технология связана с производством лесозаготовок?

## **1.2. Информационная технология в лесопромышленном комплексе**

Информационная технология включает в себя предмет обработки (информацию), орудия обработки (средства обработки), последовательность обработки (способ обработки).

### **1.2.1. Циклы организации и существования данных лесопромышленного комплекса**

Предмет обработки в информационных технологиях – это данные и знания. Данные – это формализованное представление различных факторов (информации). Под формализацией понимается представление факторов в символьном виде, возможном для восприятия средствами обработки информации, например персональными компьютерами (ПК). Данные в компьютерном виде могут представляться в виде баз данных.

Данные структурируются:

1. По предметному признаку (сырью, готовой продукции, машинам и оборудованию, энергетическим источникам, запчастям и т.д.), что используется при разработке хранилищ данных, в частности баз данных.

2. По иерархиям управления предприятием на основе информационных потоков, что применяется при разработке моделей информационных потоков.

В качестве примера информационного потока между иерархиями предприятия (рис. 1.5) рассматривается поток данных, характеризующий себестоимость и объем сортиментов при заготовке древесины харвестером. Сменный объем производства комплекта машин «харвестер-форвардер» фиксируется информационной системой

харвестера (MaxiXplorer и др.) на первом уровне иерархии. Сумма этих данных передается на мастерский участок (предприятие) в виде информационных потоков. Затем эти данные передаются на уровень лесопромышленного предприятия. Обратный информационный поток от лесопромышленного предприятия носит корректирующий характер с указанием, к примеру, какой вид сортимента и кому необходимо выпускать в больших или меньших объемах. Эти объемы определяются текущим спросом на тот или иной вид сортимента. Информационный поток между уровнями организован относительно стоимостного показателя продукции, обеспеченности комплектующими и другими ресурсами, необходимыми для производства.

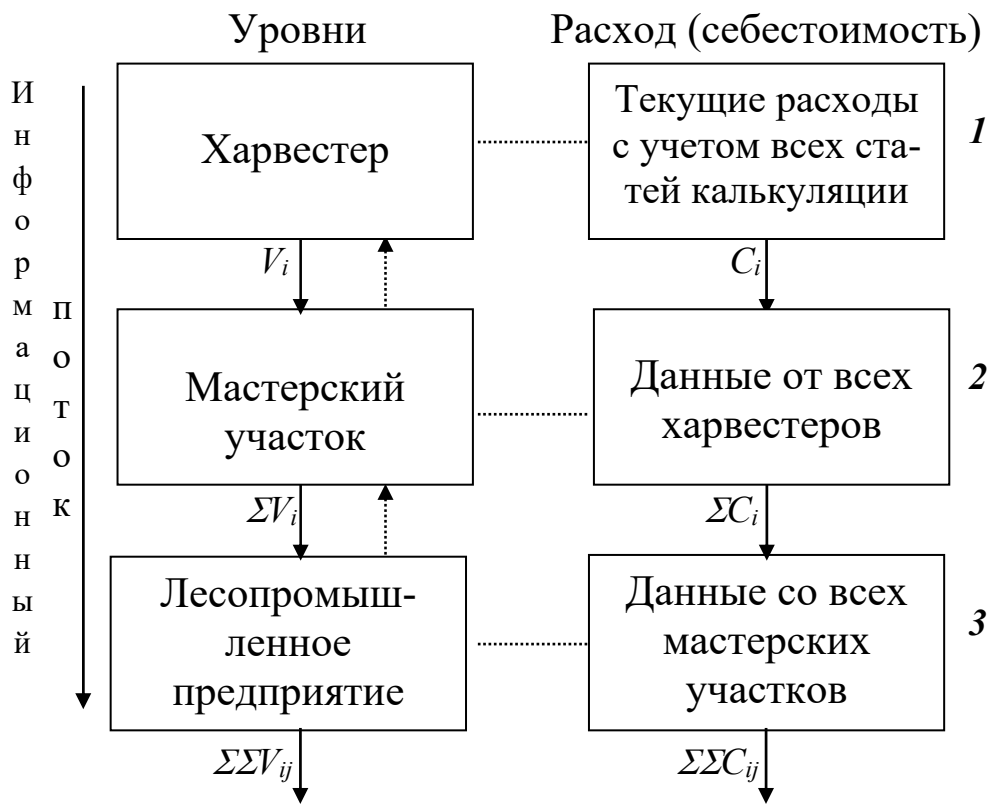


Рис. 1.5. Иерархическая структура данных лесопромышленного предприятия

Структуризация по иерархиям используется для определения маршрутов потоков информации, на основе которых строится информационная сеть предприятия. При этом может также учитываться географическое положение объектов, генерирующих информационные потоки.

3. По функциональному признаку, определяющему вид деятельности или потенциал деятельности, необходимый для решения тех или иных задач. На основе этого признака реализуются следующие информационные системы: АСУ, АРМ (автоматизированное рабочее

место бухгалтера, экономиста, проектировщика и т.д.). Этот признак может включать в себя разнообразие систем по видам деятельности: АСУ, технико-экономическое прогнозирование и планирование, управление сбытом и реализацией продукции, оперативное управление основным производством, управление материально-техническим снабжением, управление кадрами, бухгалтерский учет, управление финансами и т.д.

В целом изложенные виды структуризации определяют виды АРМ, реализующие изложенные выше функции, или виды информационных потоков на иерархических уровнях и соответственно топологию сети.

Цикл организации и существования данных определяет объем информации на предприятии (рис. 1.6).

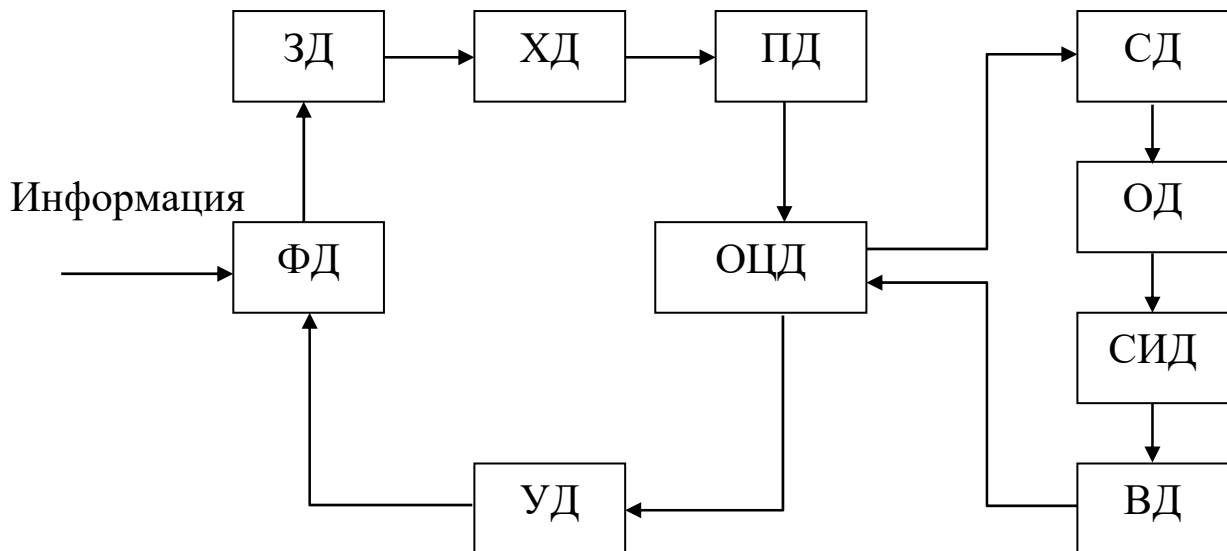


Рис. 1.6. Цикл организации и существования данных

На рис. 1.6 приняты следующие обозначения:

1) **ФД** – формализация данных (структурирование информации, приведение информации к виду, возможному для использования каким-либо программным обеспечением или к каким-либо моделям в форме математических зависимостей и преобразование информации в какой-либо код, понятный для средств вычислительной техники);



- 2) **ЗД** – запись данных на различных носителях (жесткие, оптические диски и др.);
- 3) **ХД** – хранение данных (осуществляется посредством долговременно запоминающих устройств);
- 4) **ПД** – поиск данных;
- 5) **ОЦД** – оценка данных, которая производится по критерию достоверности (соответствия), значимости (ценности), актуальности данных (в смысле своевременности);
- 6) **СД** – сортировка данных (получение данных по какому-либо признаку);
- 7) **ОД** – обработка данных (выполнение арифметических операций над ними);
- 8) **СИД** – синтез данных, получение новых данных посредством различных операций (разъединения, объединения) на основе известных данных;
- 9) **ВД** – воспроизведение данных (реализуется обновление данных на основе их актуализации, приведение их в соответствие со временем);
- 10) **УД** – уничтожение данных, потерявших свою актуальность.

#### **1.2.1.1. Знания и их представление в средствах вычислительной техники**

*Знание* – это информация, обладающая смысловой ценностью и позволяющая реализовывать те или иные действия. Знания обеспечивают сокращение объема избыточной информации, занимающей ресурсы техники.

Знания классифицируют по возрастанию их ценности.

1. **Декларативные знания** – это знания в виде простого отражения. Например, техническая характеристика лесозаготовительной машины ЛП-19.

2. **Понятийные знания** – знания, содержащие в компьютерном представлении определенные связи и отношения между данными, связи как математические, так и физические на уровне сигналов. Например, модель технологического процесса в виде технологической схемы разработки лесосеки.

3. **Процедурные знания** – знания, содержащие последовательность определенных действий, конечным итогом которых является результат решения какой-либо задачи. Например, алгоритм расчета производительности ЛП-19.

Декларативные и понятийные знания формируют информационную концептуальную модель, являющуюся основой процедурных

знаний. Знания в компьютерном виде могут представляться в виде баз знаний, экспертных систем и других систем искусственного интеллекта.

### 1.2.1.2. Базы данных. Структура и области применения

Исторически базы данных возникли по причине накопления данных в виде файлов, что при большом объеме информации привело к следующим недостаткам этой формы хранения:

- 1) отсутствие возможности сортировки данных по определенным признакам;
- 2) значительные затраты времени на поиск необходимых данных;
- 3) сложность использования данных в файловом виде при реализации определенных программ и алгоритмов.

**Базы данных** – это структурированное по определенному признаку хранилище данных, обеспечивающее их быстрый поиск, сортировку и использование посредством системы управления базой данных.

В основу баз положено явление практического постоянства структуры данных при достаточно частом изменении их значения. Например, технические характеристики лесозаготовительных машин, представленные в табл. 1.1, где могут меняться марки и значения параметров машин при неизменной структуре.

Таблица 1.1

Технические характеристики лесозаготовительных машин

Параметры	Харвестер Комацу 911.5	Форвардер Комацу 865	ЛП-19В
Масса, т			
Мощность, кВт			
Габариты, м			
Диапазон скоростей, км/ч			

База данных (БД) включает в себя хранилища данных и системы управления базами данных (СУБД). Базы данных могут представляться в текстовом, символьном, графическом, звуковом видах и в виде видеоизображения. СУБД предназначены для обеспечения записи,

сортировки, поиска, преобразования и размещения данных. БД и Д могут являться частями более сложной системы – **банка данных** (БнД). БнД – система, состоящая из БД, программных, технических, языковых, организационно-методических средств, предназначенных для обеспечения централизованного накопления и коллективного использования данных.

С учетом изложенного базы данных имеют следующие структуры:

- 1) иерархическую (реализует принцип «один ко многим»);
- 2) сетевую (реализует принцип «многие ко многим»);
- 3) реляционную (реализует принцип «многие ко многим», но является более гибкой, чем сетевая).

**Иерархическая база данных** отображается в виде графа. Вершины графа, из которых выходят дуги графа, называются порождающими вершинами. Для них реализуется принцип «один ко многим». По способу доступа к данным иерархическая БД является навигационной.

Граф представляет собой определенное множество объектов, отображенных узлами (вершинами), и связей между ними, отображенных дугами. В представленном типе баз данных действия с данными осуществляются последовательно по уровням иерархии, начиная с верхней порождающей (корневой) вершины графа и далее к нижним уровням по дугам. На рис. 1.7 приведен пример построения иерархической структуры данных – характеристик лесосечных машин. Недостатком этой структуры является значительное число оцениваемых узлов, что ведет за собой существенные временные затраты при выполнении серии действий с данной иерархической структурой.

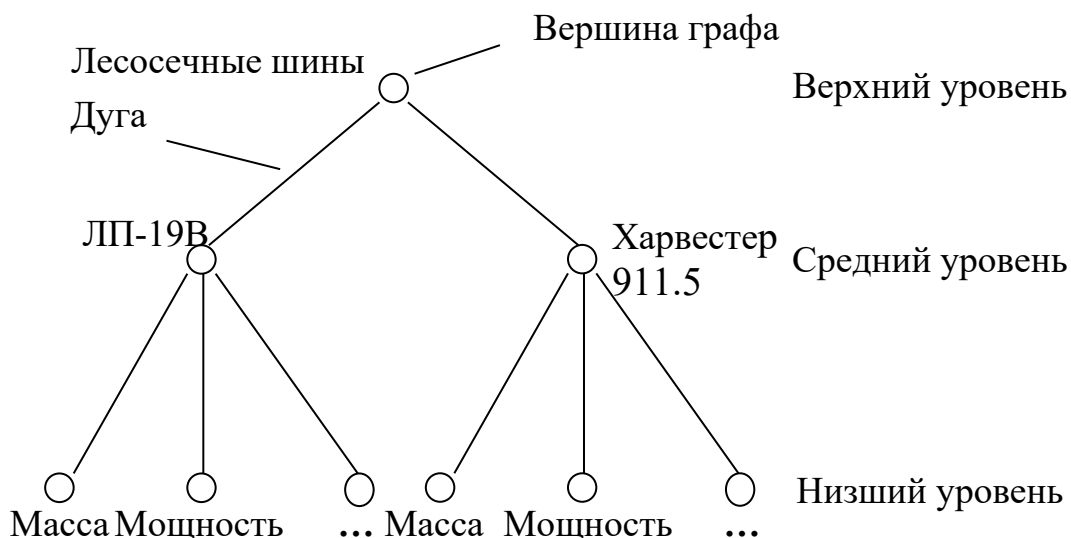


Рис. 1.7. Граф технических характеристик лесосечных машин

**Сетевая база данных** допускает множество связей между множеством узлов (рис. 1.8), включая и порождающие, при отсутствии корневого узла. Физически эта структура может быть реализована средствами навигации на основе гипертекста, когда в любом объекте (www, мультимедиа и др.) создаются гиперссылки, по которым можно перейти к следующему тексту в виде гиперссылок.

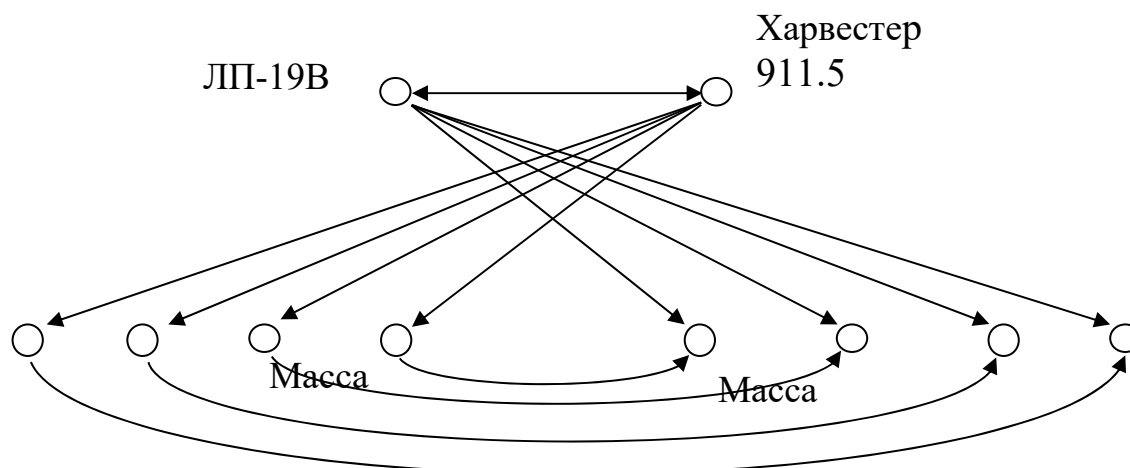


Рис. 1.8. Сетевая база данных

База данных, построенная по данному типу, более эффективна с точки зрения быстродействия.

Таблица 1.2

Технические характеристики лесозаготовительного оборудования

Марка	Масса, т	Мощность, кВт	Вылет, м	Диапазон скоростей, км/ч
	Атрибут	Атрибут	Атрибут	Атрибут
ЛП-19В	Д			
Харвестер Комацу 911.5	О			
Форвардер Комацу 865	М			
Харвестер Джон Дир 1470	Е			
Форвардер Джон Дир 1910	Н К	О Р	Т Е	Ж

Однако оба предыдущих типа баз данных обладают общим недостатком – структура жестко определена предметным признаком, на основе которого она разрабатывалась.

От всех этих недостатков избавлена *реляционная база данных*, которая основана на отношениях, описанных в реляционной алгебре. Она построена на основе понятий *объект*, *атрибут объекта*, *кортеж*, *домен*.

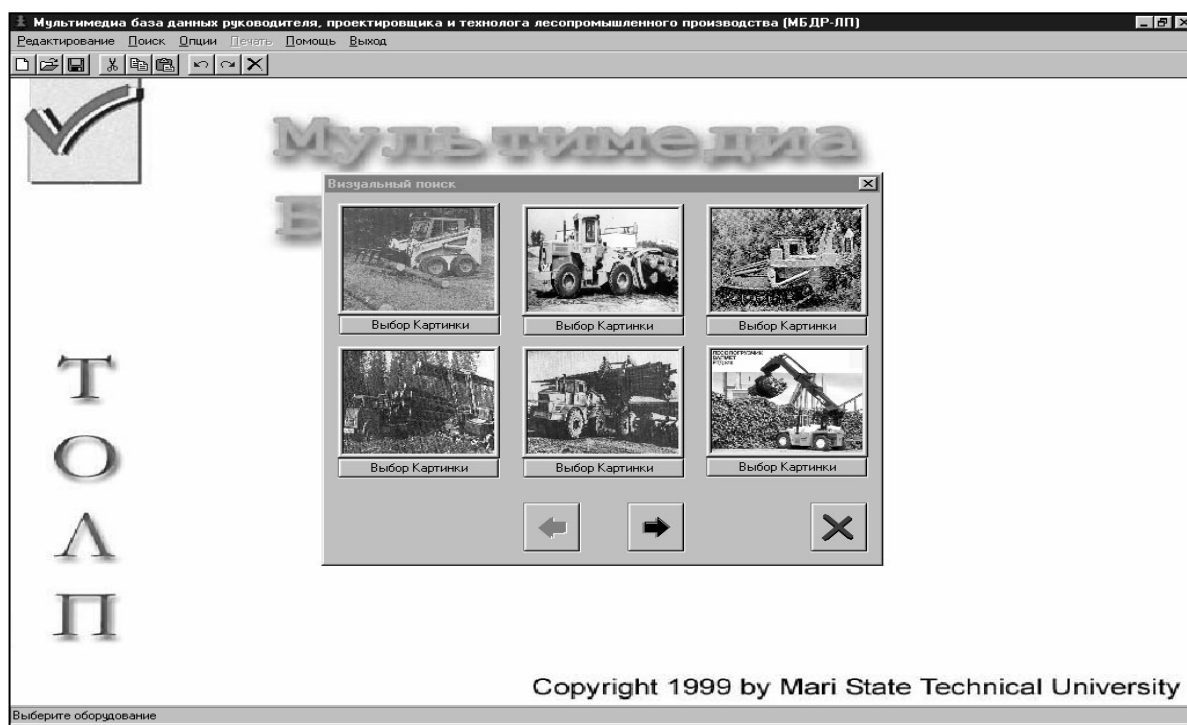


Рис. 1.9. Фрагмент визуального поиска в реляционной базе данных

**Объект** характеризует реальный объект, подлежащий отображению в виде данных. **Атрибут объекта** – один из видов данных, составляющий описание объекта. Каждый из атрибутов имеет свою область определения, которая называется **доменом**. Реальный объект описывается определенной совокупностью атрибутов. Совокупность атрибутов в реляционной алгебре называется **кортежем**. Кортежи формируются на основе правил реляционной алгебры (объединение, пересечение, отрицание). Структура реляционной базы данных применительно к техническим характеристикам машин отражена в табл. 1.2.

На основании отношений реляционной алгебры данный тип базы данных разделяется произвольным образом на строки и столбцы, на основе которых задаётся кортеж, определяющий конкретный тип машины и совокупность атрибутов, отображающих все технические характеристики. Пример в виде копий экрана дисплея (screenshot) реляционной мультимедиа базы данных руководителя, проектировщика



и технолога лесопромышленного производства, разработанной авторами [6], представлен на рис.1.9, 1.10. Реляционная структура базы данных является наиболее гибкой и используется во всех типах СУБД (Visual, Access и другие).

В настоящее время различают два вида баз данных:

- 1) локальные;
- 2) распределенные.

Локальная база данных относится к одному рабочему месту (ПК, узлу). Распределенная база данных распределена по нескольким рабочим местам (ПК, узлам) и вместе с тем представляет одно целое, например блокчейн. **Блокчейн** (англ. *blockchain* или *block chain*) – выстроенная по определённым правилам непрерывная последовательная цепочка блоков, содержащих информацию (см. например <https://ru.wikipedia.org/wiki/Блокчейн>).



Рис. 1.10. Фрагмент представления информации в реляционной базе

Различают два вида распределения:

- 1) на каждом локальном узле размещаются одинаковые структуры баз данных, которые содержат различные значения данных;
- 2) на каждом локальном узле размещаются отдельные базы данных, отличающиеся друг от друга по предметному признаку, которые объединяются посредством сети.

### 1.2.1.3. Проектирование баз данных лесопромышленного комплекса

Основные характеристики БД должны быть обозначены в техническом задании (ТЗ). Руководством разработки ТЗ баз и банков данных является ГОСТ 34.602-89 «Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Технические задания на создание автоматизированной системы». Техническое задание включает в себя следующие пункты:

- 1) назначение и цели создания автоматизированной системы;
- 2) характеристики объекта автоматизации;
- 3) требования к системе (общие, к структуре системы, к проверке однократности записи объекта, к выполняемым комплексам функциональных задач для различных пользователей, к информационному, программному и техническому обеспечению, к надежности системы, к защите от несанкционированного доступа с перечнем возможных функций групп пользователей, к сохранности информации при авариях, к персоналу, к стандартизации и унификации, к возможностям развития системы, к оценке экономической эффективности, к условиям эксплуатации);
- 4) состав и содержание работ по созданию системы;
- 5) порядок контроля и приемки системы;
- 6) требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации к вводу системы в действие;
- 7) требования к документированию;
- 8) информационное взаимодействие и техническая совместимость с эксплуатируемыми информационными системами, в т.ч. при первичном формировании системы;
- 9) разработчик, заказчик, пользователь и балансодержатель системы.

База данных формируется на основе модели данных, которая отражает представление данных (в текстовом формате, в виде чисел, формул и других видах) и связи между данными или отношения для различных предметных областей лесной отрасли. Иначе, под **моделью данных** понимается совокупность данных и взаимосвязанных отношений между ними, характеризующих конкретную предметную, функциональную или иерархическую область информационного отображения деятельности предприятия.

Модели данных формируются на основе математических (графы, отношения, исчисление) и гносеологических (объект, атрибут) понятий [7]. Модели данных, как излагалось ранее, представляются в виде

графов различных типов: древовидной (иерархической) структуры, сетевой структуры.

Математические модели данных также формируются на основе реляционной алгебры, которые отражают данные и связи между ними в виде реляционных матриц. Известен еще один из подвидов реляционных данных – объектно-реляционная модель, которая описывает в виде реляционной матрицы связи между совокупностью показателей, характеризующих объекты (рассматриваются как целое), и самими объектами, описываемыми атрибутами. Древовидная структура модели данных может иметь вид, изображенный на рис. 1.11.

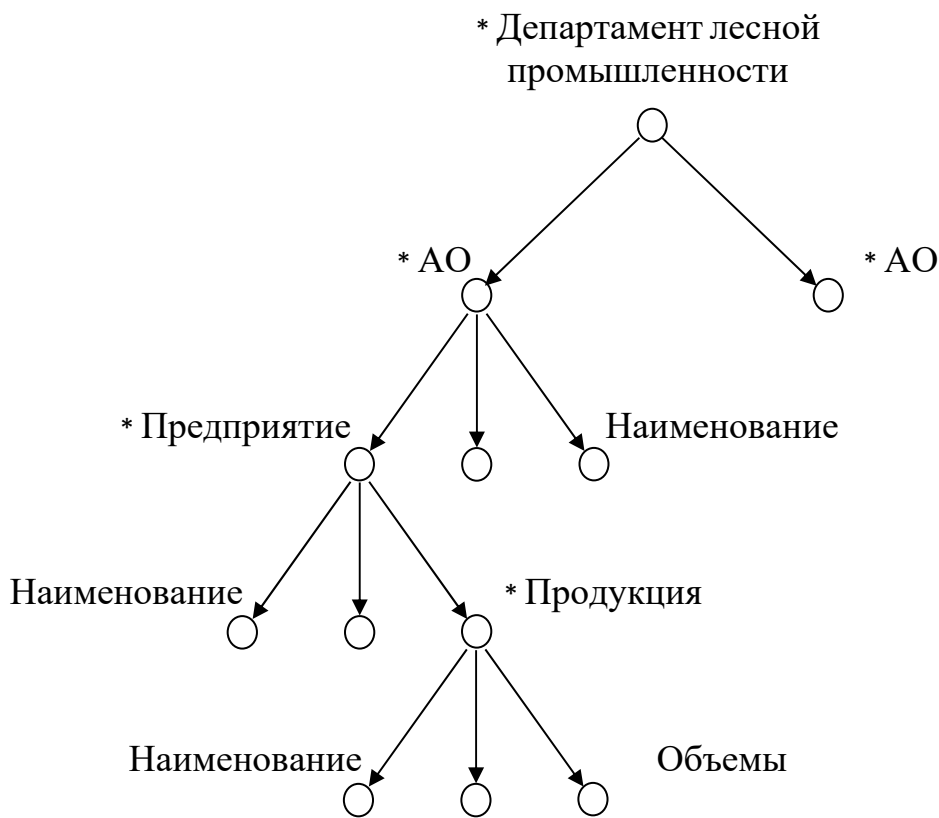


Рис. 1.11. Структура департамента лесной промышленности.

\* - векторная или матричная вершина

Реляционные базы данных, как отмечалось, строятся на понятиях домены и отношения ( $D_i$ ,  $R_i$  соответственно). **Отношения** – зависимости реляционной алгебры, характеризующие связи между доменами или атрибутами. Под **атрибутом** понимается область определения домена. Внешне этот атрибут представляется в качестве имени того или иного показателя.

Реляционная база считается отображенной, если задано отношение в виде множеств доменов и внутренних отношений (табл. 1.3–1.5):

$$R_k = \{D_i, R_i\}$$

Таблица 1.3

Общий вид реляционной базы данных

$R_k$					
$D_{i1}$	$D_{i2}$	$D_{i3}$	...	$D_{ij}$	$D_{ik}$
$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	...	$a_{1j}$	$a_{1k}$
$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	...	$a_{2j}$	$a_{2k}$
...	...	...	...	...	...
$a_{n1}$	$a_{n2}$	$a_{n3}$	...	$a_{nj}$	$a_{nk}$

Пример:

Таблица 1.4

$R_1^2$	$R_2^2$	$R_3^2$
<b>АО</b>	<b>Предприятие</b>	<b>Продукция</b>
код    наименование	код    наименование	код    наименование

Верхний индекс при R означает размерность, а нижний «код» или «наименование» – ключевой атрибут.

Производная реляционная база

Таблица 1.5

$R_4^2$	$R_5^3$
<b>Подчинение</b>	<b>Сбыт</b>
код    код предпри-    АО ятия	код    код    объ- предпри-    продук-    ем ятия    ции

Исходя из представленного примера, можно сделать вывод о том, что гибкость реляционных баз для получения новых отношений и данных реализуется посредством добавления, объединения атрибутов и других действий реляционной алгебры.

Аналогом атрибута в различных документах может являться показатель, который отражается совокупностью реквизитов:

$$P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}.$$

Конструкция реквизита представляется в виде

$$P = \langle \underset{I}{\text{имя}} \rangle \langle \underset{Z}{\text{значение}} \rangle.$$

В большинстве случаев одному имени соответствует множество значений. На основе показателей формируются все документы, и описание их задается в виде

$$x_i(P_1, P_2, \dots, P_n) = (P_1(I_1, Z_1), P_2(I_2, Z_2), \dots).$$

Показатели классифицируются в соответствии с п. 1.2.1 по следующим признакам:

- 1) иерархическому – для отражения уровней;
- 2) функциональному – для отражения области деятельности;
- 3) временному – для отражения сроков, циклов жизни показателей (смена, месяц, квартал, полугодие, год);
- 4) предметному – для отображения конкретной предметной информации (продукция, машина, ...).

При проектировании баз данных отображение данных реализуется на трех уровнях:

- 1) концептуальном (рис.1.12) , отображающем представления специалистов отрасли о данных;

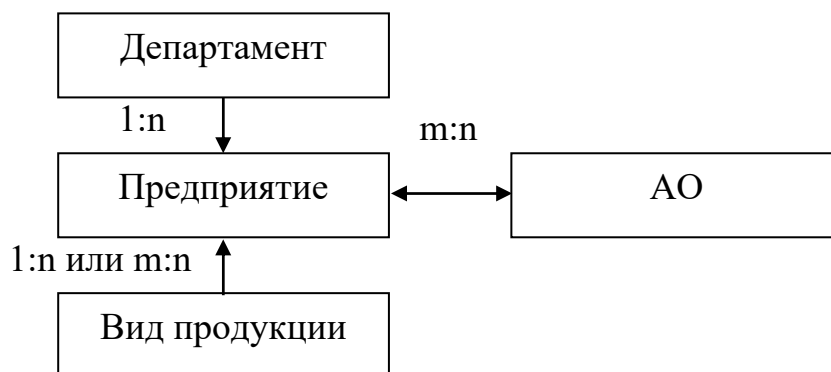


Рис. 1.12. Концептуальная база данных

2) логическом, отображающем представления прикладных программистов о данных;

3) физическом, отображающем представления системных программистов о данных.

На рис. 1.12–1.13, в табл. 1.6 и 1.7 приведены примеры различных видов отображения баз данных по уровням. При конструировании модели данных, в соответствии с п. 1.2.1.2, на всех ранее перечисленных уровнях учитываются следующие виды связей: *1:1*; *1:n* (*Департамент: АО*); «многие по многим» – *m:n* (*Предприятие: Продукция*).

Специалисты отрасли на основе схем потоков данных конкретного лесозаготовительного предприятия разрабатывают концептуальную модель данных с учетом всех классификационных признаков показателей документооборота.

Таблица 1.6

$R_1^2$		$R_2^2$	
АО	Предприятие	Департамент	Предприятие

Таблица 1.7

$R_3^5$				
Предприя- тие	Вид продукции	Единица измерения	Цена за единицу	Объем производства

Представленные реляционные базы R1, R2, R3 и кортежи, реализованные на их основе, являются базовыми для создания последующих реляционных баз типа АО→объем производства.

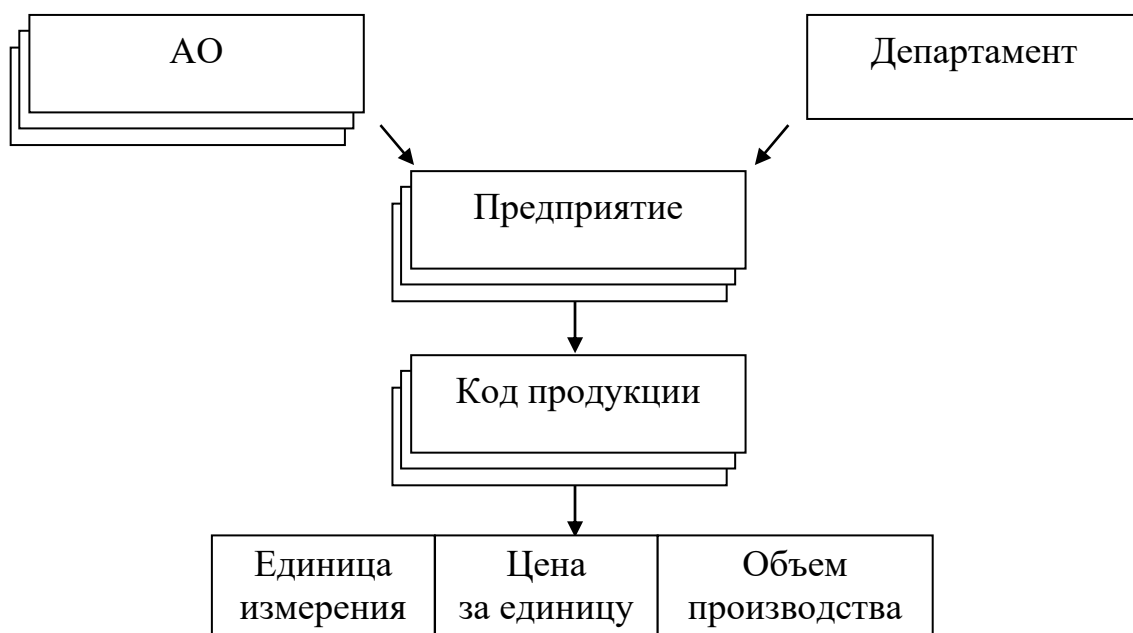


Рис. 1.13. Сетевая база данных

Логический уровень определяет построение информационно-логической модели (инфологическая модель) – описание предметной области, выполненное с помощью специальных языковых средств, не зависящих от используемого в дальнейшем программного обеспечения (например, в форме схем и таблиц). Модель логического уровня содержит:

- 1) описание объектов и наборов свойств, выделение классов и связей между ними (постоянных и динамических, обязательных и условных);
- 2) определение лингвистических отношений (синонимы, антонимы);
- 3) алгоритмы зависимостей между показателями (формулы);
- 4) описание информационных потребностей пользователей.

Физический уровень предполагает выбор носителя информации, программного обеспечения и других технических ресурсов.

## 1.2.2. Информационные технологические процессы

В связи с невозможностью рассмотрения процесса без предмета труда (данных), средств обработки предмета труда речь пойдет об информационных процессах, интегрированных в информационные технологии.

### 1.2.2.1. Информационные технологии как отображение структуры материального производства

*Цель информационной технологии* – повышение производительности и улучшение качества получаемой продукции на основе этой технологии. Технологию традиционно рассматривают на основе:

- 1) декомпозиции производства на отдельные части, а именно разбивки на этапы, фазы, операции;
- 2) программирования последовательности выполнения соответствующих этапов, фаз, операций;
- 3) детерминированной инструкции выполнения соответствующих этапов и описания их свойств.

Материальное производство характеризуется технологией, которая включает в себя организационную, функциональную и информационную структуры.

Организационная структура подразумевает вопросы, связанные с построением производства, а именно организацию движения потоков сырья и продукции, использования ресурсов (рабочей силы), технического обслуживания и материально-технического снабжения, учетных и контрольных функций.

Функциональная структура описывает перечень возможных действий для конкретной технологии.

Информационная структура отражает информацию в различных её видах о перечисленных ранее структурах.

Информационная структура реализуется посредством документооборота либо прямых вербальных (речевых) указаний по иерархиям [8]. *Документооборот предприятия* – это совокупность нормативных документов учета и отчетности и служебной переписки (заявлений, служебных писем).

Документооборот отражает все виды связи в технологии конкретного производства, и поскольку все информационные средства ориентированы на традиции информационного обмена в организации, то первым этапом внедрения компьютерных информационных технологий является этап изучения и оценки документооборота предприятия, а также устных информационных обменов. На этом этапе выделяются виды входных и выходных документов, направление информационных потоков и объемы этих потоков, периодичность потоков, единицы измерения информации в документах, определяются виды данных, циркулирующих в информационных потоках, компьютерные типы задач, реализуемых в информационных потоках.



И на основе такого анализа формируется техническое задание на внедрение компьютерной информационной технологии, реализующей функции управления производством. Перечисленные структуры получают свое завершение в виде автоматизированной системы информационного обеспечения (АСИО) или автоматизированной системы управления (АСУ) производством, которые иерархически подразделяются по уровням управления (министерство РФ – департамент субъекта федерации – предприятие и т.д.), по функциональным признакам, по классам математических задач.

### 1.2.2.2. Информационная технология как система

Информационная технология как система (рис. 1.14) характеризуется совокупностью подсистем, которые иерархически выстроены по направлениям (организационное, функциональное и т.д.).

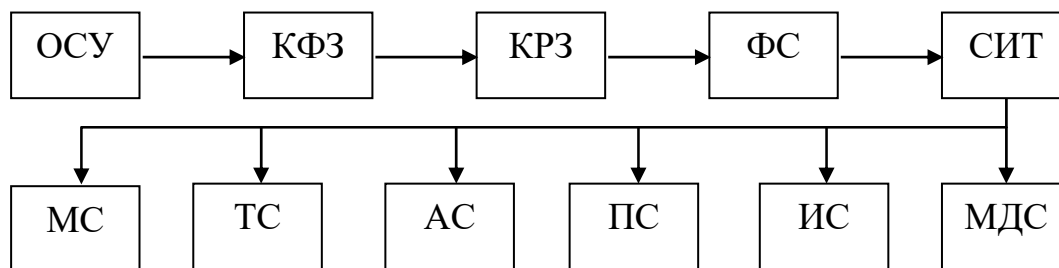


Рис. 1.14. Системное представление информационной технологии

На рис. 1.14 приняты следующие обозначения блоков:

ОСУ – организационная структура управления;

КФЗ – комплекс функциональных задач, которые отражают ОСУ в виде соответствующих функций;

КРЗ – комплекс решаемых задач, который отражается в виде математической модели комплекса функциональных задач;

ФС – функциональная структура, которая отражает информационные потоки, процессы хранения, передачи и поиска данных, относящихся к комплексу решаемых задач;

СИТ – средства информационной технологии, структурно отражающие функциональную структуру в виде средств, к которым в свою очередь относятся: МС – математические средства; ТС – технические средства; АС – алгоритмические средства; ПС – программные средства; ИС – информационные средства, базы данных и знаний;

МДС – методически документированные средства, инструкции по пользованию автоматизированной системой и другие нормативные документы.

### 1.2.2.3. Информационная технология без обработки и с обработкой данных на средствах вычислительной техники

Общая схема ручной технологии управления на примере процесса управления работой харвестера представлена на рис. 1.15.

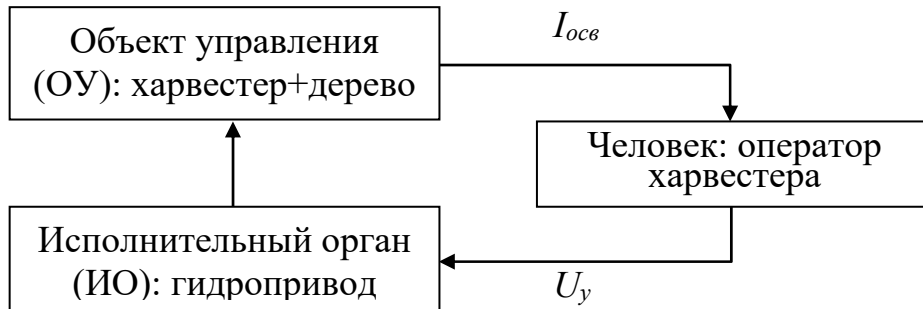


Рис. 1.15. Информационная технология без обработки данных на средствах вычислительной техники

Человек является носителем концептуальной модели управления объектом, которую он реализует на основе собственного опыта и видения объекта. Исходя из неё, вырабатываются управляющие сигналы, которые реализуются в виде процедурной модели (последовательности действий). Управляющие сигналы ( $U_y$ ) поступают на исполнительный орган, который воздействует на объект управления (лесозаготовительную машину, бригаду, предприятие, технологический процесс и т.д.) [1].

Общая схема информационной технологии управления с использованием средств вычислительной техники (СВТ) на примере ВПМ с бортовым компьютером (ПК) представлена на рис. 1.16. Данная схема аналогична предыдущей, за исключением процедуры определения размерно-качественных характеристик выкраиваемых сортиментов.

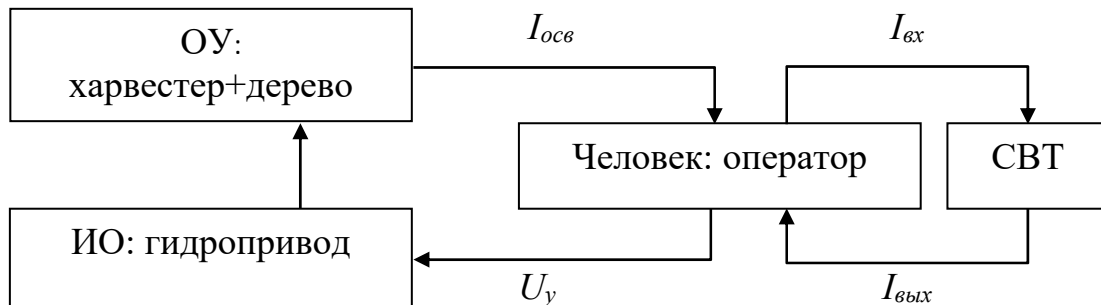


Рис. 1.16. Информационная технология с обработкой данных на средствах вычислительной техники: СВТ – ПК и программное обеспечение оптимального раскроя хлыста

### 1.2.2.4. Автоматизированные информационные технологии

Отличие этого вида технологии от предыдущих в том, что сбор данных ( $I_{осв}$ ) осуществляется автоматизированным способом на основе каких-либо устройств, а также принятие решения о выдаче сигнала ( $U_y$ ) на исполнительный орган возлагается на ЭВМ, причем это решение может корректироваться человеком ( $U_{кор}$ ).

На рис. 1.17 датчик – это устройство, которое преобразует физический сигнал в форму, читаемую носителями модели управления (человеком, ЭВМ); преобразователь 1 преобразует непрерывный сигнал в дискретный; преобразователь 2 – устройство, преобразующее управляющую информацию ЭВМ в сигнал управления ( $U_y$ ); программное обеспечение – программа, реализующая функции записи информации от человека, обработки её и создание информации управления ( $I_y$ ) посредством ЭВМ.

$I_{осв}$  от объекта управления ( $ОУ$ ) снимается датчиком и передается человеку посредством различных индикаторов, а также через преобразователь 1 поступает в ЭВМ в виде  $I_{преоб}$ , далее человек с помощью соответствующего программного обеспечения на основе  $I_{вых}$  формирует управляющую информацию  $I_y$ , которая воздействует на исполнительный орган ( $ИО$ ) через преобразователь 2.

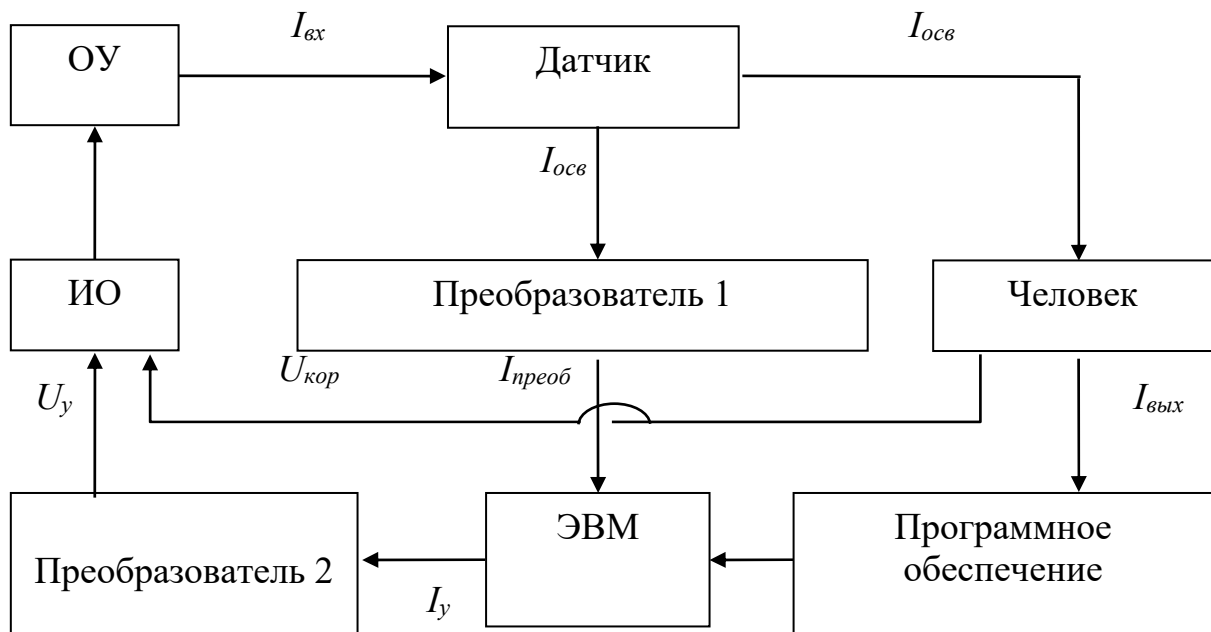


Рис. 1.17. Структурная схема автоматизированной технологии для функционального уровня производства

### 1.2.2.5. Автоматизированное управление для организационно-экономического уровня производства

При автоматизированном управлении организационно-экономическим уровнем производства в качестве объекта управления выступает организация людей, которая реализует как свои цели, так и цели, поставленные обществом.

Схема, приведенная на рис. 1.18, состоит из следующих блоков:

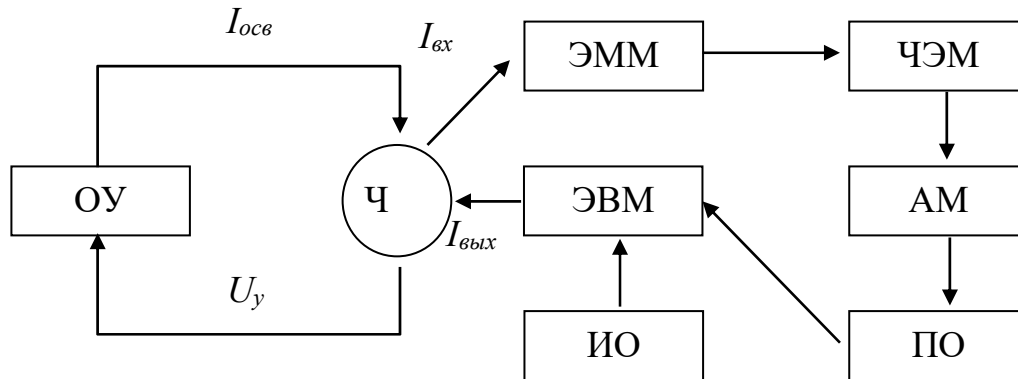


Рис. 1.18. Структурная схема автоматизированного управления для организационно-экономического уровня производства

Ч – человек, осуществляющий основные функции организации управления с позиций выбора наилучших решений и выполнения соответствующих действий по реализации этих решений;

ЭММ – блок экономико-математических моделей, содержащий различные типы моделей, осуществляющих отражение объекта управления, на основе которых выполняются процедуры нахождения наилучших решений [9]. Например, модель рационального распределения ресурсов древесного сырья, реализующая такое распределение сырья по видам продукции, при котором обеспечивается наибольший эффект в соответствии с поставленной целью (минимум отходов на выпуск продукции, максимальная прибыль от выпускаемой продукции, минимальная себестоимость выпускаемой продукции), или модель выбора наиболее эффективного плана транспортировки древесины, при котором затраты на транспортировку минимизированы;

ЧЭМ – частные экономические модели, конкретизирующие модели из блока ЭММ;

АМ – алгоритмические модели, т.е. математические модели из предыдущих блоков, представленные в форме алгоритмов;

ПО – программное обеспечение, отражающее предыдущие модели в виде программных блоков (программ);

ЭВМ – средства, выполняющие программные процессы для получения тех или иных результатов с использованием информационного обеспечения в виде данных и знаний;

ИО – информационное обеспечение (базы данных по предмету труда, документообороту и т.д.).

### **1.2.3. Средства информационных технологий**

Из перечисленных СВТ (см. п. 1.2.2) более подробно рассмотрим программные и технические средства. Программные средства (к ним относятся и операционные системы) описаны в огромном множестве литературы и Internet-ресурсов и освещаются в курсе «Информатика». Наиболее распространенные программные средства представлены в [10, 11], которые могут быть использованы в качестве основы для последующего детального изучения и освоения. Технические средства информационных технологий представлены конфигурацией компьютеров (материнские платы, контроллеры жестких, гибких, оптических дисков и других видов носителей, сами носители, видеоадаптеры, мониторы и др.), различным периферийным оборудованием (принтеры, сканеры, плоттеры и т.д.) и компьютерными сетями. Ознакомиться с перечисленным можно в [12–16]. С целью обеспечения разработки автоматизированной информационной системы обеспечения (АСИО) предприятий лесного комплекса рассмотрим элементарную базу и топологию компьютерных сетей на основе [14–20] и Internet-ресурсов.

#### **1.2.3.1. Основные понятия компьютерных сетей**

Самая простая сеть (*network*) состоит как минимум из двух компьютеров, соединенных друг с другом кабелем [14, 15, 20]. Это позволяет им использовать данные совместно и осуществлять приемопередачу данных друг другу.

Рождение компьютерных сетей было вызвано практической потребностью – иметь возможность для совместного использования данных. Персональный компьютер (ПК) – прекрасный инструмент для создания документов, подготовки таблиц, графических данных, видео и других видов информации, но при этом пользователь ПК не может быстро поделиться своей информацией с другими. Когда не было сетей, приходилось распечатывать каждый документ или, в лучшем случае, копировать информацию на дискеты, чтобы другие пользователи могли работать с ней. Одновременная обработка документа несколькими пользователями исключалась. Подобная схема

работы называется работой в автономной среде. Если бы пользователь подключил свой компьютер к другим, он смог бы работать с данными и принтерами сетевых ПК.

**Сетью** называется группа соединенных компьютеров и других устройств, таких как *сетевые концентраторы (хабы), коммутаторы, маршрутизаторы* и пр. Концепция соединенных и совместно использующих ресурсы компьютеров носит название **сетевого взаимодействия**.

Компьютерная сеть или сеть передачи данных (СПД) является телекоммуникационной сетью, позволяющей обмениваться данными между компьютерами и другими сетевыми устройствами. В компьютерных сетях сетевые устройства передают данные друг другу через сетевые соединения (каналы). Данные передаются в форме пакетов. Соединения между узлами сети осуществляются при помощи проводной или беспроводной среды. Наиболее известная компьютерная сеть – Интернет.

Сетевые компьютерные устройства, которые являются источниками, приемниками, а также маршрутизирующими устройствами, называются **сетевыми узлами**. Узлы могут включать такие устройства, как персональные компьютеры, телефоны, сервера, коммутаторы, маршрутизаторы, а также другие сетевые компоненты. Два таких устройства называются соединенными в сеть, если одно устройство может обмениваться информацией с другим устройством, при этом не имеет значения, соединены ли они напрямую друг с другом.

Компьютерные сети различаются по типу используемой среды передачи для переноса сигналов, набором коммуникационных протоколов для организации передачи сетевого трафика, размерами сети, топологией и целями создания.

Компьютеры, входящие в сеть, могут совместно использовать: данные, принтеры, факсимильные аппараты, серверы с различными сервисами и другие устройства. Компьютерные сети поддерживают приложения, такие как доступ к World Wide Web (www), совместное использование приложений и серверов хранилищ и использование электронной почты и приложений мессенджеров.

Первоначально компьютерные сети были небольшими и объединяли до десяти компьютеров и один принтер. Технология ограничивала размеры сети, в том числе количество компьютеров в сети и ее физическую длину. Например, в начале 1980-х годов наиболее популярный тип сетей состоял не более чем из 30 компьютеров, а длина ее кабеля не превышала 185 м. Такие сети легко располагались в

пределах одного этажа здания или небольшой организации. Для малых фирм подобная конфигурация подходит и сегодня. Эти сети называются *локальными*. В отдельных случаях локальные сети могут иметь и большие размеры (например, несколько десятков километров).

Самые первые типы локальных сетей не могли соответствовать потребностям крупных предприятий, офисы которых обычно расположены в различных местах. Но как только преимущества компьютерных сетей стали неоспоримы и сетевые программные продукты начали заполнять рынок, перед корпорациями для сохранения конкурентоспособности встала задача расширения сетей. Так на основе локальных сетей возникли более крупные системы.

Географические рамки сетей постоянно раздвигаются, чтобы соединить пользователей из разных городов и государств. Сети превращаются в глобальную сеть (ГВС-WAN), а количество компьютеров в сети уже может достигать нескольких десятков тысяч. Большинство организаций хранит и совместно использует в сетевой среде огромные объемы жизненно важных данных. Обычно для хранения данных создается отдельная сеть внутри организации, называемая *сеть хранения данных* (СХД), либо же используются внешние так называемые облачные ресурсы сторонних организаций, предоставляющих такие услуги.

Основное назначение компьютерных сетей – совместное использование ресурсов и осуществление интерактивной связи как внутри одной фирмы, так и за ее пределами. Ресурсы (*resources*) – это данные, приложения и периферийные устройства, такие как внешний дисковод, принтер, мышь, модем или джойстик и прочее. Понятие интерактивной связи компьютеров подразумевает обмен сообщениями в реальном режиме времени.

До появления компьютерных сетей для осуществления процесса обмена информацией необходимо было записать информацию на носитель (например, дискету), доставить носитель к другому компьютеру и копировать в него данные. Компьютерные сети упрощают этот процесс, предоставляя пользователям доступ почти к любым типам данных.

Сети создают отличные условия для унификации приложений (например, текстового процессора). Это значит, что на всех компьютерах в сети выполняются приложения одного типа и одной версии. Использование единого приложения упрощает поддержку всей сети. Действительно, проще изучить одно приложение, чем пытаться

освоить сразу четыре или пять. Удобнее также иметь дело с одной версией приложения и настраивать компьютеры одинаковым образом.

Другая привлекательная сторона сетей — наличие программ электронной почты и планирования рабочего дня. Благодаря им руководство крупных предприятий быстро и эффективно взаимодействует с многочисленным штатом своих сотрудников или партнеров, а планирование и корректировка деятельности всего предприятия осуществляется с гораздо меньшими усилиями, чем прежде. При построении сетей часто используются следующие компоненты:

**Репитер (или повторитель)** является электронным устройством, получающим сетевой сигнал и усиливающий его. Часто репитеры совмещают функции регенератора сигнала, выделяющего его на фоне шума. Сигнал затем передается с более высоким уровнем мощности, так что он может проходить длинные дистанции без деградации качества. В большинстве конфигураций Ethernet на витой паре репитеры требуются для кабелей, идущих на дистанции более 100 метров. При использовании оптических кабелей репитеры могут использоваться для усиления сигнала на сотни и даже тысячи километров (DWDM с использованием усилителей сигнала).

Репитер с несколькими портами называется **хабом**. Он работает на физическом уровне модели OSI (*open systems interconnect* подробнее см. раздел 1.4.2.1). При этом сигнал, полученный по одному порту, хаб отправляет во все доступные порты без фильтрации. Репитеры вносят небольшую задержку при регенерации сигнала. Это может вызывать задержку распространения, влияющую на производительность сети. В результате многие сетевые архитектуры ограничивают число репитеров, использующихся на одном пролете. Хаббы почти полностью замещены современными коммутаторами, но репитеры используются для передачи сигнала на большие расстояния, например при передаче сигналов по подводным оптическим кабелям между континентами.

Сетевые **мосты** соединяют и фильтруют трафик между двумя сетевыми сегментами на втором уровне сетевой модели OSI. Это разбивает сетевой домен коллизий. Сетевая сегментация разбивает большие загруженные сети на набор небольших более эффективных сетей. Мосты могут использоваться как в проводных, так и беспроводных сетях.

Сетевой **коммутатор** является устройством, который передает и фильтрует трафик на втором уровне модели OSI между портами на основе **MAC** (*media access control*) адреса пакетов. Коммутатор



отличается от хаба в том, что он пересылает пакеты только в порты, за которыми находятся получатели этого пакета, а не во все подключенные порты коммутатора. По сути коммутатор является мостом с несколькими портами. Он ассоциирует физические порты с MAC адресами с помощью инспектирования MAC адреса источника получаемых кадров. В случае получения пакета с неизвестным адресом назначения коммутатор рассылает этот пакет через все порты кроме того, с которого был получен этот пакет.

**Маршрутизатор** – межсетевое устройство, пересылающее пакеты между сетями с помощью обработки маршрутной информации включенной в пакет (информация протокола IP (*Internet protocol*) третьего уровня модели OSI). Маршрутная информация обрабатывается в соответствии с маршрутной таблицей. Маршрутизатор использует таблицу маршрутизации для определения того, куда пересылать пакеты.

Все сети имеют некоторые общие компоненты, функции и характеристики. В их числе:

1) серверы (*server*) – компьютеры, предоставляющие свои ресурсы сетевым пользователям;

2) клиенты (*client*) – компьютеры, осуществляющие доступ к сетевым ресурсам, предоставляемым сервером (в смысле аппаратного обеспечения);

3) среда (*media*) – способ соединения компьютеров; совместно используемые данные – файлы, предоставляемые серверами по сети; совместно используемые периферийные устройства (например, принтеры, библиотеки сетевых хранилищ и т.д.) – ресурсы, предоставляемые серверами;

4) ресурсы – файлы, принтеры и другие элементы, используемые в сети.

Несмотря на определенные сходства, сети разделяются на два типа: одноранговые (*peer-to-peer*) и на основе сервера (*server based*).

Различия между одноранговыми сетями и сетями на основе сервера имеют принципиальное значение, поскольку определяют разные возможности этих сетей. Выбор типа сети зависит от многих факторов: размера предприятия, необходимого уровня безопасности, вида деятельности, уровня доступности административной поддержки, объема сетевого трафика, потребностей сетевых пользователей, финансовых затрат. На текущий момент одноранговые сети используются нечасто даже в организациях небольшого размера по причине малых функциональных возможностей.

### 1.2.3.2. Типы сетей

#### Одноранговые ЛВС

В *одноранговой сети* все компьютеры равноправны: нет иерархии среди компьютеров и нет выделенного сервера. Как правило, каждый компьютер функционирует и как клиент, и как сервер; иначе говоря, нет отдельного компьютера, ответственного за администрирование всей сети. Все пользователи самостоятельно решают, какие данные на своем компьютере сделать общедоступными по сети. Их называют также рабочими группами. *Рабочая группа* – это небольшой коллектив, поэтому в одноранговые сетях чаще всего не более 10 компьютеров.

Одноранговые сети относительно просты. Поскольку каждый компьютер является одновременно и клиентом, и сервером, нет необходимости в мощном центральном сервере или в других компонентах, обязательных для более сложных сетей. Одноранговые сети обычно дешевле сетей с использованием серверов.

В данном типе сети требования к производительности и к уровню защиты для сетевого программного обеспечения как правило ниже, чем в сетях с выделенным сервером. Выделенные серверы функционируют исключительно в качестве серверов, но не клиентов или рабочих станций (*workstation*).

В такие операционные системы, как Microsoft Windows Vista/7/8/10 и т.д., встроена поддержка одноранговых сетей. Поэтому, чтобы установить одноранговую сеть, дополнительного программного обеспечения не требуется. Другие популярные операционные системы, такие как Linux или MAC OS, также имеют такую поддержку.

Данная сеть характеризуется рядом стандартных решений:

- 1) компьютеры расположены на рабочих столах пользователей;
- 2) пользователи сами выступают в роли администраторов и обеспечивают защиту информации;
- 3) для объединения компьютеров в сеть применяется простая кабельная система (или беспроводная WiFi).

Одноранговая сеть подходит, когда:

- 1) количество пользователей не превышает 10 человек;
- 2) пользователи расположены компактно;
- 3) вопросы защиты данных не являются первостепенными;
- 4) в обозримом будущем не ожидается расширения фирмы и, следовательно, сети.

Несмотря на то, что одноранговые сети вполне удовлетворяют потребностям маленьких предприятий, возникают ситуации, когда их использование может оказаться неуместным.

Сетевое администрирование (*administration*) решает ряд задач, в том числе: управление работой пользователей и защитой данных, обеспечение доступа к ресурсам, поддержка приложений и данных, установка и модернизация прикладного программного обеспечения. В типичной одноранговой сети системный администратор, контролирующий всю сеть, не выделяется. Каждый пользователь сам администрирует свой компьютер. Все пользователи могут «поделиться» своими ресурсами с другими. К совместно используемым ресурсам относятся каталоги, принтеры, факс-модемы и т.п.

В одноранговой сети каждый компьютер должен:

- 1) большую часть своих вычислительных ресурсов предоставлять локальному пользователю (сидящему за этим компьютером);
- 2) для поддержки доступа к ресурсам удаленного пользователя (обращающегося к серверу по сети) подключать дополнительные вычислительные ресурсы.

Одноранговая сеть имеет определенные недостатки в части защиты сетей. Защита подразумевает установку пароля на разделяемый ресурс, например на каталог. Централизованно управлять защитой в одноранговой сети очень сложно, так как каждый пользователь устанавливает ее самостоятельно, да и «общие» ресурсы могут находиться на всех компьютерах, а не только на центральном сервере. Такая ситуация представляет серьезную угрозу для всей сети. Кроме того, некоторые пользователи могут вообще не установить защиту. Если вопросы конфиденциальности являются принципиальными, рекомендуется выбрать сеть на основе клиент-серверной модели. Поскольку в одноранговой сети каждый компьютер функционирует и как клиент, и как сервер, пользователи должны обладать достаточным уровнем знаний, чтобы работать и как пользователи, и как администраторы своего компьютера.

### *ЛВС на основе клиент-серверной модели*

Если к сети подключено более 10 пользователей, то одноранговая сеть, где компьютеры выступают в роли и клиентов, и серверов, может оказаться недостаточно производительной. Поэтому большинство сетей использует серверы или виртуальные машины. Выделенным сервером называется такой сервер, который функционирует только как сервер (исключая функции клиента или рабочей станции). Он специально оптимизирован для быстрой обработки запросов от

сетевых клиентов и для управления защитой файлов и каталогов. Пример простой корпоративной сети на основе клиент-серверной модели приведен на рис. 1.19.

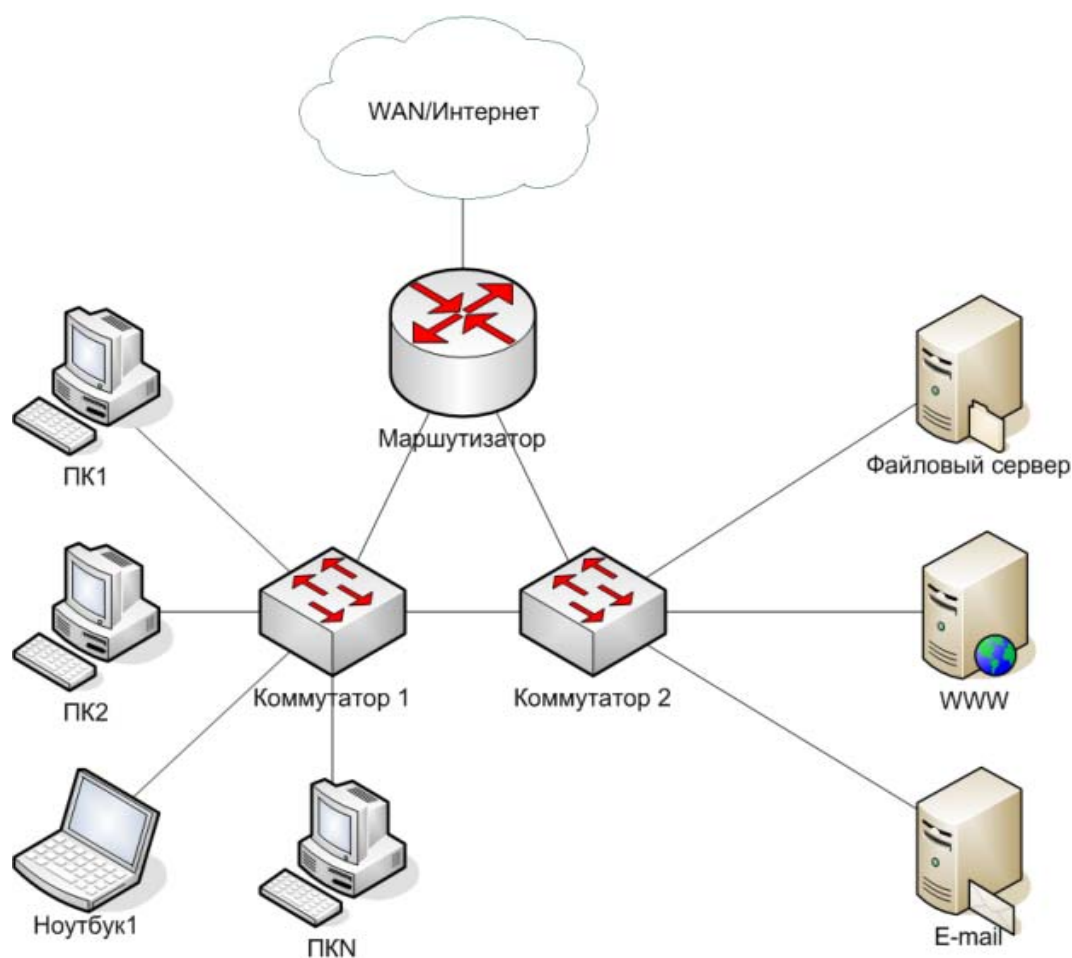


Рис. 1.19. Простая сеть на основе клиент-серверной модели

С увеличением размеров сети и объема сетевого трафика необходимо увеличивать количество серверов (виртуальных машин). Распределение задач среди нескольких серверов гарантирует, что каждая задача будет выполняться самым эффективным способом из всех возможных.

Круг задач, которые должны выполнять серверы, многообразен и сложен. Чтобы приспособиться к возрастающим потребностям пользователей, серверы в больших сетях являются специализированными (specialized). Например, в сети Windows XP/Vista/7/8/10 существуют различные типы серверов (в смысле программного обеспечения – приложений).

Далее будем подразумевать, что серверы могут быть как в виде выделенных физических аппаратных ресурсов, так и в виде виртуальных машин (виртуализированной среды), выделяемых и распределяемых

с помощью приложений-гипервизоров, таких как VMware, на имеющихся аппаратных ресурсах. **Виртуальная машина** представляет собой выделяемые динамически или статически аппаратные ресурсы одного или нескольких серверов под задачу в соответствии с требуемой производительностью. Примером аппаратных ресурсов, выделяемых под виртуальную машину, может быть: 1 процессорное ядро, 4 Гбайт оперативной памяти и 20 Гбайт памяти жесткого диска. При этом приложение-сервер, запущенное на виртуальной машине под управлением гипервизора, обычно не подозревает о том, что запущено на виртуальной инфраструктуре.

Файл-серверы и принт-серверы управляют доступом пользователей соответственно к файлам и принтерам. Например, чтобы работать с текстовым процессором, пользователь прежде всего должен запустить его на своем компьютере. Документ текстового процессора, хранящийся на файл-сервере, загружается в память компьютера пользователя, и таким образом он может работать с этим документом на своем компьютере. Другими словами, файл-сервер предназначен для хранения файлов и данных.

На серверах приложений выполняются прикладные части клиент-серверных приложений, а также находятся данные, доступные клиентам. Например, чтобы упростить извлечение данных, серверы хранят большие объемы информации в структурированном виде (базы данных). Эти серверы отличаются от файл- и принт-серверов. В последних файл или данные целиком копируются на запрашивающий компьютер. А в сервере приложений на запрашивающий компьютер пересылаются только результаты запроса. Приложение-клиент на удаленном компьютере получает доступ к данным, хранимым на сервере приложений. Однако вместо всей базы данных на компьютер пользователя с сервера загружаются только результаты запроса. Приложения-серверы достаточно разнообразны по назначению.

- Почтовые серверы (для *e-mail*) управляют передачей электронных сообщений между пользователями сети.

- Коммуникационные серверы управляют потоком данных и почтовых сообщений между этой сетью и другими сетями или удаленными пользователями через сеть интернет, частную WAN сеть компании или облако.

- Web-серверы управляют потоком Web-страниц для различных пользователей.

Служба каталогов предназначена для поиска, хранения и защиты информации в сети. Windows 2012/2016 Server (серверная сетевая

операционная система) объединяет компьютеры в аналогичные группы – домены (*domain*), система защиты которых наделяет пользователей различными правами доступа к любому сетевому ресурсу. Сетевой сервер (аппаратное обеспечение) и операционная система (приложение-сервер) работают как единое целое. Без операционной системы даже самый мощный сервер представляет собой лишь грудку железа. А операционная система позволяет реализовать весь потенциал аппаратных ресурсов.

Клиент-серверные сети имеют следующие преимущества:

1) серверные операционные системы (включая среды с виртуализированной инфраструктурой) спроектированы так, чтобы предоставлять множественный доступ к данным, обеспечивая при этом высокую производительность и защиту;

2) администрирование и управление доступом к данным осуществляется централизованно (ресурсы могут быть расположены централизованно или распределено, например, часть в локальной сети, часть в облаке).

Основным аргументом при выборе сети на основе клиент-серверной модели является, как правило, защита данных, скорость доступа. В таких сетях, например, как Windows 2012/2016 Server, Linux, проблемами безопасности для небольшой сети может заниматься один администратор: он формирует политику безопасности (*security policy*) и применяет ее в отношении каждого пользователя сети. Обычно для всей критически важной информации обеспечивается регулярное резервное копирование (*backup*). Благодаря избыточным системам, данные на любом сервере могут дублироваться в реальном времени, поэтому в случае повреждения основной области хранения данных информация не будет потеряна – легко воспользоваться резервной копией.

Клиент-серверные сети способны поддерживать тысячи пользователей. Сетями такого размера, будь они одноранговыми, было бы невозможно управлять.

На компьютерах-клиентах могут выполняться операционные системы Microsoft Windows XP/Vista/7/8/10, MAC OS или Linux, которые будут управлять доступом к ресурсам выделенного сервера и в то же время предоставлять в совместное использование свои жесткие диски, а по мере необходимости разрешать доступ и к своим данным.

### ***Центры обработки данных и сети хранения данных***

В случае крупных и средних корпораций обычно начинают разделять сеть передачи данных и центр обработки данных (ЦОД).

В рамках ЦОД при необходимости хранения и обработки больших объемов данных создаются специализированные сети хранения данных (СХД), содержащими в своем составе серверные хранилища, а также специализированные коммутаторы для работы по стандартам и протоколам, поддерживаемым системами хранения.

ЦОДы отличаются по вычислительной емкости, а также по степени резервирования. Обычная модель для компании – использование двух ЦОДов – основного и резервного, причем эти ЦОД обычно разнесены географически. Особо крупные ЦОД обычно являются распределенными и представляют собой несколько вычислительных кластеров, соединенными либо своими каналами (в случае оператора связи), либо арендованными каналами.

В последнее время все большую популярность набирают **облачные технологии** на базе ЦОД – информационно-технологическая концепция, подразумевающая обеспечение повсеместного и удобного сетевого доступа по требованию к общему пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов (например, сетям передачи данных, серверам, устройствам хранения данных, приложениям и сервисам – как вместе, так и по отдельности), которые могут быть оперативно предоставлены и освобождены с минимальными эксплуатационными затратами или обращениями к провайдеру. Примерами популярных облачных сервисов могут быть такие услуги, как Yandex диск, Google Apps и другие.

### 1.2.3.3. Топология сети

Термин «топология», или «топология сети», характеризует физическое расположение компьютеров, кабелей и других компонентов сети.

Топология сети обуславливает ее характеристики. В частности, выбор той или иной топологии влияет:

- на состав необходимого сетевого оборудования;
- характеристики сетевого оборудования;
- возможности расширения сети;
- способ управления сетью.

Сетевая топология может быть:

- физической – описывает реальное расположение и связи между узлами сети;
- логической – описывает хождение сигнала в рамках физической топологии;

- информационной – описывает направление потоков информации, передаваемых по сети.

Далее мы будем рассматривать физическую топологию.

Выделяют три базовых топологии: шина (*bus*), звезда (*star*), кольцо (*ring*). Остальные топологии обычно являются производными от этих трех. Если компьютеры (или другие сетевые устройства) подключены вдоль одного кабеля (сегмента (*segment*)), топология называется **шиной**. В том случае, когда компьютеры подключены к сегментам кабеля, исходящим из одной точки, или концентратора, топология называется **звездой**. Если кабель, к которому подключены компьютеры, замкнут в кольцо, такая топология носит название **кольцо**.

**Топология «шина»** – схема подключения сетевых устройств к одному общему кабелю, именуемому магистралью или сегментом, вдоль которого подключены все компьютеры сети. Соединение компьютеров в данный вид топологии представлено на рис. 1.20. Топологию «шина» часто называют «линейной шиной» (*linear bus*). Данная топология относится к наиболее простым топологиям. Соединение физически выполняется либо посредством коаксиальных кабелей (на текущий момент практически не используется), либо на основе витой пары.

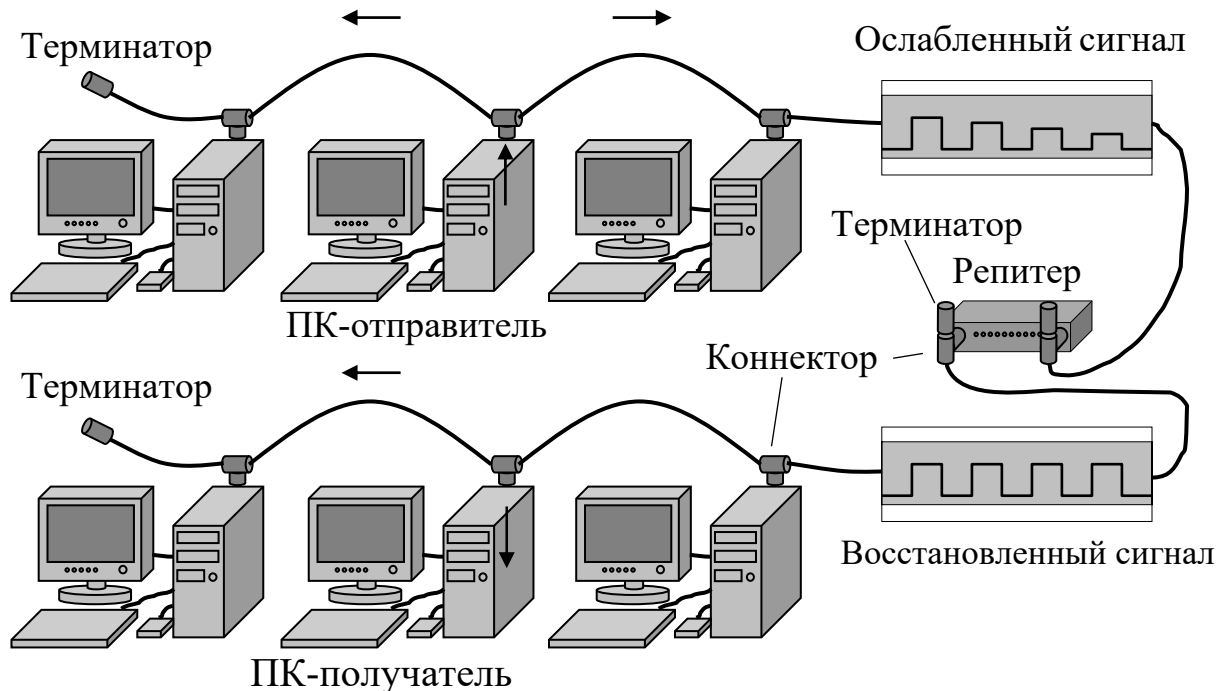


Рис. 1.20. Сеть с топологией «шина»

В сети с топологией «шина» компьютеры адресуют данные конкретному компьютеру, передавая их по кабелю в виде электрических



сигналов. Данные в виде электрических сигналов передаются всем компьютерам сети; однако информацию принимает только тот, адрес которого соответствует адресу получателя, зашифрованному в этих сигналах. Причем в каждый момент времени только один компьютер может вести передачу. Так как данные в сеть передаются лишь одним компьютером, ее производительность зависит от количества компьютеров, подключенных к шине. Чем их больше, т.е. чем больше компьютеров, ожидающих передачи данных, тем медленнее скорость обмена данными между компьютерами сети. Однако вывести прямую зависимость между пропускной способностью сети и количеством компьютеров в ней нельзя, так как кроме числа компьютеров на быстродействие сети влияет множество факторов, в том числе:

- характеристики аппаратного обеспечения компьютеров в сети;
- частота, с которой компьютеры передают данные;
- тип работающих сетевых приложений;
- тип сетевого кабеля;
- расстояние между компьютерами в сети.

Шина – пассивная топология. Это значит, что компьютеры только «слушают» передаваемые по сети данные, но не перемещают их от отправителя к получателю. Поэтому, если один из компьютеров выйдет из строя, это не скажется на работе остальных. Данные (электрические сигналы) распространяются по всей сети – от одного конца кабеля к другому. Если адрес машины не соответствует адресу назначения, компьютер игнорирует данные. В случае, если адрес назначения совпадает с адресом компьютера, пакет принимается. Поскольку шинная топология состоит только из одного провода, она относительно дешевая по сравнению с другими топологиями. Однако низкая стоимость внедрения нивелируется более высокой стоимостью управления такой сетью, к тому же из-за использования одного кабеля, он может быть единой точкой отказа.

Если сегмент превышает длину, обусловленную техническими характеристиками, то необходимо данный сегмент расширить. При расширении сегмента для соединения двух отрезков кабеля служит репитер (*repeater*). Он усиливает сигнал перед передачей его в следующий сегмент. В прямом виде данная топология сейчас редко встречается, ранее она часто применялась на сетях с коаксиальным кабелем.

**Топология «звезда»** – схема соединения, при которой каждый компьютер подключен к центральному компоненту, называемому коммутатором или хабом (см. п. 1.2.3.1). Сигналы, которые передает

компьютер, через коммутатор поступают только требуемым адресатам за исключением случаев, когда в таблице коммутатора отсутствует адрес назначения, или на него приходит широковещательный запрос; в этом случае сигнал (пакет) передается всем компьютерам в сети. Недостатки данной топологии: большой расход кабеля при прокладке сети (поскольку каждый компьютер подключается к центральному модулю) и при выходе коммутатора из строя вся сеть также выходит из строя (этот недостаток устраняется установкой второго коммутатора). Преимуществом является более высокая скорость передачи, так как каждый компьютер находится в своем домене коллизий (см. 1.2.3.4). Соединение компьютеров по топологии «звезда» представлено на рис. 1.21.

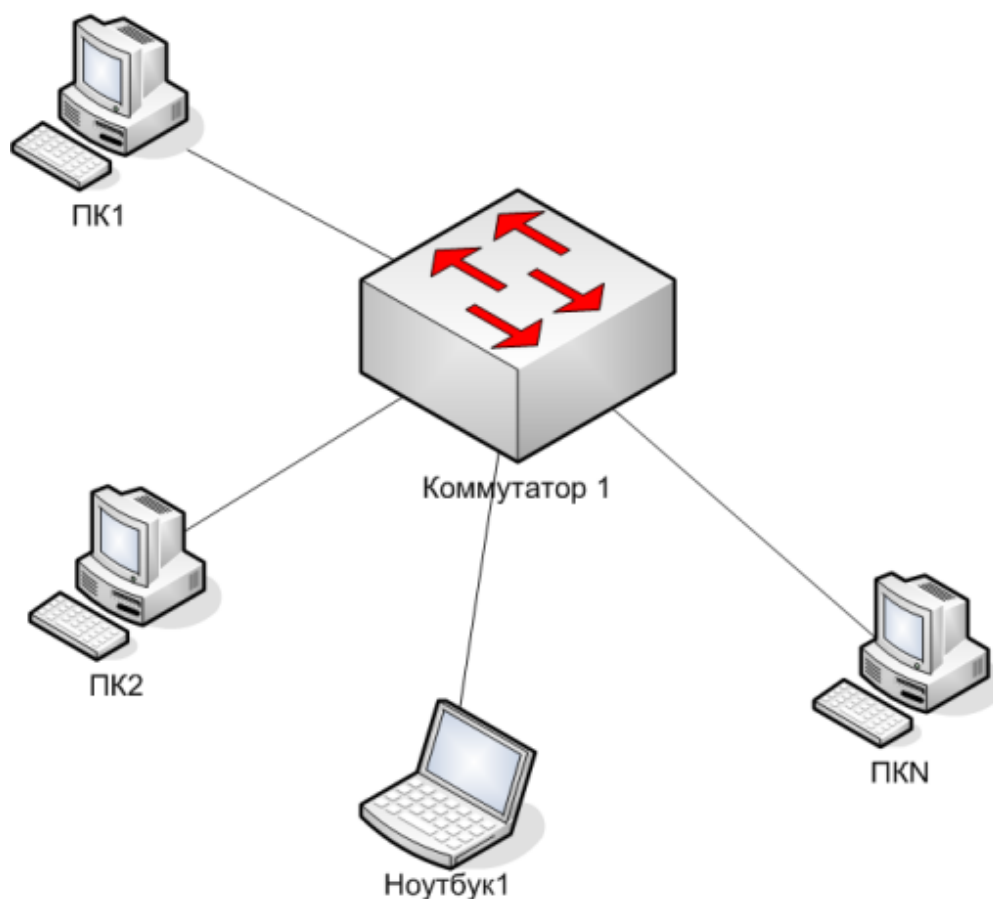


Рис. 1.21. Сеть с топологией звезда

**Топология «кольцо»** – последовательное соединение сетевых элементов в замкнутое кольцо. Данные перемещаются по кольцу в одном направлении (или двух направлениях) от узла к узлу. Данный тип топологии может быть реализован на коммутаторах, маршрутизаторах или других сетевых элементах, в этом случае данные могут

передаваться в обоих направлениях. Соединение коммутаторов в данный вид топологии представлено на рис. 1.22. В такой сети возможно резервирование, т. е. при выходе из строя одного из элементов или обрыве кабеля возможно перенаправление трафика в обход аварийного участка.

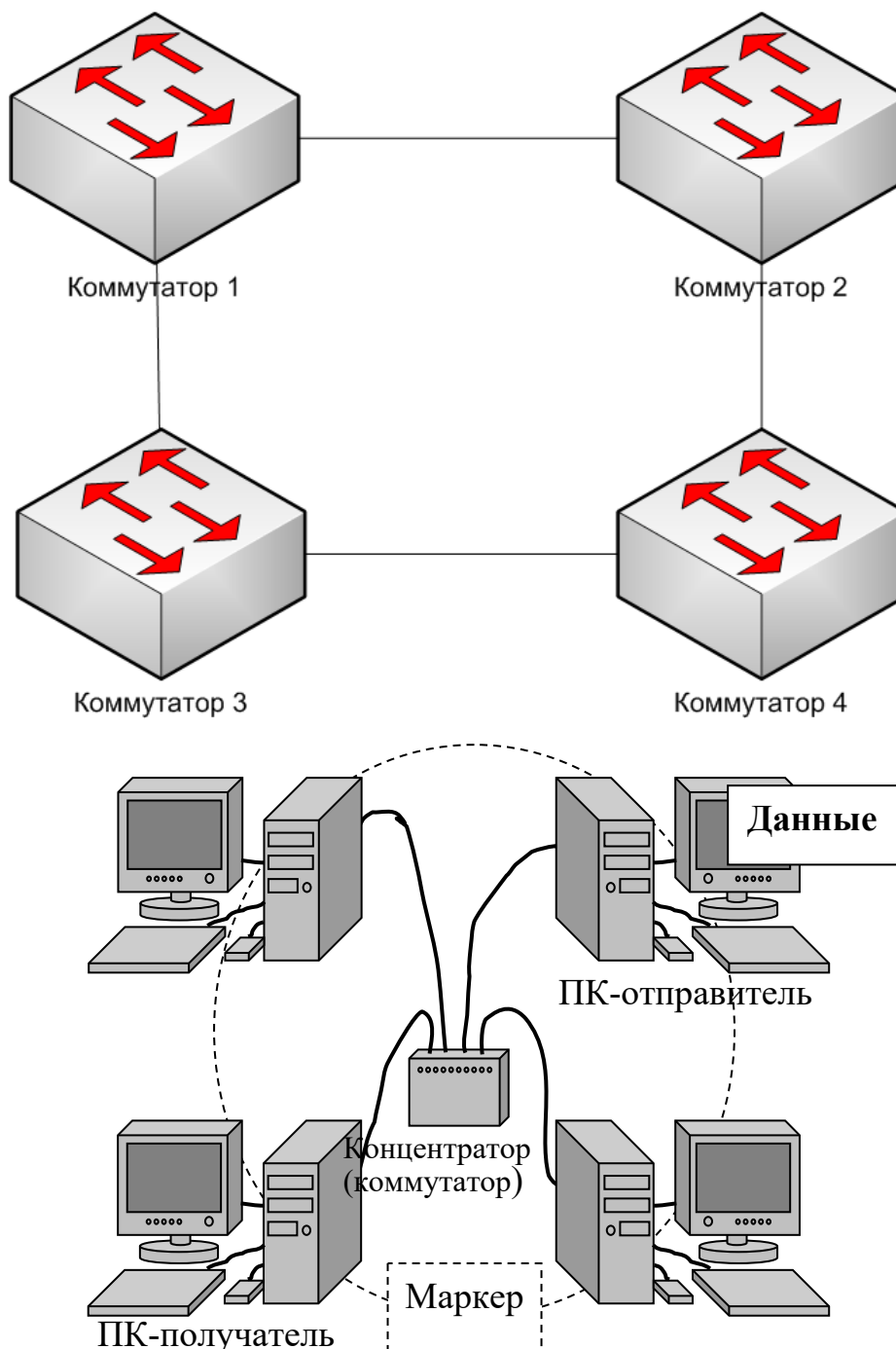


Рис. 1.22. Сеть с топологией «кольцо»

В устаревших топологиях Token Ring такими элементами могут являться и компьютеры. В этом случае каждый узел работает как повторитель, усиливая сигнал и передавая его дальше. Поскольку сигнал проходит через каждый компьютер, сбой одного из них приводит к отказу всей сети.

Каждая из топологий обладает рядом недостатков и преимуществ (табл. 1.8).

Таблица 1.8

Сравнение базовых топологий

Топология	Преимущества	Недостатки
Шина	Экономный расход кабеля. Сравнительно недорогая и несложная в использовании среда передачи. Простота, надежность. Легко расширяется.	При значительных объемах трафика уменьшается пропускная способность сети. Трудно локализовать проблемы. Выход из строя кабеля останавливает работу многих пользователей.
Кольцо	Все сетевые элементы имеют равный доступ. Возможность резервирования.	Пропускная способность сети ограничивается пропускной способностью кольца.
Звезда	Легко модифицировать сеть, добавляя новые компьютеры. Централизованный контроль и управление. Выход из строя одного компьютера не влияет на работоспособность сети.	Выход из строя центрального узла парализует всю сеть. Повышенный расход кабеля.

Встречаются также комбинированные топологии, которые сочетают отдельные свойства шины, звезды и кольца.

**Сеть с топологией «звезда-шина»** – это комбинация топологий «шина» и «звезда». Она выглядит следующим образом: несколько сетей с топологией «звезда» объединяются при помощи магистральной линейной шины между коммутаторам или маршрутизаторами.

В этом случае выход из строя коммутатора повлечет за собой отсоединение от сети только подключенных к нему компьютеров и концентраторов, остальные компьютеры сети смогут по-прежнему обмениваться данными друг с другом.

**Топология «звезда-кольцо»** несколько похожа «звезду-шину». И в той, и в другой топологии компьютеры подключаются к коммутаторам. Отличие в том, что коммутаторы в «звезде-шине» соединены магистральной линейной шиной, а в «звезде-кольце» все коммутаторы соединены в кольцо. Компьютеры в этом случае подключаются к каждому коммутатору по схеме «звезда», см. рис. 1.23.

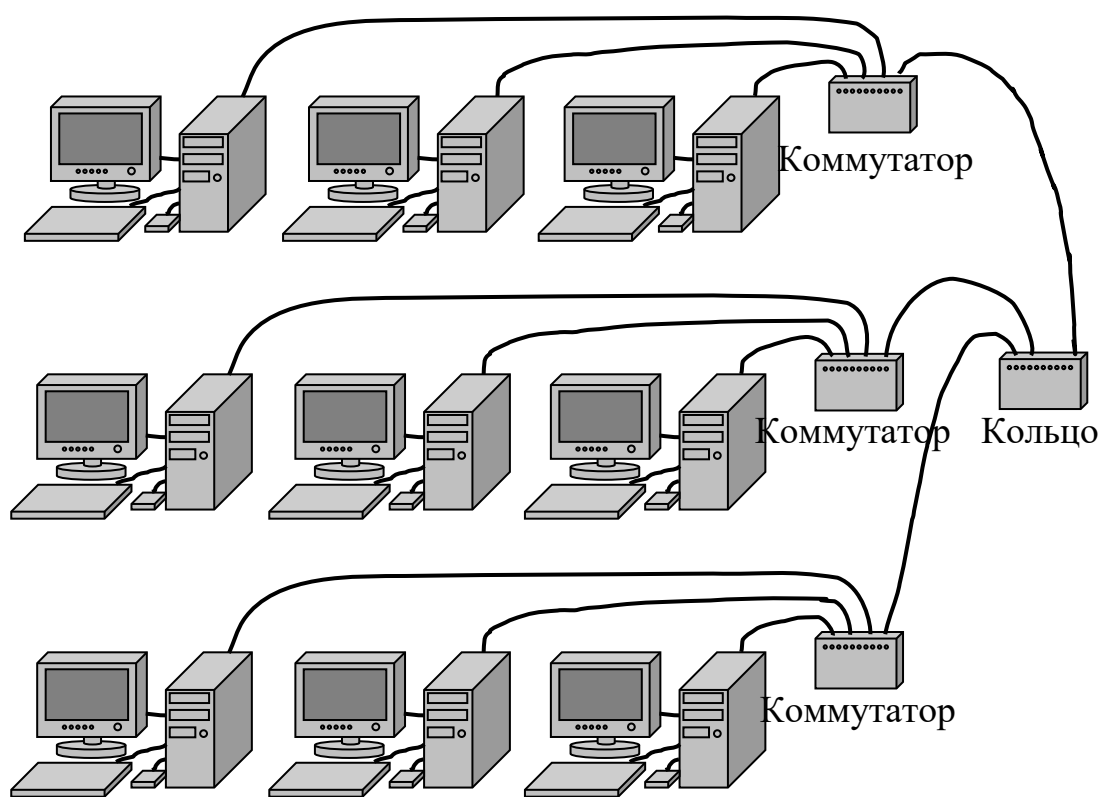


Рис. 1.23. Сеть с топологией «звезда-кольцо»

**Различают также полно-связные и частично связные топологии.** Примеры этих топологий приведены на рис. 1.24. Первая топология предполагает полную связность всех узлов сети по типу каждый с каждым, где число связей вычисляется с помощью выражения  $(n(n-1))/2$ , здесь  $n$  – количество узлов. Другими словами, с ростом числа узлов, число связей является квадратичной функцией от числа узлов, это является главным недостатком такой схемы. Во втором случае требование полной связности ослабляется, в результате можно ограничиться меньшим количеством соединений.

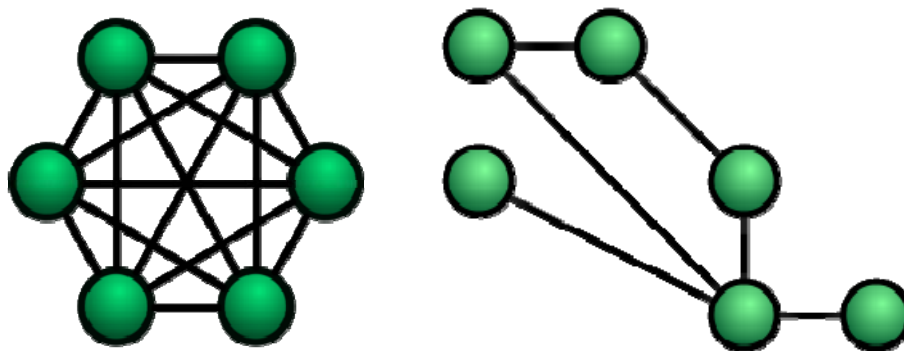


Рис. 1.24. Виды типологий сети: а) полно-связная; б) частично-связная

#### 1.2.3.4. Сетевые архитектуры

**Сетевая архитектура** (*network architecture*) – это комбинация стандартов, топологий и протоколов, необходимых для создания работоспособной сети.

**Ethernet** – самая популярная в настоящее время сетевая архитектура. Она использует немодулированную передачу со скоростью от 100 Мбит/с, топологию «шина» и метод доступа CSMA/CD (множественный доступ с контролем несущей и обнаружением коллизий). CSMA/CD – метод доступа, используемый в сетях ethernet. Станции «прослушивают» канал передачи данных, чтобы определить, не осуществляет ли уже другая станция передачу кадра данных. Если ни одна из станций не передает, «слушающая» станция посылает свои данные. Суть «прослушивания» – проверить наличие несущей (определенного уровня напряжения или светового потока). Множественный доступ означает, что несколько станций пытаются получить доступ к кабелю в одно и то же время. Если две станции начинают передачу одновременно, происходит коллизия. Перед повторной попыткой передачи они должны выждать случайный промежуток времени. Как уже упоминалось в 1.2.3.1 для ограничения домена коллизий могут использоваться коммутаторы.

Сеть Ethernet имеет следующие характеристики:

- 1) топологии – линейная «шина», «звезда-шина», «кольцо»;
- 2) тип передачи – немодулированная;
- 3) метод доступа – CSMA/CD;
- 4) спецификации – IEEE 802.3;
- 5) скорость передачи данных – 10 Мбит/с, 100 Мбит/с, 1 Гбит/с, 10 Гбит/с, 40 Гбит/с или 100 Гбит/с;
- б) кабельная система – витая пара, оптика.

Под немодулированной передачей понимается способ передачи данных по кабелю, при котором каждый бит данных кодируется отдельным электрическим или световым импульсом. При немодулированной передаче вся ширина полосы пропускания кабеля используется в качестве одного канала связи.

Ethernet разбивает данные на пакеты (кадры), формат которых отличается от формата пакетов, используемого в других сетях. Кадры представляют собой блоки информации, передаваемые как единое целое. Стандартный кадр Ethernet II может иметь длину от 64 до 1518 байт (так называемые *jumbo frame* могут иметь длину кадра более 9000 байт), но сама структура кадра Ethernet использует, по крайней мере, 18 байтов, поэтому размер блока данных стандартного Ethernet II – от 46 до 1500 байтов. Каждый кадр содержит управляющую информацию и имеет общую с другими кадрами организацию.

В настоящее время Ethernet почти полностью вытеснил с рынка такие архитектуры, как Token Ring, AppleTalk и ArcNet.

Из технологий доступа имеющие актуальность в настоящее время следует также упомянуть PON (*Passive optical network*), xDSL (*Digital line subscriber*), а также DOCSIS, раздел 1.2.3.6.

### 1.2.3.5. Сетевые кабели

На сегодняшний день многие компьютерные сети используют для соединения провода, кабели. Они выступают в качестве среды передачи сигналов между компьютерами и другими сетевыми устройствами. Наиболее часто используются следующие группы кабелей: коаксиальный кабель, витая пара и оптоволоконный кабель.

Коаксиальный кабель (рис. 1.25) состоит из медной жилы, изоляции, ее окружающей, экрана в виде металлической оплетки и внешней оболочки. Снаружи кабель покрыт непроводящим слоем – из резины, тефлона или пластика.

Ранее для создания ЛВС использовались два типа коаксиальных кабелей: тонкий и толстый. Тонкий кабель имеет диаметр 0,5 см, прост в применении, передает сигнал на расстояние до 185 м без заметного искажения. Толстый кабель имеет диаметр около 1 см, более толстую медную жилу (поэтому он жестче, чем тонкий) и передает сигналы до 500 м.

В настоящее время наиболее вероятное применение коаксиальных кабелей – сети DOCSIS, когда обычный телевизионный кабель используется для передачи данных.

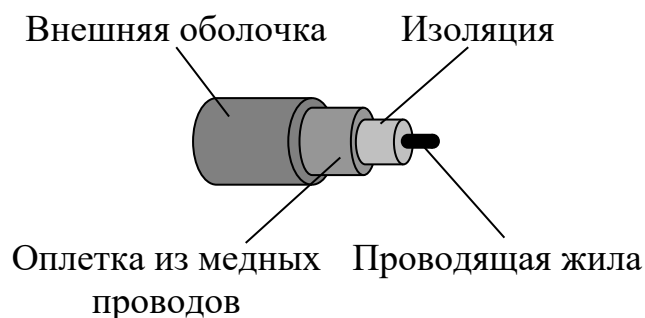


Рис. 1.25. Коаксиальный кабель

Следующий тип кабеля: витая пара – два перевитых вокруг друг друга изолированных медных провода. Существует два типа витой пары: неэкранированная и экранированная. Экранированная витая пара имеет экран (металлическая оплетка или цилиндр, навитый из фольги), который защищает передаваемые данные. Эти типы кабелей представлены на рис. 1.26 и 1.27.

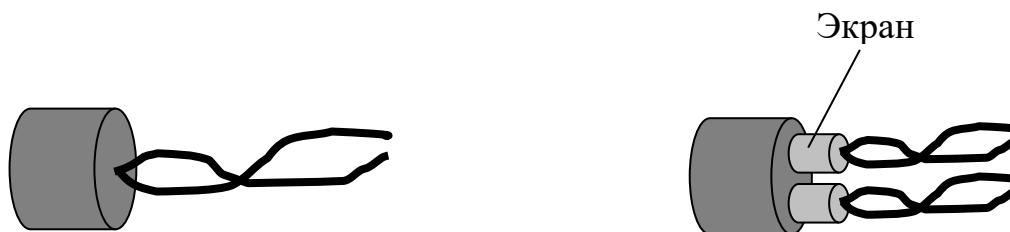


Рис. 1.26. Витые пары: а) неэкранированная

б) экранированная

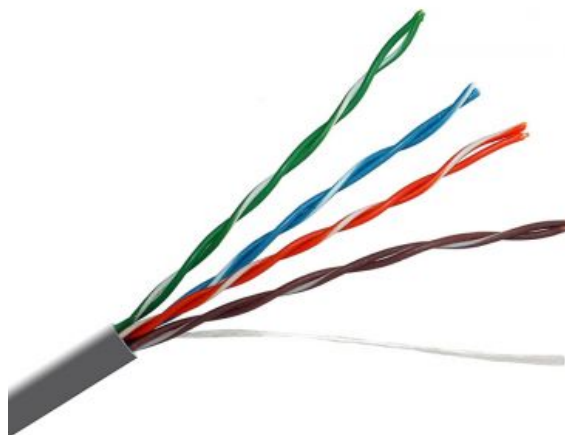


Рис. 1.27. Неэкранированная витая пара

В оптоволоконном кабеле цифровые данные распространяются по оптическим волокнам в виде модулированных световых импульсов. Оптическое волокно – чрезвычайно тонкий стеклянный цилиндр (жила), покрытый слоем стекла (оболочкой), с иным, чем у жилы, коэффициентом преломления (рис. 1.28). Каждое оптоволокно передает



сигналы только в одном направлении, поэтому кабель состоит из двух волокон с самостоятельными коннекторами. Одно из них служит для передачи, а другое – для приема [20].

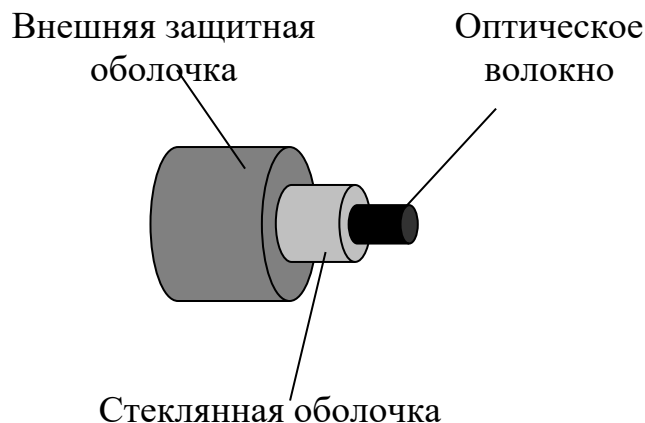


Рис. 1.28. Оптоволоконный кабель

Сравнительная характеристика вышеуказанных кабелей приведена в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Сравнительная характеристика кабелей

Характеристика	Витая пара	Коаксиальный	Оптоволоконный
Гибкость	Самый гибкий	Довольно гибкий	Относительно гибкий
Простота монтажа	Очень прост	Прост	Требует сварки в месте стыков
Подверженность помехам	Подвержен	Хорошая защита от помех	Не подвержен помехам
Особые свойства	Тот же телефонный провод; часто проложен во время строительства	Множество кабелей проложено для нужд кабельного ТВ	Очень широкий спектр, возможность передачи на высоких скоростях
Стоимость пары	Самый дешевый	Дороже витой	Самый дорогой
Эффективная длина кабеля	100 м	До нескольких км без усиления для DOCSIS (HFC)	Возможно более 100 км без усиления
Скорость передачи	До 40 Гбит/с с кабелем Cat.8	До 10 Гбит/с	От 100 Гбит/с и выше
Применение	От небольших до крупных сетей	Средние и большие	Любые сети

### 1.2.3.6. Проводные сети широкополосного доступа

Множество современных сетей не были бы так полезны, если бы не их связь с другими сетями, расположенными по всей стране и даже по всему миру. Иногда для связи используются такие устройства, как модемы.

*Модем (modem)* – это устройство, которое позволяет компьютерам обмениваться данными через различные среды, такие как телефонная линия, оптический кабель, коаксиальный кабель и т. п.

Когда компьютеры расположены слишком далеко друг от друга и их нельзя соединить стандартным сетевым кабелем, связь между ними устанавливается с помощью модема. В сетевой среде модемы служат средством связи между отдельными локальными сетями или между локальными сетями и остальным миром. Осуществлять связь по телефонной линии компьютеры не могут, так как обмениваются данными с помощью цифровых электронных импульсов, а по телефонной линии можно передавать только аналоговые сигналы (звуки). Цифровой сигнал (синоним двоичного) может принимать лишь два значения: 0 или 1. Аналоговый сигнал – это плавная кривая, которая может иметь бесконечное множество значений.

Если рассматривать схему упрощенно, то модем на передающей стороне преобразует цифровые сигналы компьютера в аналоговые и посылает их по телефонной линии. Модем на принимающей стороне преобразует входящие аналоговые сигналы в цифровые для компьютера-получателя. Другими словами, передающий модем модулирует цифровой сигнал в аналоговый, а принимающий модем демодулирует аналоговый сигнал обратно в цифровые сигналы (рис. 1.29, 1.30). На рисунке 1.30 в качестве примера рассмотрена связь DSL (*Digital subscriber line*) модемов. В реальных сетях такие устройства часто подключаются к концентратору DSLAM (*DSL Access Multiplexor*) на стороне оператора, который осуществляет функцию модуляции/демодуляции сигнала с абонентского модема, а также разделение сигналов телефона и DSL модема.

Модемы – оборудование передачи данных (DCE). DSL модем обычно имеет несколько *Ethernet* интерфейсов, подключаемых к компьютеру (дополнительно может иметь WiFi точку доступа); а также интерфейс с телефонной линией RJ-11 (четырёхконтактный телефонный разъем).

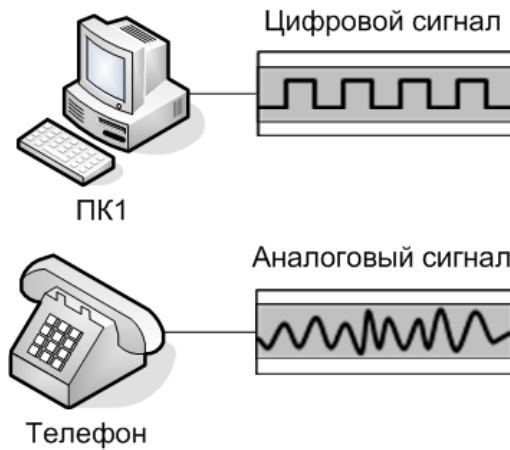


Рис. 1.29. Цифровые и аналоговые сигналы

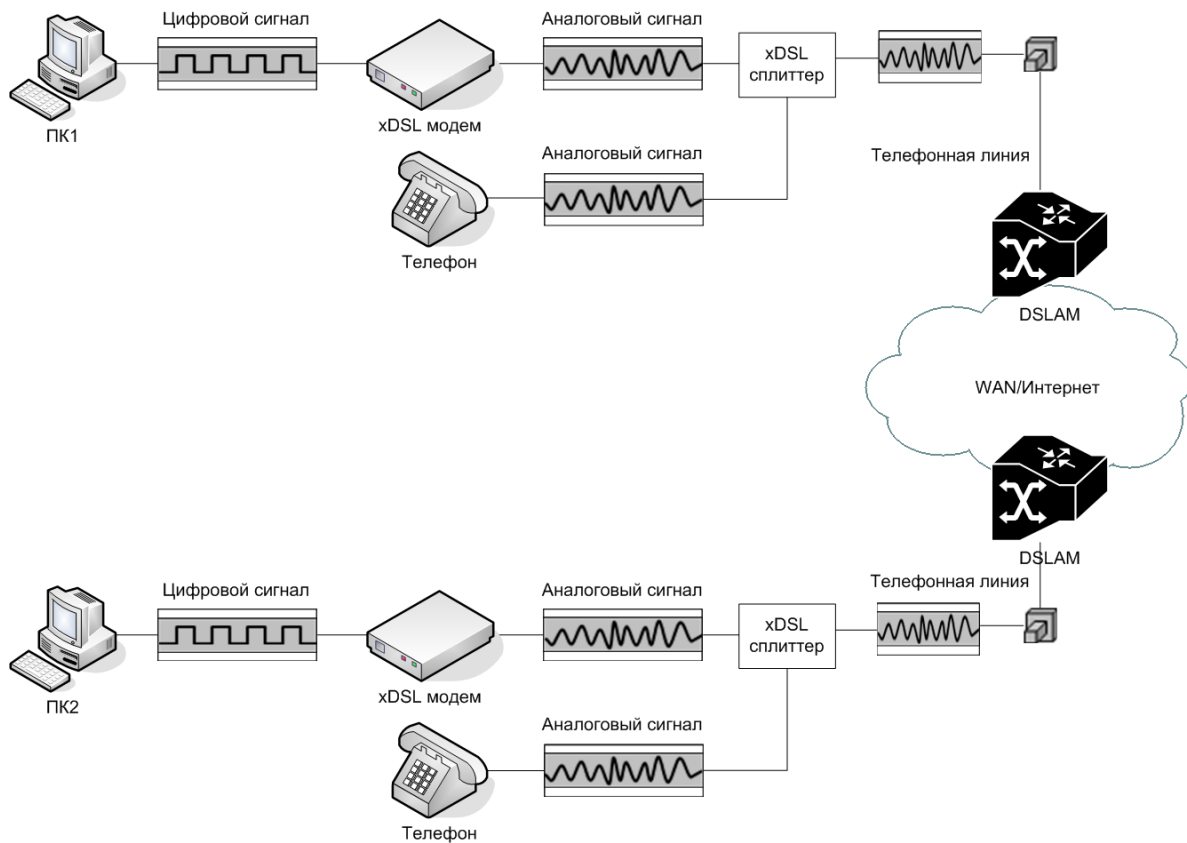


Рис. 1.30. Модемная связь xDSL

Для одновременной передачи по телефонной линии данных от компьютера и телефона используются такие устройства, как сплиттеры. Их основное назначение – объединение аналоговых сигналов DSL модема и телефона для передачи в телефонную линию и разделение этих сигналов при приеме. Устройства представляют собой частотные фильтры для разделения каналов.

Существуют различные типы модемов в связи с различными типами среды передачи, для которых требуются разные методы передачи данных. Эти среды можно грубо поделить на два типа, приняв за критерий синхронизацию связи. Итак, связь бывает асинхронная и синхронная.

**Асинхронная связь** – распространенная форма передачи данных. Причина такой популярности кроется в том, что асинхронный метод связи использует стандартные телефонные линии. При асинхронном методе данные передаются последовательным потоком. Каждый символ (буква, число или знак) раскладывается в последовательность битов. Каждая из этих последовательностей отделяется от других стартовым битом и стоповым битом. Передающие и принимающие устройства должны согласовывать комбинацию стартовых и стоповых битов. Принимающий компьютер для управления синхронизацией использует стартовые и стоповые биты, готовясь тем самым к приему следующего байта данных. Связь этого типа не синхронизируется, т.е. отсутствует синхронизирующее устройство или метод для координации действий между передатчиком и приемником. Передающий компьютер просто шлет данные, а принимающий компьютер их получает. Затем принимающий компьютер проверяет данные, чтобы убедиться в том, что они приняты без ошибок. Двадцать пять процентов трафика данных при асинхронной связи состоит из управляющей и координирующей информации. Вероятность ошибок никогда не исключена, поэтому при асинхронной связи может использоваться специальный бит – бит четности. Схема проверки и коррекции ошибок, которая его применяет, называется *контролем четности*. При контроле четности количество посланных и принятых единичных битов должно совпадать.

Синхронная связь основана на схеме синхронизации, согласованной между двумя устройствами. Ее цель – выделить биты из группы при передаче их блоками. Эти блоки называют *кадрами*. Для установки синхронизации и периодической проверки ее правильности используются специальные символы. Поскольку биты передаются в синхронном режиме, стартовые и стоповые биты не нужны. Передача завершается в конце одного кадра и начинается вновь на следующем кадре. Этот метод более эффективен, чем асинхронная передача. В случае ошибки синхронная схема распознавания и коррекции ошибок просто повторяет передачу кадра. Синхронные протоколы выполняют некоторые действия, не предусмотренные асинхронными протоколами,

а именно разбивают данные на блоки, добавляют управляющую информацию, проверяют данные на наличие ошибок.

Синхронная связь используется практически во всех цифровых системах связи и сетях.

Сам по себе модем бесполезен, если он не может поддерживать связь с другими устройствами. Связь через модем всегда осуществляется по какому-нибудь кабелю или коммуникационной линии. Тип кабеля, а также коммуникационная компания, предоставляющая линию связи и соответствующие услуги, определяют различия в производительности и стоимости канала связи. Общая закономерность такова: чем быстрее и на большие расстояния передавать данные, тем задача сложнее, тем выше ее стоимость. Обдумывая методы реализации связи, необходимо принимать во внимание три фактора: пропускную способность, расстояние, стоимость.

Сети широкополосного доступа принято разделять на сети с проводным доступом и с беспроводным доступом [18]. К первым сейчас относятся сети на базе наиболее распространенных технологий:

- 1) Ethernet;
- 2) xPON (Passive optical network);
- 3) HFC (Hybrid fibre-coaxial), используемые совместно со стандартом DOCSIS (Data over cable service interface specifications);
- 4) xDSL (Digital subscriber line);

По проводным сетям наиболее актуальны сети на базе Ethernet и xPON, технология xDSL, рассмотренная выше, уже не столь популярна и замещается первыми двумя. Одна из причин такого замещения – низкие скорости xDSL (в теории до 24Мбит/с в сторону абонента для ADSL2+) с учетом имеющейся проводной телефонной инфраструктуры и ограничений технологии. HFC имеет популярность в тех местах, где сохранилась соответствующая кабельная инфраструктура, как правило, это регионы северной Америки, в России и Европе данная технология менее популярна. На рис. 1.31 изображены примеры подключения абонентов к сети интернет с помощью DOCSIS модема и маршрутизатора Ethernet. Оборудование такого типа часто называют оборудованием клиентского доступа (CPE – *Customer premises equipment*) или RG (*Residential gateway*). Современные CPE, как правило, совмещают в себе функции маршрутизатора и/или коммутатора. Технология xPON предполагает протяжку оптического кабеля до квартиры абонента, где устанавливается специализированное CPE. В основе технологии лежит использование частотного разделения

различных длин волн по волокну с помощью пассивных оптических сплиттеров, устанавливаемых по пути следования кабеля (рис. 1.32).

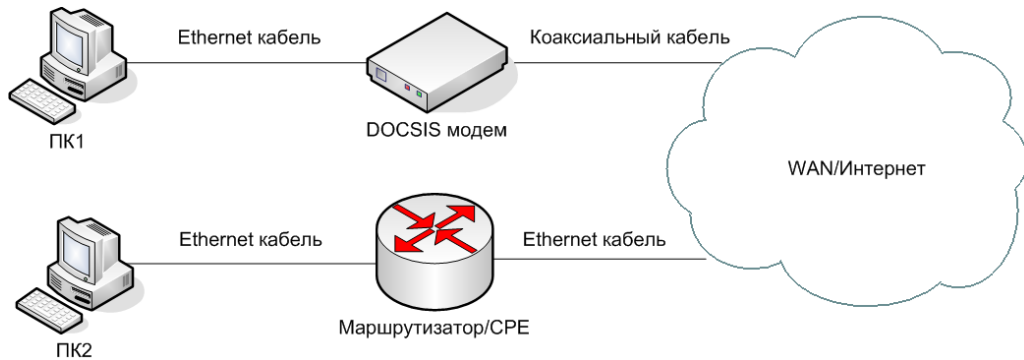


Рис. 1.31. Кабельный DOCSIS и Ethernet доступ

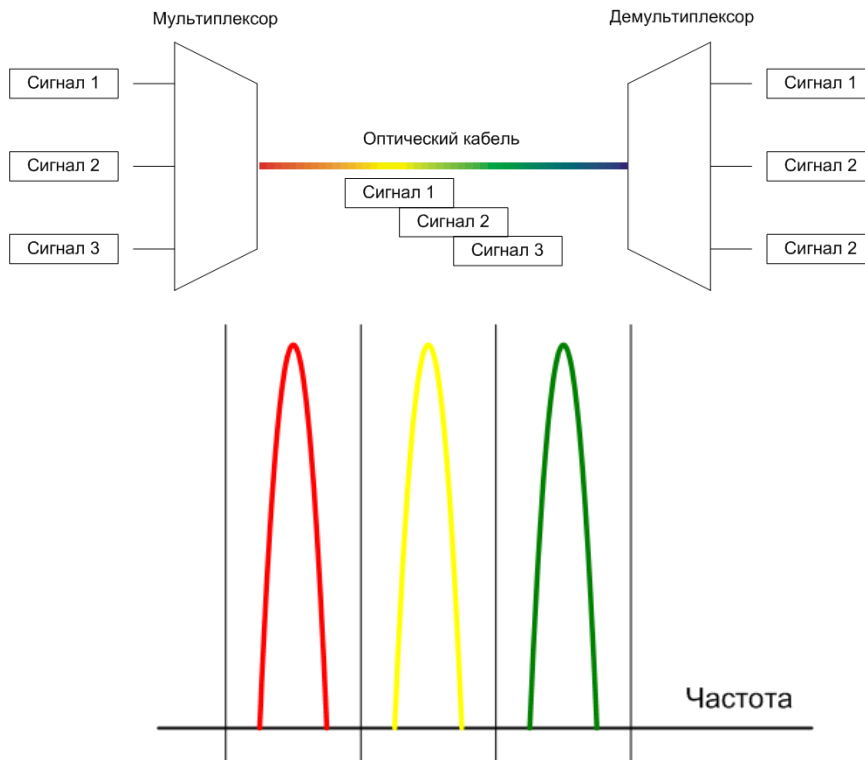


Рис. 1.32. Принцип спектрального уплотнения сигналов различных длин волн:  
а – схема связи; б – спектр сигнала в оптическом кабеле

В области проводных технологий стандартом в настоящее время является 100 Мбит Ethernet на абонентском порту. Из технологических улучшений можно отметить постепенное движение в сторону 1 Гбит Ethernet включений абонентов. Местами при высокой емкости сетей доступа применяются технологии xWDM.

При емкостях каналов более 10 Гбит/с в сетях операторов связи часто применяют технологию спектрального уплотнения (рис. 1.33)

DWDM (*Dense wave division multiplex*) для передачи нескольких каналов данных через одну оптическую пару [19]. В принципе таких систем лежит возможность разнесения сигналов различных длин волн по частотной сетке. Для передачи нескольких сигналов по одному оптическому кабелю используется мультиплексор, который суммирует сигналы от разных длин волн. На стороне приема устанавливается демультиплексор, разделяющий сигналы из оптического кабеля в зависимости от его длины волны.

Для передачи данных на большие расстояния используются усилители сигнала.

### 1.2.3.7. Беспроводные сети

К беспроводным сетям обычно относят:

- 1) 2G, 3G, 4G – LTE, 5G, мобильный доступ;
- 2) WiFi/WiMAX;
- 3) спутниковый доступ.

Мобильные сети являются одними из наиболее популярных сетей в мире [14]. Количество абонентов по данным на 2017 год уже превысило 5 млрд. (около 60 % населения) и продолжает расти, по прогнозам до 7 млрд в 2020 году. Системы первого поколения передавали голосовые вызовы в виде непрерывных (аналоговых) сигналов, а не как последовательность битов. Система AMPS (*Advanced mobile phone system*), развернутая в Соединенных Штатах в 1982 году, была самой популярной системой первого поколения. Системы второго поколения перешли на передачу голосовых вызовов в цифровом виде, что увеличило пропускную способность, повысило безопасность и позволило осуществлять обмен текстовыми сообщениями. GSM (Глобальная система мобильной связи) была развернута с 1991 года и стала наиболее широко используемой системой мобильной телефонной связи в мире, относится к системам 2-го поколения.

Третье поколение, или 3G-системы, были развернуты в 2001 году. Они предлагают как цифровую передачу голоса, так и широкополосную цифровую передачу данных. В 3G-системах используется множество различных стандартов. ITU (*International telecommunication union*) утверждает, что 3G должен обеспечивать скорость передачи данных не менее 2 Мбит/с для неподвижных или идущих пользователей и 384 Кбит/с при перемещении в транспортном средстве. UMTS (*Universal mobile telecommunications system*), также названный WCDMA (*Wideband code division multiple access*), является развитием 3G-стандарта. Она может обеспечить до 14 Мбит/с для входящей и

почти 6 Мбит/с для исходящей информации. Следующие версии 3G-системы используют комплексы антенн и передатчиков, чтобы предоставить пользователям еще большие скорости.

Наиболее критичный ресурс в системах сотовой связи – ограниченность полосы радиочастот. Лицензирование частотного диапазона облегчает разработку и управление системами, так как никто больше не может получить разрешение передавать на этих частотах, но обходится достаточно дорого. Дефицит частотного диапазона привел к появлению схемы сотовой связи, показанной на рис. 1.33, которая используется сейчас в мобильных сетях. Чтобы снизить вероятность возникновения радиопомех между пользователями, зона охвата разделена на ячейки сот. В пределах ячейки пользователям назначаются каналы, не затрагивающие друг друга и не вызывающие проблем для смежных ячеек. Таким образом, обеспечивается эффективное использование спектра и повторное использование частотных диапазонов в соседних ячейках, что увеличивает пропускную способность сети.

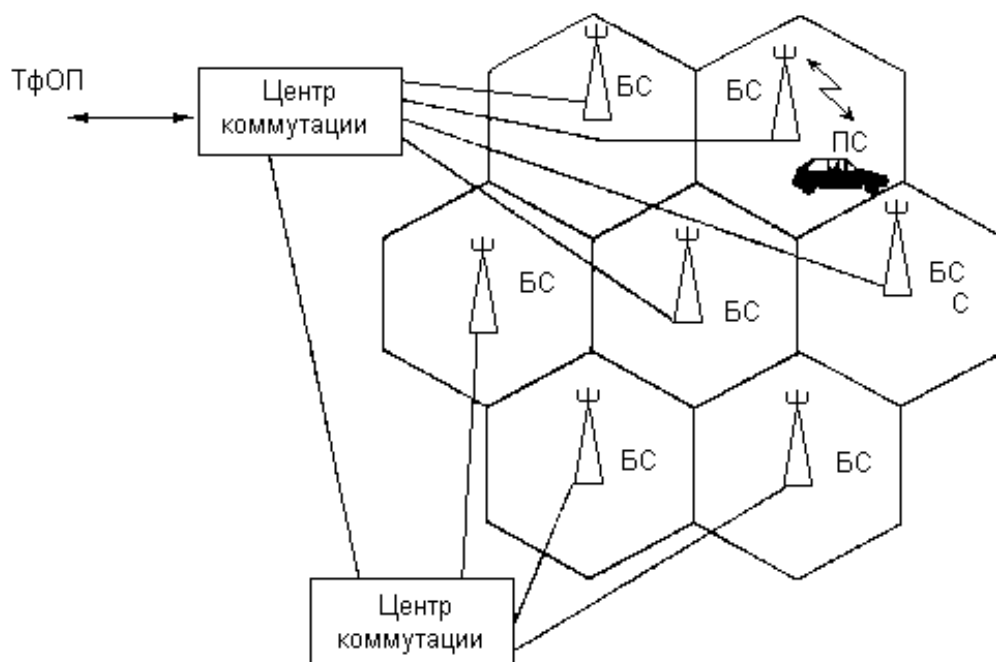


Рис. 1.33. Схема сотовой связи по ячейкам

Технология LTE становится лидером в предоставлении услуг ШПД беспроводного доступа в ближайшие несколько лет, заменяя технологию WiMAX. Стандартом LTE определяются скорости в сторону абонента до 300 Мбит/с при использовании антенных систем MIMO (*Multiple input multiple output*) 4x4 и максимально разрешенной полосы спектра 20 МГц. Одним из последних достижений является



принятие стандарта LTE Advanced, соответствующему стандарту IMT Advanced (4G), предполагающему пиковые скорости до 1 Гбит/с для абонентов, что существенно выше скоростей стандартного LTE. Данные скорости стали возможными за счет увеличения ширины спектра до 100 МГц, используемого для одной передачи управления спектральной полосой, позволяющей использовать (агрегировать) несколько разрозненных участков спектра, а также других оптимизаций спектра и улучшения существующих технологий беспроводной передачи. Стандарт предполагает возможность использования технологии MIMO 8x8 и метода модуляции 128 QAM на каналах в направлении к абоненту. При использовании данных параметров можно получить скорости до 3 Гбит/с на сектор базовой станции LTE Advanced в идеальных условиях.

Прототип Wi-Fi был создан в 1991 году. Продукты, предназначенные изначально для систем кассового обслуживания, были выведены на рынок под маркой WaveLAN и обеспечивали скорость передачи данных от 1 до 2 Мбит/с. Первая версия стандарта 802.11 WiFi была утверждена в 1997 году, и обеспечивала скорости до 2 Мбит/с. Этот стандарт обновили в 1999 году версией 802.11b, обеспечивавшей до 11 Мбит/с теоретический порог скорости. Далее стали известны такие стандарты, как IEEE 802.11a и IEEE 802.11g. Стандарт IEEE 802.11n был утверждён 11 сентября 2009 года. Его применение позволяет повысить скорость передачи данных по сравнению с устройствами стандартов 802.11g (максимальная теоретическая скорость которых равна 54 Мбит/с, а максимальная фактическая – 27 Мбит/с), при условии использования в режиме 802.11n с другими устройствами 802.11n. Теоретически 802.11n способен обеспечить скорость передачи данных до 600 Мбит/с (фактический максимум до 300 Мбит/с). С 2011 по 2014 годы разрабатывался стандарт IEEE 802.11ac, окончательное принятие которого произошло в 2014 году. Скорость передачи данных при использовании 802.11ac может достигать нескольких Гбит/с. Большинство ведущих производителей оборудования уже анонсировали устройства, поддерживающие данный стандарт.

Текущий стандарт 802.11n не позволяет пропускать серьезные объемы трафика через сектор базовой станции WiFi, что ограничивает плотность абонентов на сектор и спектр предлагаемых услуг. С приходом нового стандарта и выпуска соответствующего оборудования операторского уровня появляется возможность увеличения плотности абонентских включений, предложение более быстрых тарифных планов или даже включения пакета услуг IPTV.

Обычно схема Wi-Fi сети содержит не менее одной точки доступа и не менее одного клиента. Также возможно подключение двух клиентов в режиме точка-точка (Ad-hoc), когда точка доступа не используется, а клиенты соединяются посредством сетевых адаптеров «напрямую». Точка доступа передаёт свой идентификатор сети (SSID) с помощью специальных сигнальных пакетов на скорости 0,1 Мбит/с каждые 100 мс. Поэтому 0,1 Мбит/с – наименьшая скорость передачи данных для Wi-Fi. Зная SSID сети, клиент может выяснить, возможно ли подключение к данной точке доступа. При попадании в зону действия двух точек доступа с идентичными SSID приёмник может выбирать между ними на основании данных об уровне сигнала. Стандарт Wi-Fi даёт клиенту полную свободу при выборе критериев для соединения.

Наибольшее применение технологии WiFi находят в корпоративном секторе. Региональные операторы связи часто используют операторские решения WiFi для доступа абонентов в дополнение к проводным технологиям, что оправдано при невысокой плотности абонентов и отсутствии возможности обеспечения проводного доступа. Спутниковый доступ чаще всего применяется в местах, где затруднительно предоставлять традиционные проводные или беспроводные услуги.

### 1.2.3.8. Расширение сетей

При построении больших сетей на использование типовых структур накладываются ограничения: на длину связи, количество узлов в сети и интенсивность трафика. Для ослабления этих ограничений используют оптические кабели, а при достижении лимита по передаваемой длине – усилители в таких системах, как DWDM (п. 1.2.3.6), а также коммутаторы, маршрутизаторы и шлюзы для разделения сетевых сегментов.

Первым устройством-прототипом современных коммутаторов был мост (*bridge*), который разделяет сеть на части (сегменты) и передает информацию из одного сегмента в другой, только если это необходимо. Таким образом, мост повышает общую пропускную способность сети, поскольку изолирует передачу информации внутри каждого сегмента от передачи информации вне сегментов. Дополнительно он уменьшает возможность несанкционированного доступа к данным, передаваемым внутри сегмента.

При использовании мостов в сети не должно быть замкнутых контуров, так как мост не знает точной топологии связей сети. Он лишь запоминает, через какой порт пришли данные от каждого

компьютера и затем отправляет данные компьютерам на порты, соответствующие этим компьютерам. Для работы в кольцах используются протоколы серии xSTP (*Spanning tree protocol*), размыкающие кольцо для предотвращения петель коммутации.

Коммутатор (*switch*) описан в разделе 1.2.3.1 и по принципу работы не отличается от моста, но у него каждый порт оснащен процессором для обработки данных по алгоритму моста независимо от других портов.

Маршрутизатор (*router*) разбивает сеть на логические сегменты посредством явной адресации – использования составных логических IP адресов (см. п. 1.4.2.2). В составном числовом адресе содержится информация о принадлежности тому или иному сегменту сети согласно сетевой модели OSI на третьем уровне. Вследствие этого маршрутизатор надежно и эффективно изолирует передачу информации внутри сегментов друг от друга. Также он может работать в сети с замкнутыми контурами, осуществлять выбор наиболее рационального маршрута передачи данных из нескольких (см. п. 1.4.2.4) и соединять в единую сеть сегменты, построенные с использованием разных технологий.

Шлюз (*gateway*) используется для соединения сегментов с разными типами системного и прикладного программного обеспечения. Одновременно он выполняет функции маршрутизатора.

Следует отметить, что маршрутизаторы, шлюзы и другие устройства могут быть выполнены не только в виде специальных устройств, но и в виде программного обеспечения на специально выделенных серверах. Сегодня это приобретает особую значимость с развитием технологий виртуализации области NFV (*Network function virtualization*).

### **Контрольные вопросы**

1. В чем отличие данных от знаний и как они структурируются применительно к предприятиям лесного комплекса?
2. Отобразите схему цикла существования данных.
3. В чем заключаются отличия известных структур организации баз данных? Приведите примеры структур иерархических, сетевых и реляционных баз данных лесозаготовительного оборудования.
4. Приведите примеры моделей данных в сфере управления лесного комплекса.
5. Как структурируются модели данных (на примере данных лесного комплекса)?

6. Что понимается под документооборотом применительно к предприятиям лесного комплекса?
7. Дайте понятие информационной технологии как системы.
8. Как реализуется информационная технология без средств вычислительной техники и при наличии последних?
9. Каковы средства информационной технологии?
10. Какие виды сетей Вам известны?
11. Какие архитектуры сетей используются в практике?
12. Какие из видов сетей и доступа в глобальные сети наиболее приемлемы для лесных предприятий?
13. Какие типы сетей беспроводной связи вы знаете?
14. Какие типы сетей проводной связи вам известны?
15. Каким образом можно расширить сеть?

### **1.3. Моделирование информационных процессов и документооборота лесопромышленного предприятия**

#### **1.3.1. Основные понятия теории графов**

*Множество* – это совокупность объектов различной природы, которые называются элементами множества [21].

Основные параметры множества:

$X$  – множество;

$n$  – количество элементов множества;

$x_i$  – элемент множества.

Принадлежность элемента множества какому-либо множеству обозначается  $x_i \in X$ . Между элементами множества существуют определенные связи, которые, как правило, рассматриваются между парами элементов множества  $(x_i, x_j)$ ,  $i, j=1, \dots, n$ . Графически элементы множества обозначаются окружностями или точками, связи между ними дугой, которая бывает направленной или нет. Связи между элементами множества задаются в свою очередь своим множеством  $U$ . Таким образом, **граф** – это совокупность множества элементов  $X$  и множества связей  $U$  между ними. Обозначается граф как  $G(X, U)$ . Пример графа приведен на рис. 1.34.

Граф характеризуется *путями*, которые являются совокупностью дуг графа, и в них конец каждой предыдущей дуги соединен с началом последующей. Различают два вида путей графа:

- 1) простой путь, когда каждая дуга в пути встречается один раз;

2) сложный путь, когда некоторые из дуг встречаются неоднократно.

$$\Gamma_{x_2} = \{x_3, x_4, x_5\}.$$

Отображение считается заданным, если для каждой вершины  $x_i$  графа известны элементы  $x_j$ , с которыми соединена вершина  $x_i$ .

Пустое множество отображения характеризует отсутствие связей вершины  $x_i$  графа с остальными вершинами и обозначается  $\emptyset$ . Например, отображение вершины  $x_3$  графа на рис. 1.34  $\Gamma_{x_3} = \emptyset$ .

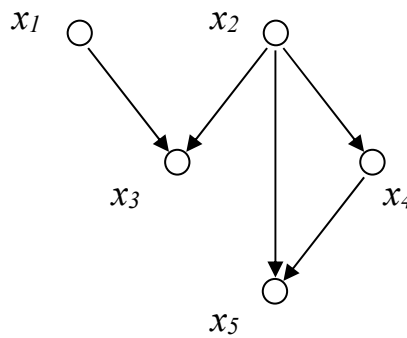


Рис. 1.34. Пример графа  $G(X, U)$

$$A = [a_{ij}] = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & a_{i2} & a_{i3} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \dots & a_{mj} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}, i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}.$$

### 1.3.1.1. Математическое описание графов матрицей смежности

Матрица представляет собой таблицу, содержащую  $m$  строк и  $n$  столбцов, т.е. размерность матрицы  $m \times n$ . Если количество строк равно количеству столбцов, то матрица называется матрицей  $n$ -го порядка.

Две матрицы одинаковой размерности можно складывать, например для матриц  $A$  и  $B$ :

$$A + B = a_{ij} + b_{ij}.$$

При этом складываются элементы матрицы, содержащие одинаковые индексы (находящиеся в одном и том же месте матрицы), и сумма элементов записывается в то же место новой матрицы.

**Матрицей смежности** графа  $G(X, \Gamma)$  называется матрица, в которой элементы матрицы, стоящие на пересечении  $i$ -й строки и  $j$ -го столбца, численно равны количеству дуг графа, идущих из  $i$ -й в  $j$ -ю вершину. Если таких дуг нет, то на пересечении  $i$ -й строки и  $j$ -го столбца записывается 0.

Для графа  $G_1(X_1, \Gamma_1)$ , приведенного на рис. 1.35, матрица смежности

$$A_1 = \begin{matrix} & i \setminus j & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \left| \begin{matrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \right. & \end{matrix}.$$

Приведение матриц к одному наибольшему порядку  $n$  производится посредством добавления недостающих строк и столбцов с нулевыми элементами. Операция сложения для получения результирующей матрицы выполняется по правилам сложения булевой алгебры:

$$\begin{aligned} 1 \cup 1 &= 1, \\ 1 \cup 0 &= 1, \\ 0 \cup 0 &= 0. \end{aligned}$$

### 1.3.1.2. Объединение графов и матриц смежности

Под объединением графов  $G_1$  и  $G_2$  понимается операция объединения по отдельности множеств вершин  $X_1$  и  $X_2$  и отображений  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ , принадлежащих этим графам. Условное обозначение операции объединения:

$$G(X, \Gamma) = G_1(X_1, \Gamma_1) \cup G_2(X_2, \Gamma_2).$$

При объединении множеств вершин  $X_1$  и  $X_2$  к одному графу просто добавляются вершины другого графа, а объединение отображения получается объединением отображения каждой  $i$ -й вершины одного графа с отображением каждой  $i$ -й вершины другого графа:

$$\Gamma_{1x_i} \cup \Gamma_{2x_i}, i = \overline{1, n}.$$

Ниже приведен пример объединения для двух графов [22], представленных на рис. 1.36 и 1.37, которые отображают два различных информационных процесса, имеющие одинаковые элементы.

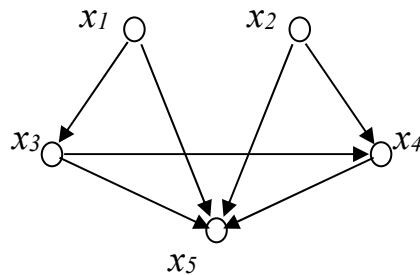


Рис. 1.35. Граф  $G_1(X_1, \Gamma_1)$

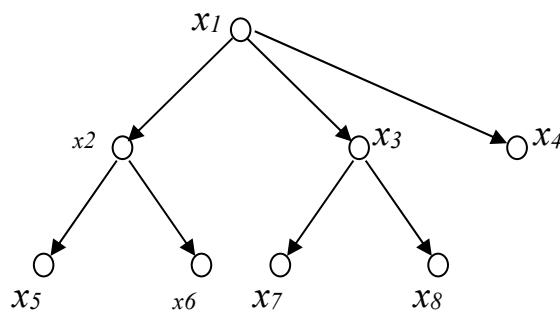


Рис. 1.36. Граф  $G_2(X_2, \Gamma_2)$

Распишем множества элементов  $X_1$  и  $X_2$  графов  $G_1$  и  $G_2$  и затем объединим их:

$$X_1 = \{x_1, x_2, \dots, x_5\}, X_2 = \{x_1, x_2, \dots, x_8\}, X = X_1 \cup X_2 = \{x_1, x_2, \dots, x_8\}.$$

А отображения объединяются следующим образом:

$$\Gamma_1: \Gamma_{1x_1} = \{x_3, x_5\}, \Gamma_{1x_2} = \{x_4, x_5\}, \Gamma_{1x_3} = \{x_4, x_5\}, \Gamma_{1x_4} = \{x_5\}, \Gamma_{1x_5} = \emptyset;$$

$$\Gamma_2: \Gamma_{2x_1} = \{x_2, x_3, x_4\}, \Gamma_{2x_2} = \{x_5, x_6\}, \Gamma_{2x_3} = \{x_7, x_8\},$$

$$\Gamma_{2x_4} = \Gamma_{2x_5} = \Gamma_{2x_6} = \Gamma_{2x_7} = \Gamma_{2x_8} = \emptyset;$$

$$\Gamma = \Gamma_1 \cup \Gamma_2,$$

$$\Gamma_{x_1} = \Gamma_{1x_1} \cup \Gamma_{2x_1} = \{x_2, x_3, x_4, x_5\}, \Gamma_{x_2} = \Gamma_{1x_2} \cup \Gamma_{2x_2} = \{x_4, x_5, x_6\},$$

$$\Gamma_{x_3} = \Gamma_{1x_3} \cup \Gamma_{2x_3} = \{x_4, x_5, x_7, x_8\}, \Gamma_{x_4} = \{x_5\}, \Gamma_{x_5} = \Gamma_{x_6} = \Gamma_{x_7} = \Gamma_{x_8} = \emptyset.$$

Граф, получаемый в результате объединения графов  $G_1$  и  $G_2$ , представлен на рис. 1.37.

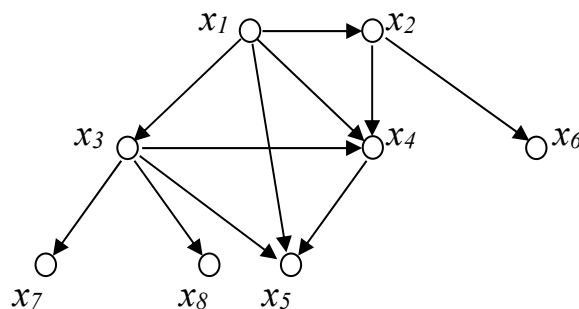


Рис. 1.37. Граф  $G(X, \Gamma)$

### **1.3.2. Методика исследования потоков информации лесопромышленного предприятия. Общие сведения**

Информационные потоки обеспечивают информационный обмен для различного рода задач в СИО. Исследованию объекта с позиции информационного обмена данными подлежат следующие части объекта информатизации:

- 1) логика информатизации процессов, подлежащих автоматизации;
- 2) структурная схема информационных потоков;
- 3) объемы передаваемой и обрабатываемой информации;
- 4) приложения, обрабатывающие информацию (БД, электронные таблицы);
- 5) экономико-математические методы выполнения расчетов для получения той или иной информации.

Исследование подразделяются на этапы:

- 1) сбор данных;
- 2) анализ данных и синтез информационных процессов.

Сбор данных осуществляется на основе поставленных целей, и сбору подлежат все единицы информации (показатели), характеризующие необходимую информацию, формулы расчета информации, документооборот или потоки информации, формы регистрации информации, формы промежуточных расчетов, периодичность поступления и обработки информации, объемы информации, подлежащей хранению, обработке и передаче. В процессе анализа и синтеза выявляются:

- 1) структура и потоки информации (состав информационных элементов, направления их связей);
- 2) виды решаемых задач на основе информационных потоков и их взаимосвязи в подсистемах, между подсистемами и вне системы обследуемого объекта;
- 3) объемы поступающей, существующей, преобразуемой и выходной информации;
- 4) типовое программное обеспечение для решения обнаруженных задач и алгоритмы решения задач при отсутствии такового;
- 5) объемы вычислительных работ в единицах времени или в количестве операций (действий), определяемых преобразованием, передачей, записью, хранением, считыванием и т.д.

Анализ и синтез, как правило, выполняются на основе информационных моделей в виде графов и матриц. В информационной модели различаются следующие виды данных:

- 1) *исходные (входные) данные* – это информация, поступающая в СИО;



2) *конечные (выходные) данные* – это информация, выходящая из СИО;

3) *промежуточные (внутренние) данные* – это информация, предназначенная для выполнения промежуточных расчетов и используемая в рамках самой системы.

Конечные данные представляются по функциональному или предметному признаку и физически реализуются в виде различных форм документов. При разработке информационной модели в виде графов вершинам ставятся в соответствие различные документы (формы), параметры (показатели) документов, реквизиты документов и т.д. Связи между вершинами отображаются соответствующими дугами и характеризуют переходы с набором действий для формирования соответствующего документа (показателя).

В целом вся информационная модель в алгебраическом виде представляется матрицей смежности. Ниже приведен пример исследования информационных потоков лесопромышленного предприятия (с некоторой актуализацией заимствован в [22]).

### **1.3.2.1. Исходный материал для анализа**

Для исследуемого лесопромышленного объекта (подразделения) с целью анализа и синтеза информационных процессов требуются:

1) перечень документов входящих в подразделение и выходящих из него с указанием адресов, периодичности поступления и объем документов в любых единицах (печатных листах определенного формата, Мб и др.);

2) перечень всех сообщений, поступающих в подразделение и выходящих из него (периодичность и объемы);

3) перечень документов, разрабатываемых в подразделении (периодичность и объемы);

4) перечень нормативно-справочных документов, используемых в подразделении (периодичность и объемы);

5) перечень показателей (параметров), содержащихся в каждом входящем документе подразделения;

6) перечень показателей (параметров), содержащихся в каждом разрабатываемом (промежуточном) документе подразделения;

7) перечень показателей (параметров), содержащихся в каждом конечном (выходящем) документе подразделения;

8) наименование подразделения и перечень других подразделений и внешних организаций, с которыми взаимодействует данное подразделение;

9) наименование реквизитов, содержащихся в каждом документе;

10) связи между документами и показателями различных документов.

### 1.3.2.2. Математическая информационная модель объекта исследования

В процессе исследования информационных потоков выбранного объекта реализуются два этапа:

1) разработка математической информационной модели на основе собранного материала;

2) анализ математической информационной модели.

Проведение анализа модели позволит:

1) уточнить схему существующего документооборота;

2) построить схему информационных связей между подразделениями предприятия и с внешними организациями (уточнить схему взаимосвязей между документами разрабатываемыми в рамках предприятия и с документами внешних организаций);

3) уточнить входные данные для предприятия;

4) выявить все данные и этапы их обработки;

5) исключить нецелесообразное дублирование данных и информационных потоков, а также действий по их обработке;

6) определить перечень необходимых данных для каждого подразделения предприятия для выполнения их функций;

7) определить характеристики существующей системы информационного обеспечения предприятия, пропускную способность, объемы, адекватность реагирования и т.д.

Конкретный простейший пример моделирования информационных потоков и последующего его анализа представлен ниже.

#### Математическая информационная модель отдела сбыта и маркетинга лесозаготовительного предприятия

Основная задача отдела сбыта и маркетинга – формирование плана прогноза поставок лесопродукции. Определим входные документы (формы документов не являются нормативными, представлены для примера) и введем их обозначение и соответствующую форму представления:  $x_i$  – цены на готовую продукцию;

*Код вида продукции			
вид продукции		цена продукции	
код вида продукции	наименование	розничная	оптовая

\* - задается разработчиком СИО с целью выполнения операций преобразования и передачи в численном виде (в определенных программных средах может использоваться название вида продукции в текстовой форме).

$x_2$  – ведомость грузоотправителей и грузополучателей;

Грузоотправитель		Грузополучатель	
код	наименование	код	наименование

$x_3$  – справочник стран получателей лесопродукции;

Страна назначения	
код	наименование

$x_4$  – справочник посреднических экспортных фирм и их связей с поставщиками лесопродукции;

Поставщик		Посредник	
код	Наименование поставщика	код	наименование посредника

$x_5$  – спецификация на поставку лесопродукции;

Продукция		Код потребителя				
код	наименование продукции	на год	количество			
			по кварталам			
			1	2	3	4

$x_6$  – ведомость поставки лесопродукции на предприятие сторонними поставщиками;

Код	Наименование продукции	Код поставщика				
		количество на год	количество по кварталам			
			1	2	3	4

$x_7$  – ведомость поставки лесопродукции потребителям поставщиком;

Реквизиты, код потребителя				Код поставщика						
				код		количество продукции				
потребитель (грузополучатель)		станция назначения		код	вид про- дук- ции	на год	по кварталам			
код	наименова- ние, адрес	код	наименова- ние				1	2	3	4

$x_8$  – заказ на поставку лесопродукции на экспорт;

$x_9$  – заказ на поставку лесопродукции по специальному требованию;

$x_{10}$  – годовой план-прогноз поставок лесопродукции на 20\_\_ г.;

$x_{11}$  – план-прогноз поставок лесопродукции по потребителям на соответствующий квартал 20\_\_ г.;

$x_{12}$  – план-прогноз поставок лесопродукции на экспорт на соответствующий квартал 20\_\_ г.;

$x_{13}$  – план-прогноз поставок лесопродукции по видам (номенклатуре) на соответствующий квартал 20\_\_ г.

Приведенный выше перечень документов подразделяется следующим образом:

- 1)  $x_1 - x_4$  – нормативно-справочная информация;
- 2)  $x_5 - x_9$  – входные документы;
- 3)  $x_{10} - x_{13}$  – выходные документы.

Для каждого выходного документа строится информационный граф. Анализ ранее представленных форм позволяет сделать заключение о том, что для документа «Годовой план-прогноз поставок лесопродукции на 20\_\_ г.», отраженного вершиной  $x_{10}$ , входными являются документы «Цены на готовую продукцию», «Спецификация на поставку лесопродукции», «Ведомость поставки лесопродукции сторонними поставщиками», «Заказ на поставку лесопродукции на экспорт», отражаемые вершинами  $x_1, x_5, x_6, x_8$ . Для документа «План-прогноз поставок лесопродукции по потребителям на соответствующий квартал 20\_\_ г.», отраженного вершиной  $x_{11}$ , входными являются документы «Ведомость грузоотправителей и грузополучателей», «Ведомость поставки лесопродукции»

потребителям поставщиком», отражаемые вершинами  $x_2, x_7$ . Для документа «План-прогноз поставок лесопродукции на экспорт на соответствующий квартал 20\_\_г.», отраженного вершиной  $x_{12}$ , входными являются документы «Цены на готовую продукцию», «Справочник стран получателей лесопродукции», «Справочник посреднических экспортных фирм и их связей с поставщиками лесопродукции», «Заказ на поставку лесопродукции на экспорт», «Заказ на поставку лесопродукции по специальному требованию», отражаемые вершинами  $x_1, x_3, x_4, x_8, x_9$ . Для документа «План-прогноз поставок лесопродукции по видам (номенклатуре) на соответствующий квартал 20\_\_г.», отраженного вершиной  $x_{13}$ , входными являются документы «План-прогноз поставок лесопродукции по потребителям на соответствующий квартал 20\_\_г.», «План-прогноз поставок лесопродукции на экспорт на соответствующий квартал 20\_\_г.», отражаемые вершинами  $x_{11}, x_{12}$ . На основании этого строятся информационные графы для каждого входного документа, которые представлены на рис. 1.38.

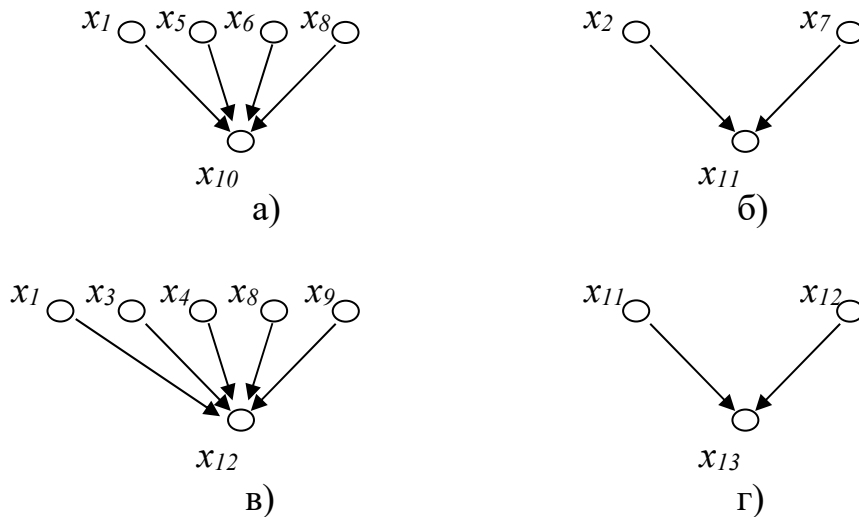


Рис. 1.38. Информационные графы входных документов отдела сбыта и маркетинга лесопромышленного предприятия: а –  $G_1(X_1, \Gamma_1)$ ; б –  $G_2(X_2, \Gamma_2)$ ; в –  $G_3(X_3, \Gamma_3)$ ; г –  $G_4(X_4, \Gamma_4)$

Далее целесообразно построить матрицы смежности для каждого информационного графа (входного документа):

$$\begin{aligned}
 G_1: X_1 &= \{x_1, x_5, x_6, x_8, x_{10}\}, \\
 \Gamma_1: \Gamma_{1x_1} &= \Gamma_{1x_5} = \Gamma_{1x_6} = \Gamma_{1x_8} = \{x_{10}\}, \Gamma_{1x_{10}} = \emptyset; G_2: X_2 = \{x_2, x_7, x_{11}\}, \\
 \Gamma_2: \Gamma_{2x_2} &= \Gamma_{2x_7} = \{x_{11}\}, \Gamma_{2x_{11}} = \emptyset; G_3: X_3 = \{x_1, x_3, x_4, x_8, x_9, x_{12}\}, \\
 \Gamma_3: \Gamma_{3x_1} &= \Gamma_{3x_3} = \Gamma_{3x_4} = \Gamma_{3x_8} = \Gamma_{3x_9} = \{x_{12}\}, \Gamma_{3x_{12}} = \emptyset; G_4: X_4 = \{x_{11}, x_{12}, x_{13}\}, \\
 \Gamma_4: \Gamma_{4x_{11}} &= \Gamma_{4x_{12}} = \{x_{13}\}, \Gamma_{4x_{13}} = \emptyset;
 \end{aligned}$$

$$A_1 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}; A_2 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix};$$

$$A_3 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}; A_4 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}.$$

Затем формируется обобщенная матрица смежности (A) информационного процесса для отдела сбыта и маркетинга лесопромышленного предприятия.

$i \setminus j$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$z$
$x_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
$x_2$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
$x_3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
$x_4$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
$x_5$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
$x_6$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
$x_7$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
$x_8$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
$x_9$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
$x_{10}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$x_{11}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
$x_{12}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
$x_{13}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	5	2	

I  
II  
III  
у  
р  
о  
в  
н  
и

Полученная обобщенная матрица смежности отображает документооборот всего подразделения и может быть использована для построения обобщенного информационного графа и синтеза с предшествующим анализом документооборота предприятия.

В процессе анализа и синтеза выявляются:

- 1) входные, промежуточные и выходные документы, отображаемые  $x_i$  вершинами графа;
- 2) последовательность формирования документов подразделения, отображаемая соответствующими путями графа;
- 3) информационные потоки, возникающие при формировании документов анализируемого предприятия;
- 4) исключение дублирования информационных потоков и документов;
- 5) выявленные промежуточные документы исключаются из документооборота и назначаются к хранению, преобразованию и передаче в форме соответствующих программных средств (базы данных, электронные таблицы и т.д.).

Для проведения *анализа информационного потока подразделения* в построенную обобщенную матрицу смежности  $A$  вводится дополнительный столбец  $z$  (см. матрицу  $A$ ), который показывает сумму элементов столбцов, содержащихся в  $i$ -х строках. Например, позиция  $z$  в первой строке отражает сумму элементов с первого по тринадцатый столбец, относящихся к первой строке.

Вводится также столбец «уровни», который отражает иерархические уровни вершин графа и дуг, связывающие эти вершины.

Строка  $y$  отражает суммы по столбцам обобщенной информационной матрицы смежности. Форма записи в общем виде представлена выражениями

$$z_i = \sum_{j=1}^{13} a_{ij}, i = \overline{1,13},$$

$$y_j = \sum_{i=1}^{13} a_{ij}, j = \overline{1,13}.$$

Элементы ячеек столбца  $z$ , равные 0, характеризуют выходные или конечные документы. Элементы строки  $y$ , равные 0, определяют входные или исходные документы, т.е. это признак, определяющий принадлежность документа к входным документам на основе анализа строки  $y$ . Условие, определяющее тип документа как промежуточного, следующее:

$$\left. \begin{aligned} y_j &= \sum a_{ij} \neq 0 \\ z_i &= \sum a_{ij} \neq 0 \end{aligned} \right\}$$

Определение *иерархических информационных уровней* на основе обобщенной информационной матрицы смежности производится посредством выделения подматриц в обобщенной информационной матрице. Порядок подматриц ниже порядка  $n$  обобщенной информационной матрицы, и критерием выделения является наличие ненулевых элементов в строке  $y$ . После выделения подматрицы все, что остается за ее пределами, в обобщенной информационной матрице относится к первому уровню (см. матрицу  $A$ ). Из полученной подматрицы по изложенному критерию выбирается следующая подматрица, которая определяет следующий иерархический уровень. Рассматриваются ячейки только в подматрице, определившей первый уровень и так далее. После выделения информационных уровней строится *обобщенный информационный граф*, если это необходимо в целях обеспечения наглядности (рис. 1.39). Первоначально откладываются вершины первого уровня, далее второго и так далее. Затем осуществляется соединение соответствующих вершин на основе обобщенной информационной матрицы смежности. В результате получается обобщенный информационный граф.

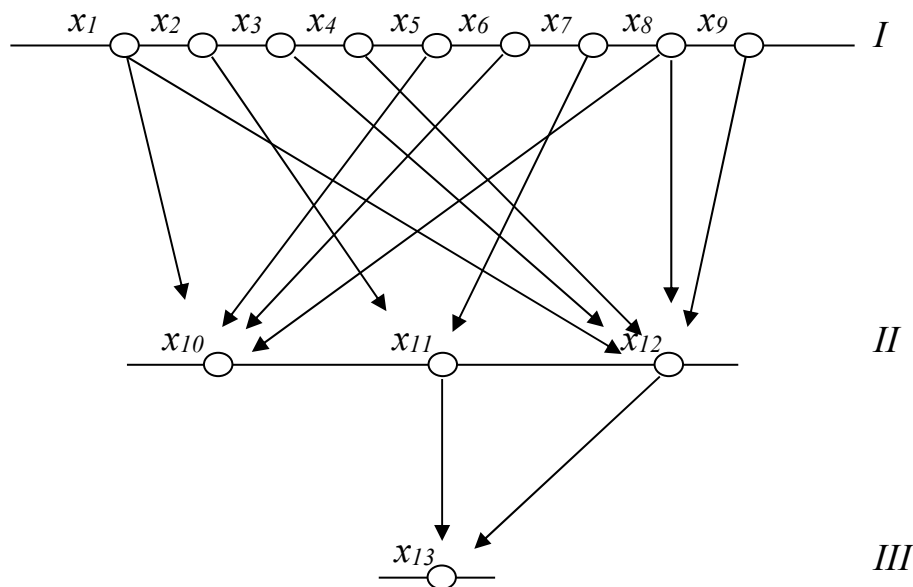


Рис. 1.39. Обобщенный информационный граф отдела сбыта и маркетинга лесопромышленного предприятия

Для проведения расчета объема информации строится математическая модель на основе обобщенной информационной матрицы



смежности и обобщенного информационного графа в следующем порядке:

1) определяется путь перехода  $i$ -го элемента (вершины и соответствующего документа) от низшего уровня к последнему высшему (для рассматриваемого примера от первого уровня к третьему);

2) устанавливается количество проходов (дуг)  $l_i$   $i$ -го документа ( $x_i$ ). Для рассматриваемого примера

$$l_i = 1, i = \overline{1,13};$$

3) принимается единица измерения информации, определяется размер каждого документа и составляется таблица определения объема информации (для рассматриваемого примера единица измерения – Мб, т.е. размер каждого  $i$ -го документа  $m_i$  в мегабайтах).

Таблица 1.10

Таблица определения объема информации отдела сбыта и маркетинга

$x_i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$l_i$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	-
$m_i$ , Мб	5	3	2	3	12	3	4	4	3	-	3	3	-
$V_i$	8	6	5	6	12	3	7	7	6	-	3	3	-

На основе данной таблицы определяется общий объем информации по формулам

$$V = \sum_{i=1}^n v_i, i = \overline{1, n}, \quad (1.6)$$

$$v_i = m_i \cdot l_i, i = \overline{1, n}. \quad (1.7)$$

Значение показателей (табл. 1.10) определяется с использованием обобщенной информационной матрицы смежности и обобщенного информационного графа документооборота предприятия. Путем отображений строятся пути для каждого документа, вычисляются объемы информации по каждому из путей по формуле (1.7) и суммарный объем информации по формуле (1.6).

Для рассматриваемого примера объемы информации по каждому из путей вершин графа следующие:

$$\begin{aligned} \{x_1\} &\rightarrow \{x_{10}\}, \\ \{x_1\} &\rightarrow \{x_{12}\} \rightarrow \{x_{13}\}, \end{aligned}$$

$$v_1 = m_1 \cdot l_1 + m_{10} \cdot l_{10} + m_{12} \cdot l_{12} + m_{13} \cdot l_{13} = 5 + 0 + 3 + 0 = 8;$$

$$\{x_2\} \rightarrow \{x_{11}\} \rightarrow \{x_{13}\},$$

$$v_2 = m_2 \cdot l_2 + m_{11} \cdot l_{11} + m_{13} \cdot l_{13} = 3 + 3 + 0 = 6;$$

$$\{x_3\} \rightarrow \{x_{12}\} \rightarrow \{x_{13}\},$$

$$v_3 = m_3 \cdot l_3 + m_{12} \cdot l_{12} + m_{13} \cdot l_{13} = 2 + 3 + 0 = 5 \text{ и т.д.}$$

По результатам подсчета объема информации для каждого из путей вершин графа и в целом для всего объема по графу определяются ресурсы средств вычислительной техники, которые ставятся в соответствие каждому из путей. А поскольку путь отображает реальный документооборот подразделения предприятия, то выбранные ресурсы устанавливаются в соответствующее подразделение.

На основе выявленных путей прохода информации по графу определяется также архитектура и маршрут прокладки сети предприятия.

### 1.3.3. Имитационное моделирование информационных процессов в лесном комплексе

Информационные процессы представляются динамическими моделями на основе модифицированных сетей Петри в виде взаимосвязанной структуры показателей (данных) и процедур (задач) по их обработке. Это позволяет не конкретизировать предметную область применения моделей на основе сетей Петри в силу общности представления информационных процессов. Применение сетей Петри в приложениях к информационным потокам лесного комплекса представлено в [8].

#### 1.3.3.1. Сети Петри. Основные понятия

Каждая сеть Петри задается видом  $S = (P, T, I, O, \mu)$ , где  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  – конечное непустое множество позиций;  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$  – конечное непустое множество переходов;  $I: P \rightarrow T$  – входная функция переходов;  $O: T \rightarrow P$  – выходная функция переходов;  $\mu: P \rightarrow N$  – начальная маркировка сети Петри;  $n$  – количество позиций сети Петри;  $m$  – количество переходов сети Петри. Комплект дуг можно представить в виде  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_r\}$ .

Таким образом, *сеть Петри* представляет собой двудольный ориентированный граф, который имеет два типа вершин (позиции и переходы) и дуги, направленные от одного типа вершин к другому, т.е. множества  $P$  и  $T$  не пересекаются.

Сеть Петри можно представить:

а) графически, когда позиции изображаются в виде окружностей, а переходы в виде поперечных отрезков на дугах (рис. 1.40);

б) аналитически для сети на рис. 1.38  $S = (P, T, I, O)$ ,  $P = \{p_1, p_2, p_3\}$ ,  $T = \{t_1, t_2, t_3\}$ ,  $I(t_1) = \{p_1\}$ ,  $I(t_2) = \{p_2\}$ ,  $I(t_3) = \{p_2\}$ ,  $O(t_1) = \{p_2\}$ ,  $O(t_2) = \{p_2\}$ ,  $O(t_3) = \{p_3\}$ ;

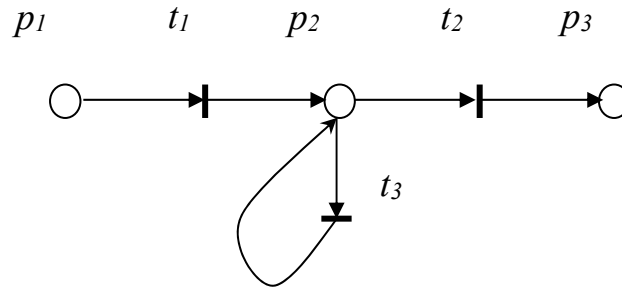


Рис. 1.40. Пример сети Петри

в) матрицей инцидентности (смежности)  $A = |a_{ij}|$ , где  $a_{ij} = 0$ , если позиция и переход не инцидентны;  $a_{ij} = +1$ , если позиция входная для перехода;  $a_{ij} = -1$ , если позиция выходная для перехода;  $a_{ij} = \omega$ , если позиция входная и выходная для перехода:

$$A = \begin{array}{c|ccc} p \setminus t & t_1 & t_2 & t_3 \\ \hline p_1 & 1 & 0 & 0 \\ p_2 & -1 & 1 & \omega \\ p_3 & 0 & -1 & 0 \end{array}$$

При маркировке всем позициям сети Петри приписываются некоторые неотрицательные целые числа. На графе маркировка отражается наличием или отсутствием в кружках точек, называемых **фишками**. Маркировка сети определяется как вектор  $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$ , где  $n$  – количество позиций. Состояние сети Петри моделируется маркировкой, которая изменяется в ходе реализации сети [23]. Переход от одной маркировки к другой осуществляется посредством срабатывания переходов. При этом переход считается разрешенным, если в каждой входной позиции перехода расположено не менее одной фишки. Если для некоторой маркировки ни один из переходов сработать не может, то такая маркировка называется **тупиковой**.

Основными свойствами сетей Петри являются безопасность, ограниченность, живость и сохраняемость. Кроме того, при анализе сетей Петри часто ставится задача определения достижимости

некоторой маркировки из заданного состояния. Анализ свойств сетей Петри позволяет получить ряд важных характеристик системы, которая моделируется данной сетью, в частности, *живость* – об отсутствии тупиковых ситуаций в процессе функционирования, т.е. возможности системы перейти из любого состояния, достижимого из начального, в любое другое состояние, *сохраняемость* – о невозможности уничтожения или возникновения дополнительных ресурсов. Анализ достижимости позволяет получить все допустимые и недопустимые состояния системы [7, 23].

### 1.3.3.2. Имитационная модель информационного процесса

При построении модели позициям сети Петри соответствуют данные (показатели), переходам – действия или операторы, преобразующие данные. В ходе решения какой-либо задачи можно разделить показатели на три вида: исходные, промежуточные и результирующие. Соответственно в имитационной модели информационного процесса, в отличие от канонической сети Петри, классификация позиций следующая:

1) *входные позиции* – позиции, соответствующие исходным показателям, т.е.  $O^{-1}(p_i) = \emptyset$  (например, для сети на рис. 1.40 входной будет позиция  $p_1$ );

2) *выходные позиции* – позиции, соответствующие результирующим показателям, т.е.  $I^{-1}(p_i) = \emptyset$  (для сети на рис. 1.40 выходной будет позиция  $p_3$ );

3) *внутренние позиции* – позиции, соответствующие промежуточным показателям, т.е.  $I^{-1}(p_i) = \emptyset \wedge O^{-1}(p_i) = \emptyset$  (например, для сети на рис. 1.40 внутренней будет позиция  $p_2$ ).

Для соответствия модели на основе сети Петри информационному процессу лесопромышленного предприятия принят ряд аксиоматических утверждений [17].

#### **Утверждение 1**

Каждый переход имеет хотя бы одну входную или хотя бы одну выходную позицию, что исключает несвязанные элементы информационного процесса.

#### **Утверждение 2**

Каждая позиция может быть входной или выходной, либо внутренней и является выходом только одного перехода, за исключением случаев корректировки показателей, когда позиция является входом и выходом одного и того же перехода.

**Утверждение 3**

Все позиции и переходы могут принадлежать более чем одному информационному процессу.

**Утверждение 4**

Если переход принадлежит разным информационным процессам, то он имеет одинаковые входы и выходы в них.

**Утверждение 5**

Если два информационных процесса не имеют одинаковых переходов, то не обязательно, что нет одинаковых позиций, и наоборот.

**Утверждение 6**

Два информационных процесса идентичны, если равны их множества позиций, переходов и функций инцидентности (функций входов и выходов).

**Утверждение 7**

В модифицированной сети Петри кратные дуги запрещены. Утверждения 3 и 4 формируют основы совокупного анализа двух информационных процессов и приводят к ряду свойств.

**Свойство 1**

Если переход (процедура обработки) содержится в нескольких информационных процессах, то он везде будет иметь одинаковые входные и выходные позиции.

**Свойство 2**

Если два информационных процесса не имеют общих позиций, то они не могут иметь общих переходов.

**Свойство 3**

Если множества переходов двух информационных процессов равны, то и сами процессы идентичны исходя из свойства 1.

Модель строится по обобщенному информационному графу (см. п. 1.3.2.2). Множество вершин информационного графа  $X$  равно множеству позиций  $P$  имитационной модели. А каждая дуга информационного графа соответствует какой-либо процедуре обработки (переходу  $t_j$ ) начального документа (начальной вершины для данной дуги). Значит, каждую дугу информационного графа необходимо заменить соответствующим комплектом: входная дуга, переход и выходная дуга. Получившуюся в результате такого преобразования сеть необходимо привести в соответствие с принятыми утверждениями для имитационной модели с помощью операции объединения одинаковых процедур обработки данных (одинаковых переходов). Пример построения имитационной модели на основе сети Петри приведен в п. 2.8.4.3.

### 1.3.3.3. Алгебраические операции над моделью информационного процесса

Компоненты любого процесса  $P, T, I, O$  являются множествами, поэтому к ним можно применить операции, основанные на теоретико-множественных объединениях, пересечениях и разности. Определим ряд операций над процессами, результатом которых также будут процессы [7].

Рассмотрим применение алгебраических операций для решения задач анализа и синтеза информационных процессов на условном примере прогнозно-плановых расчетов для предприятия, выпускающего один вид продукции.

Обозначим данные, используемые в расчетах годового плана-прогноза, в виде:

$p_1, p_2, p_3, p_4$  – производственная мощность на начало планируемого года, вводимая, выбывающая и среднегодовая соответственно;

$p_5$  – коэффициент использования среднегодовой мощности;

$p_6$  – объем производства продукции в натуральном выражении;

$p_7$  – цена единицы продукции;

$p_8$  – текущие затраты на единицу продукции;

$p_9, p_{10}, p_{11}$  – показатели объема производства в стоимостном выражении, себестоимости и прибыли соответственно.

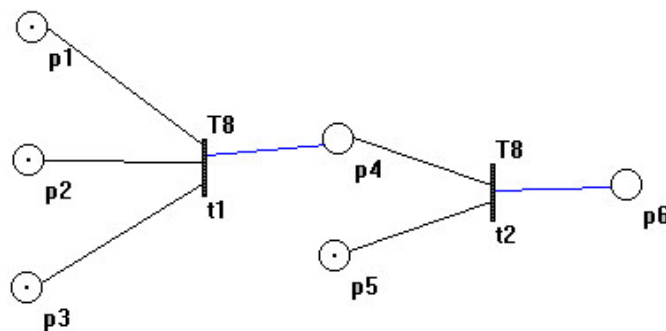


Рис. 1.41. Модель процесса  $S_1$

Пусть исследуются два процесса  $S_1$  и  $S_2$  (рис. 1.41 и 1.42), в которых реализованы задачи:

$t_1$  – расчет среднегодовой производственной мощности;

$t_2$  – расчет объема производства в натуральном выражении;

$t_3$  – расчет объема производства в стоимостном выражении;

$t_4$  – расчет себестоимости;

$t_5$  – расчет прибыли.

Операция объединения. Процесс  $S = (P, T, I, O)$  называется объединением процессов  $S_1 = (P_1, T_1, I_1, O_1)$  и  $S_2 = (P_2, T_2, I_2, O_2)$ ,  $S = S_1 \cup S_2$ , если  $P = P_1 \cup P_2$ ,  $T = T_1 \cup T_2$ . При этом  $|P| \leq |P_1| + |P_2|$ ,  $|T| \leq |T_1| + |T_2|$ .

Пример реализации объединения процессов  $S_1, S_2$  (рис.1.42 и 1.43) показан на рис.1.44.

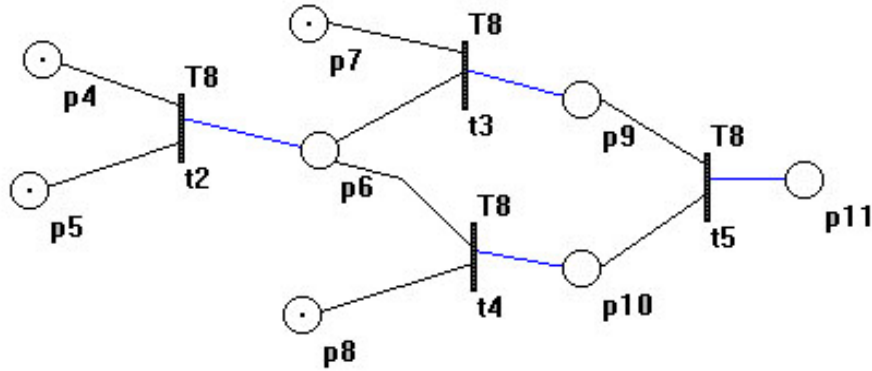


Рис. 1.42. Модель процесса  $S_2$

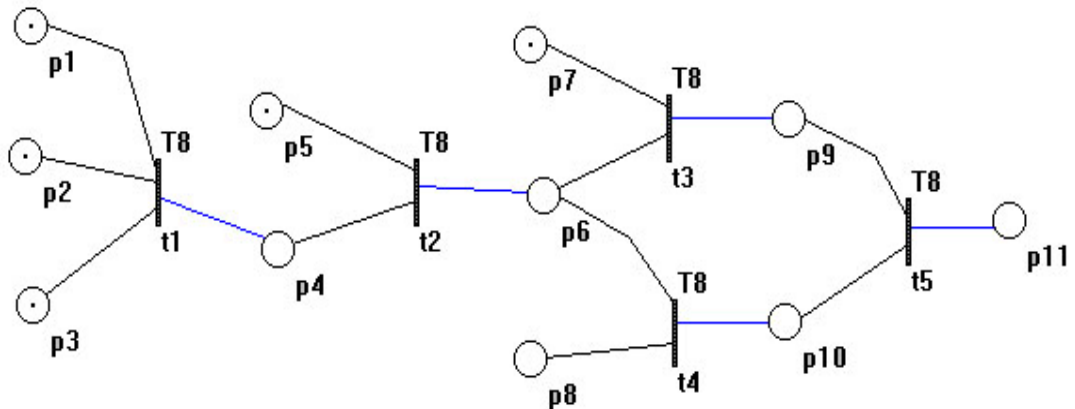


Рис. 1.43. Объединение процессов  $S_1$  и  $S_2$

Матрица инцидентности процесса объединения  $S$  будет выглядеть следующим образом:

$$S = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

**Операция пересечения.** Процесс  $S = (P, T, I, O)$  называется пересечением процессов  $S_1 = (P_1, T_1, I_1, O_1)$  и  $S_2 = (P_2, T_2, I_2, O_2)$ ,  $S = S_1 \cap S_2$ , если  $P \subset P_1 \cap P_2$ ,  $T = T_1 \cap T_2$ .

Таким образом, результатом пересечения двух процессов будет процесс, содержащий позиции, переходы и комплекты дуг, которые совпадают в обоих исходных процессах.

Для процессов (см. рис.1.41 и 1.42) результат пересечения представлен на рис. 1.44.

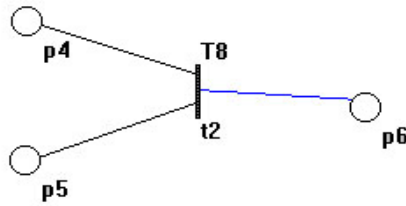


Рис. 1.44. Пересечение процессов  $S_1$  и  $S_2$

Матрица инцидентности процесса пересечения  $S$  будет выглядеть следующим образом:

$$S = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

**Операция разности.** Пусть даны два процесса  $S_1$  и  $S_2$ . Определим разность  $S = S_1 / S_2$  следующим образом:  $T = T_1 / T_2$ ;  $P = \{p: (p \in I_1(t) \vee p \in O_1(t)) \wedge t \in T\}$ ;  $I(t) = I_1(t)$ ,  $O(t) = O_1(t)$ ,  $t \in T$ . Если  $T_1 \cap T_2 = \emptyset$ , т.е.  $T_1 / T_2 = T_1$ , то  $S_1 / S_2 = S_1$ .

Выполнение операции разности с помощью матрицы инцидентности заключается в следующем. Из матрицы процесса  $S_1$  удаляются



столбцы, соответствующие переходам, которые содержатся в процессе  $S_2$ . Затем в матрице процесса  $S_1$  удаляются нулевые строки. Таким образом получаем результирующий процесс  $S$ .

Пример разности процессов, представленных на рис. 1.42 и 1.43, показан на рис. 1.45.

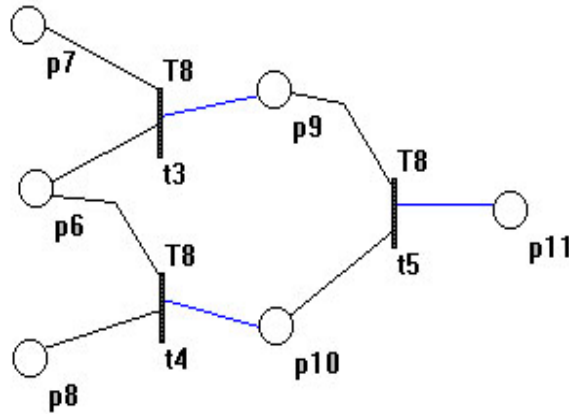


Рис. 1.45. Разность процессов  $S_2/S_1$

Матрица инцидентности процесса  $S$  будет выглядеть следующим образом:

$$S = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

**Операция выборки.** Зададим процесс  $S=(P, T, I, O)$  и собственное подмножество  $P'$  его позиций  $P' \subset P$ . Выборкой процесса  $S$  по подмножеству  $P'$  называется процесс  $S[P']=(P^*, T^*, I^*, O^*)$ , для которого множество переходов  $T^*$  определяется как  $(\forall t)(t \in T^* \rightarrow (t=I(p) \vee t=O(p)) \wedge \wedge p \in P')$ , а множество позиций  $P^*$  и функций инцидентности  $I^*$  и  $O^*$  задаются условием  $(\forall t)(t \in T^* \rightarrow (P^* = \{p: p \in I(t) \vee p \in O(t)\} \wedge I^*(t)=I(t) \wedge O^*(t)=O(t)))$ .

Выборка по подмножеству позиций  $P'$  есть подпроцесс с множеством переходов  $T^*$ , имеющих связь с позициями из  $P'$  в исходном процессе и со всеми инцидентными для  $t \in T^*$  позициями исходного процесса  $P^* \subset P$  с сохранением имеющих в  $S$  связей.

Для процессов  $S_1$  и  $S_2$  (см. рис. 1.42 и 1.43) выборки  $S_1$  по  $(p_1, p_2, p_3)$  и  $S_2$  по  $(p_7, p_8)$  показаны на рис. 1.46.

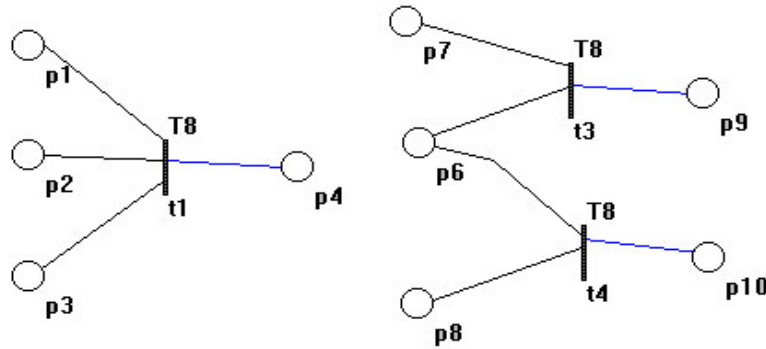


Рис. 1.46. Выборка процессов  $S_1$  и  $S_2$

**Операция проекции.** Пусть задан процесс  $S = (P, T, I, O)$ , а также собственное подмножество  $T^*$  его переходов  $T^* \subset T$ . Проекцией процесса  $S$  на подмножество переходов  $T^*$  будем называть процесс  $S[T^*] = (P^*, T^*, I^*, O^*)$ , для которого множество переходов есть  $T^*$  и  $(\forall t)(t \in T^* \rightarrow (P^* = \{p: p \in I(t) \vee p \in O(t)\} \wedge I^*(t) = I(t) \wedge O^*(t) = O(t)))$ .

Таким образом, проекция есть подпроцесс с множеством переходов  $T^*$  и всеми инцидентными позициями из исходного процесса  $S$ .

Для процесса  $S_2$ , изображенного на рис 1.42, его проекция на переходы  $\hat{T}^* = (t_3, t_5)$  показана на рис. 1.47.

**Операция агрегации.** Пусть  $S = (P, T, I, O)$  – процесс, при этом

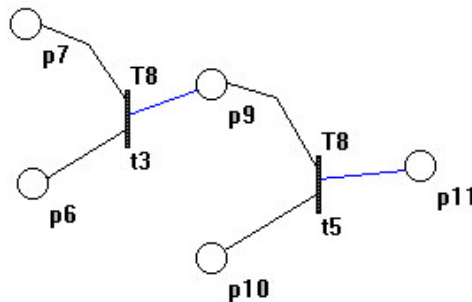


Рис. 1.47. Проекция процесса  $S_2$

множество входных позиций процесса есть  $P^+ = \{p: p \in P \wedge O^{-1}(p) = \emptyset\}$ , а множество выходных позиций процесса  $P^- = \{p: p \in P \wedge I^{-1}(p) = \emptyset\}$ . Процесс  $S^*$  с одним гипотетическим переходом  $\theta$ , задаваемый в виде  $S^* = (P^+ \cup P^-, \theta, I^*, O^*)$ , где  $I^* = P^+$ ,  $O^* = P^-$  – агрегат процесса  $S$ , а  $a[S]$  – обозначение операции агрегации  $a[S] = S^*$ . Пример агрегации процесса объединения  $S$  (см. рис. 1.42) приведен на рис. 1.48.

Реализация рассмотренных операций над процессами всегда образует другой процесс, имеющий в общем случае несвязные компоненты.

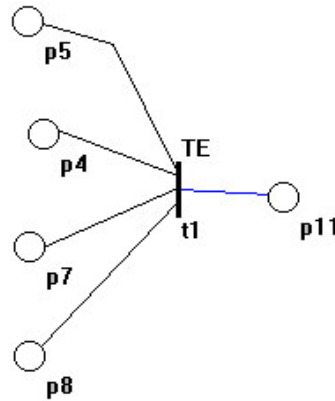


Рис. 1.48. Агрегация процесса  $S$

#### 1.3.3.4. Динамика функционирования модели информационного процесса

Управление моделью информационного процесса осуществляется с помощью количества фишек и их распределения в позициях сети, поскольку фишки позволяют управлять выполнением переходов. Переход может выполняться только в том случае, если он разрешен. *Фишки* во входных позициях перехода, которые разрешают переход, называются **разрешающими фишками**. Соответственно **разрешенный переход** – это переход, содержащий в его входных позициях разрешающие фишки.

Для модели информационных процессов под **маркировкой позиции** будем понимать функцию  $\mu: p \rightarrow \{0, 1\}$ , т.е. маркировка каждой позиции есть либо 0, либо 1 (наличие разрешающей фишки или её отсутствие). Маркировка позиции равная 1 означает возможность использования показателя в дальнейших процедурах обработки информации. При этом такая модель становится автоматически безопасной.

В целом *правила запуска переходов* модели информационных процессов, которые отличаются от канонических [23], следующие:

1) переход разрешен, если для всех его входных позиций маркировка позиции равна 1 (т.е. во всех входных позициях перехода есть фишки);

2) в результате запуска перехода маркировка всех его входных позиций не меняется, а для остальных чисто выходных позиций устанавливается маркировка позиции, равная 1;

3) процесс считается выполненным, если маркировка всех позиций равна 1.

При этом *входными позициями информационного процесса* будут позиции, не являющиеся выходом его переходов, за исключением случаев петли (когда позиция является одновременно входом и выходом информационного процесса). *Выходными позициями информационного процесса* будут позиции, не являющиеся входом его переходов, за исключением случаев петли.

Каждая маркировка определяет текущее состояние информационного процесса, а начальное и конечное состояния определяют соответственно начальная  $\mu^0$  и конечная  $\mu^*$  маркировки. Конечная маркировка представляет собой в соответствии с правилами запуска переходов вектор маркировок позиций модели, которые равны 1, т.е.

$$\mu^* = (\mu_1^*, \mu_2^*, \dots, \mu_n^*), \quad \mu_i^* = 1, \quad p_i \in P^-,$$

где  $P^-$  – множество выходных позиций процесса.

Запуск перехода изменяет состояние модели посредством изменения маркировки модели.

### 1.3.3.5. Методы анализа моделей информационных процессов

Анализ моделей информационных процессов, построенных на основе сетей Петри, проводится для определения свойств модели и решения *задачи достижимости*, которая заключается в ответе на вопрос: «Можно ли достичь определенного состояния информационного процесса или показателя (определенной маркировки модели) при имеющихся исходных показателях (из данной маркировки модели)?» При анализе модели правила запуска переходов принимаются канонические [23].

Существуют *три метода решения задачи достижимости*: 1) построение графа достижимости; 2) построение дерева достижимости; 3) решение задачи достижимости в матричной форме.

Рассмотрим решение данной задачи путем построения графа достижимости.

Построение графа достижимости основано на операции анализа текущего состояния (текущей маркировки модели) и перехода к следующему состоянию информационного процесса (к следующей маркировке модели).

**Граф достижимости** – это однодольный ориентированный граф, который имеет вершины состояния информационного процесса, т.е. вершины ассоциируются с определенной маркировкой модели, а дуги, направленные от одной вершины к другой, соответствуют переходам, при выполнении которых из данной маркировки получается новая маркировка модели. Совокупность дуг графа достижимости определяется как *комплект переходов*  $\tau$ , элементы которого могут входить в него более одного раза.

Таким образом, граф достижимости можно обозначить  $G(M, \tau)$ , где  $M$  – множество всех допустимых маркировок информационного процесса. В графе достижимости различают начальную, промежуточные и конечную вершины.

Граф достижимости для процесса на рис. 1.40 приведен на рис. 1.49. Для него комплект переходов  $\tau = \{t_1, t_2, t_3\}$ , множество маркировок  $M = \{\mu_0, \mu_1, \dots, \mu_k\}$ , где  $\mu_0 = (1, 0, 0)$  – начальная маркировка;  $\mu_1 = (0, 1, 0)$  – промежуточная маркировка;  $\mu_k = (0, 0, 1)$  – конечная маркировка.

Следующий метод решения задачи достижимости – построение **дерева достижимости**. В нем вершины и дуги имеют то же значение, что и в графе достижимости. Построение дерева также основано на операции анализа текущего состояния (текущей маркировки модели) и перехода к следующему состоянию информационного процесса (к следующей маркировке модели).

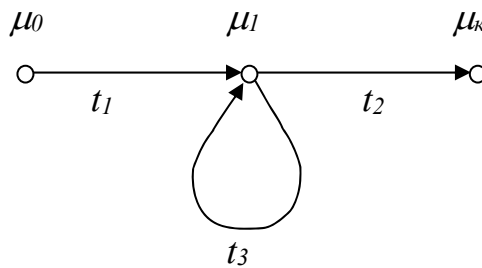


Рис. 1.49. Граф достижимости

В ходе выполнения алгоритма построения дерева достижимости выделяют следующие вершины:

- 1) *корневая вершина* – начальная маркировка для данного состояния информационного процесса;
- 2) *терминальная вершина* – это пассивная маркировка, не имеющая разрешенных переходов;
- 3) *дублирующая вершина* – это повторяющаяся маркировка;
- 4) *граничная вершина* – вершина, еще не обработанная алгоритмом построения дерева достижимости;

5) *внутренняя вершина* – вершина, обработанная алгоритмом.

В результате выполнения алгоритма построения дерева достижимости из граничной вершины получают терминальную, дублирующую или внутреннюю вершину.

Алгоритм построения дерева достижимости следующий:

1. Пусть  $x$  – это граничная вершина.

2. Если есть вершина  $y$ , не являющаяся граничной вершиной, и с ней связана маркировка  $\mu[x] = \mu[y]$ , то это дублирующая вершина.

3. Если для маркировки  $\mu[x]$  нет разрешенных переходов, то это терминальная вершина.

4. Если для маркировки  $\mu[x]$  есть разрешенные переходы, то необходимо создать новую вершину  $z$ . Маркировка  $\mu[z]$ , связанная с этой вершиной, определяется для каждой позиции  $p_i$  следующим образом:

а) если  $\mu[x]_i = \omega$ , то  $\mu[z]_i = \omega$ ;

б) если на пути от корневой вершины  $x$  существует вершина  $y$  с маркировкой  $\mu[y] < \delta(\mu[x], t_j)$  и  $\mu[y]_i < \delta(\mu[x], t_j)_i$ , то  $\mu[z]_i = \omega$ ;

в) в противном случае  $\mu[z]_i = \delta(\mu[x], t_j)_i$ .

Дуга, помеченная  $t_j$ , направляется от вершины  $x$  к вершине  $z$ . При этом вершина  $x$  становится внутренней вершиной, а  $z$  – граничной вершиной. Когда все вершины определены как терминальные, дублирующие и внутренние вершины, алгоритм останавливается.

Дерево достижимости для процесса, изображенного на рис. 1.40, приведено на рис. 1.50.

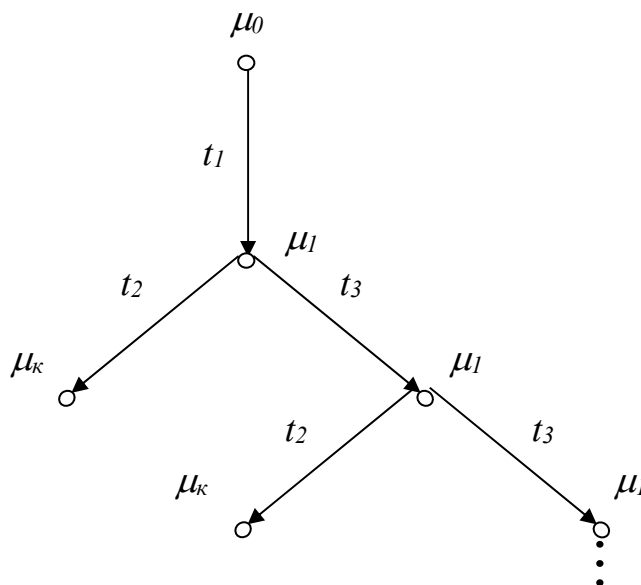


Рис. 1.50. Дерево достижимости

Решение задачи достижимости в матричной форме заключается в решении матричного уравнения

$$\mu_{\kappa}^T = \mu_0^T - A \cdot x^T,$$

где  $\mu_{\kappa}^T$  – транспонированный вектор конечной маркировки;

$\mu_0^T$  – транспонированный вектор начальной маркировки;

$A$  – матрица инцидентности;

$x^T$  – транспонированный вектор запуска переходов, который определяет количество запусков каждого перехода для достижения маркировки  $\mu_{\kappa}$ .

Все вектора-строки в уравнении транспонированы в вектора-столбцы, т.е. элементы строки перенесены в столбец в том же порядке. Решение данного матричного уравнения сводится к решению  $m$  уравнений. При этом для элементов матрицы инцидентности равных  $\omega$  (для элементов, отображающих петли в модели) принимаются следующие свойства:  $0 < \omega < 1$ ,  $1 - \omega = 1$ ,  $0 - \omega = 0$ . Если решение  $x = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$  не существует в неотрицательных целых числах, то достигнуть состояния с маркировкой  $\mu_{\kappa}$  невозможно, а иначе данное состояние достижимо при выполнении переходов в соответствии с вектором запуска переходов  $x$ . Для процесса на рис. 1.40 уравнение в матричной форме имеет вид

$$(0,0,1)^T = (1,0,0)^T - \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & \omega \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}.$$

После преобразования получаем

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & \omega \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}.$$

В результате можно составить систему линейных уравнений

$$\begin{cases} x_1 = 1 & x_1 = 1 \\ -x_1 + x_2 = 0 & \Rightarrow x_2 = 1. \\ -x_2 + x_3 = -1 & x_3 = 0 \end{cases}$$

Решение данного матричного уравнения  $x = (1, 1, 0)^T$ . Значит, конечная маркировка достижима при выполнении переходов  $t_1$  и  $t_2$ .

### 1.3.3.6. Методика оптимизации информационных процессов лесопромышленного предприятия по времени

Любой информационный процесс предусматривает выполнение какого-то множества операций (в модели они представлены в виде переходов). Обозначим множество операций процесса как  $T = \{t_j\}$ ,  $j = 1 \dots m$ . Для выполнения операций из множества  $T$  могут использоваться различные устройства, которые обозначим как множество устройств  $R$ . Причем всегда есть хотя бы одно устройство для выполнения операций множества  $T$  и количество устройств не может быть больше количества операций, т.е.  $1 < R < m$ .

Каждое устройство может выполнять определенный набор операций над данными  $(t_{r1}, t_{r2}, \dots, t_{rk})$ ,  $r = 1 \dots R$ . Обозначим через  $\tau_{jr}$  время выполнения операции  $t_j$  устройством  $r$ . Для каждой операции и устройства вводится переменная  $y_{jr} = \{1, 0\}$ : если  $y_{jr} = 1$ , то операция  $t_j$  выполняется устройством  $r$ ; если  $y_{jr} = 0$ , операция  $t_j$  не выполняется устройством  $r$ .

Задача оптимизации информационного процесса состоит в определении последовательности переходов для получения выходных показателей (данных) при минимальных затратах времени. В получаемой последовательности переходов (операций) каждый переход (операция) выполняется только одним устройством, т.е. накладывается ограничение на совместное выполнение какой-либо операции несколькими устройствами.

Целевая функция

$$\sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^m \tau_{0j} y_{jr} \rightarrow \min,$$

$$\tau_{0j} = \sum_{r=1}^R y_{jr} \tau_{jr}, j = \overline{1, m}.$$

Ограничения:

$\sum_{r=1}^R y_{jr} = 1, j = \overline{1, m}$ , каждая операция выполняется только одним устройством;

$y_{jr} \in 0,1, j = \overline{1, m}$ , условие целочисленности.

Рассмотрим решение данной задачи с использованием программы «Сети Петри для Windows» (версия 1.0, 1994, СЗРЦ НИТ) на простом примере для процесса  $S_2$  (см. рис. 1.43). Использование данной программы обуславливает необходимость внесения ряда изменений в модель процесса.

Во-первых. В модели процесса  $S_2$  изменим обозначение переходов и позиций. Таким образом, список показателей информационного процесса будет следующим:



$p_1$  – коэффициент использования среднегодовой мощности;  
 $p_2$  – среднегодовая производственная мощность;  
 $p_3$  – текущие затраты на единицу продукции;  
 $p_4$  – объем производства продукции в натуральном выражении;  
 $p_5$  – цена единицы продукции;  
 $p_6, p_7, p_8$  – показатели себестоимости, объема производства в стоимостном выражении и прибыли соответственно.

Во-вторых. С целью исключения тупиковых ситуаций в модели процесса  $S_2$  нагрузку выходной дуги перехода  $t_1$  сделаем равной +2, т.е. при выполнении перехода  $t_1$  в позицию  $p_4$  добавляются 2 фишки. В результате получаем модель, представленную на рис. 1.51. Обозначение переходов в этой модели будет следующим (в скобках указаны имена переходов):

- $t_1$  – расчет объема производства в натуральном выражении (операция 1);
- $t_2$  – расчет себестоимости (операция 2);
- $t_3$  – расчет объема производства в стоимостном выражении (операция 3);
- $t_4$  – расчет прибыли (операция 4).

Для любой модели информационного процесса необходимо, чтобы каждый переход повторялся только один раз (за исключением случаев наличия петель в модели), т.е. должна быть только одна переходная инварианта. Для откорректированной модели на рис. 1.52 данное условие выполняется.

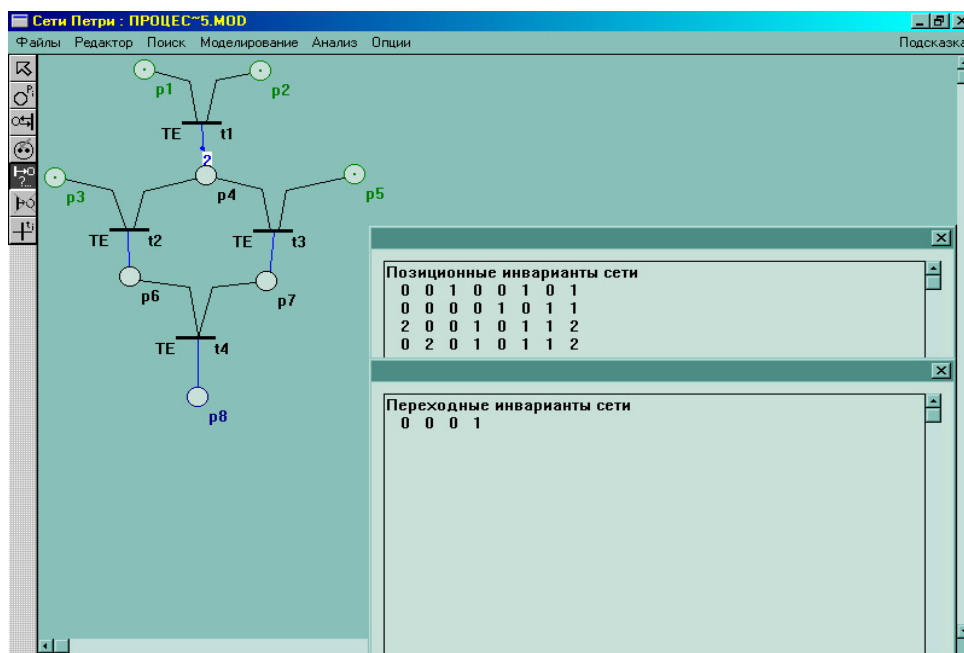


Рис. 1.51. Модель информационного процесса  $S_2$

В модели процесса на рис. 1.51 входными являются позиции –  $p_1, p_2, p_3, p_5$ , выходной –  $p_8$ . Соответственно начальная маркировка  $\mu_0=(1, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0)$ . Все переходы в данной модели являются простыми переходами (TE).

Пусть имеется набор устройств  $R = \{r_1, r_2, r_3\}$  для выполнения данных операций:

$r_1$  – расчеты проводятся вручную;

$r_2$  – расчеты проводятся с использованием калькулятора;

$r_3$  – расчеты проводятся с использованием программного обеспечения.

Значение переменной  $y_{jr}$  для устройств и переходов (операций) дано в табл. 1.11.

Таблица 1.11

Операции, выполняемые устройствами

Переход	Устройство		
	$r_1$	$r_2$	$r_3$
$t_1$	1	1	1
$t_2$	1	1	0
$t_3$	1	1	1
$t_4$	1	1	1

Время  $\tau_{jr}$  выполнения переходов (операций) устройствами представлено в табл. 1.12.

Таблица 1.12

Время выполнения операций устройствами

Переход	Время, с		
	$r_1$	$r_2$	$r_3$
$t_1$	170	34	2
$t_2$	164	26	-
$t_3$	187	29	3
$t_4$	205	65	4

Время срабатывания каждого перехода берется из соответствующей строки в табл. 1.12 и заносится в окно свойств данного перехода (рис. 1. 52). Если операция (переход) может выполняться несколькими устройствами, то сумма вероятностей срабатывания перехода должна равняться единице.

Оптимизация информационного процесса в программе «Сети Петри для Windows» осуществляется методом сканирования, т.е. определяется минимальное время срабатывания сети путем сравнения времени срабатывания всех возможных вариантов выполнения сети, перебор которых осуществляется последовательно.

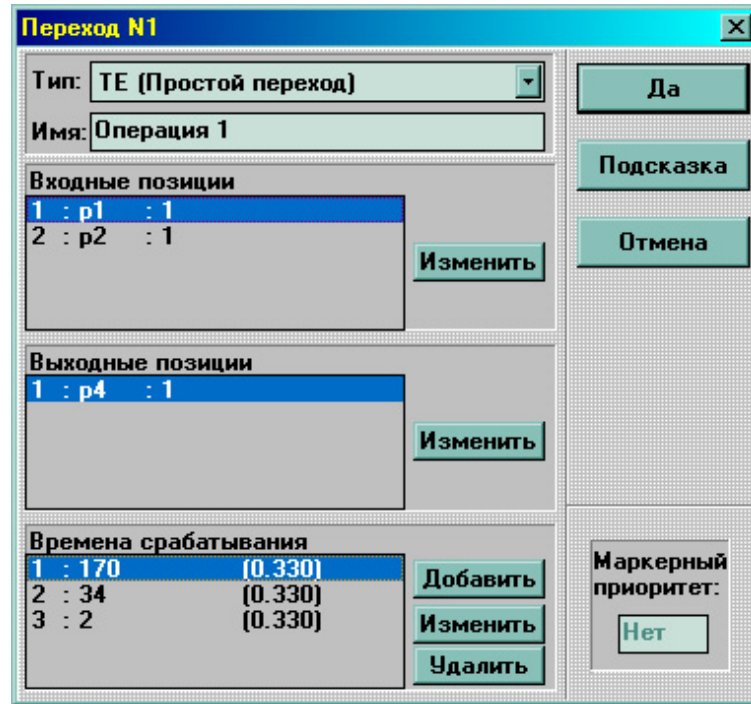


Рис. 1.52. Свойства перехода  $t_1$

Для исследуемого информационного процесса (см. рис. 1.51) результаты оптимизации методом сканирования даны на рис. 1.53.

**Сети Петри : ПРОЦЕС24.MOD**

Файлы Редактор Поиск Моделирование Анализ Опции Подсказка

**Статистика по переходам**

N п/п	Тип	Число сраб.	Время акт. абс.	Время акт. [%]	Время блок. абс.	Время блок. [%]	Имя
1	ТЕ	1	2	6.25%	0	0.00%	Операция 1
2	ТЕ	1	26	81.25%	0	0.00%	Операция 2
3	ТЕ	1	3	9.38%	0	0.00%	Операция 3
4	ТЕ	1	4	12.50%	0	0.00%	Операция 4

**Статистика по позициям**

N п/п	Маркировка Тек.	МАХ.	Огран.	Актив.	Время маркеров Блок.	Время маркеров Общее	Имя
1	0	0	32000	0	0	0	
2	0	0	32000	0	0	0	
3	0	0	32000	0	0	2	
4	0	2	32000	0	0	0	
5	0	0	32000	0	0	2	
6	0	1	32000	0	0	0	
7	0	1	32000	0	0	23	
8	1	1	32000	0	0	0	

**Состояние моделирования**

Такт: 4. Время: 32.  
Моделирование завершено:  
Тупиковая ситуация

**Моделирование**

Шаг запуска: Такт N  Время

Активные:  Блокиров:

Маркировка: p1 :  p2 :

Шаг завершения: Такт N  Время

Маркировка: p1 :  p2 :

Кнопки: Пуск, Начало, Помощь, Выход, ОК

Рис. 1.53. Результаты оптимизации информационного процесса по времени

Решением данной задачи оптимизации будет выполнение операции 1, 3 и 4 устройством 3 и операции 2 устройством 2 за 32 секунды.

## Контрольные вопросы

1. Как математически выражаются графы?
2. Какие данные и соответствующие им документы отображаются в документообороте лесного предприятия?
3. Каков порядок моделирования информационных потоков предприятия?
4. Как строятся обобщенные матрицы смежности (инцидентности) и обобщенный граф документооборота предприятия?
5. Как определяется объем документооборота предприятия?
6. Приведите способы описания сетей Петри.
7. Какие свойства информационного процесса можно проанализировать с помощью сетей Петри?
8. Что собой представляет и каким образом строится модель информационного процесса на основе сетей Петри?
9. Как происходит функционирование модели информационных процессов на основе сетей Петри?
10. Какие алгебраические операции можно применить к модели информационных процессов на основе сетей Петри?
11. Опишите методы анализа модели информационных процессов на основе сетей Петри.
12. Приведите целевую функцию и ограничения при оптимизации документооборота предприятия по времени.
13. Какие другие критерии оптимизации можно использовать?
14. Каковы особенности использования программы «Сети Петри для Windows» при оптимизации информационного процесса?

## 1.4. Информационные сети корпораций и предприятий

### 1.4.1. Общее представление о сети

Информационная сеть может быть представлена схемой, приведенной на рис. 1.54.

Пусть сеть содержит некоторое количество информационных узлов  $n$ . Передача информации от ПК-1 до ПК-2 может осуществляться через последовательность  $i$ -х узлов ( $i = \overline{1, n}$ ) по любому из маршрутов, определяемых множеством факторов. К ним относятся: наличие  $i$ -го узла в маршрутизаторе (см. п. 1.2.3); пропускная способность канала; наличие или отсутствие связи по соответствующему маршруту и т.д.

Принцип передачи информации реализуется как «от одного через многие к одному». Для осуществления процесса передачи информации, должен быть узел, который передает, и узел, который принимает.

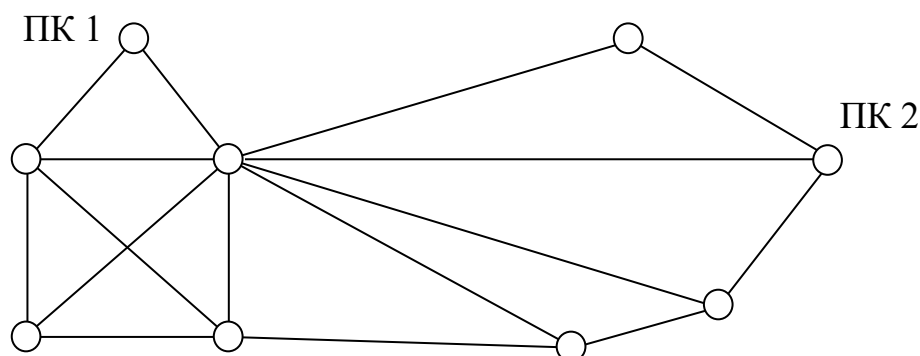


Рис. 1.54. Общая схема информационной сети:

○ – информационные узлы, осуществляющие сбор, обработку, хранение и передачу информации; — — линии каналов связи, по которым производится передача информации; ПК-1 – персональный компьютер № 1; ПК-2 – персональный компьютер № 2

Такое понятие связи относится к *одноадресной* передаче информации. Существуют также способы *многоадресной* рассылки, например, «один ко многим» или «многие ко многим».

#### 1.4.2. Internet и Intranet: организация, структура и методы

Современные сети построены по многоуровневому принципу [14,15]. Принципы построения Internet и Intranet совершенно одинаковы. Отличие заключается лишь в том, что Intranet реализует все сервисы Internet в рамках сети организации или предприятия. Фактически Intranet является сетью корпорации и использует все принципы и сервисы Internet.

##### 1.4.2.1. Структура

Для организации связи двух компьютеров ПК-1 и ПК-2 (см. рис. 1.54) необходимо определить свод правил их взаимодействия, язык их общения и т.д. С этой целью вводятся протоколы, которые функционируют на различных уровнях сети. **Протоколы** – это соглашения и правила, которые определяют межсетевое взаимодействие узлов и каналов при обмене информацией. Протоколы обеспечивают совместимость различных ресурсов сети.

Многоуровневая структура сети используется с целью упрощения и упорядочения всего многообразия протоколов. Сама по себе концепция построения сети не нова и заимствована из существующей

практики информационных обменов. Суть её рассмотрим на примере (см. рис. 1.55). Академик А отправляет по почте письмо академику Б.

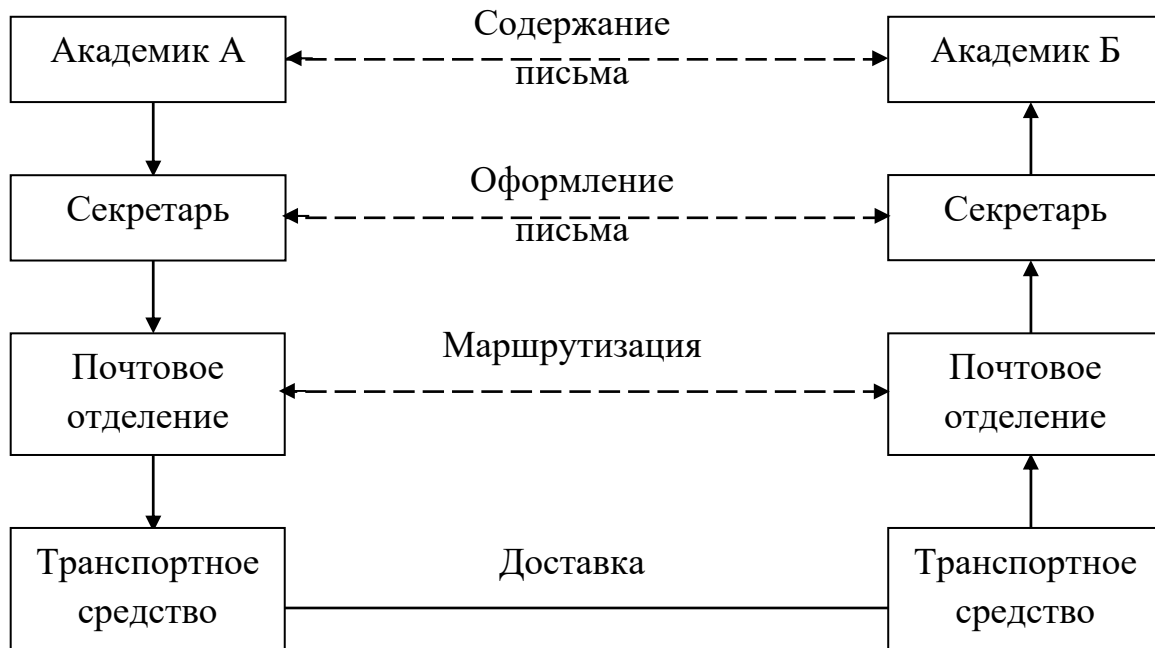


Рис. 1.55. Почтовая связь

Естественно, письмо содержит специфическую терминологию, которая может быть непонятна другим субъектам информационного обмена. Но в данном случае этого не требуется. На рис. 1.55 штриховыми линиями показаны виртуальные связи. Например, информационный обмен между академиками (прочтение, осмысление содержания письма и пр.). Сплошными линиями отражены физические связи, т.е. представлена непосредственная передача информации определенными носителями (бумага, конверт с отправлением, почтальоны и транспортное средство либо электрические сигналы по линиям связи). По физическому маршруту передачи академик А подготовленное письмо передает своему секретарю, который закладывает его в конверт, не понимая его содержимого, и фиксирует адрес получателя. Далее с письмом работает почтовое отделение, определяющее приемлемый маршрут доставки письма из множества возможных маршрутов. Затем транспортное средство (автомобильное, железнодорожное, авиа и т.д.) доставляет отправление и реализуется обратный цикл доставки сообщения. Из изложенного следует, каждый из уровней физически взаимодействует с соседним по вертикали, а виртуально с аналогичным уровнем по горизонтали (см. рис. 1.55).

По аналогичному принципу построена структура взаимодействия сетей, которая описывается стандартом ISO (International standards

organization – Международная организация по стандартам), называемым OSI (Open system interconnection – взаимодействие открытых систем). Известно иное название этого стандарта «эталонная модель» ISO/OSI. Модель содержит семь уровней и представлена на рис. 1.56.

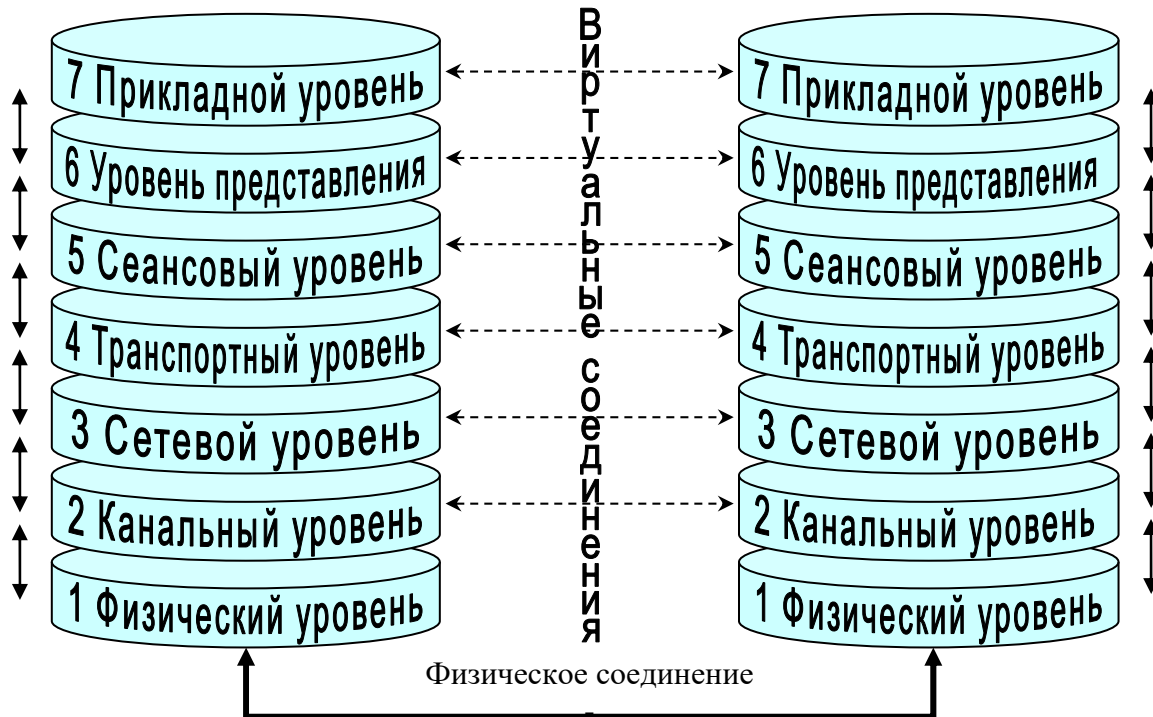


Рис. 1.56. Эталонная модель OSI/ISO

**Первый уровень** описывает характеристики среды передачи данных: напряжение, частоты. Отвечает за поддержание связи и прием, передачу сигналов в виде битового потока. Также описывает физические характеристики среды передачи, включая коннекторы, пины, их использование, кодирование, модуляцию и правила использования физической среды.

**Второй уровень** отвечает за передачу последовательности битов, формирует пакеты, кадры (блоки данных). При формировании пакета записывает его начало и конец. Оперировать битовыми последовательностями, методами кодирования и декодирования, несет ответственность за правильную передачу данных на участках между непосредственно связанными узлами сети. Основное назначение данного уровня – передача данных и детектирование ошибок первого уровня. Протоколы канального уровня определяют формат заголовка и трейлера (контрольная сумма в конце пакета), позволяющих устройству, подключенному к среде передачи, успешно принимать и получать данные. На этом уровне осуществляется плоская адресация устройств сети.

**Третий уровень** – назначение, адресация пакетов и передача в соответствии с адресом потребителя-получателя информации. посредством маршрутизации обеспечивается связь между любыми узлами сети, необязательно смежными. Маршрутизация/коммутация реализуется на основе двух подходов:

1) метод коммутации каналов (коммутация каналов часто происходит на втором или на первом, в случае DWDM, уровне сетевой модели OSI, а маршрутизация организуется уже поверх каналов второго уровня);

2) метод пакетной коммутации (передачи).

Первый метод заключается в том, что канал связи (маршрут передачи) устанавливается логически при начале передачи информации и закрывается (уничтожается) при окончании. Передача пакетов происходит с сохранением исходной последовательности. В процессе передачи может происходить динамическое перераспределение виртуального канала, т.е. изменение физического маршрута пересылки пакетов. Например, (рис. 1.57) при физическом разрыве канала по маршруту 1-2- $n$  на линии канала 1-2 производится изменение первоначального маршрута на маршрут 1-3-4-5- $n$ .

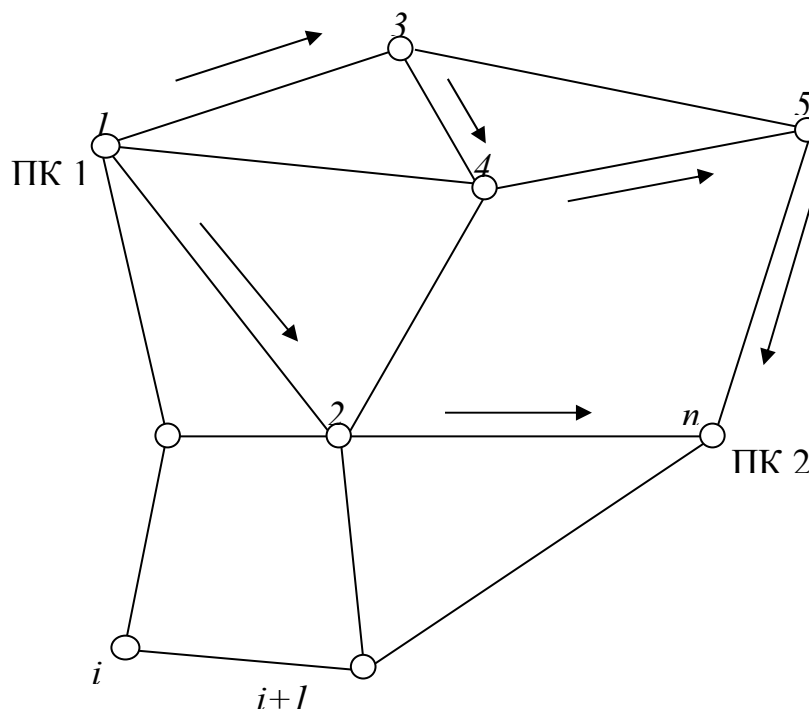


Рис. 1.57. Способы передачи пакетов

Второй метод отличается от первого тем, что к каждому пакету, создаваемому на втором уровне, прикрепляется индивидуальный адрес, и тогда эти пакеты (дейтаграммы) следуют независимо друг от



друга в разной последовательности. В этом случае не требуется поддерживать виртуальную связь, но возможна потеря дейтаграммы и для исключения ошибок требуется контроль от следующего уровня.

Этот уровень определяет три главные функции: логическую адресацию, маршрутизацию (пересылку данных) и определение пути. Маршрутизация определяет как устройства (обычно маршрутизаторы) пересылают пакеты в сторону адреса назначения. Логическая адресация определяет как каждое устройство может иметь адрес, используемый в процессе маршрутизации. Определение пути (маршрута) относится к работе, производимой протоколами маршрутизации для изучения всех возможных маршрутов и выбор лучшего маршрута. Данный уровень необходим для иерархической адресации, которую не обеспечивает плоская модель адресации второго уровня.

**Четвертый уровень** осуществляет контроль: потоков данных, проходящих по маршруту, определенному третьим уровнем; правильности передачи и доставки пакетов данных через множество сетей и шлюзов. Данный уровень собирает информацию из пакетов в единое целое и обеспечивает прием-передачу информации независимо от технических средств приема-передачи.

**Пятый уровень** обеспечивает связь процессов на двух соединенных компьютерах. Под процессами понимается выполнение (работа) каких-либо программ на соединенных в сеансе компьютерах. Данный уровень также восстанавливает аварийные сбои между процессами и выполняет картографию сети, т.е. преобразует численные адреса (адреса в виде номеров) узлов сети в доменные (именные адреса) посредством протокола DNS.

**Шестой уровень** обеспечивает согласование для различных платформ и операционных сред: перекодировка, сжатие и распаковка данных.

**Седьмой уровень** обеспечивает понятный интерфейс для человека, передачу файлов, удаленный терминальный доступ, электронную почту, web-страницы и др.

В настоящее время все больше выделяют модель TCP/IP (Transfer control protocol/internet protocol), отличающуюся от модели ISO тем, что верхние три уровня объединены в один прикладной уровень [16] (рис. 1.58).

Модель TCP/IP определяет и ссылается на большое количество протоколов, позволяющих компьютерам взаимодействовать между собой через сети. Для определения протоколов TCP/IP использует документы (стандарты), называемые Requests for comments (RFC).

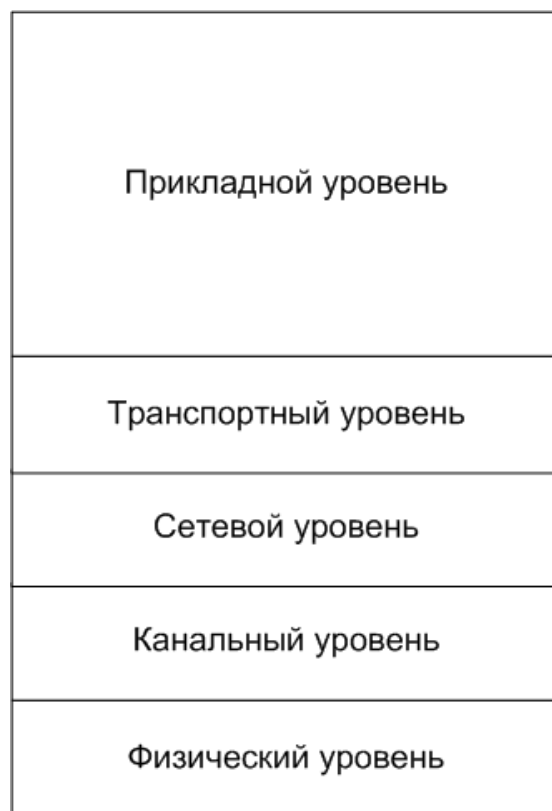


Рис. 1.58. Сетевая модель TCP/IP

В готовых ПК уже реализованы механизмы и протоколы модели TCP/IP (OSI), поэтому при подключении правильных кабелей и включении компьютера он может подключаться к сети. Аналогично можно использовать веб-браузер для подключения к интересующему веб-сайту. Это становится возможным благодаря тому, что в операционной системе реализованы части модели TCP/IP. Сетевой адаптер Ethernet, или сетевая LAN карта беспроводного доступа, установленная в компьютер, реализует некоторые LAN стандарты, на которые ссылается TCP/IP модель. Таким образом, производители аппаратного и программного обеспечения реализуют TCP/IP модель.

#### **1.4.2.2. Соответствие уровней модели OSI/ISO и Internet (Intranet). Протоколы Internet**

Сначала была практика создания и эксплуатации компьютерных сетей, а затем появились стандарты. Процесс становления и развития Internet шел именно по такому пути. Так, появившаяся в 1968 году сеть министерства обороны США ARPANET имела межсетевой протокол передачи данных – IP (Internet protocol), который явился основой Internet-сети [14]. В этой связи, естественно, наблюдаются отличия реально действующей сети от стандарта, которые излагаются

в настоящем пункте. Однако ценность стандарта OSI/ISO заключается прежде всего в структурировании уровней сети, которые в Internet явно не просматриваются. Не следует забывать также учебный эффект модели OSI/ISO, являющейся своего рода материалом для дальнейшего понимания принципов работы сети.

Итак, о совпадениях и отличиях. На *физическом уровне* совпадение практически полное. И в качестве среды передачи этого уровня могут использоваться любые приемно-передающие средства и передающие среды, поскольку последовательность битов можно передать и принять чем угодно. Например, сигнальные костры, барабаны, телефонные сети, радиорелейные сети, спутниковые каналы.

Естественно реально применяются способы передачи информации с наибольшей пропускной способностью, трафиком. Наиболее распространенные из них (подробнее в разделе 1.2.3):

- 1) ADSL – до 24 Мбит/с (связь через телефонные линии);
- 2) xPON – до 10 Гбит/с
- 3) WiFi – до 1 Гбит/с и выше в теории.
- 4) LTE (LTE Advanced) – до 1 Гбит/с в теории
- 5) SDH сети со скоростями передачи до 40 Гбит/с (используется в магистральных линиях связи больших сетей);
- 6) DWDM – спектральное уплотнение, позволяющее передавать данные по оптическому кабелю со скоростями до 1 Тбит и выше.
- 7) Ethernet сети до 100 Гбит и выше (физический уровень описывает скорости и прочие параметры Ethernet сети). Универсальная технология используемая как на уровне доступа абонентов, так и на магистральных операторских сетях.

*Канальный уровень* модели OSI/ISO в Internet реализуется на основе транспортных средств и конкретных локальных сетей Ethernet (коммутатор пример устройства, работающего на этом уровне) и используемых линий связи (рис. 1.59).

Особенность этого уровня заключается в том, что он не обеспечивает надежности передачи пакетов. Надежность обеспечивается на следующих, более высоких уровнях. Для работы локальных сетей и сети Internet используется множество вспомогательных протоколов, например: ARP (Address resolution protocol) для локальных сетей – протокол, обеспечивающий нахождение MAC адреса узла назначения по его IP адресу; SLIP (Serial line IP) и PPP (Point to point protocol) протоколы, обеспечивающие связь через последовательные (serial) интерфейсы.

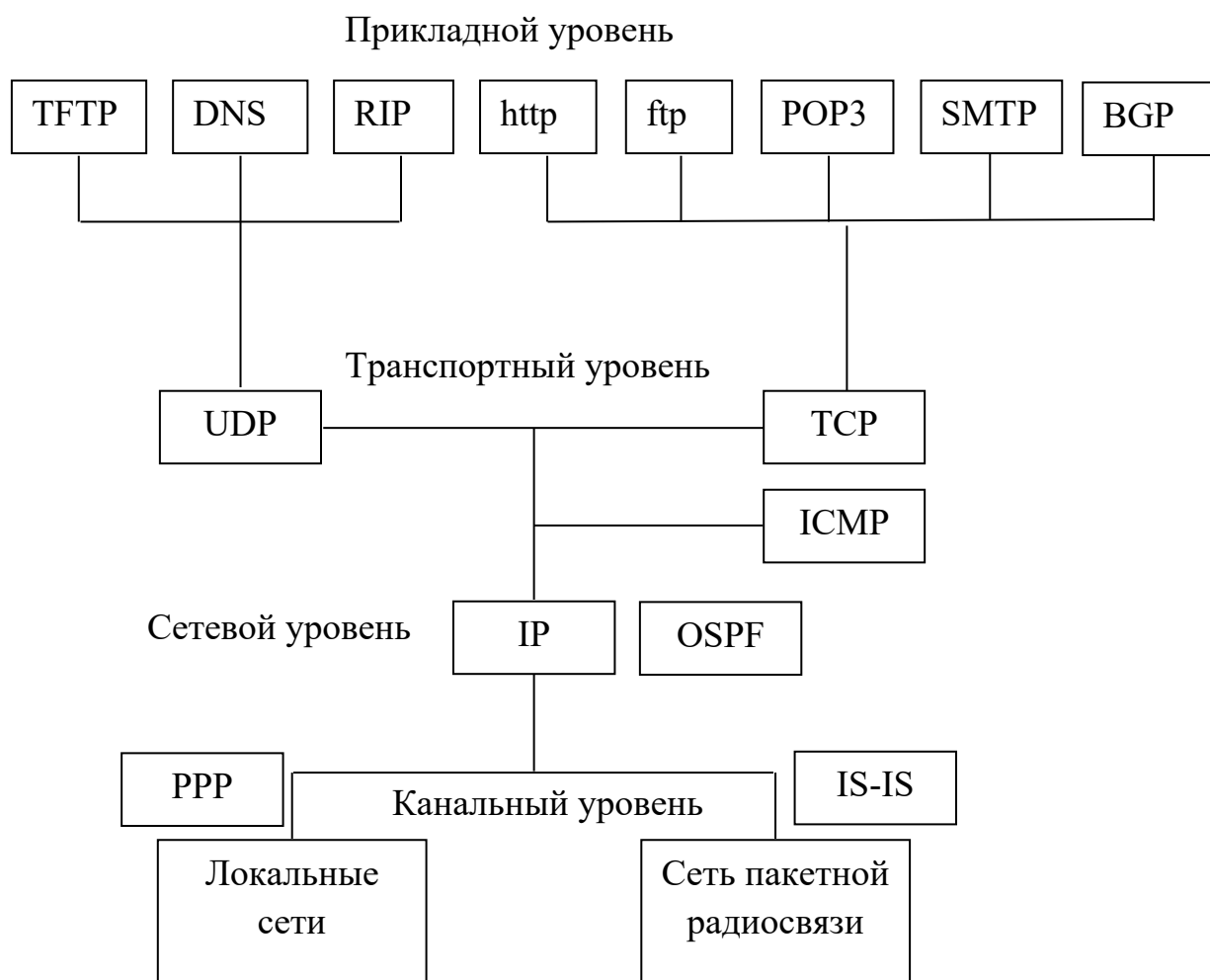
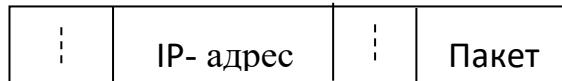


Рис. 1.59. Схема уровней протоколов Internet

**Сетевой уровень.** Сеть Internet (Intranet) как сеть коммутации пакетов. Исходя из того, что прямые соединения по принципу телефонных разговоров занимают линии только для двух абонентов и это сказывается на доступе остальных абонентов, сеть Internet реализует принцип, аналогичный почтовой связи, – при передаче информации занимается не линия, а пересылаются пакеты по линии попеременно с другими пакетами абонентов. Реализует этот принцип протокол IP-межсетевой протокол. IP-протокол выполняет функции передачи пакетов (IP-пакетов) до получателя по адресу, указанному отправителем. Отправка пакета по соответствующему адресу осуществляется на основе заранее определенных маршрутов (аналогия с почтой, так как на почте имеется таблица маршрутов, составленная Министерством связи). Здесь отличие Internet в том, что таблицы маршрутов

децентрализованно составляются маршрутизаторами, которые базируются на сетевых узлах. **Маршрутизатор** – сетевое устройство, вычисляющее маршруты и составляющее таблицы маршрутов. Маршрутизация выполняется посредством протоколов: RIP (Routing information protocol), OSPF (Open shortest path first), IS-IS (Intermediate system to intermediate system), BGP (Border gateway protocol). Посредством таблицы маршрутов, составляемой в результате работы перечисленных протоколов, IP-протокол записывает сетевой адрес в пакет, который следует по указанному адресу (предварительно должен быть также найден адрес второго уровня, как пример MAC адрес с помощью протокола ARP). Для обеспечения транспортировки пакета IP-протокол должен быть обязательно установлен как на ПК отправителя, так и получателя. С процедурой установки протоколов можно ознакомиться в любом справочном издании по операционным системам, например [11], или в самой электронной справочной системе операционной системы. Отдельно следует упомянуть протокол ICMP (Internet control message protocol), используемый как ПК, так и маршрутизаторами. Это сетевой протокол, входящий в стек протоколов TCP/IP. В основном ICMP используется для передачи сообщений об ошибках и в других исключительных ситуациях, возникших при передаче данных. Например, запрашиваемая услуга недоступна, или хост, или маршрутизатор не отвечают. Также на ICMP возлагаются некоторые сервисные функции.



### Принципы записи адресов на основе IP-протокола

IP-адрес протокола версии IPv4 содержит 4 байта и его структура приведена на рис. 1.60. В настоящее время также используется протокол версии IPv6, адрес которого занимает 16 байт.

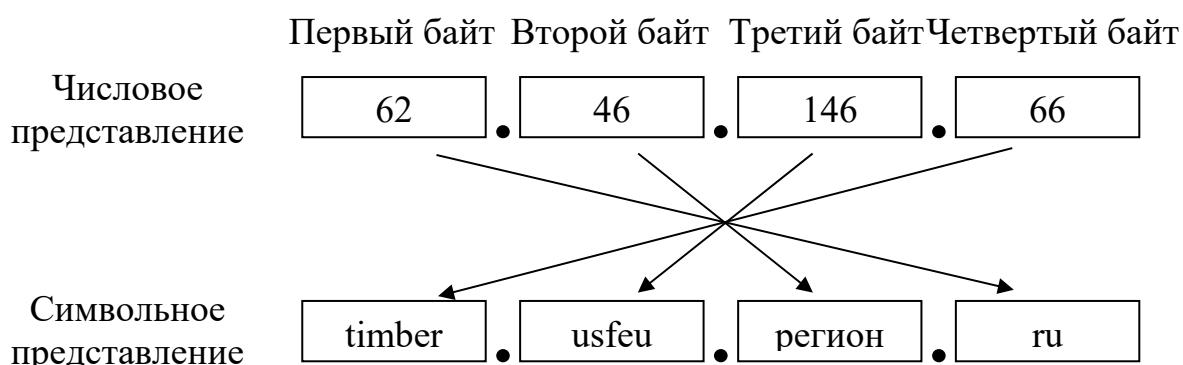


Рис. 1.60. Структура IP-адреса

Принцип работы локальных сетей и адресации в них рассмотрим на примере локальной сети Ethernet. Локальные сети могут использовать приватные адреса (RFC1918), которые не маршрутизируются в сеть Internet [24]. Доставка данных на компьютер-получатель какой-либо сети осуществляется средствами этой же сети. В этой связи необходим способ отыскания локально-сетевых (MAC) адреса компьютера по его IP-адресу. Для этого используются специальные протоколы. Например, для Ethernet используется протокол ARP (протокол разрешения адресов). Принцип передачи сообщений в Ethernet напоминает общение людей в темноте. Один говорит, а остальные слушают, и отвечает из слушающих только тот, к которому обращается говорящий, т.е. адресат. Если одновременно начинают говорить двое, то возникает конфликтная ситуация (коллизия) и говорящие умолкают, чтобы через некоторое случайное время обратиться к слушающим заново.

Процедура сопоставления IP и Ethernet (MAC – Media access control, управление доступом к среде) адресов следующая. Как только приложение на рабочей станции планирует отправить IP-пакет в сторону получателя в локальной сети Ethernet, определяется соответствие IP- и MAC-адресов на основе ARP-протокола. Реализуется это так. Допустим, Ивану в темной комнате необходимо определить Сидорова Петра. Он ожидает полного молчания, затем сообщает: «Слушайте все! (широковещательная передача). Это Иван, кто здесь Сидоров?» Сидоров, в свою очередь, в период тишины отвечает: «Иван! Это Пётр, я и есть Сидоров». Заменяв фамилию Сидоров IP-адресом, а имена Пётр и Иван на Ethernet-адреса, получаем схему работы ARP-протокола.

IP-пакеты представляют собой дейтаграммы, где фактически в служебной информации, прикрепляемой к пакету, имеются адреса соответствующих узлов, между которыми происходит обмен информацией. Недостатком IP протокола является невозможность обеспечить передачу пакетов без потерь. Также можно отметить, что станция, принимающая пакет, не в состоянии понять по IP-заголовку, для какого приложения этот пакет предназначен.

Для ликвидации этих недостатков появилась надстройка над IP-пакетом в виде протоколов TCP (Transmission control protocol) и UDP (User datagram protocol).

### *TCP-протокол. Назначение и особенности*

TCP-протокол предназначен для обеспечения надежной упорядоченной доставки данных и решает задачи:

- 1) разбивки больших объемов информации до размеров IP-пакета;
- 2) адресации передачи информации конкретным потребителям (приложениям);
- 3) проверки правильности и надежности доставки информации на основе IP-пакетов.

TCP-протокол – это протокол транспортного уровня и обеспечивает виртуальные соединения, которые можно рассматривать как трубу с потоком битов. Начало и конец трубы имеют свои TCP-адреса.

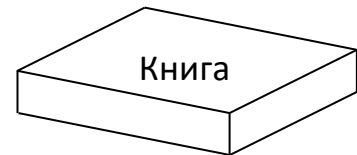


Связка TCP/IP составляет основу Internet, и именно она обеспечила глобальное развитие сети.

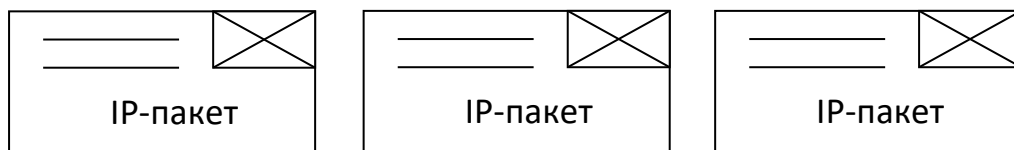
Принцип работы TCP/IP (по аналогии с почтовой службой, где принимаются лишь письма) описан ниже.

1. Отправка книги (прикладной уровень).

2. TCP-протокол осуществляет разделение книги на страницы. Аналогом TCP-адреса (порта) может служить колонтитул с номером страницы и названием главы.



3. Каждая страница закладывается в конверт (IP-пакет) с адресом (дейтаграммой IP-адреса). Если размер IP-пакетов не соответствует



размерам пакетов локальной сети (Ethernet), то происходит дополнительная разбивка IP-пакетов.

4. Дополнительная разбивка IP-пакетов.



IP-протокол обеспечивает доставку пакетов по указанному TCP-протоколом адресу потребителя информации. Потребитель

информации (сетевой узел), получив IP-пакеты, которые могут поступать и не в начальном порядке, а смешанно, передает их на уровень ТСР-протокола. ТСР-протокол обеспечивает расстановку, упорядочение и сборку IP-пакетов в нужной последовательности. Если поступает поврежденный пакет с утерянной информацией, то ТСР-протокол организует повторный запрос на получение информации.

Далее рассмотрим схему функционирования связи ТСР/IP Internet-протокола (рис. 1.61) на примере передачи сообщения: «Пришлите счет-фактуру». Все приложения создаются на основе сервиса транспортного уровня (ТСР и UDP) и позволяют пользователю решать свои задачи без технических деталей протоколов. Все сетевые приложения реализуются по системе «клиент-сервер». Клиент и сервер являются частями одной программы, взаимодействующей в сети посредством «виртуального канала» или дейтаграмм. Например, Internet Explorer (браузер) является клиентом, а Web-сервер (Apache, IIS) – сервером, выполняющим запросы клиента [25].

### *Протоколы линии ТСР. Назначение*

Эти протоколы реализуются на прикладном уровне и выполняются посредством приложений (см. рис. 1.59).

**Приложения** – это программы, выполняющие соответствующие функции. Например, web-браузер «Internet Explorer» или сервис электронной почты «Mozilla Thunderbird».

Перечень некоторых протоколов прикладного уровня, работающих поверх протокола ТСР.

1. **Telnet** – протокол эмуляции удаленного терминала. Позволяет пользователю с одного компьютера управлять другим сколь угодно удаленным компьютером/сетевым устройством с помощью командной строки (CLI – Command-line interface). Для его реализации требуется установка telnet-сервера и telnet-клиента на взаимодействующих ПК. Маршрутизаторы и коммутаторы обычно по умолчанию имеют предустановленные telnet клиенты и серверы.

2. **Ftp** (File transfer protocol) – протокол для передачи между узлами значительных объемов информации в файловом виде. Ftp-доступ реализован на прикладном уровне. Для того чтобы получить ftp доступ, нужно в адресной строке любого web-браузера ввести: ftp:// «адрес удаленного ftp-сервера». Адрес удаленного ftp-сервера может быть представлен в виде IP номера или в виде доменного имени.



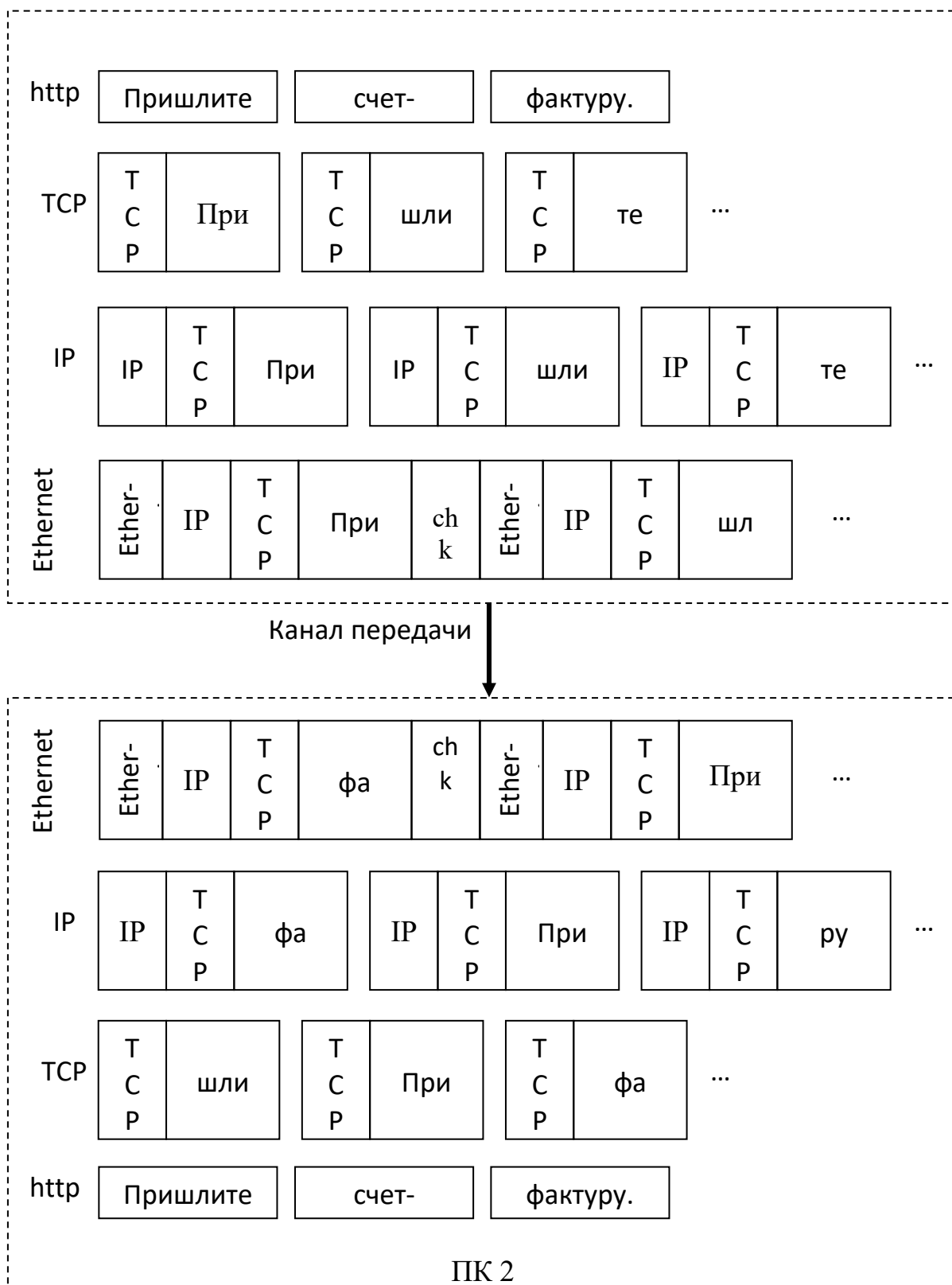


Рис. 1.61. Схема функционирования связки TCP/IP

3. **Http** (Hyper text transfer protocol). Под гипертекстом понимается форма представления информации, в которой переходы от одной порции информации к другой осуществляются на основе гиперссылок, которые представляют собой выделенные особым образом слова или предложения. На основе http протокола реализован WWW-сервис (World wide web) (всемирная паутина). Клиентом при реализации этого сервера является любой web-браузер, который представляет на экран информацию с переходами в виде гиперссылок в форме текста, изображений (рисунки, фото), звука и видеофрагментов. Этот вид доступа получил самое широкое распространение в связи с возможностью предоставления исчерпывающей информации в перечисленных ранее формах. Физически этот доступ определяется набором в адресной строке браузера: `http://` «адрес удаленного WWW-сервера». Адрес – это IP-адрес или доменное имя. Для реализации этого вида доступа надо иметь на компьютере пользователя WWW-клиента (приложение), а на удаленном компьютере WWW-сервер (приложение). Дополнительно на основе WWW-сервиса реализуются различного рода конференции и чаты (приложения, имитирующие диалог для достаточно большого круга собеседников). Также примером веб сервисов можно назвать такие видео серверы, как youtube и другие.

4. **SMTP/POP3** – это почтовые протоколы, которые обеспечивают сервисный обмен информацией по электронной почте (e-mail). SMTP (Simple mail transfer protocol) предназначен для отправления электронных сообщений. POP3 (Post office protocol) – протокол почтового отделения, он обеспечивает получение информации. На основе этих протоколов реализуются почтовые клиенты различных типов. Эти протоколы и клиенты, основанные на них, позволяют обмениваться информацией в виде текста, рисунков. Если к почтовому отправлению прикрепляется какой-либо файл (*attachment*), то можно получить информацию в виде аудиотрека или видеоизображения. Доступ на основе почтового сервиса осуществляется посредством адресов электронной почты, которая имеет следующий вид: «имя адресата@имя почтового сервера». Имя почтового сервера представляется в виде доменного имени. Причем указанное имя почтового сервера подразумевает, что именно на этом сервере заведен почтовый ящик, относящийся к адресату и имеющий имя этого адресата.

Почтовый сервис имеет большое распространение и вызвано это тем, что для того, чтобы отправить сообщение, достаточно иметь

низкоскоростное соединение 1 Мбит/с или меньше и возможность кратковременного подключения к сети Internet. Дополнительно он является популярным средством корпоративной переписки.

5. **UDP** (User datagram protocol) – протокол работает в связке с IP-протоколом и осуществляет обмен информацией в виде дейтаграмм. Это упрощенный протокол для передачи информации, не перепосылающий в отличие от TCP, пакеты, пришедшие с ошибкой. При этом он так же, как и TCP, имеет контрольную сумму для проверки корректности принимаемого пакета. В случае искажения пакета при передаче по сети связи контрольная сумма в конце заголовка и рассчитанная контрольная сумма на основе содержимого пакета не совпадут и пакет будет отброшен. Наиболее частые применения протокола UDP – передача голосовых пакетов VoIP, а также сервис трансляции видео через интернет – IPTV. TCP протокол не подходит для данных приложений, так как в случае потери/искажения пакета он будет пытаться переслать его снова, что недопустимо в случае интерактивного вещания.

На базе протокола UDP функционирует ряд протоколов, обеспечивающих обмен сообщениями незначительных объемов. К ним относятся:

- **DNS** (Domain name system) – протокол доменной (региональной) системы имен, протокол запросов на преобразование имен из доменной формы в машинную (числовую – IP-адресация);

- **RIP** – информационный протокол маршрутизации, используется для поддержания достоверной информации о состоянии сети для маршрутизации (в настоящее время редко применяется по причине своих слабых возможностей);

- **TFTP** – протокол тривиальной (простейшей) передачи файлов посредством пакетов.

Известны также и другие протоколы работающие поверх UDP, не указанные на рис. 1.59, например DHCP (Dynamic host configuration protocol).

### 1.4.2.3. Система сетевых адресов. Доменная система имен

В связи с тем, что числовые адреса трудно прочитать и запомнить человеку, в Internet введена система доменных (региональных) имен. Это простейший аналог общепринятой почтовой службы, где почтовые индексы аналогичны по назначению сетевым числовым адресам. С числовыми адресами в основном работают машины, а пользователи как в сети, так и при использовании почтовой службы

применяют географические адреса и доменные компьютерные имена (аналог человеческих имен). **Доменная система имен** – это способ назначения имен по иерархиям сетевых групп, каждая из которых несет ответственность за свое множество имен. Каждый иерархический уровень этой системы называется **доменом**. Домены в именах отделяются друг от друга точками. Например, числовой адрес 62.76.146.139 и соответствующее ему доменное имя (символьный адрес, в настоящее время не существует) *usfeu.ezburg.ru*. Структура доменного имени отражает порядок следования узлов в иерархии; доменное имя читается слева направо от младших доменов к доменам высшего уровня (в порядке повышения значимости): вверху находится корневой домен (не имеющий идентификатора), ниже идут домены первого уровня (доменные зоны), затем — домены второго уровня, третьего и т. д. (например, для адреса *usfeu.ezburg.ru* домен первого уровня – ru, второго ezburg, третьего usfeu).

Первоначально преобразование между доменными и IP-адресами производилось с использованием специального текстового файла по имени *hosts*, который составлялся централизованно и автоматически рассылался на каждую из машин в своей локальной сети. С ростом сети возникла необходимость в эффективном, автоматизированном механизме, которым и стала DNS.

Домен (не путать с доменами баз данных) – область, объединяющая в себе сети того или иного уровня и имеющая конкретное название. Региональные домены строятся либо по географическому, либо по предметному признаку и отвечают за адресацию (за преобразование доменных имен в IP-номера и обратно) в рамках конкретного региона. Доменное имя – это ответственность за тот или иной домен. Как в городе не спрашивают, какое название дать улице, так и доменная группа сама решает о выделении в своей зоне ответственности (своем домене) нового имени. Существуют некоторые традиционные доменные имена, отражающие региональный или отраслевой характер. Хотя это совсем не обязательно. Например:

- .edu – образовательные учреждения;
- .com – коммерческие организации;
- .mil – военные организации и органы правопорядка;
- .gov – правительственные и государственные учреждения;
- .net – различные сети;
- .org – некоммерческие организации;
- .ru – Россия;

- .su – Россия;
- .рф – Россия;
- .ca – Канада;
- .uk – Великобритания;

Каждый из ответственных за домен для его поддержки и адресации должен иметь по крайней мере два специально выделенных сервера с установленными на них приложениями DNS (Domain name system). DNS-приложение содержит в себе таблицы соответствия IP-номеров и доменных имен, на основе которых проводят адресацию, либо имеют выход к DNS-серверу более верхнего домена. Доменное имя определяет административную ответственность, а не региональное представительство. При поиске адресата по доменному имени IP-адреса преобразуются в доменные имена. Поиск реализуется в зависимости от ситуации следующим образом:

1) DNS-сервер в своей базе имеет необходимый адрес и находит его на основе собственных ресурсов;

2) DNS-сервер не имеет в своей базе соответствующих адресов, однако знает их, так как некоторый период времени назад кто-то обращался по этому адресу. Этот адрес содержится во временной памяти DNS (КЭШе);

3) сервер не имеет никакой информации об адресе, однако знает, у кого ее получить. Он обращается к серверу вышестоящего домена и получает информацию. В этом случае принцип поиска аналогичен поиску адреса простого почтового письма без индекса.

#### 1.4.2.4. Маршрутизация. Общие сведения

Маршрутизация используется для определения маршрута прохождения IP-пакета на множество возможных маршрутов и может выполняться на базе различных протоколов, таких как RIP, OSPF, IS-IS, BGP. *Маршрутизатор* – это либо программный продукт (приложение, программа), либо программно-аппаратное обеспечение, которые реализуют функции нахождения маршрута. *Маршрутизация* является процессом определения лучшего маршрута следования информации в сетях связи. Маршруты могут задаваться административно (статические маршруты), либо вычисляться с помощью алгоритмов маршрутизации, базируясь на информации о топологии и состоянии сети, полученной с помощью протоколов маршрутизации (динамические маршруты). Критерии определения лучшего маршрута могут

быть самыми различными, обычно протоколы маршрутизации используют такие критерии, как различные метрики, которые могут являться такими параметрами, как полоса пропускания канала, задержка прохождения пакетов, количество узлов до назначения и т. п.

**RIP** (*Routing information protocol*) – один из самых простых дистанционно-векторных протоколов маршрутизации. Применяется в небольших компьютерных сетях, позволяет маршрутизаторам динамически обновлять маршрутную информацию (направление и дальность в хопах), получая ее от соседних маршрутизаторов. Является протоколом внутридоменной маршрутизации.

**OSPF** (*Open shortest path first*) – протокол динамической маршрутизации, основанный на технологии отслеживания состояния канала (*link-state technology*) и использующий для нахождения кратчайшего пути алгоритм Дейкстры. В отличие от дистанционно-векторных протоколов (таких как RIP) имеет существенно более быстрое время сходимости. Является протоколом внутридоменной маршрутизации.

**IS-IS** (*Intermediate System to Intermediate System*) – стандартизированный ISO и использующийся в основном в крупных сетях провайдеров услуг. IS-IS может также использоваться в корпоративных сетях особо крупного масштаба. IS-IS – это протокол маршрутизации на основе состояния соединений. Он обеспечивает быструю сходимость и отличную масштабируемость. Как и все протоколы на основе состояния соединений, IS-IS очень экономно использует пропускную способность сетей. По принципу работы схож с OSPF. Является протоколом внутридоменной маршрутизации.

**BGP** (*Border gateway protocol*, протокол граничного шлюза) [26] – основной протокол динамической маршрутизации в Интернет. Протокол BGP предназначен для обмена информацией о достижимости подсетей между автономными системами (АС), то есть группами маршрутизаторов под единым техническим управлением, использующими протокол внутридоменной маршрутизации для определения маршрутов внутри себя и протокол междоменной маршрутизации для определения маршрутов доставки пакетов в другие АС. Передаваемая информация включает в себя список АС, к которым имеется доступ через данную систему. Выбор наилучших маршрутов осуществляет исходя из правил, принятых в сети. В отличие от предыдущих протоколов является протоколом как внутридоменной, так и междоменной маршрутизации.

Для простейшего протокола маршрутизации RIP используется алгоритм Беллмана-Форда, находящего кратчайший путь во взвешенном графе. В качестве метрики в этом протоколе используется количество хостов (узлов) до пункта назначения, соответственно чем меньше метрика, тем лучше. Суть его в следующем: каждый из маршрутизаторов (рис. 1.62) имеет свою таблицу маршрутов по каждому из соседних узлов. Соседние маршрутизаторы имеют свою таблицу маршрутов для соответствующих своих соседних узлов.

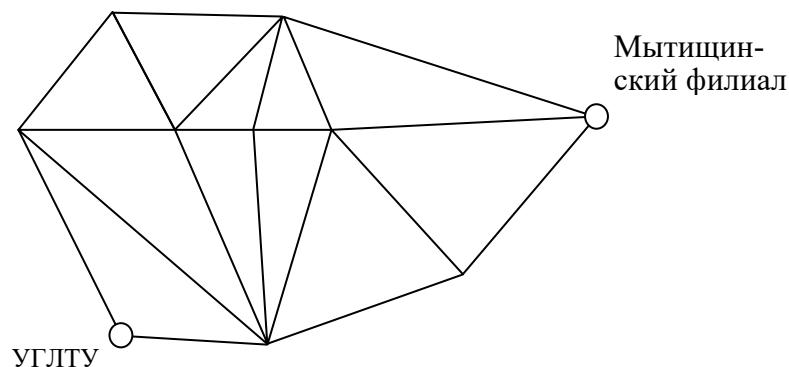


Рис. 1.62. Возможные маршруты

При поиске наилучшего маршрута каждый из маршрутизаторов сопоставляет свои таблицы маршрутов с таблицами соседних и в том случае, если его лучший маршрут по метрике окажется хуже какого-то из соседних, то он его заменяет маршрутом соседнего узла (выбирается лучший вариант для прохождения IP-пакета). По логике распространения маршрутной информации, как только маршрутизатор RIP запускается, он пытается установить соединение с соседними маршрутизаторами. При этом он устанавливает в свою таблицу маршрутизации все локально известные ему маршруты. Как только соседство установлено, он начинает каждые 30 секунд передавать состояние своих таблиц маршрутизации всем соседним узлам. Аналогично делают все соседние узлы. Таким образом, в сети обновляется маршрутная информация.

#### 1.4.2.5. Виды доступа в Internet. Провайдеры

Провайдер (в переводе с английского снабженец, поставщик) – организация (лицо), предоставляющая услуги по доступу в Internet. К услугам относятся все виды доступа: интернет (передача данных), передача видео (IPTV, VoD, видеоконференцсвязь), предоставление голосовых услуг, таких как VoIP и т.д. Непосредственный доступ иногда предоставляется потребителю в виде выделенной линии,

например 10 Мбит/с, 100 Мбит/с Ethernet или последовательные линии E1 (SDH сеть). При этом виде доступа провайдер предоставляет линию в аренду и маршрутизатор у потребителя. В этом случае потребитель имеет возможность предоставлять часть этой линии в аренду другим потребителям и осуществлять маршрутизацию. Обычно такого рода доступ предоставляется юридическим лицам.

Большая часть пользовательских устройств корпоративной сети подключается напрямую в локальную сеть [16]. Множество ПК использует сетевые карты Ethernet, которые подключаются к коммутатору. Все больше и больше устройств используют беспроводные подключения WiFi 802.11, причем некоторые устройства, такие как мобильные телефоны и планшеты, поддерживают только беспроводной доступ к локальной сети или Интернет. Крупные корпорации могут иметь множество сотрудников, работающих в различных местах. С точки зрения размещения компания может иметь несколько больших офисов, с сотнями или даже тысячами небольших региональных офисов, магазинов или других мест. С точки зрения сети, каждая локация является одной или несколькими локальными сетями, которые должны быть связаны друг с другом и для связи эти LAN (локальные сети) должны быть соединены друг с другом с помощью WAN (глобальные сети).

Для соединения этих локальных сетей вместе через WAN используются маршрутизаторы, подключенные к каждой локальной сети с WAN каналами между маршрутизаторами. Персонал компании обычно выясняет техническую возможность подключения офисов выделенными линиями у различных операторов, SLA (*Service layer agreement*), полосу пропускания, тип подключения, стоимость и т. п. Маршрутизатор на каждой стороне сайта, подключает и LAN сеть, и WAN каналы (рис. 1.63). Детали реализации WAN соединения не показаны на этом рисунке.

Физические лица в отличие от юридических лиц чаще всего подключаются к сети интернет через каналы, которые совместно используются многими абонентами. Такой метод не исключен и часто применяется относительно небольшими юридическими лицами.

Наиболее распространенными технологиями доступа в интернет в настоящее время являются:

- 1) Ethernet доступ;
- 2) доступ xPON;
- 3) кабельный доступ HFC (на базе технологии DOCSIS);
- 4) xDSL доступ;



- 5) беспроводной доступ 3G/LTE;
- 6) WiFi беспроводной доступ.

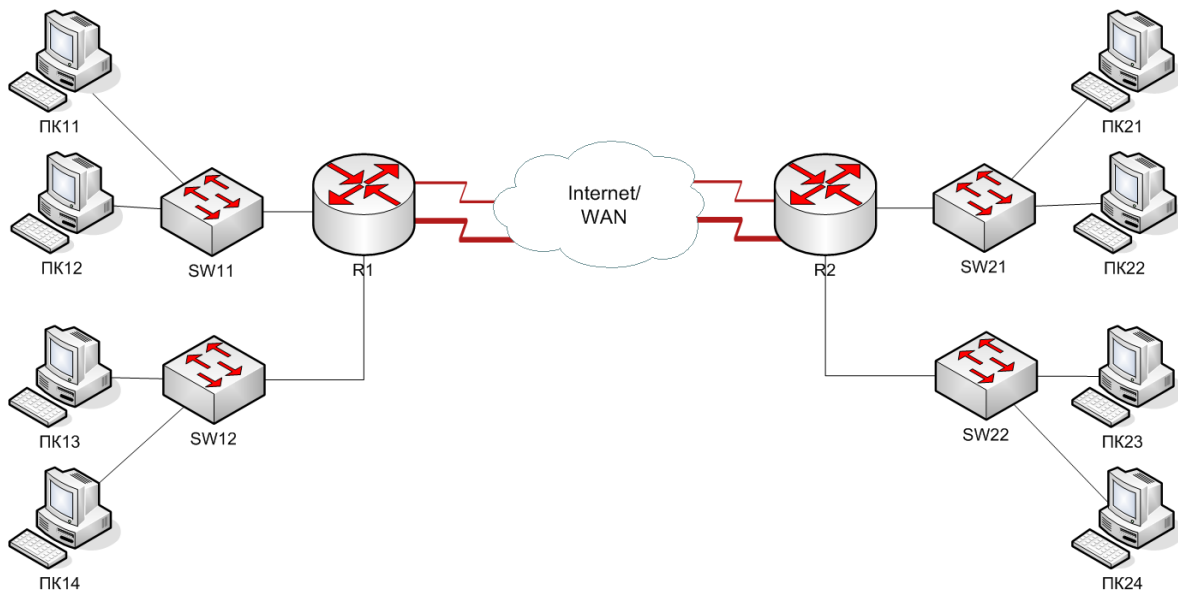


Рис. 1.63. Подключение к выделенным линиям двух потребителей

Из них выделенными линиями обычно являются проводные каналы, так как сложно гарантировать выделенность ресурса в условиях помех и совместного использования радиодоступа. Если это Ethernet доступ, то обычно в офис компании от оператора приходит оптический кабель (либо витая пара), который можно напрямую подключать к маршрутизатору. Для таких технологий, как DOCSIS, xDSL, требуются специальные устройства – модемы. функции маршрутизатора часто на них совмещены. В настоящее время доступ в интернет стал значительно дешевле и доступнее. В тех районах, где нет точек присутствия операторов, ШПД подключаются либо с помощью мобильной связи – 3G, либо используют спутниковый доступ, который является чуть ли не единственной опцией для труднодоступных районов.

Пример схем доступа в интернет домашних абонентов (физических лиц) приведен в разделе 1.2.3.

### 1.4.3. Intranet и информационное обеспечение лесного комплекса

Intranet (*интрасеть*) – это внутренняя сеть организации, реализованная на стеке TCP/IP протоколов и обладающая всеми возможностями Internet [27]. В Intranet каждый пользователь может вести совместную обработку документов, предоставлять данные своим коллегам, работать с базами данных и т.д.

Intranet – это не локальная сеть, так как обмен информацией может быть физически реализован как с домашнего компьютера, так и с компьютера в офисе другого города, другой части света. Принципиально Intranet может быть реализована и на других протоколах, однако TCP/IP как связка протоколов Internet обеспечила развитие такого многообразия прикладных сервисов, начиная от электронной почты и заканчивая видеоконференциями, что принципы и логика построения Internet преобладали в области развития Intranet.

Почему в последнее время более распространенной стала технология Intranet? К основным причинам можно отнести следующие.

1. **Увеличение производительности рабочей силы.** Intranet помогает пользователям находить и просматривать информацию быстрее и использовать приложения, соответствующие их ролям и обязанностям. С помощью интерфейса веб браузера пользователи могут получать доступ к данным в любой базе данных доступной для него согласно внутренним политикам безопасности в любое время и из любого места сети компании, обеспечивая способность сотрудника выполнять свою работу быстрее, точнее, с уверенностью, что они имеют доступ к актуальной информации.

2. **Коммуникация.** Intranet может служить мощным инструментом для связи внутри организации, например, для стратегических глобальных задач/инициатив, с которыми может ознакомиться любой сотрудник организации. Типом информации, которая может быть легко сообщена, является: цель инициативы, ожидаемые результаты, кто является инициатором, сроки т. д. Получая такую информацию через Интранет, сотрудники имеют возможность быть в курсе современных стратегических целей и планов организации. Некоторыми примерами коммуникации являются чат, электронная почта и/или блоги.

3. **Веб публикации** позволяют сохранять объемные корпоративные знания и получать к ним быстрый доступ с помощью гипермедиа (производная от гипертекста) и www технологий. Примеры включают руководства, написанные сотрудниками, политики компании, бизнес стандарты, новости, приказы и материалы для обучения, которые могут быть доступны с помощью различных стандартов/приложений (файлы Acrobat PDF, флеш-файлы, презентации Powerpoint, PHP, Java, FastCGI приложения). Поскольку каждое бизнес подразделение может обновлять онлайн копию документа, наиболее актуальная версия обычно доступна сотрудникам через Интранет.

4. **Бизнес операции и управление.** Интранет также используется как платформа для разработки и внедрения приложений для поддержки бизнес операций и решений по всей компании.

5. **Ценовая эффективность.** Пользователи могут просматривать информацию и данные с помощью веб-браузера, а не пользоваться бумажной версией таких документов, как различные процедурные руководства, телефонные справочники и т. п. Это потенциально может сэкономить деньги на печати, копировании документов.

6. **Просмотр, редактирование и создание документов** на различных аппаратных и программных платформах компьютеров согласно единым стандартам.

7. **Совместная обработка,** подготовка или создание документов и обмен информацией.

8. **Повышение качества принимаемых решений, документов** вследствие более эффективной модели распределения – информации (не иерархическая как ранее, а горизонтально-иерархическая).

9. **Наличие существующих информационных ресурсов** Internet, применяемых в Intranet.

#### 1.4.3.1. Структура и средства организации Intranet

Существует несколько видов информационных обменов в сетях, которые могут быть реализованы в интрасетях. Но не все из них эффективны и приемлемы для реализации целей организации.

Первый вид информационного обмена, в котором инициатива поставки информации принадлежит не потребителю, а поставщику информации, представлен на рис. 1.64.

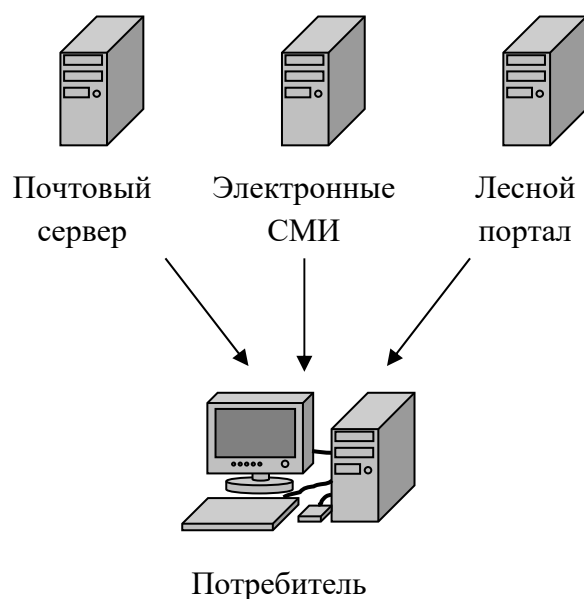


Рис. 1.64. Предоставление информации по инициативе поставщика

Так работают все средства массовой информации, электронная почта, автоматическое обновление web-страниц при каждой загрузке (предоставление информации по «cookie»). Данный подход влечет за собой накопление огромного количества информации у потребителя в виде архивов, ибо пользователь предполагает, что когда-нибудь полученная информация пригодится. Это весьма ресурсоемкий способ информационного обмена.

Следующий способ – централизованные компьютерные системы (рис. 1.65) на основе баз данных.

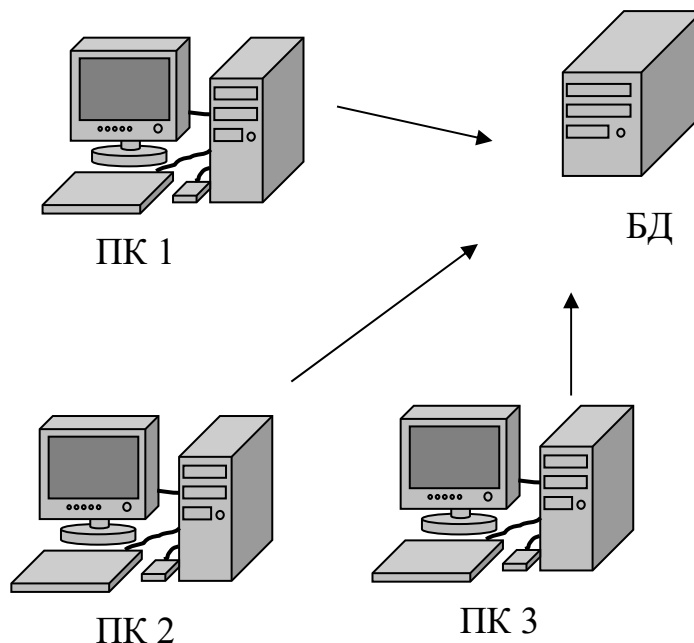


Рис. 1.65. Централизованная компьютерная система

Информация предоставляется по запросу потребителя. К недостаткам этого способа относится сложное управление информацией, несвоевременность ее обновления (актуализации), дорогое аппаратное обеспечение. Такие системы пытались внедрить во всеобщих лесопромышленных объединениях в первой половине 80-х гг. XX столетия Минлеспром СССР. В качестве аппаратных и сетевых средств использовалась платформа IBM PS/2. В настоящее время такие системы практически нигде не используются. Третий способ обмена информацией (рис. 1.66) – децентрализованные сети персональных компьютеров (одноранговых или на основе клиент-серверной модели) с различными видами серверных приложений (базы данных, файл-серверы, принт-серверы, почтовые серверы, факс-серверы и т.д.). Его недостаток – поиск необходимых данных на множестве машин с различными интерфейсами.

# Электронный архив УГЛТУ

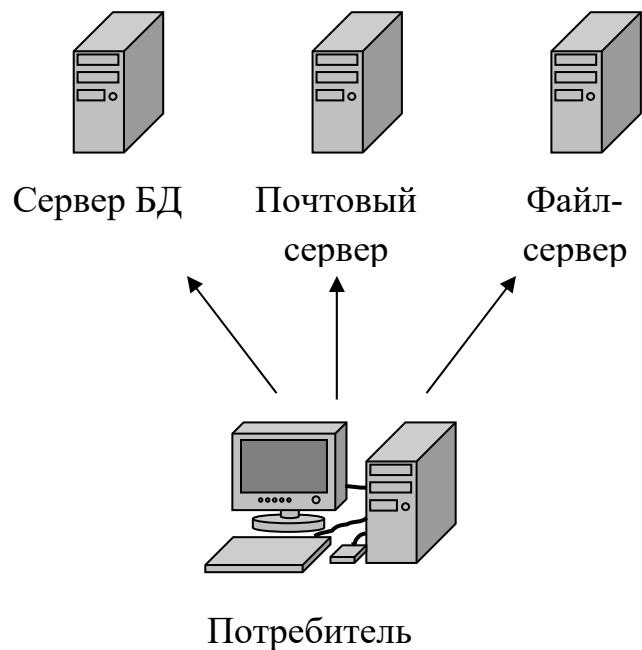


Рис. 1.66. Получение информации в децентрализованной сети ПК

Устаревшая модель, на смену которой пришли виртуализация и облачные технологии (рис. 1.67).

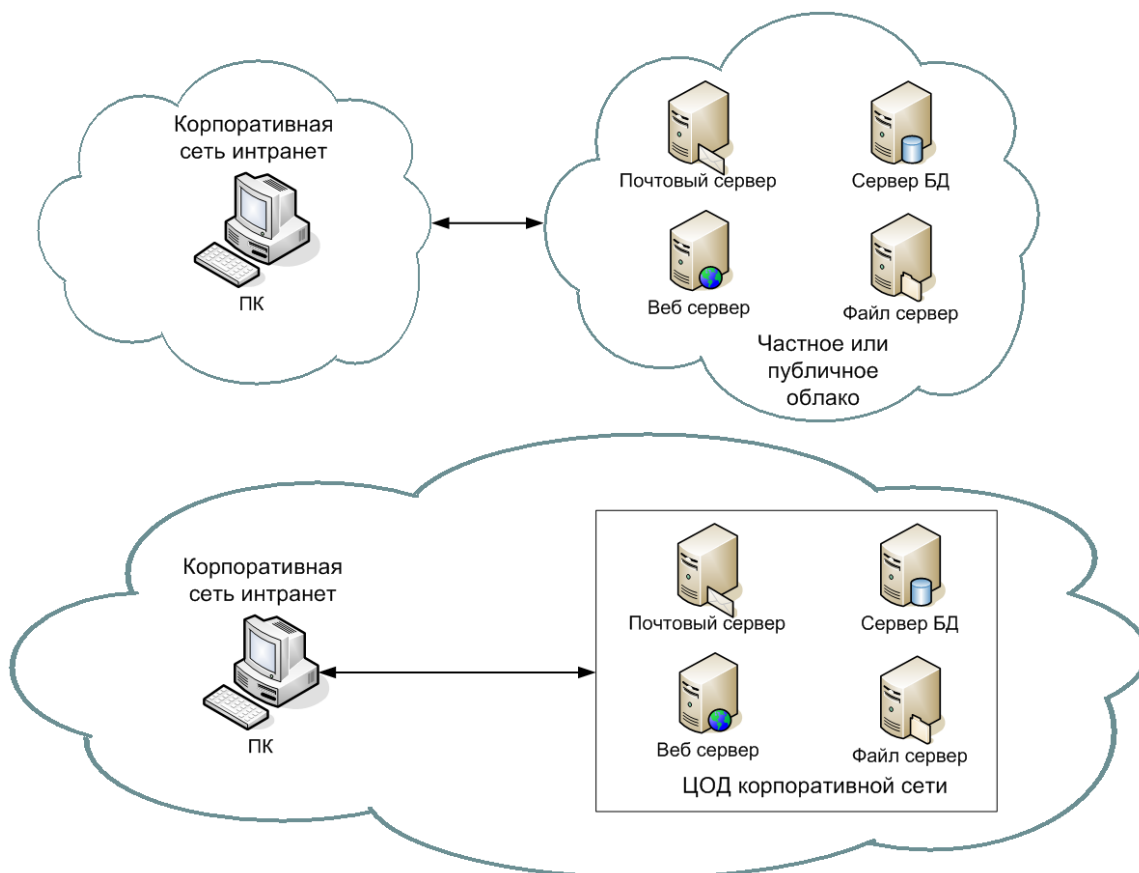


Рис. 1.67. Обмен информацией в вариантах облачной сети (вверху) и корпоративного ЦОД (внизу)

В этом способе обмена информацией основным источником/хранилищем данных является облако, которое может быть как принадлежащим компании (частное), так и представлять собой какой-либо публичный облачный сервис интернет. Во втором случае для этого сервиса необходимо соответствие требованиям политики безопасности компании. Также возможен вариант, когда компания владеет своими ЦОДами (центрами обработки данных, локальными или распределенными) и запускает необходимые сервисы на физических или виртуализированных машинах.

Пятый способ обмена информацией – это информационная структура по образу и подобию Internet с web-сервисом в качестве основы (рис. 1.68). Этот способ не исключает модели (рис. 1.67) и зачастую предполагает ее использование.

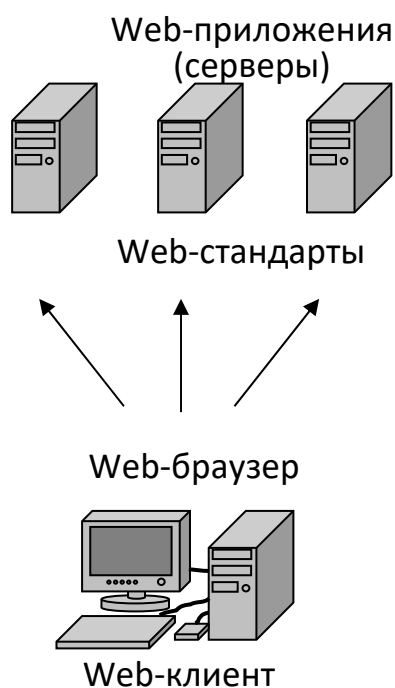


Рис. 1.68. Структура для клиента Web-сервиса

Изложенный способ предполагает хранение, передачу, преобразование и создание данных различных типов (текст, графика, аудио, видео) и форматов, поддерживаемых www-приложениями. Связывание распределенных данных, размещение информации производится в соответствии с естественным порядком их создания и потребления.

Казалось бы рассматриваемый способ наиболее готов к использованию в интрасетях организаций, и связано это с тем, что известны готовые и используемые средства Internet в Intranet. Это

поисковые машины, лесные порталы, консультационные системы, программные средства по управлению документооборотом, программное обеспечение по совместной деятельности.

Однако web-сервис имеет определенные недостатки, вытекающие из отсутствия объектной природы и других свойств HTTP протокола. Это, во-первых, отсутствие средств управления со стороны клиента представлением объектов на web-странице. Во-вторых, статичность web-страниц, когда клиенту передаются пассивные (статичные) данные, а не сами методы и средства, образующие эти данные. В-третьих, ограниченные интерактивные возможности, которые сводятся к заполнению пользователем текстовых форм с отправкой их на сервер. Сервер анализирует эти формы и возвращает пользователю новую web-страницу, которая может быть вновь формой.

### 1.4.3.2. Технологии Intranet

Информационный обмен в Internet большей частью основан на архитектуре клиент-сервер (рис. 1.69).

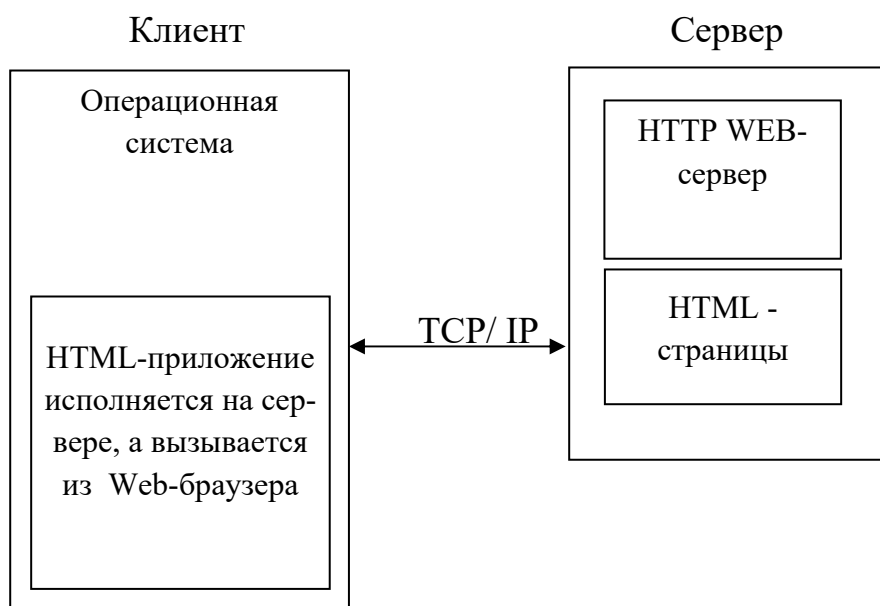


Рис. 1.69. Наиболее распространенная архитектура клиент-сервер для сетей Internet

Клиентская часть реализуется, как правило, посредством браузера (например, Internet Explorer или Google Chrome). Серверная часть создается и функционирует посредством Web-серверов Microsoft, Apache и других. Эта архитектура ограничивает информационный обмен в необходимом качестве для сетей организаций, и в этой связи имеется ряд модификаций, которые необходимы в первую очередь для получения доступа к базам данных и выполнения приложений на серверной стороне по запросу клиента.

В последнее время все чаще используются многоуровневые архитектуры, в частности трехуровневые модели [28]. Это архитектурная модель программного комплекса, предполагающая наличие в нём трёх компонентов: клиента, сервера приложений (к которому подключено клиентское приложение) и сервера баз данных (с которым работает сервер приложений, рис. 1.70).

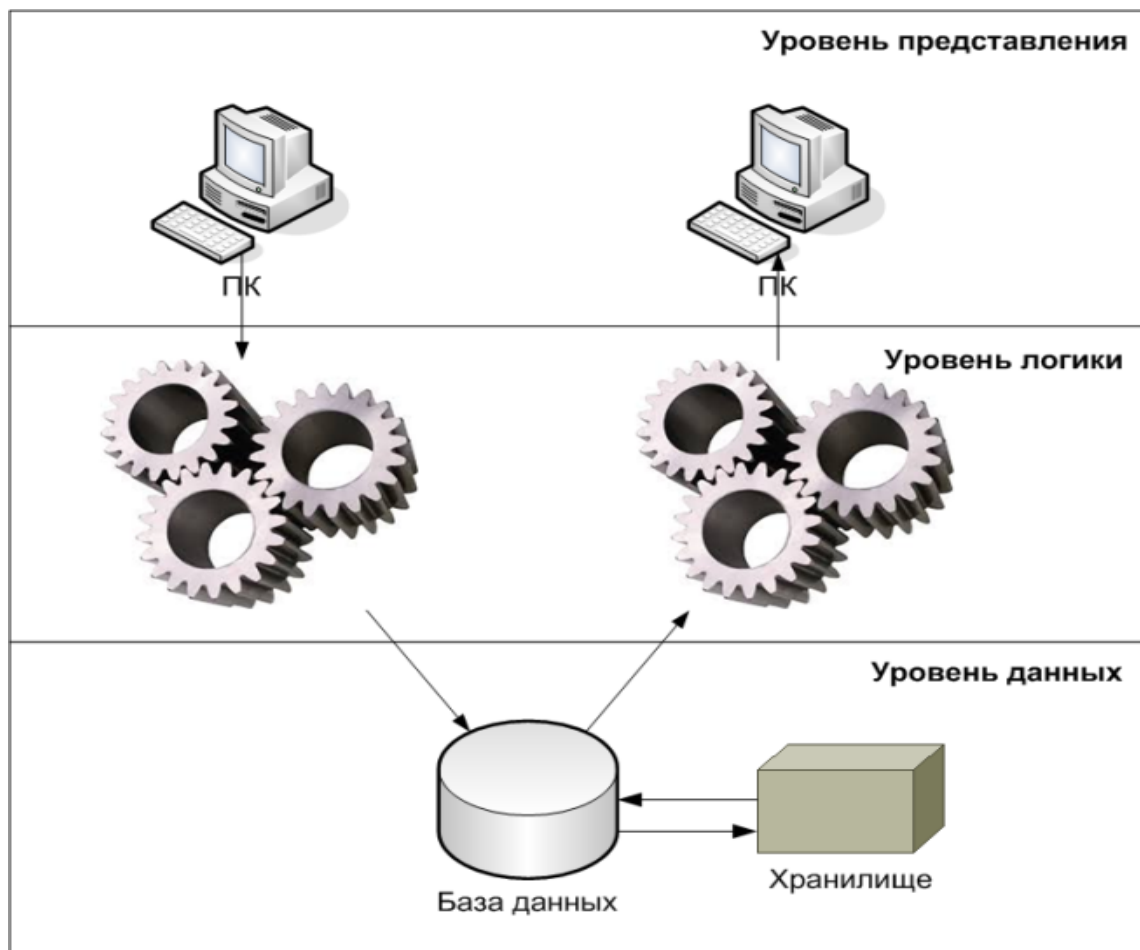


Рис. 1.70. Трехуровневая модель информационного обмена

По сравнению с клиент-серверной или файл-серверной архитектурой трёхуровневая архитектура обеспечивает, как правило, большую масштабируемость (за счёт горизонтальной масштабируемости сервера приложений и мультиплексирования соединений), большую конфигурируемость (за счёт изолированности уровней друг от друга), более широкие возможности по обеспечению безопасности и отказоустойчивости. Кроме того, в сравнении с клиент-серверными приложениями, использующими прямые подключения к серверам баз данных, снижаются требования к скорости и стабильности каналов связи между клиентом и серверной частью. Реализация приложений,



доступных из веб-браузера или из тонкого клиента, как правило, подразумевает развёртывание программного комплекса в трёхуровневой архитектуре.

Уровень представления – самый верхний уровень приложения с интерфейсом пользователя (обычно графическим). Главная функция интерфейса – представление задач и результатов, понятных пользователю.

Уровень логики (приложения) координирует программу, обрабатывает команды, выполняет логические решения и вычисления, выполняет расчеты. Он контролирует функциональность приложения, осуществляя детальную обработку данных. Здесь также перемещаются и обрабатываются данные между двумя окружающими слоями.

На уровне данных хранится и извлекается информация из базы данных. Информация отправляется в логический уровень на обработку и в итоге возвращается пользователю. Он, как правило, реализуется средствами систем управления базами данных (СУБД).

Для генерации динамического www-контента стандартом де-факто стал PHP. Является скриптовым языком программирования общего назначения, интенсивно применяемый для разработки веб-приложений. В настоящее время поддерживается подавляющим большинством хостинг-провайдеров и является одним из лидеров среди языков программирования, применяющихся для создания динамических веб-сайтов (рис. 1.71).

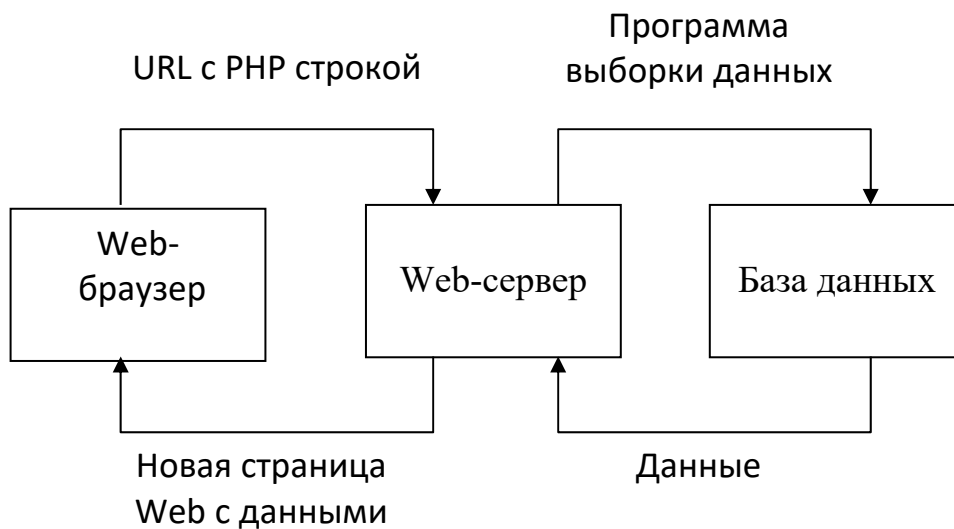


Рис. 1.71. Доступ к данным из браузера

Следующий вид доступа основан на Java-среде фирмы Sun Microsystems (в настоящее время приобретен ORACLE, рис. 1.72).

Java-среда основана на объектно-ориентированном языке, аналогичном C++. Кроме интеграции с Web-браузерами, Java является средой, независимой от аппаратных и программных платформ посредством Java-виртуальной машины, обеспечивающей совместимость со всеми платформами. А на самой Java-машине выполняются Java-программы или апплеты (буквально переводится как приложение), т. е. применение Java выходит за рамки Web в отличие от PHP.

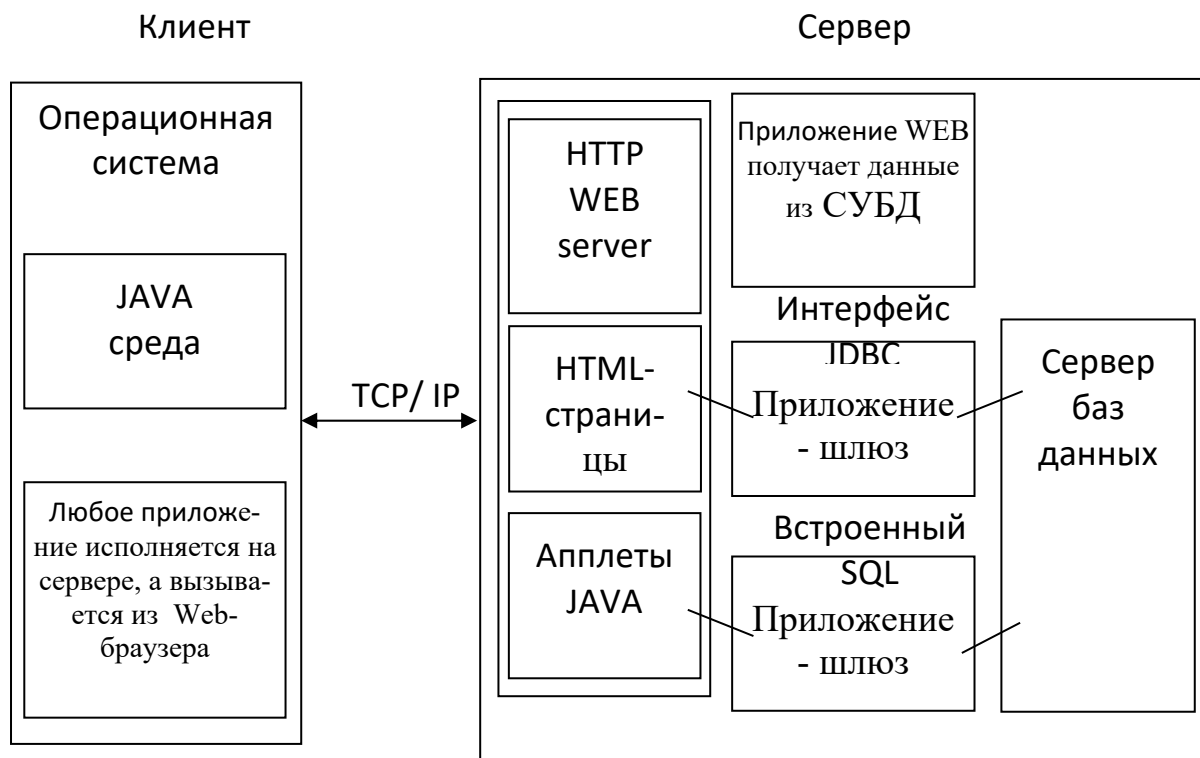


Рис. 1.72. Универсальная схема клиент-сервер для сетей Internet/ Intranet

Другой вид – доступ на основе FastCGI (Common gateway interface). FastCGI – это не язык программирования, а соглашение, обеспечивающее обмен информацией между прикладными программами. Является клиент-серверным протоколом взаимодействия веб-сервера и приложения, дальнейшее развитие технологии CGI. По сравнению с CGI является более производительным и безопасным.

Интерфейс FastCGI может быть написан на любом языке (Perl, C++, PHP и т.д.). Функционирует FastCGI следующим образом. В ответ на запрос данных, указанных в строке URL (адресной строке), посылаемых из программы просмотра (браузера) серверу или шлюзу в представлении FastCGI, на сервере запускается рабочая программа.

Она делает выборку (получает требуемые данные) и затем преобразует их в HTML-документ, который возвращается к браузеру и отображается в виде Web-страницы. Основной его недостаток в сложности и трудоемкости программирования под различные платформы.

В целях унификации доступа к БД различных производителей были разработаны различные интерфейсы доступа к БД, как пример ODBC (Open database connectivity) и JDBC (Java dataBase connectivity). ODBC – это программный интерфейс (API) доступа к базам данных, разработанный фирмой Microsoft в сотрудничестве с Simba Technologies. Стандарт CLI призван унифицировать программное взаимодействие с СУБД, сделать его независимым от поставщика СУБД и программно-аппаратной платформы. В начале 1990 г. существовало несколько поставщиков баз данных, каждый из которых имел собственный интерфейс. Если приложению было необходимо общаться с несколькими источниками данных, для взаимодействия с каждой из баз данных было необходимо написать свой код. Для решения возникшей проблемы Microsoft и ряд других компаний создали стандартный интерфейс для получения и отправки источникам данных различных типов.

По аналогии корпорация Sun microsystems создала платформенно-независимый промышленный стандарт взаимодействия Java-приложений с различными СУБД JDBC (Java dataBase connectivity). Он основан на концепции так называемых драйверов, позволяющих получать соединение с базой данных по специально описанному URL. Драйверы могут загружаться динамически (во время работы программы). Загрузившись, драйвер сам регистрирует себя и вызывается автоматически, когда программа требует URL, содержащий протокол, за который драйвер отвечает.

#### **1.4.4. Internet-ресурсы для лесопромышленного комплекса**

В Internet появилось достаточно большое количество Web-сайтов лесной направленности, которые могут быть весьма полезны как студентам, так и специалистам лесной отрасли. Остановимся подробно на сайтах сети Runet (российской части Internet). Информацию по зарубежным сайтам лесной направленности опытный пользователь может найти с помощью поисковых серверов (www.google.com, www.yahoo.com и другие). Анализ российских сайтов позволил их

разделить на несколько групп (классификация условная по сети «Forestrunet»).

Первая группа – лесные порталы. Данные сайты отражают гиперссылки на лесные информационные ресурсы России. По крайней мере пытаются это делать. Кроме того, они содержат информацию по технологии лесозаготовок, ГОСТы и стандарты ISO на все виды лесопроductии, справочники по лесопромышленному оборудованию, текущие новости лесной отрасли, элементы электронных торговых бирж и другое. Далее приводятся URL-адреса (Uniform resource locator – единообразный определитель местоположения ресурса) некоторых сайтов из этой группы:

[www.rosleshoz.gov.ru](http://www.rosleshoz.gov.ru);

[www.wood.ru](http://www.wood.ru);

[www.lesprom.ru](http://www.lesprom.ru);

[www.lestehnika.ru](http://www.lestehnika.ru).

Вторая группа – сайты, специализирующиеся на организации лесных торгов с заключением контрактов на куплю-продажу лесопроductии, включая зарубежные поставки. Они содержат всю необходимую справочную информацию по лесопроductии, цене, таможенным тарифам, объемам и т.д. Примеры сайтов данной группы:

[www.wood.ru](http://www.wood.ru);

[www.torgi.gov.ru](http://www.torgi.gov.ru).

Третья группа – сайты эколого-сертификационной направленности. Подобные сайты отражают информацию по сертификации лесопользования и лесопроductии, различным системам сертификации и методикам измерения лесоматериалов. Например:

[www.forest.ru](http://www.forest.ru);

[www.lesexpert.ru](http://www.lesexpert.ru).

Четвертая группа – сайты, отражающие новинки в лесной отрасли, базирующиеся на информационном обеспечении выставочных комплексов, например [www.лесной.комплекс.рф](http://www.лесной.комплекс.рф).

Пятая группа – специализированные сайты производителей лесопромышленного оборудования, которые содержат информацию о выпускаемой проductии. Например:

<http://www.amkodor-nw.ru/>;

<http://www.tdgt.ru/>;

<http://www.komatsu.ru/>;  
[http://www.cat.com/ru\\_RU.html](http://www.cat.com/ru_RU.html);  
<http://www.deere.ru/>;  
<http://www.ponsse.com/ru>;  
<http://forest.savcor.com>.

Шестая группа – сайты образовательных и научных учреждений лесной отрасли. Адреса этих сайтов:

<https://mf.bmstu.ru>, ранее [www.mgul.ac.ru](http://www.mgul.ac.ru);  
<http://www.usfeu.ru/>;  
<http://www.volgatech.net/>;  
<http://petrsu.karelia.ru>;  
[www.lesexpert.ru](http://www.lesexpert.ru).

### **Контрольные вопросы**

1. В чем заключается назначение эталонной модели OSI/ISO и какова ее структура?
2. Чем отличается модель TCP/IP от модели OSI?
3. Что такое протокол и какие виды протоколов многоуровневой структуры сети Вам известны?
4. В чем заключаются отличия уровней модели OSI/ISO и Internet?
5. На основе каких протоколов реализуется передача файлов, www-страниц и электронной почты?
6. Каков принцип функционирования TCP/IP протоколов?
7. Как сопоставляются доменные и числовые сетевые адреса?
8. Какой из существующих видов доступа в Internet наиболее рационален для лесного предприятия?
9. Как получить доступ в Internet?
10. Какое назначение Intranet-технологий в информационном обеспечении предприятия лесного комплекса?
11. Чем вызвано интенсивное распространение технологии Intranet?
12. Какие способы информационного обмена в Intranet Вам известны?
13. Какие Internet-ресурсы могут быть использованы в деятельности лесных предприятий?

## 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ

В данном разделе на конкретном примере рассматривается приложение теории к практике создания систем информационного обеспечения (СИО) на предприятиях лесной отрасли. Излагаются порядок и результаты проектирования СИО по автоматизации документооборота предприятия в лесном комплексе.

Авторы полагают, что на текущий момент именно автоматизация документооборота является наиболее актуальной, ибо в большинстве предприятий лесной отрасли информатизация деятельности реализуется [10, 15] посредством различных специализированных систем (1С, Парус, MS Office, ГИС и др.) с использованием сетей различной топологии.

**Исходные данные для проектирования.** Состав исходных данных, обеспечивающий разработку СИО предприятия, определяется в ходе анализа объекта проектирования на основе положений подразд. 1.3 и методики [8]. Анализ выполняется по следующим разделам.

*Наличие (отсутствие) средств сбора, обработки, хранения и передачи информации:*

1) количество средств сбора первичной информации (автокубатурники, системы заказа сорторазмера и учета объема, выпиливаемых сортиментов, например на харвестерах другие средства), балансовая стоимость и их размещение на предприятии с указанием расстояния до здания управления предприятия;

2) каналы передачи информации от устройств первичного сбора информации (спутниковая или радиосвязь, воздушные телефонные линии, кабель различных типов и т.д.), их балансовая стоимость;

3) наличие и количество компьютеров на предприятии, их типы, емкость винчестеров и пр., а также их балансовая стоимость;

4) наличие локальной сети на предприятии, ее топология и другие характеристики, количество персональных компьютеров в сети и вне ее, их балансовая стоимость;

5) наличие выхода в Internet или АТС с междугородной связью.

6) способы сбора, обработки, хранения и передачи производственной информации:

7) наличие (отсутствие) автоматизированных систем управления (АСУ) и их балансовая стоимость;

8) наличие (отсутствие) автоматизированных рабочих мест (АРМ), например система 1С, Microsoft Office и др., и их балансовая стоимость;

9) перечень задач, решаемых перечисленными системами, алгоритмы и формулы расчетов по каждой задаче, объемы обрабатываемой и передаваемой информации в Мб или печатных листах формата А4;

10) иное установленное программное обеспечение (операционные системы и пр.) и его балансовая стоимость;

11) наличие банков данных и систем управления банками данных, вид, объем хранимой информации и задачи, решаемые на ее основе;

12) состав, потоки информации и их связи между перечисленными ранее системами;

13) взаимосвязь задач по потокам информации внутри и между перечисленными системами;

14) ручные способы сбора, обработки и передачи информации.

*Документооборот предприятия:*

1) перечень наименований документов, разрабатываемых каждым подразделением предприятия, их объем в печатных страницах формата А4 в единицу времени (год, квартал или неделя);

2) перечень наименований документов, поступающих в каждое подразделение предприятия, их объем в единицу времени и откуда;

3) перечень всех сообщений, поступающих в каждое подразделение в единицу времени и откуда;

4) перечень всех документов, выходящих из каждого подразделения в единицу времени и куда, их объем;

5) перечень нормативно-справочных данных, используемых каждым подразделением, и их объем;

6) наименование показателей, содержащихся в каждом из документов, перечисленных ранее;

7) перечень документов, отправляемых во внешние организации, их объем;

8) схема связей по документообороту для подразделений предприятия и внешних организаций.

*План здания управляющих структур предприятия в соответствии с ГОСТами [29, 30]:*

1) чертеж в плане;

2) разрезы в двух и более этажах;

3) экспликация.

*Анкетное обследование информационных потребностей предприятия (табл. 2.1).*

Таблица 2.1

Форма опроса информационных потребностей предприятия

№ п/п	Вопросы	Директор	Главный инженер	Главный бухгалтер	Другие ведущие специалисты
1	Возможна ли замена бумажного документооборота электронным? Полностью Частично, %				
2	Необходимо ли использование справочно-нормативной базы данных в электронном виде на основе отдельных компьютеров, локальной и глобальной сети (Интернет)?				
3	Возможна ли замена радио- и телефонных переговоров электронной почтой?				
4	Возможна ли совместная разработка документов различными подразделениями в электронном виде на основе локальной сети?				
5	Возможно ли использование автоматизированных рабочих мест (типа 1С) и автоматизированной системы управления?				
6	Для решения каких задач (подготовка форм, документов, печать и пр.) используются установленные компьютеры и как предполагается их использовать?				
7	Какой эффект (по времени, в денежном выражении и др.) от использования установленных компьютеров?				
8	Другие вопросы				



**Структура проекта «Информационное обеспечение лесопромышленного производства»** представлена следующими разделами.

1. Объект проектирования: историческая справка, расположение, рельеф, климат, грунты, транспортные пути, структура предприятия (АО, лесоучастка и т.п.).

2. Существующий технологический процесс предприятия: подготовительные лесосечные, лесотранспортные, лесоскладские работы, технология переработки древесины (деревообрабатывающие цехи), технология строительства и эксплуатации лесовозных дорог, существующие информационные технологии и средства предприятия, информационные потребности предприятия, план помещений (зданий) управлений (служб) предприятия.

3. Анализ производственно-финансовой деятельности предприятия: анализ производства и реализации продукции, оценка использования кадрового потенциала, анализ затрат на производство и реализацию продукции, анализ имущественного положения предприятия, оценка платежеспособности и финансовой устойчивости предприятия, анализ финансовых результатов деятельности, анализ информационных потоков и задач предприятия (перечень и объемы документов, структура информационных потоков, схема информационных связей и т.д.), выводы.

4. Обоснование темы (направления, цели) проекта.

5. Исходные данные для проектирования (наполняются в соответствии со специализациями).

6. Обзор информации о теории и практике решения аналогичных задач в отрасли либо в смежных (или других) отраслях.

7. Разработка вариантов проектных решений.

8. Разработка принятого варианта.

9. Экономическое обоснование проектируемого варианта: расчет потребности в оборудовании и прочих производственных фондах, объемы и источники инвестиций, расчет затрат на производство и реализацию продукции (на выполнение комплекса проектируемых работ), расчет показателей эффективности проектного варианта, выводы.

10. Разработка мероприятий по безопасности проекта (БП).

11. Исследовательская (конструктивная либо то и другое) часть.

Заключение.

Приложения.

Литература.

Структура раздела 8 имеет следующий вид:

1) математическое моделирование потоков информации на основе документооборота предприятия; построение информационного графа;

2) математическое моделирование и расчет объемов информации предприятия;

3) построение иерархической и функциональной структур информационных потоков;

4) разработка структуры информационной технологии предприятия:

4.1) существующие и альтернативные проектные структуры информационных технологий;

4.2) определение комплекса решаемых задач и построение модели предметной области информационного обеспечения;

4.3) обоснование вида базы данных; построение модели информационного процесса на основе сетей Петри;

4.4) обоснование структуры информационного процесса на основе моделирования;

4.5) анализ и синтез структуры средств вычислительной техники;

5) проект системы информационного обеспечения (СИО) предприятия:

5.1) разработка обобщенной структуры СИО предприятия (выполняется на основе предыдущих разделов главы 7 и глав 3,5 проекта);

5.2) обоснование технического обеспечения СИО;

5.3) обоснование топологии локальной сети и разработка эскизного проекта сети;

5.4) обоснование применения Intranet (Internet) – технологии, реализуемой в сети.

**Проектирование системы информационного обеспечения.** В целях расширения сферы применения излагаемой методики проектирования СИО в качестве объекта проектирования выбрано виртуальное предприятие, реализующее лесохозяйственную и лесопромышленную деятельность в рамках промежуточных рубок (рубок ухода).

## **2.1. Общая характеристика предприятия**

### **2.1.1. Общие сведения**

Дается описание территориального размещения предприятия и специфика его деятельности в соответствии с проектом освоения лесов. Дается характеристика существующих каналов связи в соответствии с разделами 1.4.2, 1.4.3.

### 2.1.2. Структура управления

Дается типовая схема управления, начиная с регионального уровня подчиненности. Приводится анализ уставных положений по организации.

### 2.1.3. Основные задачи

Приводится перечень основных задач из проекта освоения лесов и устава предприятия. Например, основными задачами предприятия являются:

- 1) заготовка древесины;
- 2) организация многоцелевого, непрерывного, неистощительного лесопользования для удовлетворения потребностей народного хозяйства и населения в древесине и другой лесной продукции;
- 3) обеспечение воспроизводства, улучшение породного состава и качества лесов, повышение продуктивности;
- 4) сбережение, охрана и защита лесов.

### 2.1.4. Режим работы предприятия

Приводятся данные по режиму функционирования (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Режим работы предприятия

Показатели	Лесосечные работы	Погрузочно-транспортные работы	Лесоскладские работы
Количество рабочих дней в году	201	201	201
Продолжительность рабочей смены, ч	8	8	8
Продолжительность рабочей недели, дней	5	5	5
Коэффициент сменности	1	1	1

Например, администрация предприятия по согласованию с профкомом установила продолжительность рабочей недели не более 40 часов. Рабочая неделя состоит из 5 рабочих дней и 2 выходных (суббота и воскресенье). Нормальная продолжительность рабочего дня 8 часов. Обеденный перерыв предоставляется, как правило, в размере часа, но не менее 30 минут в течение смены. Для работников, не достигших возраста 18 лет, устанавливается сокращенная продолжительность рабочего времени.

### **2.1.5. Природно-климатические условия, рельеф и почвы**

С целью анализа возможности проведения заготовки древесины в определенные периоды времени и сопутствующее заготовке информационное обеспечение дается соответствующее описание. Например, по лесорастительному районированию занимаемая территория относится к зоне смешанных лесов северной подзоны. Климат района расположения предприятия умеренно-континентальный, характеризующийся жарким летом и морозной зимой. Отрицательно влияют на рост и развитие растительности довольно частые засухи. Засушливыми бывают 1–2 года в десятилетие. Относительная влажность воздуха в засуху в среднем около 40 %. Наиболее засушливыми являются июнь (5–7 засушливых дней) и июль (4–6 засушливых дней). Наблюдаются поздние весенние и ранние осенние заморозки. В целом же климат вышеуказанного лесорастительного района расположения благоприятен для успешного произрастания древесных пород, сосны, ели, пихты, липы, что подтверждает наличие насаждений высших бонитетов.

Территория расположения предприятия представляет собой часть п-ской равнины и находится на западном склоне п-ского вала.

Рельеф имеет куполообразный характер. Западные склоны образуют равнину с волнистым рельефом и широкими, хорошо отработанными речными долинами. Абсолютные высоты достигают здесь 125–175 м.

Коренными породами, слагающими территорию лесных участков, являются верхнепермские геологические напластования.

Наиболее глубоко залегают красноцветные пески и глины. Выше располагаются карбонатные отложения известняки, доломиты, мергели. Основными почвообразующими материнскими породами на склонах являются четвертичные отложения – покровные желто-бурые структурные глины и суглинки, в поймах рек происходит образование современных аллювиальных отложений.

Образование почв на территории арендуемых лесных участков проходило при непосредственном участии лесной растительности и травяного покрова под пологом леса, что обусловило развитие подзолообразовательного и дернового процесса. Поэтому наиболее распространенными типами почв в являются дерново-подзолистые, главным образом слабо- и среднеподзолистые.

По механическому составу преобладают средне- и легкосуглинистые почвы. Дерново-подзолистые суглинистые почвы имеют гумусный горизонт мощностью 18–20 см. Они наиболее благоприятны для произрастания древесной растительности. В условиях арендуемых лесных участков на этих почвах произрастают главным образом ель, пихта. На ряде лесных участков преобладают дерново-среднеподзолистые супесчаные и песчаные почвы на древнеаллювиальных песках и супесях. Преобладающей породой на этих почвах является сосна и т.д.

#### **2.1.6. Гидрография и гидрологические условия**

Описывается степень увлажнения грунтов для оценки транспортной доступности, создания или использования систем связи либо кабельной, либо беспроводной и иных видов хозяйственной деятельности. Например, территория расположения арендуемых лесных участков находится в бассейне р. Кама. Степень дренированности района гидрологической сетью в целом следует считать хорошей. Уровень грунтовых вод составляет 1–20 м. По своей возможности большая часть почв относится к категории свежих.

На долю почв избыточного увлажнения приходится 11 %. Процессы заболачивания на территории арендуемых лесных участков не наблюдаются. Гидромелиоративные работы не проводились и лесоустройством не проектировались. Следует заметить, что существующие мелиоративные каналы создавались для осушения торфяных болот с последующей добычей торфа. При их строительстве не преследовались цели по улучшению производительности насаждений, да и объем выполненных работ очень мал для того, чтобы можно было установить или проследить эффект от осушения.

#### **2.1.7. Транспортная доступность, существующая транспортная сеть**

Оценивается на предмет ведения целевой деятельности и возможности использования информационных сетей. Например, на

территории имеется достаточно густая сеть шоссейных дорог общего пользования. С запада на восток территорию района пересекает дорога с асфальтовым покрытием. Для вывозки древесины к пунктам переработки и реализации, кроме дорог общего пользования, используются грунтовые дороги улучшенного типа (табл. 2.3).

Кроме того, имеется сеть проселочных грунтовых дорог, связывающих между собой населенные пункты и лесные массивы. Все лесные дороги из-за отсутствия систематического ухода и ремонта их находятся в неудовлетворительном состоянии. Для вывозки древесины и сообщения они пригодны в сухое время года – летом и зимой.

Таблица 2.3

Характеристика существующей транспортной сети

Виды дорог	Протяженность дорог, км								общего пользования
	всего	лесохозяйственные (по типам)				лесовозные			
		1	2	3	итого	магистральные	ветки	итого	
Дороги, всего в т.ч.	314	43	126	112	281	-	-	-	33
а) железнодорожные:	-	-	-	-	-	-	-	-	-
из них широкой колеи	314	43	126	112	281	-	-	-	33
б) автомобильные: из них с тверд. покр.	33	-	-	-	-	20	-	-	33
грунтовые, в т. ч. круглогодического действия	281	43	126	112	281	-	70	-	-
в) зимние	43	43	-	-	43	20	30	-	-
	-	-	-	-	-	-	40	-	-

Протяженность перечисленных дорог на 1000 га лесной территории составляет 8,1 км. Существующих дорог для выполнения всего комплекса лесозаготовительных, обслуживающих их информационных и других работ достаточно. Необходимо улучшение состояния отдельных дорог путем ремонта и строительства твердого покрытия.

**Выводы по разделу.** На основе приведенного в п. 2.1.1–2.1.7 аналитического обзора следует вывод о возможности структурирования и разработки иерархий информационных потоков, а также наличия задач информационного обмена, вытекающих из задач предприятия. Данные по режиму работы принимаются к расчету ТЭП. Обзор природно-климатических условий, транспортной сети и пр. определяет

возможность в отдаленной перспективе проектирования линий связи и доставки соответствующего оборудования в подразделения.

## **2.2. Анализ существующей технологии лесозаготовок и деревопереработки**

Описание и анализ существующей технологии заготовки и переработки древесины необходимы для определения цели и задач информационной технологии и типа СИО в соответствии с разделами 1.1, 1.2, оценки структуры информационных потоков, их объемов, направлений и т.д.

### **2.2.1. Подготовительные и лесосечные работы**

Дается типовое описание в контексте схемы по рис. 1.4. Сбор данных по лесоучастку в виде абриса и таксационной характеристики на основе перечета, сбор данных по техническому обеспечению подготовительно вспомогательных работ, разработка технологической карты на эти виды работ, учет различных нормативных документов. Описание данных (информационных потоков) по этому переделу работ.

### **2.2.2. Лесотранспортные работы**

Дается описание данных по транспортировке древесины в контексте схемы по рис. 1.4., описание соответствующих потоков информации.

### **2.2.3. Лесоскладские работы**

Приводятся схемы склада и цехов. Дается описание данных по лесоскладским работам по принятой форме в контексте схемы по рис. 1.4, описание соответствующих потоков информации.

## **Выводы**

Даются выводы по результатам анализа. Например, существующий технологический процесс производства определяет возможность его отражения современными информационными технологиями, в том числе средствами сбора первичной информации (автокубатурники, системы заказа сорта размера и учета объема выпиливаемых сортов, например на харвестерах). В перспективе это позволит автоматизировать или модернизировать, усовершенствовать и т.д. автоматизировать систему информационного обеспечения предприятия.

## 2.2.4. Существующая информационная технология и аппаратные средства предприятия

Состав данных для проектирования и методика их сбора определены в начале разд. 2 и в подразд. 1.3.

### 2.2.4.1. Информационные потребности предприятия

Основой для проведения реорганизации предприятия в сфере информационного обеспечения является прежде всего мотивация персонала. В этой связи в процессе сбора данных для проектирования были выявлены информационные потребности объекта проектирования (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Результаты опроса

№ п/п	Вопросы	Директор	Главный инженер	Главный бухгалтер	Другие ведущие специалисты
1	2	3	4	5	6
1	Возможна ли замена бумажного документооборота электронным? Полностью Частично, %	+	+	+	+
2	Необходимо ли использование справочно-нормативной базы данных в электронном виде на основе отдельных компьютеров, локальной и глобальной сети (Интернет)?	+ на основе локальной и глобальной сети			
3	Возможна ли замена радио- и телефонных переговоров электронной почтой?	+ частично			
4	Возможна ли совместная разработка документов различными подразделениями в электронном виде на основе локальной сети?	+	+	+	+/-
5	Возможно ли использование автоматизированных рабочих мест (типа 1С) и автоматизированной системы управления?	+	+		+



Окончание табл. 2.4

1	2	3	4	5	6
№ п/п	Вопросы	Директор	Главный инженер	Главный бухгалтер	Другие ведущие специалисты
6	Для решения каких задач (подготовка форм, документов, печать и пр.) используются установленные компьютеры и как предполагается их использовать?				
7	Какой эффект (по времени, в денежном выражении и др.) от использования установленных компьютеров?				
8	Другие вопросы				

Приложение: в таблице знак «плюс» означает положительный ответ, а «минус» – отрицательный ответ.

#### 2.2.4.2. План помещений служб персонала предприятия

Размещение аппаратных средств, проект проводной или беспроводной системы и топология сети (см. п. 1.2.3) информационного обеспечения объекта проектирования в значительной мере определяются расположением в плане функциональных подразделений предприятия. Пример плана размещения подразделений по этажам (экспликация в соответствии с ГОСТами [29, 30]) представлен на рис. 2.1 и 2.2.

Существующие средства вычислительной техники размещены на втором этаже административного здания.

#### 2.2.4.3. Существующая информационная технология предприятия

На предприятии используется (см. п. 1.2.2) ручная технология обработки информации с помощью средств вычислительной техники, конкретизированная и модифицированная схема которой представлена на рис. 2.3. Условные обозначения на рисунке имеют следующий смысл:

$Q_{ex}$  – входные начальные условия деятельности и предмет труда, включая и входные внешние документы;

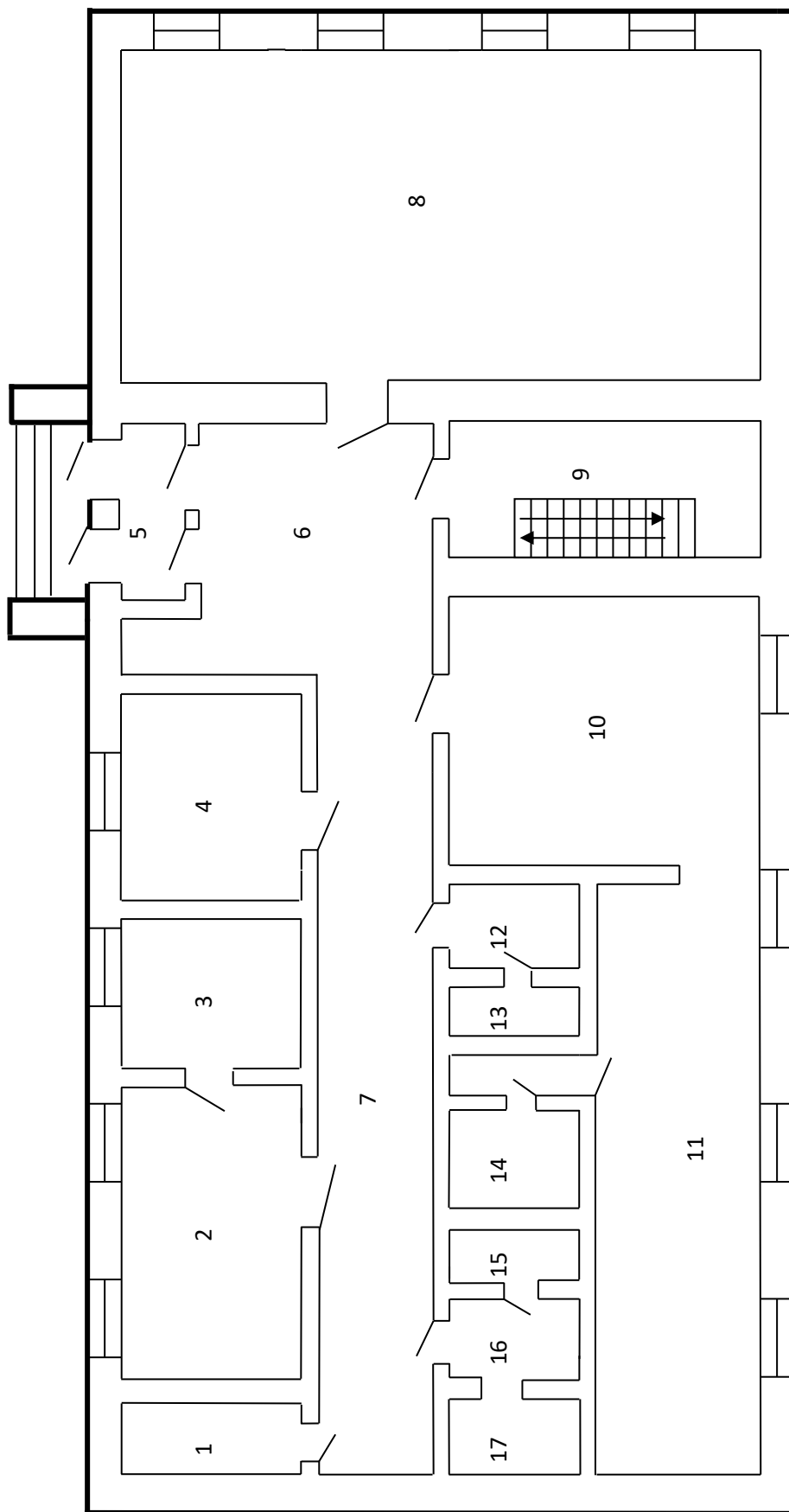


Рис. 2.1. Схема первого этажа :

1 – архивный кабинет; 2 – кабинет; 3 – кабинет; 4 – кабинет; 5 – вестибюль; 6 – тамбур; 7 – коридор; 8 – зал заседаний; 9 – лестничная клетка; 10 – магазин; 11 – магазин; 12 – туалетная комната; 13 – туалетная комната; 14 – туалетная комната; 15 – складская комната; 16 – туалетная комната; 17 – туалетная комната

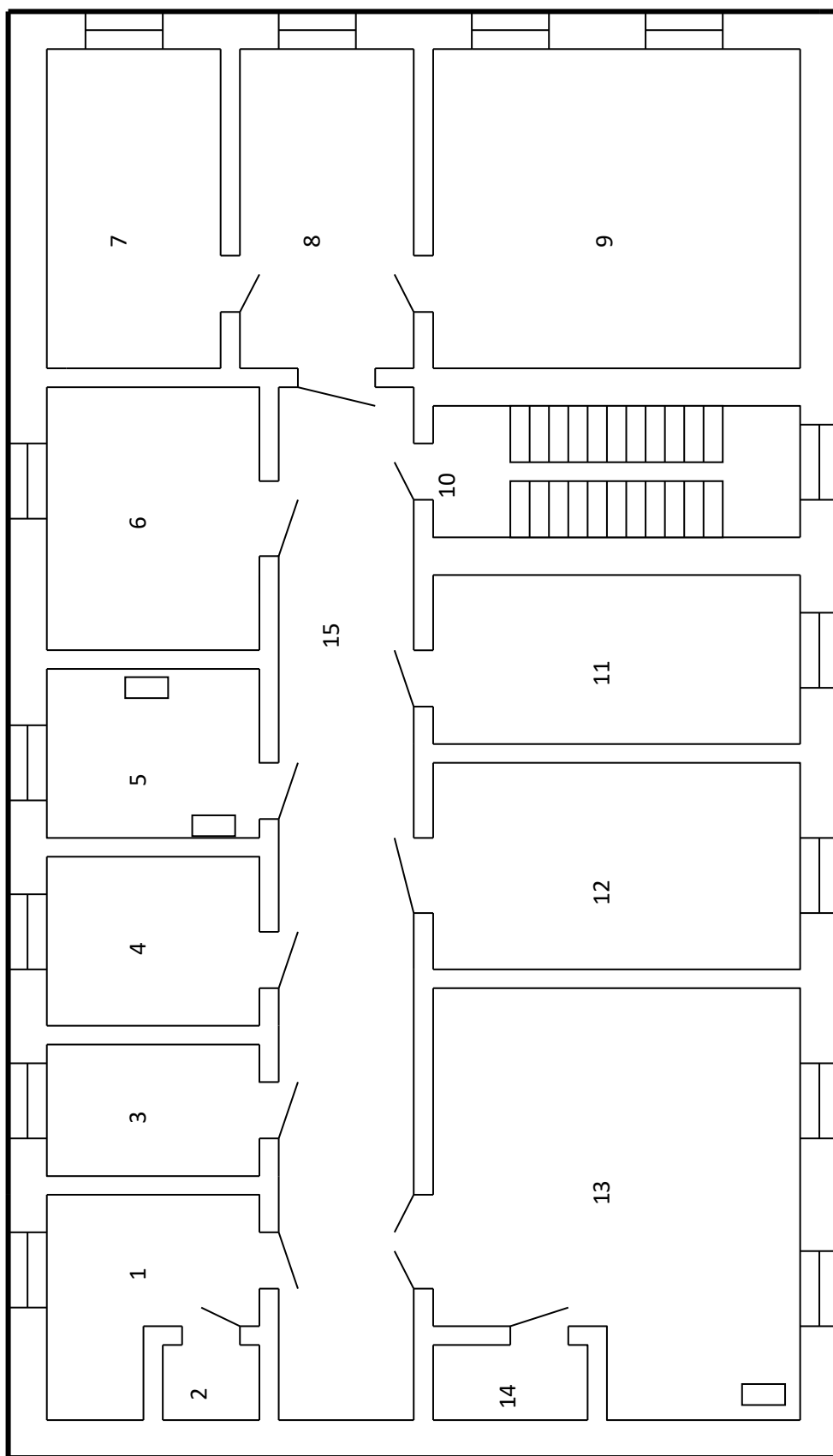


Рис. 2.2. Схема второго этажа :

1 – архивный кабинет; 2 – архивный кабинет; 3 – кабинет отдела кадров; 4 – планово-экономический отдел; 5 – кабинет; 6 – кабинет главного инженера; 7 – кабинет производственного отдела; 8 – кабинет секретаря; 9 – кабинет директора; 10 – лестничная клетка; 11 – кабинет; 12 – кабинет ОГМ; 13 – отдел бухгалтерии; 14 – касса; 15 – коридор; □ – персональный компьютер

$Q_{вых}$  – результаты деятельности лесозаготовок и лесного хозяйства, включая выходные внешние документы;

$R$  – ресурсы, представляющие собой средства реализации деятельности;

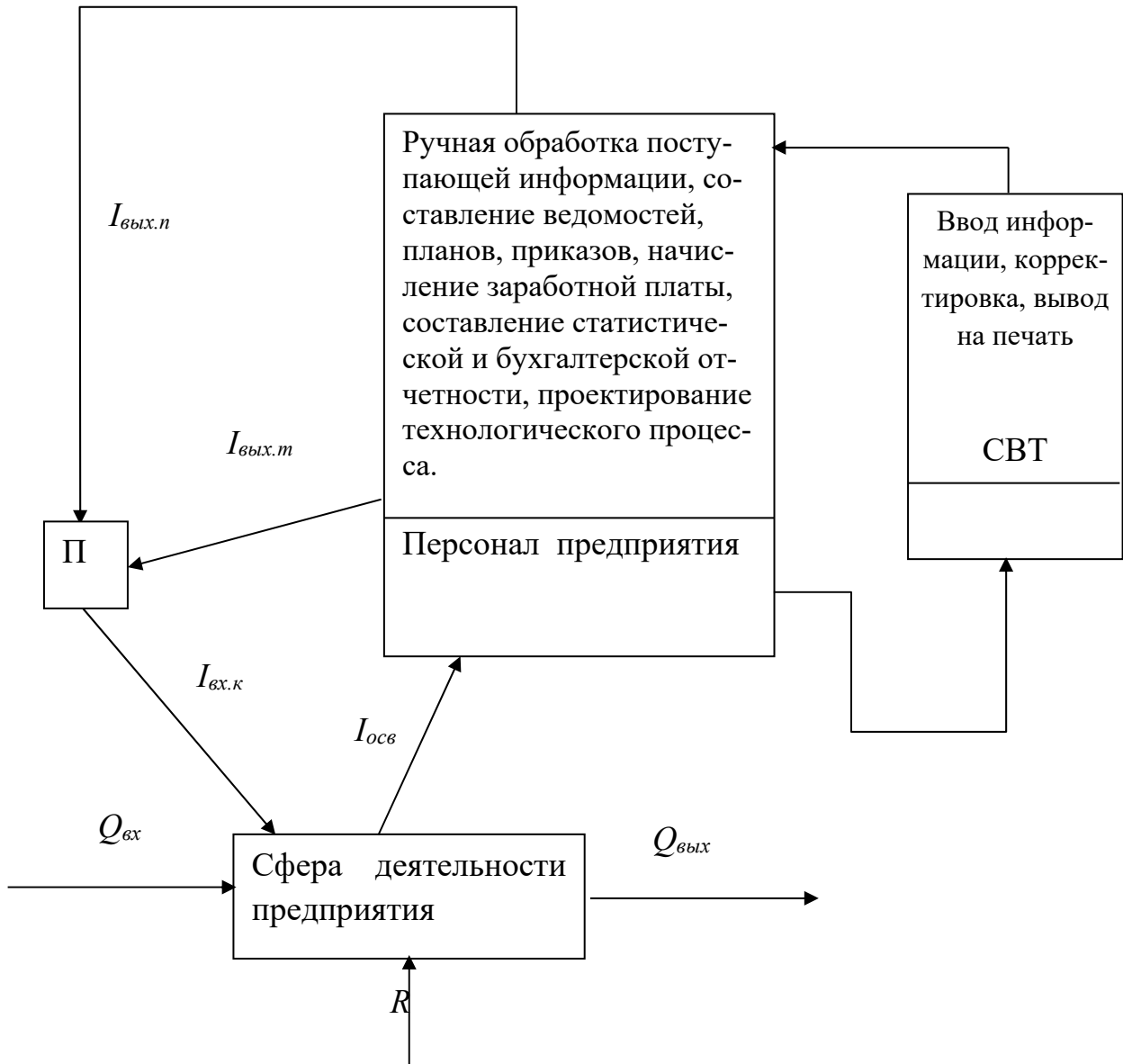


Рис. 2.3. Существующая структура информационной технологии лесопромышленного предприятия

$I_{осв}$  – осведомляющая информация о характере деятельности и текущих изменениях в процессе функционирования предприятия и входные внутренние документы;

$I_{вых.п}$  – информация (документы), получаемая в результате обработки;

$П$  – блок принятия решения;

$I_{вх.к}$  – корректирующая информация и выходные внутренние документы;

$I_{вых.т}$  – текущая информация, учитывающая фактор времени, с течением которого вносятся коррективы;

$СВТ$  – средства вычислительной техники.

Имеющиеся на предприятии средства вычислительной техники и программы могут быть представлены в форме табл. 2.5.

Таблица 2.5

Средства вычислительной техники и программы

Наименование	Период эксплуатации	Балансовая стоимость, руб.
1. Компьютер на базе процессора и т.д. (характеристики ПК для оценки возможности обработки соответствующих объемов данных или его замены). 2. Компьютер на базе такого-то процессора и так далее. Программное обеспечение: 1С Зарплата Microsoft Excel Microsoft Word ARM – лесопользование Rppgulf – учет лесного фонда MAR – картография (в лесфонде) и так далее	2015 – по н. вр.	32 000

### Выводы

Наличие средств вычислительной техники и программного обеспечения на предприятии позволяет определить состояние сферы информационного обеспечения на предприятии как начальный этап информатизации на основе современных информационных технологий. Отсюда следует необходимость внедрения современных ИТ с использованием сетевых технологий.

## **2.3. Анализ деятельности предприятия**

Анализ производственно-хозяйственной деятельности предприятия представляет собой комплексное изучение состояния и развития хозяйственной деятельности предприятия во взаимосвязи с его техническим уровнем, информационными технологиями и социальным развитием для выявления внутрихозяйственных резервов и повышения эффективности производства. С помощью анализа выявляют резервы, имеющиеся на предприятии и каждом рабочем месте. При выполнении анализа используются данные оперативного, статистического и бухгалтерского учета и отчетности, нормативные и плановые показатели, техническая информация. Анализ выполняется по структуре представленной в вводном разделе раздела 2. Здесь же мы подробно рассмотрим пример анализа существующей информационной технологии предприятия.

### **2.3.1. Анализ функционирования существующей системы информационного обеспечения предприятия**

На основе результатов обследования предприятия определено наличие ручной информационной технологии с использованием СВТ (п. 2.2.4.3), обслуживающей документооборот. Структура информационных потоков документооборота и информационные связи между функциональными подразделениями с учетом иерархий управления представлены на рис 2.4. и в табл. 2.6. Прохождение документов имеет следующий временной и иерархический порядок. В течение месяца в подразделениях собирается информация, которая заносится в накладные, ордера, ведомости и отчёты, т.е. вся бухгалтерская документация по лесохозяйственной и лесопромышленной деятельности. Затем в конце месяца эта информация доставляется из подразделений в управление. Информация по операциям, совершённым с клиентами, организациями и предприятиями в управлении, сообщается в подразделения по телефону.

Ежедневно в начале рабочего дня вся информация по операциям с клиентами и промышленно-хозяйственной деятельности сообщается в управление по телефону и одновременно обеспечивается обратная связь, а также получение справочной информации. Отчёт в бухгалтерии составляется каждый день, затем формируются итоги в конце недели и месяца. В конце каждого месяца составляется отчётность для проверки деятельности предприятия в целом. Данные проверки поступают в управление, где подвергаются дальнейшей обработке для полного и достоверного анализа деятельности.

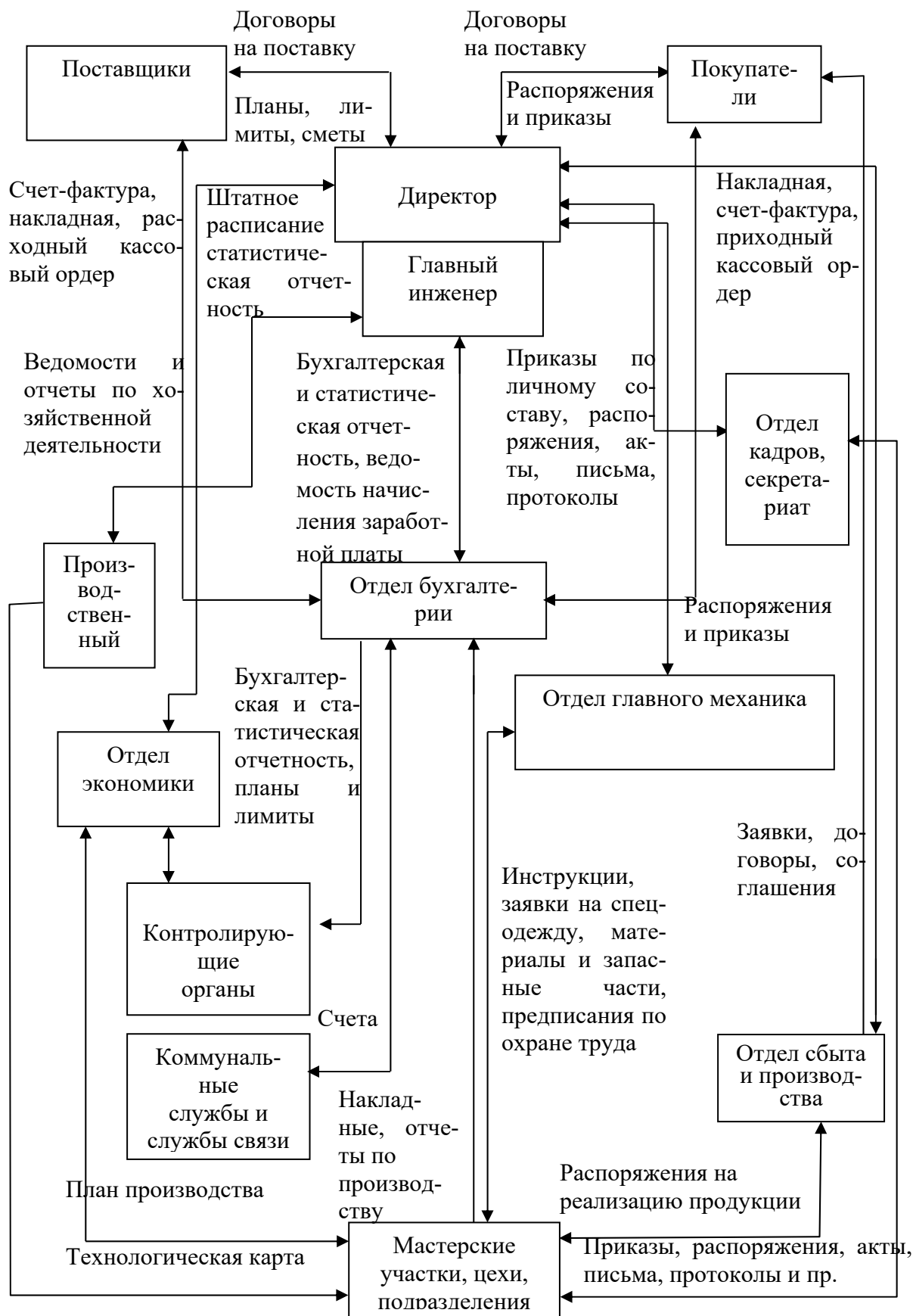


Рис. 2.4. Схема информационных связей и документооборота между отделами предприятия

Предприятие также получает информацию из министерства природных ресурсов, министерства промышленности, банков, жилищно-коммунального хозяйства и телефонной компании. Вся информация анализируется, обрабатывается, сверяется и в конце каждого года составляется годовая бухгалтерская отчетность, состоящая из годового баланса, отчётов о прибылях и убытках, о движении денежных средств, капитала, пояснительная записка и другие формы отчётности (табл. 2.6).

Таблица 2.6

Содержание документооборота предприятия

Входные документы	Наименование подразделения	Выходные документы
1	2	3
Заявления, договоры и другие документы с отделов	Директор ⇒	Приказы, распоряжения, письма, акты, протоколы
Документы рассматриваются и визируются		
Ведомости и отчёты по хозяйственной деятельности	Гл. инженер ⇒	Приказы, распоряжения, письма, акты, протоколы
Осуществляет контроль за деятельностью подразделений, предписания по ведению заготовки древесины		
Кассовые документы, накладные, счета-фактуры, доверенности, требование	Бухгалтерия ⇒	Бухгалтерская и статистическая отчётность, сметы, ведомости, расчёты
Расчёт затрат и себестоимости, составление смет, отчётов и калькуляции		
Планы, лимиты, сметы, штатное расписание, статистическая отчётность	Отдел экономики ⇒	Планы производства
Составление планов и отчётности		
Заявки, договоры, соглашения	Отдел сбыта и производства ⇒	Накладные, приказы на отпуск лесопроductии
Учёт отпускаемой лесопроductии		
Постановления о лесопользовании, приказы, планы	Производственный отдел ⇒	Сведения об отпуске леса, отчёты по РУ за лесом, о передаче УЛФ в аренду, ведомости, технологические карты



Окончание табл. 2.6

1	2	3
Разрабатываются декларации и технологические карты		
Визирование и оформление путёвок, акты на списание машин и механизмов	Гл. механик ⇒	Отчёты о состоянии парка машин и механизмов, графики проведения ремонтов, заявки на необходимое количество единиц техники
Оценка парка машин и механизмов и составление отчётов		
Заявки на приобретение запчастей, материалов, спецобмундирования, ГСМ	Отдел снабжения ⇒	Распоряжение на приобретение
Обеспечение необходимого количества материалов и ГСМ для работы		
Инструкции, правила, санитарные нормы, предписания	Инженер по ОТ и ТБ ⇒	Распоряжения по ТБ и ОТ, контроль за их соблюдением, отчёты по выполнению
Профилактика и соблюдение технических норм по ОТ и ТБ		
Заявления о приёме на работу и об увольнении от работников	Отдел кадров, секретариат ⇒	Отчёт о численности, составе работников
Обеспечение кадрами согласно специализации предприятия		

Данная документация предоставляется в следующие органы: Государственная налоговая инспекция; банк, обслуживающий предприятие; территориальный орган статистики по месту регистрации предприятия – Статистическое управление; министерство природных ресурсов; Государственный комитет по управлению имуществом.

Перечень документов, циркулирующих в информационных потоках, их виды, формы и объем представлены в подр. 2.5. При анализе сложившегося документооборота предприятия очевидно, что схема документооборота и виды документов определены законодательно-нормативными актами Российской Федерации, традициями самого предприятия, расположением в плане по этажам функциональных подразделений предприятия (см. рис. 2.12). В этой связи внесение каких-либо изменений и корректив в эту схему нецелесообразно.

Имеющиеся информационные ресурсы на предприятии (см. табл. 2.4) используются не в полной мере, в основном для начисления заработной платы, учета лесного фонда и набора текстовых документов.

### **Выводы**

Предприятие проявляет динамику роста объемов производства, обладает финансовой устойчивостью и ежегодно имеет прибыль, часть которой может быть использована на развитие информационной технологии.

По итогам опроса (см. табл. 2.3) на предмет выявления информационных потребностей установлена незначительная мотивация персонала на частичную замену бумажного документооборота электронным. Отрицательные ответы по остальным позициям опроса свидетельствуют о недостаточном знании возможностей и эффективности применения новых информационных технологий. Наличие АТС с возможностью междугородних соединений обеспечивает доступ в Интернет и способствует развитию Интранет-технологий.

Из анализа следует, что на предприятии недостаточно используется автоматизированное решение задач документооборота, все операции выполняются вручную, лишь незначительная часть на персональных компьютерах. Компьютерной сети на предприятии нет, имеются автономные компьютеры, выполняющие операции по вводу-выводу, преобразованию и хранению информации.

Справочная информация, используемая при подготовке документов, находится на бумажных носителях и занимает значительный объем. В этой связи процедура поиска необходимой информации весьма продолжительна. Отсутствует и своевременно не обновляется база данных, используемых для подготовки соответствующих документов. По этой причине недостаточны производительность и качество разрабатываемых документов. Нет выхода в глобальные информационные сети для получения справочной информации по технике, нормативным законодательным актам, стандартам и пр.

Перечень решаемых задач в сфере документооборота предприятия в значительной степени может быть реализован готовыми программными средствами на основе Интранет.

### **2.4. Обоснование темы, целей и задач проектирования**

Обоснование темы проекта «Информационное обеспечение предприятия» основано на содержании подразд. 2.2, 2.3 и теоретических положений первого раздела. Выводы анализа по подразд. 2.2, 2.3

и сопоставление их с теоретическими положениями первого раздела позволяют сделать заключение об актуальности заявленной темы проекта.

Основным критерием эффективности работы персонала управления является его продуктивность: качество (достоверность, своевременность, рациональные решения и пр.), количество и скорость обработки информации (производительность). На основе изложенного цель проектирования – повышение эффективности деятельности персонала управления на основе применения в документообороте современных информационных технологий, а именно рациональное использование аппаратных и программных средств, применение локальных сетей, Интранет/Интернет технологий, включая распределенные или облачные базы данных.

Для достижения поставленной цели в проекте решаются следующие задачи проектирования:

- 1) анализ существующего состояния в сфере информационного обеспечения;
- 2) упрощенная разработка и сравнение альтернативных вариантов информационной сети;
- 3) математическое моделирование документооборота, информационных процессов и определение объема информации в документообороте;
- 4) проектирование функциональной и иерархической структур информационных потоков и информационной технологии;
- 5) обоснование вида базы данных;
- 6) обоснование и выбор топологии сети, аппаратных и программных средств системы информационного обеспечения;
- 7) проектирование локальной сети и Интранет/Интернет технологий;
- 8) экономическое обоснование разработанного варианта.

## **2.5. Исходные данные для проектирования Входные и выходные формы документов**

Документы предприятия классифицируются на входные, внутренние и выходные (см. подразд. 1.3). **Входные документы** – это документы, которые поступают на предприятие от других организаций, предприятий, физических лиц и т.д. **Внутренние** (или промежуточные) документы – это документы, которые создаются на предприятии и используются в его рамках. **Выходные документы** – это документы, которые направляются в другие предприятия, организации и

учреждения. Каждому входному, внутреннему, выходному документу ставится в соответствие вершина информационного графа  $x_i$ . Формы документов и их объем в формате MS Word, включая предполагаемое содержание заполненных форм, имеют следующие численные значения и вид<sup>1</sup>:

$x_1$  – нормативно-справочная литература, включая справочник потребителей и проект освоения лесов (712 Кб);

$x_2$  – перечётная ведомость (100 Кб);

$x_3$  – таксационные описания (1000 Кб);

$x_4$  – наряд (12 Кб);

$x_5$  – договор поставки (75 Кб);

<p>Договор поставки</p> <p>«    »    год</p> <p>Условия договора</p> <p>Поставщик</p> <p>Заказчик</p>
---

$x_6$  – цены на отпускаемую продукцию предприятия (25 Кб);

Наименование продукции	Ед. изм.	Длина	Толщина	Цена товарной продукции	Н Д С 20 %	Цена с НДС р.коп	Налог с продаж	Цена с налогом с продаж
------------------------	----------	-------	---------	-------------------------	------------	------------------	----------------	-------------------------

$x_7$  – заявка на приобретение материалов, запасных частей, спецодежды и пр. (12 Кб);

$x_8$  – материалы лесоустройства (112 Кб);

$x_9$  – листок нетрудоспособности (12 Кб);

$x_{10}$  – приказ об утверждении показателей премирования ИТР, служащих (275 Кб);

$x_{11}$  – заявление о приеме на работу (25 Кб);

$x_{12}$  – заявление об увольнении (25 Кб);

$x_{13}$  – ведомость материально-денежной оценки лесосек (150 Кб);

<sup>1</sup> В связи с текущими изменениями в нормативных документах, переходами на иные формы счетов некоторые формы бухгалтерского документооборота могут быть изменены. Однако это не имеет принципиального значения.

$x_{14}$  – распоряжение на реализацию продукции (12 Кб);

Распоряжение «    »    год на реализацию продукции  Главный инженер  Ознакомлен
---

$x_{15}$  – распоряжение на приобретение материалов (12 Кб);

Распоряжение «    »    год на приобретение материалов  Главный инженер  Ознакомлен
--

$x_{16}$  – план рубок текущего года (75 Кб);

$x_{17}$  – приказ о приеме на работу (25 Кб);

$x_{18}$  – лесная декларация (50 Кб);

$x_{19}$  – приходный кассовый ордер (12 Кб);

Код Организация  <hr/> Структурное подразделение № _____ «    » _____ год Приходный кассовый ордер					
Дебет	Кредит			Сумма, руб.	Код целевого назначения
	Корреспондирующий счет	Код аналитического учета	Код структурного подразделения		
Принято от _____ Основание: _____ _____ руб. _____ коп. _____ Приложение: _____ Гл. бухгалтер Получил кассир					

«    » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Накладная № \_\_\_\_\_.

От кого \_\_\_\_\_  
Кому \_\_\_\_\_

Через кого \_\_\_\_\_ Доверенность № \_\_\_\_\_  
Основание \_\_\_\_\_

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена	Сумма	Примечание
	Сдал					Принял

x<sub>20</sub> – накладная (12 Кб);  
x<sub>21</sub> – счет-фактура (12 Кб);

Счет-фактура № \_\_\_\_\_ от «    » \_\_\_\_\_ год

Продавец  
Адрес  
ИНН продавца

К платёжно-расчётному документу № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Покупатель  
Адрес  
ИНН покупателя

Наименование товара	Единица измерения	Количество	Цена (тариф) за единицу измерения	Стоимость товара без налога	В т. ч. акциз	Ставка налога	Сумма налога	Стоимость товара с учётом налога	Сумма налога с продаж	Страна происхождения товара	Номер грузовой таможенной декларации
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Всего к оплате:											

Руководитель предприятия \_\_\_\_\_ Гл. бухгалтер \_\_\_\_\_

х<sub>22</sub> – производственно-финансовый план (100 Кб);

Утверждаю Директор _____  Производственно-финансовый план по предприятию на 20__ год по участкам лесного фонда Главный экономист
--

х<sub>23</sub> – личная карточка (50 Кб);

х<sub>24</sub> – распоряжение на отпуск древесины на корню (50 Кб);

х<sub>25</sub> – приказ об увольнении (25 Кб);

х<sub>26</sub> – технологическая карта в соответствии с приказом Минприроды России от 27.06.2016 N 367 (275 Кб);

х<sub>27</sub> – ведомость по складу (125 Кб);

Дата записи	Номенклатурный номер	Цена	От кого получено (кому отпущено)	Приход	Расход	Остаток
-------------	----------------------	------	----------------------------------	--------	--------	---------

х<sub>28</sub> – ведомость счета «Материалы» (125 Кб);

Наименование	Ед. изм.	Цена, руб.	Остаток на		Обороты за				Остаток на	
			количество	сумма	приход		расход		количество	сумма
					количество	сумма	количество	сумма		

х<sub>29</sub> – книга продаж (75 Кб);

х<sub>30</sub> – расходный кассовый ордер (25 Кб);





х<sub>34</sub> – книга покупок (75 Кб);

х<sub>35</sub> – журнал ордер по кредиту счета «касса» (175 Кб);

Дата выписки	В дебет счетов			Итого
	51	70	и т. д.	

х<sub>36</sub> – оборотно-сальдовая ведомость (75 Кб);

Ито- го	Сн		Оборот		Ск	
	де- бет	кре- дит	де- бет	кре- дит	де- бет	кредит

х<sub>37</sub> – ведомость начисления заработной платы рабочим и служащим (100 Кб);

Ведомость									
Начисления зарплаты рабочим и служащим									
_____ мастерского участка									
_____ предприятия за									
_____ месяц _____ года.									
№ п/п	Ф.И.О.	Занимаемая должность	Разряд	Оклад	Начислено				Причисляется на руки
					основная заработная плага	отпускные	компенса- ции	другое	

х<sub>38</sub> – бухгалтерский баланс (100 Кб);

х<sub>39</sub> – приложение к бухгалтерскому баланс (100 Кб);

х<sub>40</sub> – отчет о выполнении производственного плана (100 Кб);

х<sub>41</sub> – сведения о численности и заработной плате работников по видам деятельности (50 Кб).

Следует отметить, что для каждого конкретного предприятия документооборот и отдельные формы документов имеют отличительные особенности, определяемые функциональной и иерархической структурой предприятия, традициями, человеческим и рядом других факторов. Однако в целом в инвариантных законодательно-нормативных частях они весьма схожи.

### **2.5.1. Интервал времени моделирования документооборота**

На основе п. 2.3.1, где приводится расписание движения документов во времени, вполне логичным является принятие за интервал времени моделирования один календарный месяц.

### **2.5.2. Территориальная основа и другая информация для проектирования**

Территориальное размещение объекта проектирования определяется планом размещения служб на втором этаже (см. рис. 2.2). Начальной основой проектирования являются существующая информационная технология и аппаратно-программные средства (см. п. 2.2.4.3), а также схема и содержание существующего документооборота (п. 2.3.1, рис. 2.4 и табл. 2.6) предприятия. Аппаратные средства – три персональных компьютера (см. рис. 2.2): два в кабинете 5, один в отделе бухгалтерии – используются инженером по лесному фонду и главным инженером для решения задач по лесному фонду и бухгалтером для начисления зарплаты.

### **2.6. Обзор информации о теории и практике решения аналогичных задач**

Теория и практика решения аналогичных задач рассматривается, как правило, по следующим классификационным признакам.

1. Идеология и концепция построения систем информационного обеспечения. Приводятся примеры корпоративных информационных сетей, особенности Интранет. Подробно информация по рассматриваемой теме представлена в п. 1.2.3, 1.4.2. В литературных источниках (см. ссылки в отмеченных пунктах) даются примеры сетей.

2. Сетевые решения. Дается обзор существующих решений физической реализации локальных сетей (топология, архитектура, достоинства и недостатки соответствующих решений). В п. 1.2.3 этот вопрос освещается достаточно подробно.

3. Аппаратные (hardware) решения. Анализируются конфигурации компьютеров (материнские платы, процессоры, винчестеры, интерфейсы, периферийное оборудование и пр.) на предмет их рационального выбора в соответствии с решаемыми задачами анализируемых систем информационного обеспечения. Компьютеры линии, основанной на процессорах Intel и Intel-подобных по архитектуре (AMD, Cyrix и т.д.), отличаются заметным многообразием на предприятиях лесного комплекса. Однако маловероятно, что подбор

соответствующего компьютерного обеспечения осуществлялся именно для предполагаемых задач. Достаточно подробно аппаратное обеспечение и критерии его подбора изложены в многочисленных источниках, в том числе и в [10-13].

4. Программное (*software*) обеспечение. Представлено достаточно широко в лесопромышленном комплексе. Описание применения имеется в [7], где можно почерпнуть весьма полезные сведения о постановках задач и общих принципах их реализации и информационного обеспечения в целом. Однако конкретная реализация представлена на примерах программ, не используемых в настоящее время. Актуальные для текущего времени программные комплексы и приложения в сфере компьютеризации документооборота изложены в огромном многообразии литературных источников [9, 10, 11, 31] и безусловно в самом актуальном ресурсе – Интернет источниках, большей частью содержащих информацию по одному или нескольким видам приложений. В этой связи далее дается обзор наиболее распространенных приложений, используемых в работе с документами.

Для IBM PC разработаны и используются сотни тысяч разнообразных прикладных программ для различных применений. Наиболее широко применяются программы:

- 1) подготовки текстов (документов) на компьютере – редакторы текстов;
- 2) обработки табличных данных – табличные процессоры;
- 3) обработки массивов информации – системы управления базами данных;
- 4) программы экономического назначения – бухгалтерские программы, программы финансового анализа, правовые базы данных;
- 5) программы для статистического анализа данных;
- 6) обучающие программы, электронные справочники и т.д. [9, 32].

На сегодняшний день многие фирмы предлагают различные программные пакеты, включая офисные (*Microsoft Office*), позволяющие решить различные вопросы, возникающие на предприятии. К бухгалтерским программам относятся программы сферы финансово-хозяйственной деятельности предприятия. Эти программы предназначены для ведения бухгалтерского учета, подготовки финансовой отчетности и финансового анализа деятельности предприятия. Вследствие несовместимости отечественного бухгалтерского учета с зарубежным в нашей стране используются отечественные бухгалтерские программы. Для предприятий, совершающих небольшое количество хозяйственных операций, может оказаться достаточным применение простейших и

недорогих программ бухгалтерского учета типа «1С: Бухгалтерии» и др. Для предприятий с большим объемом хозяйственных операций требуются более продвинутое возможности по видам учета, многие из которых не могут быть отнесены к бухгалтерскому учету. Это складской учет, учет торговых операций, контроль за выполнением договоров, управленческий учет, финансовый анализ деятельности предприятия. Здесь целесообразно применение программных комплексов, содержащих модули по всем видам перечисленной деятельности. В зависимости от вида учета каждое локальное место может дополняться одним или несколькими специализированными приложениями. И далее на основе Интернет-ресурсов представляется обзор ПО в соответствии с поставленными целью и задачами.

## **2.7. Разработка вариантов проектных решений**

Основой альтернатив эскизного проектирования является топология сети в связи с ее наибольшей изменчивостью в целях генерации альтернатив. В частности, выбор той или иной топологии влияет (см. п. 1.2.3):

- 1) на состав необходимого сетевого оборудования;
- 2) возможности сетевого оборудования;
- 3) возможности расширения сети;
- 4) способ управления сетью;
- 5) производительность функционирования системы информационного обеспечения на базе сети;

Совместное использование информационных ресурсов предполагает совместное подключение компьютеров. Для этой цели в большинстве сетей применяются беспроводные или кабельные соединения. Однако простого подключения компьютера к кабелю, соединяющему другие компьютеры, недостаточно. Различные типы кабелей в сочетании с различными сетевыми платами, сетевыми операционными системами и другими компонентами требуют и различных методов реализации. Кроме того, каждая топология сети при установке выдвигает ряд условий. Например, применение не только конкретного типа кабеля, но и способа его прокладки. Топология может также определять способ взаимодействия компьютеров в сети. Различным видам топологий соответствуют различные методы взаимодействия, оказывающие большое влияние на работу сети.

В качестве альтернатив эскизных проектов могут быть приняты наиболее распространенные и обеспеченные комплектующими в России топологии сетей: Wi-Fi, «шина», «звезда», «кольцо» и

комбинированные «звезда-шина», «звезда-кольцо». Критерием выбора является сумма расходов по соответствующему варианту проекта сети. Смета расходов по вариантам определяется на основе цен, представленных в Интернет-ресурсах. Рассмотрим некоторые возможные варианты топологий.

### 2.7.1. Проект и смета расходов сети по топологии «звезда»

Эскизный проект сети с разводкой кабеля по топологии «звезда» на плане второго этажа лесопромышленного предприятия представлен на рис. 2.5. Состав сети по топологии «звезда» приведен в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Состав сети по топологии «звезда»

Наименование комплектующих сети	Ед. изм.	Стоимость единицы, руб.*	Общее кол-во	Сметная стоимость (общая), руб.
1. Персональный компьютер:** конфигурация «Бухгалтер»,	шт.		4	
конфигурация «База данных».	шт.		1	
2. Кабель витая пара (UTP, cat 6).	м		85,95	
3. Сетевая карта (приводится марка карты из интернет источников).	шт.		5	
4. Разъемы: RG-45.	шт.		10	
5. Лазерный принтер (модель).	шт.		1	
6. Концентратор (приводится модель концентратора, его характеристики).	шт.		1	
7. Модем (приводится марка модема из интернет источников)	шт.		1	

Примечания:

\* – стоимость определяется на основе прайслистов дилеров, реализующих соответствующую продукцию;

\*\* – состав и модификация комплектующих ПК определяется на основе конфигураций предлагаемых поставщиками из интернет источников.

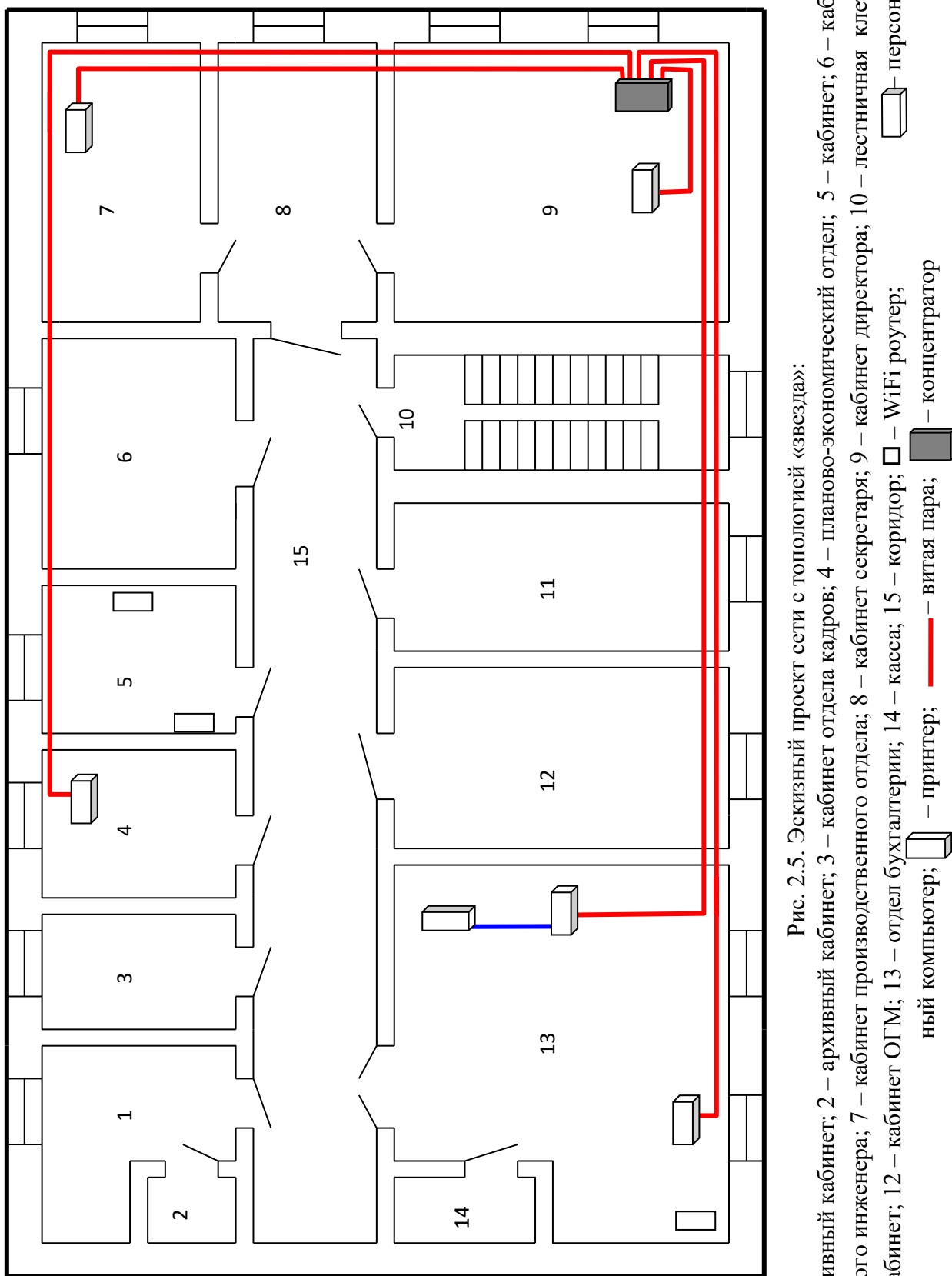


Рис. 2.5. Эскизный проект сети с топологией «звезда»:

1 – архивный кабинет; 2 – архивный кабинет; 3 – кабинет отдела кадров; 4 – планово-экономический отдел; 5 – кабинет; 6 – кабинет главного инженера; 7 – кабинет производственного отдела; 8 – кабинет секретаря; 9 – кабинет директора; 10 – лестничная клетка; 11 – кабинет; 12 – кабинет ОГМ; 13 – кабинет ОГМ; 14 – касса; 15 – коридор; □ – WiFi роутер; □ – персональный компьютер; □ – принтер; — витая пара; □ – концентратор

### 2.7.2. Проект и смета расходов сети по топологии «звезда-шина»

Эскизный проект сети с разводкой кабеля по топологии «звезда-шина» на плане второго этажа представлен на рис. 2.6. Состав сети по этой топологии приведен в табл. 2.8.

Таблица 2.8

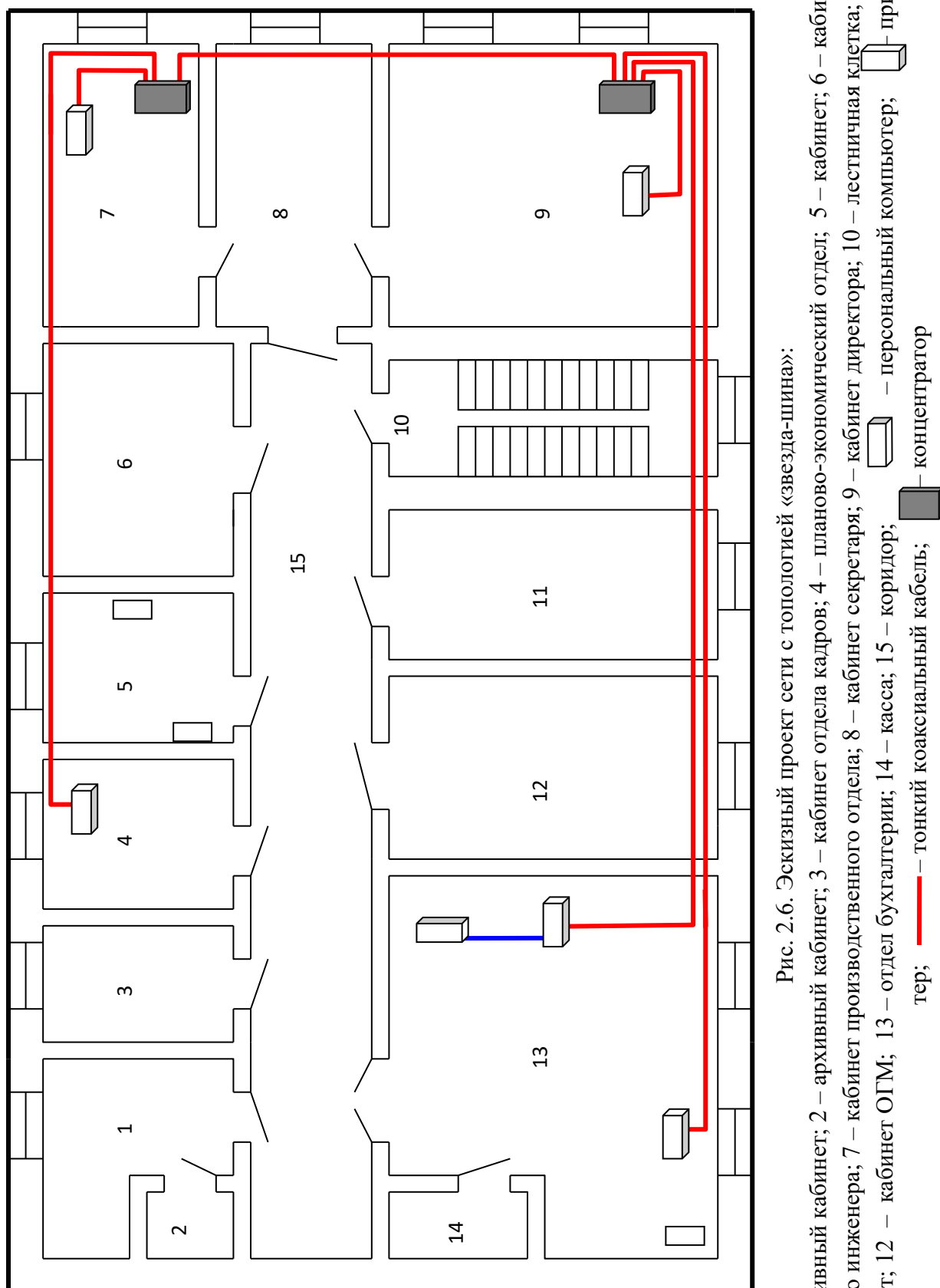
Состав сети по топологии «звезда-шина»

Наименование комплектующих сети	Ед. изм.	Стоимость единицы, руб.*	Общее кол-во	Сметная стоимость (общая), руб.
1. Персональный компьютер:**				
конфигурация «Бухгалтер»,	шт.		4	
конфигурация «База данных».	шт.		1	
2. Кабель витая пара (UTP, cat 6).	м		11	
3. Кабель витая пара (UTP, cat 6).	м		64,95	
4. Сетевая карта (приводится марка карты из интернет источников).	шт.		5	
5. Разъемы: RG-45(звезда), RG-45(шина для концентраторов).	шт.		10	
6. Лазерный принтер XEROX DocuPrint P8ex.	шт.		2	
7. Концентратор (приводится модель концентратора, его характеристики).	шт.		1	
8. Модем (приводится марка модема из интернет источников)	шт.		2	
	шт.		1	

Примечания:

\* – стоимость определяется на основе прайслистов дилеров, реализующих соответствующую продукцию;

\*\* – состав и модификация комплектующих ПК определяется на основе конфигураций предлагаемых поставщиками из интернет источников.





## Выводы

Выше даны примеры эскизного проектирования для двух вариантов топологии. Аналогичным образом можно разработать и другие варианты, включая беспроводной. Все разработанные варианты сводятся для сравнения в табличную форму, на основе которой (см. табл. 2.9) проводится сравнение по выбранному критерию по всем альтернативным проектным вариантам.

Таблица 2.9

Сравнение затрат на разработку сети

Топология сети	Расходы на сеть, руб.
1. Шина	
2. Звезда	
3. Кольцо	
4. Звезда-шина	
5. Звезда-кольцо	
6. Wi-Fi	

И далее следует заключение. Например, минимальное значение расходов на сеть обеспечивает топология «шина», которая выбирается как основа для последующего проектирования. При дальнейшем развитии предприятия данная топология может быть реконструирована в топологию «звезда-шина» либо беспроводную сеть. Соответственно беспроводная сеть, построенная с применением независимой конфигурации, – самая простая в построении и настройке. Наиболее дорогостоящей является сеть с топологией «звезда-кольцо».

## 2.8. Разработка принятого варианта

### 2.8.1. Математическое моделирование потоков информации на основе документооборота предприятия. Построение информационного графа

Детальное описание потоков информации осуществляется на основе рис. 2.14 и табл. 2.15. Для упрощения процедуры разработки модели рассмотрим потоки информации отдельно по службам и отделам.

*Поток информации, проходящий через службу главного инженера*, реализуется в следующем порядке. На основании проекта освоения лесов, таксационных описаний и наряда в производственном отделе составляется ведомость материально-денежной оценки лесосеки. В лесничества представляется лесная декларация на основе упомянутых выше документов и перечетной ведомости. Далее выписывается

приходный кассовый ордер и направляется в отдел бухгалтерии. Составляется технологическая карта и наряд – акт на произведенные работы, который направляется в отдел бухгалтерии для начисления заработной платы. Составляется отчет о выполнении производственного плана.

Здесь выходными документами являются «Приходный кассовый ордер», «Наряд-акт на произведенные работы», «Отчет о выполнении производственного плана», отражаемые соответственно (см. подразд. 2.5) вершинами графа  $x_{19}$ ,  $x_{31}$ ,  $x_{40}$ . Входными являются документы «Нормативно-справочная литература и проект освоения лесов», «Перечетная ведомость», «Таксационное описание», «Наряд», отражаемые соответственно вершинами графа  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $x_4$ . Промежуточными являются «Ведомость материально-денежной оценки лесосеки», «Лесорубочный билет», «Распоряжение на рубку», «Технологическая карта», отражаемые соответственно вершинами графа  $x_{13}$ ,  $x_{18}$ ,  $x_{24}$ ,  $x_{26}$ . Теория моделирования информационных потоков изложена в подразд. 1.3. Представленный на рис. 2.7 информационный граф соответствует потоку информации, проходящему через службу главного инженера.

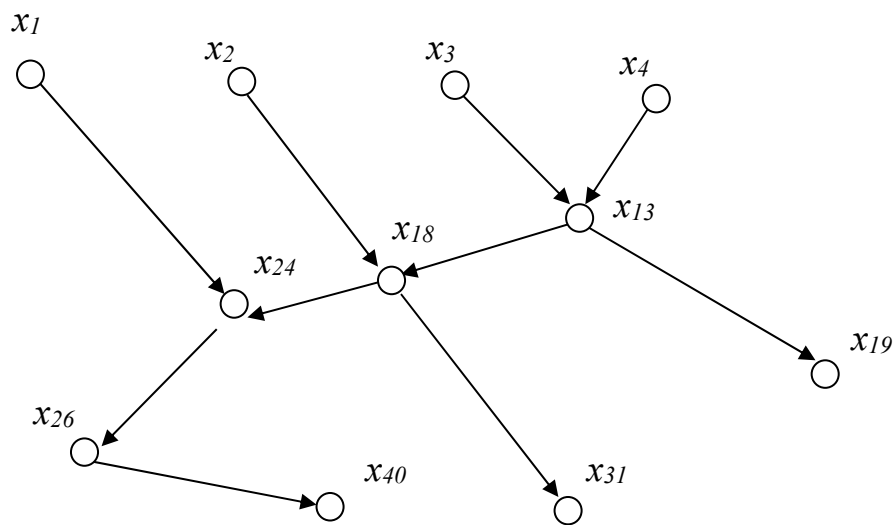


Рис. 2.7. Информационный граф  $G_1$

Описание графа  $G_1$  и его отображений  $\Gamma_1$  имеет следующий вид:

$$G_1: X_1 = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_{13}, x_{18}, x_{19}, x_{24}, x_{26}, x_{31}, x_{40}\};$$

$$\Gamma_1: \Gamma_1 x_1 = \{x_{24}\}; \Gamma_1 x_2 = \{x_{18}\}; \Gamma_1 x_3 = \{x_{13}\}; \Gamma_1 x_4 = \{x_{13}\}; \Gamma_1 x_{13} = \{x_{18}, x_{19}\};$$

$$\Gamma_1 x_{18} = \{x_{24}, x_{31}\}; \Gamma_1 x_{19} = \emptyset; \Gamma_1 x_{24} = \{x_{26}\}; \Gamma_1 x_{26} = \{x_{40}\}; \Gamma_1 x_{31} = \emptyset; \Gamma_1 x_{40} = \emptyset.$$

*Поток информации, проходящий через экономический отдел, реализуется в следующем порядке. На основе материалов лесостроительства составляется типовый проект, затем производственно-финансовый план по производству для подразделений. Выписываются расходные кассовые ордера. Составляется отчет о выполнении производственного плана.*

Входным является документ «Материалы лесостроительства». Промежуточные документы – «План рубок текущего года», «Производственно-финансовый план». Выходные документы – расходный кассовый ордер и «Отчет о выполнении производственного плана». Перечисленные документы отображаются вершинами графа  $x_8, x_{16}, x_{22}, x_{30}, x_{40}$ . А сам информационный граф  $G_2$  представлен на рис. 2.8.

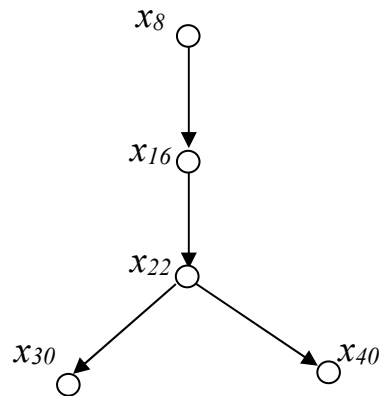


Рис. 2.8. Информационный граф  $G_2$

$$G_2: X_2 = \{x_8, x_{16}, x_{22}, x_{30}, x_{40}\}.$$

$$G_2: \Gamma_2 x_8 = \{x_{16}\}; \Gamma_2 x_{16} = \{x_{22}\}; \Gamma_2 x_{22} = \{x_{30}, x_{40}\}; \Gamma_2 x_{30} = \emptyset; \Gamma_2 x_{40} = \emptyset.$$

*Порядок прохождения потока информации через директора. Договор поставки и согласования цен на отпускаемую продукцию является основанием распоряжения директора на реализацию продукции. При поступлении заявления на приобретение материалов также издается распоряжение на приобретение материалов. На их основе в отделе бухгалтерии составляются соответствующие документы.*

Входными документами являются «Договор поставки», «Цены на отпускаемую продукцию», «Заявление на приобретение материалов», отображаемые соответственно вершинами графа  $x_5, x_6, x_7$ . Выходные документы – «Накладная», «Счет-фактура», отображаемые вершинами графа  $x_{20}, x_{21}$ . Промежуточные документы – «Распоряжение на реализацию продукции», «Распоряжение на приобретение материалов», отображаемые вершинами графа  $x_{14}, x_{15}$ . Граф  $G_3$  представлен на рис. 2.9.

$$G_3: X_3 = \{x_5, x_6, x_7, x_{14}, x_{15}, x_{20}, x_{21}\}.$$

$$G_3: \Gamma_{3x_5} = \{x_{14}\}; \Gamma_{3x_6} = \{x_{14}\}; \Gamma_{3x_7} = \{x_{15}\}; \Gamma_{3x_{14}} = \{x_{20}\}; \Gamma_{3x_{15}} = \{x_{20}, x_{21}\}; \\ \Gamma_{3x_{20}} = \emptyset; \Gamma_{3x_{21}} = \emptyset.$$

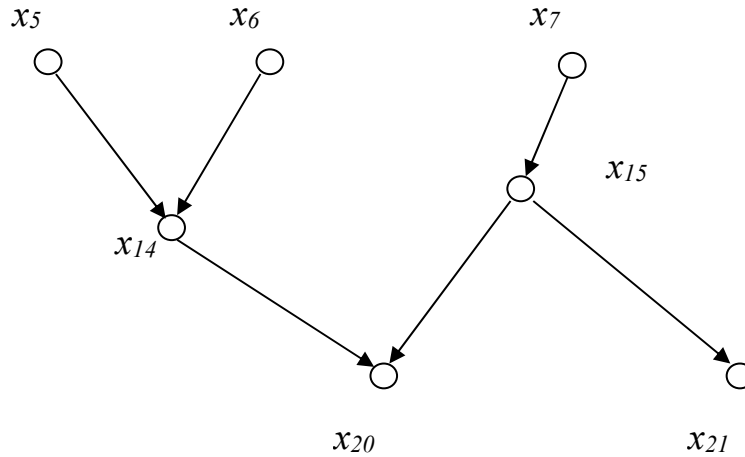


Рис. 2.9. Информационный граф  $G_3$

*Модель потока информации, проходящей через отдел бухгалтерии (без учета документооборота по зарплате). На основании распоряжения на реализацию продукции и распоряжения на приобретение материалов бухгалтер составляет первичные документы (накладные, счета-фактуры, приходный кассовый ордер при поступлении денег в кассу, расходный кассовый ордер при выделении денег из кассы). Вся необходимая информация при совершении этих операций заносится для учета в ведомости, книги, журналы. Информация из ведомостей, книг и журналов сводится в оборотно-сальдовую ведомость, а для отчета о деятельности предприятия в баланс и приложение к балансу.*

Выходные документы – «Баланс» и «Приложение к балансу», отображаемые вершинами графа  $x_{38}, x_{39}$ . Входные – «Приходный кассовый ордер», «Накладная», «Счет-фактура», «Расходный кассовый ордер»,  $x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{30}$ . Промежуточные – «Ведомость по складу», «Ведомость счета «Материалы»», «Книга продаж», «Книга покупок», «Журнал ордер по кредиту счета касса», «Оборотно-сальдовая ведомость»,  $x_{27}, x_{28}, x_{29}, x_{35}, x_{34}, x_{36}$ .

Информационный граф  $G_4$  представлен на рис. 2.10.

$$G_4: X_4 = \{x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{27}, x_{28}, x_{29}, x_{30}, x_{34}, x_{35}, x_{36}, x_{38}, x_{39}\}.$$

$$G_4: \Gamma_{4x_{19}} = \{x_{29}\}; \Gamma_{4x_{20}} = \{x_{27}, x_{28}\}; \Gamma_{4x_{21}} = \{x_{29}\}; \Gamma_{4x_{27}} = \{x_{36}\}; \Gamma_{4x_{28}} = \{x_{36}\}; \\ \Gamma_{4x_{29}} = \{x_{36}\}; \Gamma_{4x_{30}} = \{x_{34}, x_{35}\}; \Gamma_{4x_{34}} = \{x_{36}\}; \Gamma_{4x_{35}} = \{x_{36}\}; \Gamma_{4x_{36}} = \{x_{38}, x_{39}\}; \\ \Gamma_{4x_{38}} = \emptyset; \Gamma_{4x_{39}} = \emptyset.$$

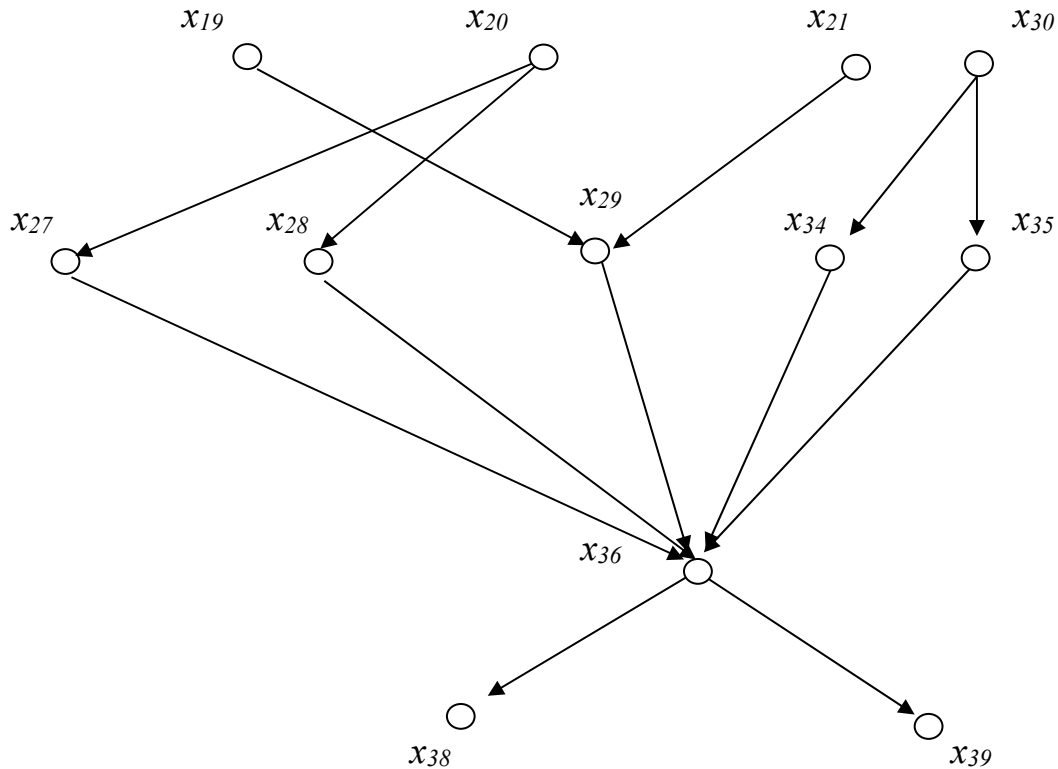


Рис. 2.10. Информационный граф  $G_4$

*Модель потока информации, проходящей через отдел кадров.* Первичный документ – заявление о приеме на работу. Директор визирует заявление, и издается приказ о приеме на работу, а также заводится личная карточка. Эта информация фиксируется в журнале регистрации постоянных работников. При увольнении после заявления увольняющегося порядок аналогичен. На основе журнала регистрации постоянных работников фиксируется информация для заполнения формы № 1-т статистической отчетности «Сведения о численности и заработной плате работников по видам деятельности».

Для выходных документов: «Табель учета рабочего времени» и форма № 1-т статистической отчетности «Сведения о численности и заработной плате работников по видам деятельности» ( $x_{32}$ ,  $x_{41}$ ) – входными являются документы «Заявление о приеме на работу», «Заявление об увольнении» ( $x_{11}$ ,  $x_{12}$ ). Промежуточными документами являются «Приказ о приеме на работу», «Личная карточка», «Приказ об увольнении», «Журнал регистрации постоянных работников» ( $x_{17}$ ,  $x_{23}$ ,  $x_{25}$ ,  $x_{33}$ ). Информационный граф документооборота отдела кадров  $G_5$  представлен на рис. 2.11, 2.12.

$$G_5: X_5 = \{x_{11}, x_{12}, x_{17}, x_{23}, x_{25}, x_{32}, x_{33}, x_{41}\}.$$

$$G_5: \Gamma_{5x_{11}} = \{x_{17}\}; \Gamma_{5x_{12}} = \{x_{25}\}; \Gamma_{5x_{17}} = \{x_{23}\}; \Gamma_{5x_{23}} = \{x_{25}, x_{32}, x_{33}\};$$

$$\Gamma_{5x_{25}} = \{x_{33}\}; \Gamma_{5x_{32}} = \emptyset; \Gamma_{5x_{33}} = \{x_{41}\}; \Gamma_{5x_{41}} = \emptyset.$$

*Модель потока информации при начислении заработной платы.*  
 Ведомость начисления заработной платы создается на основе заявлений и приказов о приеме на работу, листка нетрудоспособности, приказа о премировании работников, наряд-акта на произведенные работы, а также табеля учета рабочего времени. Из нее поступают данные для формирования формы № 1-т статистической отчетности «Сведения о численности и заработной плате работников по видам деятельности».

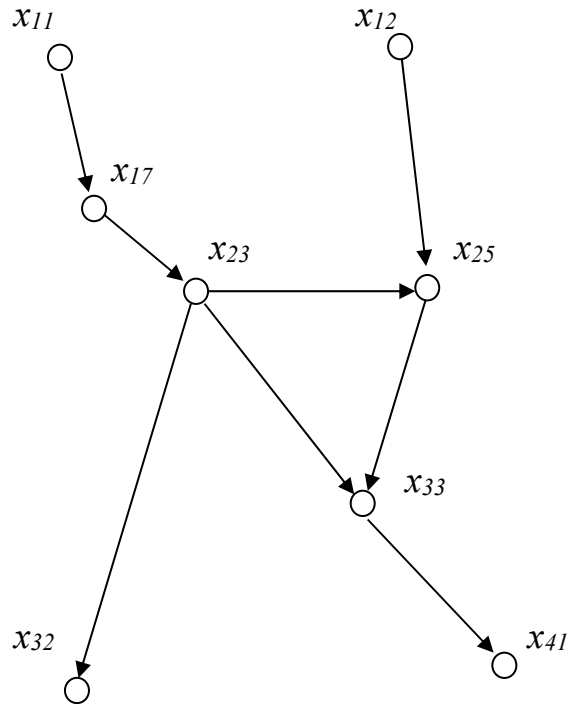


Рис. 2.11. Информационный граф  $G_5$

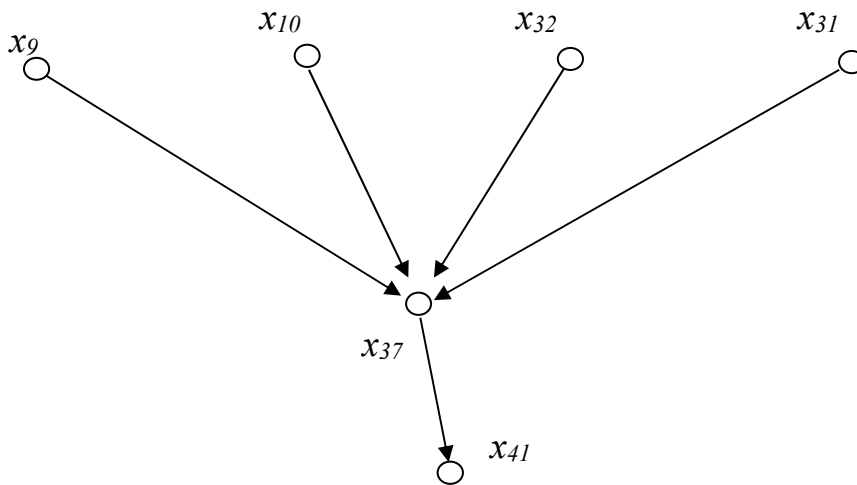


Рис. 2.12. Информационный граф  $G_6$

Для выходного документа формы № 1-т статистической отчетности «Сведения о численности и заработной плате работников по видам деятельности» ( $x_{41}$ ) входными являются документы «Листок нетрудоспособности», «Приказ о премировании», «Табель учета рабочего времени», «Наряд-акт на произведенные работы» ( $x_9, x_{10}, x_{32}, x_{31}$ ). Промежуточным является «Ведомость начисления заработной платы» ( $x_{37}$ ). Информационный граф  $G_6$  представлен на рис. 2.12.

$$G_6: X_6 = \{x_9, x_{10}, x_{31}, x_{32}, x_{37}, x_{41}\}.$$

$$G_6: \Gamma_{x_9} = \{x_{37}\}; \Gamma_{x_{10}} = \{x_{37}\}; \Gamma_{x_{31}} = \{x_{37}\}; \Gamma_{x_{32}} = \{x_{37}\}; \Gamma_{x_{37}} = \{x_{41}\}; \Gamma_{x_{42}} = \emptyset.$$

Каждый из разработанных графов (см. рис. 2.7–2.12) отобразим в виде матриц смежности (инциденций). Матрицей смежности  $A(G)$  графа  $G$  с  $n$  вершинами называется квадратная матрица порядка  $n$  с элементами  $a_{ij}$ :  $a_{ij} = 1$ , если существует дуга  $(x_i, x_j)$ ; в противном случае  $a_{ij} = 0$  (см. подразд. 1.3).

Матрицы смежности для графов представлены в табл. 2.10–2.15.

Таблица 2.10

Матрица смежности  $A_1$  для графа  $G_1$

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_{13}$	$x_{18}$	$x_{19}$	$x_{24}$	$x_{26}$	$x_{31}$	$x_{40}$
$x_1$	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
$x_2$	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
$x_3$	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
$x_4$	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
$x_{13}$	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
$x_{18}$	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
$x_{19}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$x_{24}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$x_{26}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
$x_{31}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$x_{40}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 2.11

Матрица смежности  $A_2$  для графа  $G_2$

	$x_8$	$x_{16}$	$x_{22}$	$x_{30}$	$x_{40}$
$x_8$	0	1	0	0	0
$x_{16}$	0	0	1	0	0
$x_{22}$	0	0	0	1	1
$x_{30}$	0	0	0	0	0
$x_{40}$	0	0	0	0	0

Таблица 2.12

Матрица смежности  $A_3$  для графа  $G_3$

	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_{14}$	$x_{15}$	$x_{20}$	$x_{21}$
$x_5$	0	0	0	1	0	0	0
$x_6$	0	0	0	1	0	0	0
$x_7$	0	0	0	0	1	0	0
$x_{14}$	0	0	0	0	0	1	0
$x_{15}$	0	0	0	0	0	1	1
$x_{20}$	0	0	0	0	0	0	0
$x_{21}$	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 2.13

Матрица смежности  $A_4$  для графа  $G_4$

	$x_{19}$	$x_{20}$	$x_{21}$	$x_{27}$	$x_{28}$	$x_{29}$	$x_{30}$	$x_{34}$	$x_{35}$	$x_{36}$	$x_{38}$	$x_{39}$
$x_{19}$	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
$x_{20}$	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
$x_{21}$	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
$x_{27}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$x_{28}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$x_{29}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$x_{30}$	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
$x_{34}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$x_{35}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$x_{36}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
$x_{38}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$x_{39}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 2.14

Матрица смежности  $A_5$  для графа  $G_5$

	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{17}$	$x_{23}$	$x_{25}$	$x_{32}$	$x_{33}$	$x_{41}$
$x_{11}$	0	0	1	0	0	0	0	0
$x_{12}$	0	0	0	0	1	0	0	0
$x_{17}$	0	0	0	1	0	0	0	0
$x_{23}$	0	0	0	0	1	1	1	0
$x_{25}$	0	0	0	0	0	0	1	0
$x_{32}$	0	0	0	0	0	0	0	0
$x_{33}$	0	0	0	0	0	0	0	1
$x_{41}$	0	0	0	0	0	0	0	0



Таблица 2.15

Матрица смежности  $A_6$  для графа  $G_6$ 

	$x_9$	$x_{10}$	$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{37}$	$x_{41}$
$x_9$	0	0	0	0	1	0
$x_{10}$	0	0	0	0	1	0
$x_{31}$	0	0	0	0	1	0
$x_{32}$	0	0	0	0	1	0
$x_{37}$	0	0	0	0	0	1
$x_{41}$	0	0	0	0	0	0

На основе частных информационных матриц смежности формируется обобщенная информационная матрица смежности (ИМС) для всего потока входных, промежуточных и выходных документов. Анализ информационной матрицы смежности  $A$  позволяет решить следующие задачи (см. подразд. 1.3):

1) определение исходных (входных), промежуточных и конечных (выходных) документов;

2) определение последовательности (схемы потока) прохождения документов;

3) определение путей прохождения информации от исходного документа к конечному;

4) определение уровней иерархии документооборота предприятия.

Сформируем обобщенную информационную матрицу смежности (ИМС) для всего потока входных, промежуточных и выходных документов. Для проведения анализа в обобщенную информационную матрицу смежности вводятся дополнительные столбцы и строки:  $Z$  отражает сумму элементов  $i$ -й строки,  $Y$  – сумму элементов  $j$ -го столбца:

$$Z \rightarrow \sum a_{ij}, i = 1, 41,$$

$$Y \rightarrow \sum a_{ij}, j = 1, 41.$$

В столбце «уровни» отражаются иерархические уровни, определяющие вершины (документы) информационного графа и потоки информации между соответствующими уровнями:

$z = 0$  – входные документы;

$y = 0$  – выходные документы;

$\left. \begin{array}{l} z = \sum a_{ij} \neq 0 \\ y = \sum a_{ij} \neq 0 \end{array} \right\}$  – промежуточные документы.

Определение информационных иерархических уровней производится посредством выделения подматриц в ИМС, порядок которых ниже порядка ИМС (порядок ИМС  $n = 41$ ). Критерием выделения подматриц является наличие ненулевых элементов в строке  $y$ . После выделения подматрицы все то, что остается за пределами обобщенной информационной матрицы, относится к  $I$  начальному уровню. Аналогично выделяются остальные подматрицы. Обобщенная матрица смежности  $A$  представлена в табл. 2.17.

Построенный на основе ИМС обобщенный информационный уровневый граф  $G(X, \Gamma)$  представлен на рис. 2.13. Каждой вершине этого графа соответствуют документы, наименование и форма которых были представлены в подразд. 2.5.

### 2.8.2. Математическое моделирование и расчет объемов информации предприятия

Математическая модель (см. подразд. 1.3) определения объема информации  $V$  строится на основе обобщенной информационной матрицы смежности (табл. 2.16) и обобщенного информационного уровневого графа  $G(X, \Gamma)$  (рис. 2.13). Моделируется один цикл документооборота. Первичный элемент модели – путь прохода  $i$ -го документа от низшего уровня к высшему, то есть от 1 уровня к 8-му. Далее определяется количество проходов (дуг)  $i$ -го документа  $L_i$ ,  $i = 1, 41$ . Каждый документ содержит  $m_i$  объем информации, измеряемый в килобайтах (Кб) (см. подразд. 2.5). Определяется объем информации отдельно по каждому пути  $V_i = m_i * L_i$ , ведущему к выходному документу (конечной вершине графа), и затем сумма полученных значений. Конкретные пути движения информации к выходным документам и объемы этой информации следующие.

Путь для документа  $x_1$ :

$$\{x_1\} \rightarrow \{x_{24}\} \rightarrow \{x_{26}\} \rightarrow \{x_{40}\};$$

$$V_1 = L_1 * m_1 + L_{24} * m_{24} + L_{26} * m_{26} + L_{40} * m_{40} = 1 * 712 + 1 * 50 + 1 * 75 + 1 * 0 = 837 \text{ Кб}$$

Путь для документа  $x_2$ :

$$\{x_2\} \rightarrow \{x_{18}\} \rightarrow \{x_{24}\} \rightarrow \{x_{26}\} \rightarrow \{x_{40}\};$$

$$\{x_2\} \rightarrow \{x_{18}\} \rightarrow \{x_{31}\} \rightarrow \{x_{37}\} \rightarrow \{x_{41}\};$$

$$V_2 = 2 * L_2 * m_2 + 2 * L_{18} * m_{18} + L_{24} * m_{24} + L_{26} * m_{26} + L_{31} * m_{31} + L_{37} * m_{37} + L_{40} * m_{40} + L_{41} * m_{41} = 2 * 100 + 2 * 50 + 1 * 50 + 1 * 75 + 1 * 50 + 1 * 100 + 1 * 0 + 1 * 0 = 575 \text{ Кб}.$$

Таблица 2.15

Обобщенная матрица смежности  $A$

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25	x26	x27	x28	x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40	x41	Z	уровень			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44			
x1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
x2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
x3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
x4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
x5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
x6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
x7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	I	
x8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
x9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1		
x10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1		
x11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
x12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
x13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
x14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
x15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	II	
x16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
x17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
x18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
x19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
x20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
x21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	III
x22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
x23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
x24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
x25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	IV	
x26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
x27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	V	
x28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		



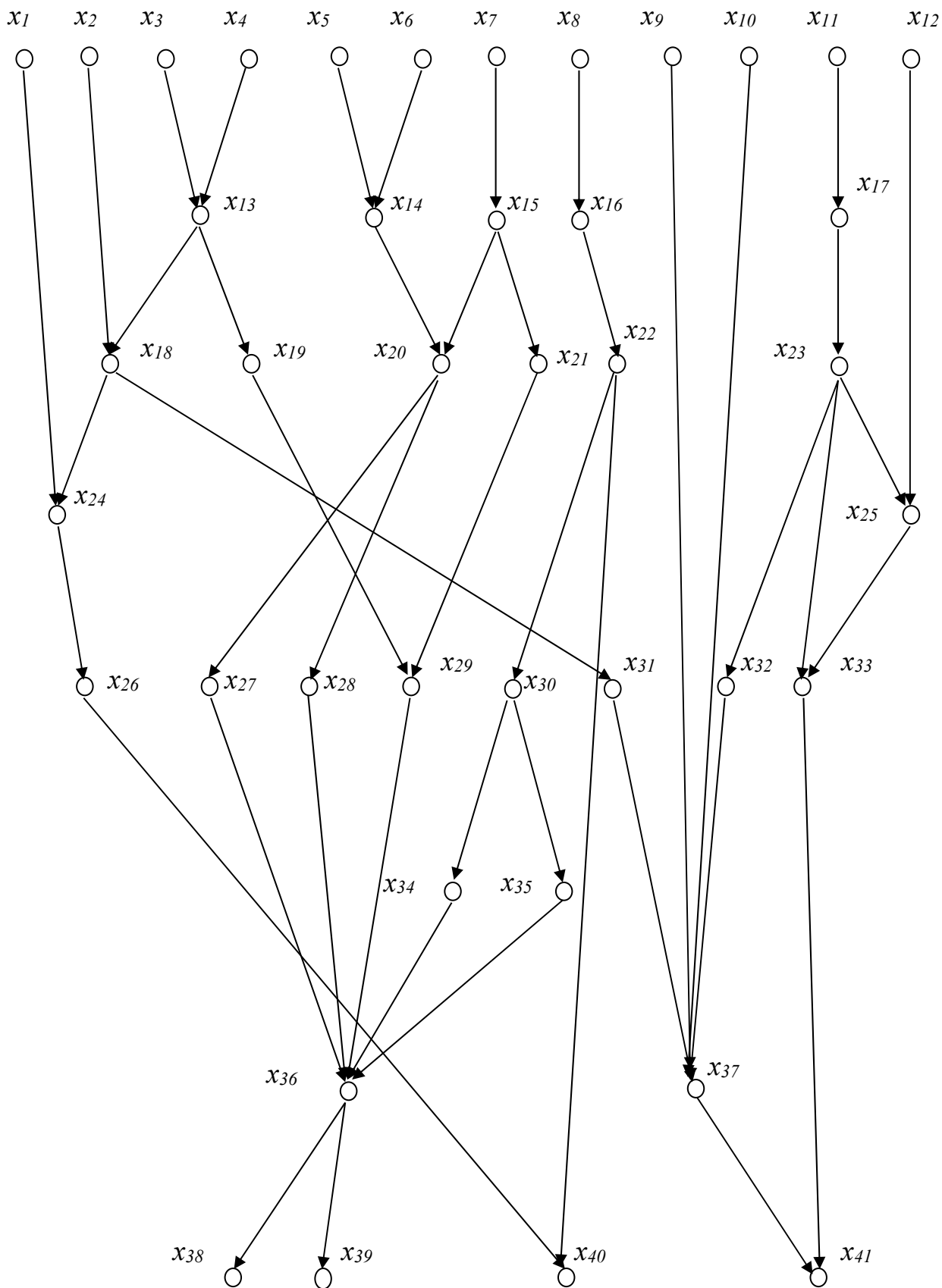


Рис. 2.13. Обобщенный информационный уровневый граф  $G(X, \Gamma)$

Путь для документа х3:

$\{x_3\} \rightarrow \{x_{13}\} \rightarrow \{x_{18}\} \rightarrow \{x_{24}\} \rightarrow \{x_{26}\} \rightarrow \{x_{40}\};$

$\{x_3\} \rightarrow \{x_{13}\} \rightarrow \{x_{18}\} \rightarrow \{x_{31}\} \rightarrow \{x_{37}\} \rightarrow \{x_{41}\};$

$\{x_3\} \rightarrow \{x_{13}\} \rightarrow \{x_{19}\} \rightarrow \{x_{29}\} \rightarrow \{x_{36}\} \rightarrow \{x_{38}\};$

$\{x_3\} \rightarrow \{x_{13}\} \rightarrow \{x_{19}\} \rightarrow \{x_{29}\} \rightarrow \{x_{36}\} \rightarrow \{x_{39}\};$

$$V_3 = 4 * L_3 * m_3 + 4 * L_{13} * m_{13} + 2 * L_{18} * m_{18} + 2 * L_{19} * m_{19} + L_{24} * m_{24} + L_{26} * m_{26} + 2 * L_{29} * m_{29} + L_{31} * m_{31} + 2 * L_{36} * m_{36} + L_{37} * m_{37} + L_{38} * m_{38} + L_{39} * m_{39} + L_{40} * m_{40} + L_{41} * m_{41} =$$

$$= 4 * 1000 + 4 * 150 + 2 * 50 + 2 * 12 + 1 * 50 + 1 * 75 + 2 * 75 + 1 * 50 + 2 * 75 + 1 * 100 + 1 * 0 + 1 * 0 + 1 * 0 + 1 * 0 = 5199 \text{ Кб}$$

Путь для документа х4:

$\{x_4\} \rightarrow \{x_{13}\} \rightarrow \{x_{18}\} \rightarrow \{x_{24}\} \rightarrow \{x_{26}\} \rightarrow \{x_{40}\};$

$\{x_4\} \rightarrow \{x_{13}\} \rightarrow \{x_{18}\} \rightarrow \{x_{31}\} \rightarrow \{x_{37}\} \rightarrow \{x_{41}\};$

$\{x_4\} \rightarrow \{x_{13}\} \rightarrow \{x_{19}\} \rightarrow \{x_{29}\} \rightarrow \{x_{36}\} \rightarrow \{x_{38}\};$

$\{x_4\} \rightarrow \{x_{13}\} \rightarrow \{x_{19}\} \rightarrow \{x_{29}\} \rightarrow \{x_{36}\} \rightarrow \{x_{39}\};$

$$V_4 = 4 * L_4 * m_4 + 4 * L_{13} * m_{13} + 2 * L_{18} * m_{18} + 2 * L_{19} * m_{19} + L_{24} * m_{24} + L_{26} * m_{26} + 2 * L_{29} * m_{29} + L_{31} * m_{31} + 2 * L_{36} * m_{36} + L_{37} * m_{37} + L_{38} * m_{38} + L_{39} * m_{39} + L_{40} * m_{40} + L_{41} * m_{41} =$$

$$= 4 * 12 + 4 * 150 + 2 * 50 + 2 * 12 + 1 * 50 + 1 * 75 + 2 * 75 + 1 * 50 + 2 * 75 + 1 * 100 + 1 * 0 + 1 * 0 + 1 * 0 = 1247 \text{ Кб}$$

Путь для документа х5:

$\{x_5\} \rightarrow \{x_{14}\} \rightarrow \{x_{20}\} \rightarrow \{x_{27}\} \rightarrow \{x_{36}\} \rightarrow \{x_{38}\};$

$\{x_5\} \rightarrow \{x_{14}\} \rightarrow \{x_{20}\} \rightarrow \{x_{27}\} \rightarrow \{x_{36}\} \rightarrow \{x_{39}\};$

$\{x_5\} \rightarrow \{x_{14}\} \rightarrow \{x_{20}\} \rightarrow \{x_{28}\} \rightarrow \{x_{36}\} \rightarrow \{x_{38}\};$

$\{x_5\} \rightarrow \{x_{14}\} \rightarrow \{x_{20}\} \rightarrow \{x_{28}\} \rightarrow \{x_{36}\} \rightarrow \{x_{39}\};$

$$V_5 = 4 * L_5 * m_5 + 4 * L_{14} * m_{14} + 4 * L_{20} * m_{20} + 2 * L_{27} * m_{27} + 2 * L_{28} * m_{28} + 4 * L_{36} * m_{36} + 2 * L_{38} * m_{38} + 2 * L_{39} * m_{39} =$$

$$= 4 * 75 + 4 * 12 + 4 * 12 + 2 * 125 + 2 * 125 + 4 * 75 + 2 * 0 + 2 * 0 =$$

$$= 926 \text{ Кб}$$

Путь для документа х6:

$\{x_6\} \rightarrow \{x_{14}\} \rightarrow \{x_{20}\} \rightarrow \{x_{27}\} \rightarrow \{x_{36}\} \rightarrow \{x_{38}\};$

$\{x_6\} \rightarrow \{x_{14}\} \rightarrow \{x_{20}\} \rightarrow \{x_{27}\} \rightarrow \{x_{36}\} \rightarrow \{x_{39}\};$

$\{x_6\} \rightarrow \{x_{14}\} \rightarrow \{x_{20}\} \rightarrow \{x_{28}\} \rightarrow \{x_{36}\} \rightarrow \{x_{38}\};$

$\{x_6\} \rightarrow \{x_{14}\} \rightarrow \{x_{20}\} \rightarrow \{x_{28}\} \rightarrow \{x_{36}\} \rightarrow \{x_{39}\};$

$$V_6 = 4 * L_6 * m_6 + 4 * L_{14} * m_{14} + 4 * L_{20} * m_{20} + 2 * L_{27} * m_{27} + 2 * L_{28} * m_{28} + 4 * L_{36} * m_{36} + 2 * L_{38} * m_{38} + 2 * L_{39} * m_{39} =$$

$$= 4 * 25 + 4 * 12 + 4 * 12 + 2 * 125 + 2 * 125 + 4 * 75 + 2 * 0 + 2 * 0 = 996 \text{ Кб}$$

Путь для документа х7:

$\{x7\} \rightarrow \{x15\} \rightarrow \{x20\} \rightarrow \{x27\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x7\} \rightarrow \{x15\} \rightarrow \{x20\} \rightarrow \{x27\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$\{x7\} \rightarrow \{x15\} \rightarrow \{x20\} \rightarrow \{x28\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x7\} \rightarrow \{x15\} \rightarrow \{x20\} \rightarrow \{x28\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$\{x7\} \rightarrow \{x15\} \rightarrow \{x21\} \rightarrow \{x29\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x7\} \rightarrow \{x15\} \rightarrow \{x21\} \rightarrow \{x29\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$$V7 = 6 * L7 * m7 + 6 * L15 * m15 + 4 * L20 * m20 + 2 * L21 * m21 + 2 * L27 * m27 + 2 * L28 * m28 + 2 * L29 * m29 + 6 * L36 * m36 + 3 * L38 * m38 + 3 * L39 * m39 = 6 * 12 + 6 * 12 + 4 * 12 + 2 * 12 + 2 * 125 + 2 * 125 + 2 * 75 + 6 * 75 + 3 * 0 + 3 * 0 = 316 \text{ Кб}$$

$$* L29 * m29 + 6 * L36 * m36 + 3 * L38 * m38 + 3 * L39 * m39 = 6 * 12 + 6 * 12 + 4 * 12 + 2 * 12 + 2 * 125 + 2 * 125 + 2 * 75 + 6 * 75 + 3 * 0 + 3 * 0 = 316 \text{ Кб}$$

$$* 125 + 2 * 125 + 2 * 75 + 6 * 75 + 3 * 0 + 3 * 0 = 316 \text{ Кб}$$

Путь для документа х8:

$\{x8\} \rightarrow \{x16\} \rightarrow \{x22\} \rightarrow \{x30\} \rightarrow \{x34\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x8\} \rightarrow \{x16\} \rightarrow \{x22\} \rightarrow \{x30\} \rightarrow \{x34\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$\{x8\} \rightarrow \{x16\} \rightarrow \{x22\} \rightarrow \{x30\} \rightarrow \{x35\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x8\} \rightarrow \{x16\} \rightarrow \{x22\} \rightarrow \{x30\} \rightarrow \{x35\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$\{x8\} \rightarrow \{x16\} \rightarrow \{x22\} \rightarrow \{x40\};$

$$V8 = 5 * L8 * m8 + 5 * L16 * m16 + 5 * L22 * m22 + 4 * L30 * m30 + 2 * L34 * m34 + 2 * L35 * m35 + 4 * L36 * m36 + 2 * L38 * m38 + 2 * L39 * m39 + L40 * m40 = 5 * 112 + 5 * 75 + 5 * 100 + 4 * 25 + 2 * 75 + 2 * 175 + 4 * 75 + 2 * 0 + 2 * 0 + 1 * 0 = 2335 \text{ Кб}$$

$$* L36 * m36 + 2 * L38 * m38 + 2 * L39 * m39 + L40 * m40 = 5 * 112 + 5 * 75 + 5 * 100 + 4 * 25 + 2 * 75 + 2 * 175 + 4 * 75 + 2 * 0 + 2 * 0 + 1 * 0 = 2335 \text{ Кб}$$

$$* 75 + 2 * 175 + 4 * 75 + 2 * 0 + 2 * 0 + 1 * 0 = 2335 \text{ Кб}$$

Путь для документа х9:

$\{x9\} \rightarrow \{x37\} \rightarrow \{x41\};$

$$V9 = L9 * m9 + L37 * m37 + L41 * m41 = 1 * 12 + 1 * 100 + 1 * 0 = 112 \text{ Кб}$$

Путь для документа х10:

$\{x10\} \rightarrow \{x37\} \rightarrow \{x41\};$

$$V10 = L10 * m10 + L37 * m37 + L41 * m41 = 1 * 275 + 1 * 100 + 1 * 0 = 375 \text{ Кб}$$

Путь для документа х11:

$\{x11\} \rightarrow \{x17\} \rightarrow \{x23\} \rightarrow \{x25\} \rightarrow \{x33\} \rightarrow \{x41\};$

$\{x11\} \rightarrow \{x17\} \rightarrow \{x23\} \rightarrow \{x32\} \rightarrow \{x37\} \rightarrow \{x41\};$

$\{x11\} \rightarrow \{x17\} \rightarrow \{x23\} \rightarrow \{x33\} \rightarrow \{x41\};$

$$V11 = 3 * L11 * m11 + 3 * L17 * m17 + 3 * L23 * m23 + L25 * m25 + L32 * m32 + 2 * L33 * m33 + L37 * m37 + 3 * L41 * m41 = 3 * 25 + 3 * 25 + 3 * 50 + 1 * 25 + 1 * 100 + 2 * 50 + 1 * 100 + 3 * 0 = 625 \text{ Кб}$$

$$* m37 + 3 * L41 * m41 = 3 * 25 + 3 * 25 + 3 * 50 + 1 * 25 + 1 * 100 + 2 * 50 + 1 * 100 + 3 * 0 =$$

$$= 625 \text{ Кб}$$

Путь для документа x12:

$\{x12\} \rightarrow \{x25\} \rightarrow \{x33\} \rightarrow \{x41\};$

$$V12 = L12 * m12 + L25 * m25 + L33 * m33 + L41 * m41 = 1 * 25 + 1 * 25 + 1 * 50 + 1 * 0 = 100 \text{ Кб}$$

Путь для документа x13:

$\{x13\} \rightarrow \{x18\} \rightarrow \{x24\} \rightarrow \{x26\} \rightarrow \{x40\};$

$\{x13\} \rightarrow \{x18\} \rightarrow \{x31\} \rightarrow \{x37\} \rightarrow \{x41\};$

$\{x13\} \rightarrow \{x19\} \rightarrow \{x29\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x13\} \rightarrow \{x19\} \rightarrow \{x29\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$$V13 = 4 * L13 * m13 + 2 * L18 * m18 + 2 * L19 * m19 + L24 * m24 + L26 * m26 + 2 * L29 * m29 + L31 * m31 + 2 * L36 * m36 + L37 * m37 + L38 * m38 + L39 * m39 + L40 * m40 + L41 * m41 = 4 * 150 + 2 * 12 + 2 * 12 + 1 * 50 + 1 * 75 + 2 * 75 + 1 * 50 + 2 * 75 + 1 * 100 + 1 * 0 + 1 * 0 + 1 * 0 + 1 * 0 = 1223 \text{ Кб}$$

$$1 = 4 * 150 + 2 * 12 + 2 * 12 + 1 * 50 + 1 * 75 + 2 * 75 + 1 * 50 + 2 * 75 + 1 * 100 + 1 * 0 + 1 * 0 + 1 * 0 + 1 * 0 = 1223 \text{ Кб}$$

$$= 1223 \text{ Кб}$$

Путь для документа x14:

$\{x14\} \rightarrow \{x20\} \rightarrow \{x27\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x14\} \rightarrow \{x20\} \rightarrow \{x27\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$\{x14\} \rightarrow \{x20\} \rightarrow \{x28\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x14\} \rightarrow \{x20\} \rightarrow \{x28\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$$V14 = 4 * L14 * m14 + 4 * L20 * m20 + 2 * L27 * m27 + 2 * L28 * m28 + 4 * L36 * m36 + 2 * L38 * m38 + 2 * L39 * m39 = 4 * 12 + 4 * 12 + 2 * 125 + 2 * 125 + 4 * 75 + 2 * 0 + 2 * 0 = 896 \text{ Кб}$$

$$= 896 \text{ Кб}$$

Путь для документа x15:

$\{x15\} \rightarrow \{x20\} \rightarrow \{x27\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x15\} \rightarrow \{x20\} \rightarrow \{x27\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$\{x15\} \rightarrow \{x20\} \rightarrow \{x28\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x15\} \rightarrow \{x20\} \rightarrow \{x28\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$\{x15\} \rightarrow \{x21\} \rightarrow \{x29\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x15\} \rightarrow \{x21\} \rightarrow \{x29\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$$V15 = 6 * L15 * m15 + 4 * L20 * m20 + 2 * L21 * m21 + 2 * L27 * m27 + 2 * L28 * m28 + 2 * L29 * m29 + 6 * L36 * m36 + 3 * L38 * m38 + 3 * L39 * m39 = 6 * 12 + 4 * 12 + 2 * 12 + 2 * 125 + 2 * 125 + 2 * 75 + 6 * 75 + 3 * 0 + 3 * 0 = 1244 \text{ Кб}$$

$$= 1244 \text{ Кб}$$

$$+ 2 * 75 + 6 * 75 + 3 * 0 + 3 * 0 = 1244 \text{ Кб}$$

Путь для документа x16:

$\{x16\} \rightarrow \{x22\} \rightarrow \{x30\} \rightarrow \{x34\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x16\} \rightarrow \{x22\} \rightarrow \{x30\} \rightarrow \{x34\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$\{x16\} \rightarrow \{x22\} \rightarrow \{x30\} \rightarrow \{x35\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$



$\{x16\} \rightarrow \{x22\} \rightarrow \{x30\} \rightarrow \{x35\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$\{x16\} \rightarrow \{x22\} \rightarrow \{x40\};$

$$V16 = 5 * L16 * m16 + 5 * L22 * m22 + 4 * L30 * m30 + 2 * L34 * m34 + 2 * L35 * m35 + 4 * L36 * m36 + 2 * L38 * m38 + 2 * L39 * m39 + L40 * m40 = 5 * 75 + 5 * 100 + 4 * 25 + 2 * 75 + 2 * 175 + 4 * 75 + 2 * 0 + 2 * 0 + 1 * 0 = 1775 \text{ Кб}$$

Путь для документа x17:

$\{x17\} \rightarrow \{x23\} \rightarrow \{x25\} \rightarrow \{x33\} \rightarrow \{x41\};$

$\{x17\} \rightarrow \{x23\} \rightarrow \{x32\} \rightarrow \{x37\} \rightarrow \{x41\};$

$\{x17\} \rightarrow \{x23\} \rightarrow \{x33\} \rightarrow \{x41\};$

$$V17 = 3 * L17 * m17 + 3 * L23 * m23 + L25 * m25 + L32 * m32 + 2 * L33 * m33 + L37 * m37 + 3 * L41 * m41 = 3 * 25 + 3 * 50 + 1 * 25 + 1 * 100 + 2 * 50 + 1 * 100 + 3 * 0 = 550 \text{ Кб}$$

$$*m41 = 3 * 25 + 3 * 50 + 1 * 25 + 1 * 100 + 2 * 50 + 1 * 100 + 3 * 0 = 550 \text{ Кб}$$

Путь для документа x18:

$\{x18\} \rightarrow \{x24\} \rightarrow \{x26\} \rightarrow \{x40\};$

$\{x18\} \rightarrow \{x31\} \rightarrow \{x37\} \rightarrow \{x41\};$

$$V18 = 2 * L18 * m18 + L24 * m24 + L26 * m26 + L31 * m31 + L37 * m37 + L40 * m40 + L41 * m41 = 2 * 50 + 1 * 50 + 1 * 75 + 1 * 50 + 1 * 100 + 1 * 0 + 1 * 0 = 375 \text{ Кб}$$

Путь для документа x19:

$\{x19\} \rightarrow \{x29\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x19\} \rightarrow \{x29\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$$V19 = 2 * L19 * m19 + 2 * L29 * m29 + 2 * L36 * m36 + L38 * m38 + L39 * m39 = 2 * 12 + 2 * 75 + 2 * 75 + 1 * 0 + 1 * 0 = 324 \text{ Кб}$$

Путь для документа x20:

$\{x20\} \rightarrow \{x27\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x20\} \rightarrow \{x27\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$\{x20\} \rightarrow \{x28\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x20\} \rightarrow \{x28\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$$V20 = 4 * L20 * m20 + 2 * L27 * m27 + 2 * L28 * m28 + 4 * L36 * m36 + 2 * L38 * m38 + 2 * L39 * m39 = 4 * 12 + 2 * 125 + 2 * 125 + 4 * 75 + 2 * 0 + 2 * 0 = 848 \text{ Кб}$$

Путь для документа x21:

$\{x21\} \rightarrow \{x29\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x21\} \rightarrow \{x29\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$$V21 = 2 * L21 * m21 + 2 * L29 * m29 + 2 * L36 * m36 + L38 * m38 + L39 * m39 = 2 * 12 + 2 * 75 + 2 * 75 + 1 * 0 + 1 * 0 = 324 \text{ Кб}$$

Путь для документа x22:

$\{x22\} \rightarrow \{x30\} \rightarrow \{x34\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x22\} \rightarrow \{x30\} \rightarrow \{x34\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$\{x22\} \rightarrow \{x30\} \rightarrow \{x35\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x22\} \rightarrow \{x30\} \rightarrow \{x35\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$\{x22\} \rightarrow \{x40\};$

$$V22 = 5 * L22 * m22 + 4 * L30 * m30 + 2 * L34 * m34 + 2 * L35 * m35 + 4 * L36 * m36 + 2 * L38 * m38 + 2 * L39 * m39 + L40 * m40 = 5 * 100 + 4 * 25 + 2 * 75 + 2 * 175 + 4 * 75 + 2 * 0 + 2 * 0 + 1 * 0 = 1400 \text{ Кб}$$

Путь для документа x23:

$\{x23\} \rightarrow \{x25\} \rightarrow \{x33\} \rightarrow \{x41\};$

$\{x23\} \rightarrow \{x32\} \rightarrow \{x37\} \rightarrow \{x41\};$

$\{x23\} \rightarrow \{x33\} \rightarrow \{x41\};$

$$V23 = 3 * L23 * m23 + L25 * m25 + L32 * m32 + 2 * L33 * m33 + L37 * m37 + 3 * L41 * m41 = 3 * 50 + 1 * 25 + 1 * 100 + 2 * 50 + 1 * 100 + 3 * 0 = 475 \text{ Кб}$$

Путь для документа x24:

$\{x24\} \rightarrow \{x26\} \rightarrow \{x40\};$

$$V24 = L24 * m24 + L26 * m26 + L40 * m40 = 1 * 50 + 1 * 75 + 1 * 0 = 125 \text{ Кб}$$

Путь для документа x25:

$\{x25\} \rightarrow \{x33\} \rightarrow \{x41\};$

$$V25 = L25 * m25 + L33 * m33 + L41 * m41 = 1 * 25 + 1 * 50 + 1 * 0 = 75 \text{ Кб}$$

Путь для документа x26:

$\{x26\} \rightarrow \{x40\};$

$$V26 = L26 * m26 + L40 * m40 = 1 * 75 + 1 * 0 = 75 \text{ Кб}$$

Путь для документа x27:

$\{x27\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x27\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$$V27 = 2 * L27 * m27 + 2 * L36 * m36 + L38 * m38 + L39 * m39 = 2 * 125 + 2 * 75 + 1 * 0 + 1 * 0 = 400 \text{ Кб}$$

Путь для документа x28:

$\{x28\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x28\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$$V28 = 2 * L28 * m28 + 2 * L36 * m36 + L38 * m38 + L39 * m39 = 2 * 125 + 2 * 75 + 1 * 0 + 1 * 0 = 400 \text{ Кб}$$

Путь для документа x29:

$\{x29\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x29\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$$V29 = 2 * L29 * m29 + 2 * L36 * m36 + L38 * m38 + L39 * m39 = 2 * 75 + 2 * 75 + 1 * 0 + 1 * 0 = 300 \text{ Кб}$$

Путь для документа x30:

$\{x30\} \rightarrow \{x34\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x30\} \rightarrow \{x34\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$\{x30\} \rightarrow \{x35\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x30\} \rightarrow \{x35\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$$V30 = 4 * L30 * m30 + 2 * L34 * m34 + 2 * L35 * m35 + 4 * L36 * m36 + 2 * L38 * m38 + 2 * L39 * m39 = 4 * 25 + 2 * 75 + 2 * 175 + 4 * 75 + 2 * 0 + 2 * 0 = 900 \text{ Кб}$$

Путь для документа x31:

$\{x31\} \rightarrow \{x37\} \rightarrow \{x41\};$

$$V31 = L31 * m31 + L37 * m37 + L41 * m41 = 1 * 50 + 1 * 100 + 1 * 0 = 150 \text{ Кб}$$

Путь для документа x32:

$\{x32\} \rightarrow \{x37\} \rightarrow \{x41\};$

$$V32 = L32 * m32 + L37 * m37 + L41 * m41 = 1 * 100 + 1 * 100 + 1 * 0 = 200 \text{ Кб}$$

Путь для документа x33:

$\{x33\} \rightarrow \{x41\};$

$$V33 = L33 * m33 + L41 * m41 = 1 * 50 + 1 * 0 = 50 \text{ Кб}$$

Путь для документа x34:

$\{x34\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x34\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$$V34 = 2 * L34 * m34 + 2 * L36 * m36 + L38 * m38 + L39 * m39 = 2 * 75 + 2 * 75 + 1 * 0 + 1 * 0 = 300 \text{ Кб}$$

Путь для документа x35:

$\{x35\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x35\} \rightarrow \{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$$V35 = 2 * L35 * m35 + 2 * L36 * m36 + L38 * m38 + L39 * m39 = 2 * 175 + 2 * 75 + 1 * 0 + 1 * 0 = 500 \text{ Кб}$$

Путь для документа x36:

$\{x36\} \rightarrow \{x38\};$

$\{x36\} \rightarrow \{x39\};$

$$V36 = 2 * L36 * m36 + L38 * m38 + L39 * m39 = 2 * 75 + 1 * 0 + 1 * 0 = 150 \text{ Кб}$$

Путь для документа x37:

$\{x37\} \rightarrow \{x41\};$

$$V37 = L37 * m37 + L41 * m41 = 1 * 100 + 1 * 0 = 100 \text{ Кб}$$

Путь для документа x38:  $V38 = 0$

Путь для документа x39:  $V39 = 0$

Путь для документа x40:  $V40 = 0$

Путь для документа x41:  $V41 = 0$

Результаты расчета объема информации за один цикл документо-оборота предприятия представлены в табл. 2.16.

Таблица 2.16

## Объемы потоков информации предприятия

Документ $x_i$	Количество дуг $L_i$	Объем документа $m_i$ , Кб	Объем потока информации $V_i$ , Кб
1	2	3	4
$x_1$	1	712	837
$x_2$	1	100	575
$x_3$	1	1000	5199
$x_4$	1	12	1247
$x_5$	1	75	926
$x_6$	1	25	996
$x_7$	1	12	1316
$x_8$	1	112	2335
$x_9$	1	12	112
$x_{10}$	1	275	375
$x_{11}$	1	25	625
$x_{12}$	1	25	100
$x_{13}$	1	150	1223
$x_{14}$	1	12	896
$x_{15}$	1	12	1244
$x_{16}$	1	75	1775
$x_{17}$	1	25	550
$x_{18}$	1	50	375
$x_{19}$	1	12	324
$x_{20}$	1	12	848
$x_{21}$	1	12	324
$x_{22}$	1	100	1400
$x_{23}$	1	50	475
$x_{24}$	1	50	125
$x_{25}$	1	25	75
$x_{26}$	1	75	75
$x_{27}$	1	125	400
$x_{28}$	1	125	400
$x_{29}$	1	75	300
$x_{30}$	1	25	900
$x_{31}$	1	50	150
$x_{32}$	1	100	200

Окончание табл. 2.16

<i>l</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>x<sub>33</sub></i>	1	50	50
<i>x<sub>34</sub></i>	1	75	300
<i>x<sub>35</sub></i>	1	175	500
<i>x<sub>36</sub></i>	1	75	150
<i>x<sub>37</sub></i>	1	100	100
<i>x<sub>38</sub></i>	0	100	0
<i>x<sub>39</sub></i>	0	100	0
<i>x<sub>40</sub></i>	0	100	0
<i>x<sub>41</sub></i>	0	50	0
Итого	—	—	27802

Общий объем потока информации за один цикл документооборота в предприятии составил 27 802 Кб, что составляет 1 112,08 страниц формата А4. Величина объема потока информации за один цикл документооборота, отнесенного к единице времени, обеспечивает рациональный выбор архитектуры сети по критерию пропускной способности (100BaseX и пр.).

Рассмотренные операции с документами повторяются многократно и подлежат временному или постоянному хранению. Таким образом, отнесенный к одному операционному дню объём, равный 27 802 Кб. за 30-кратный цикл(месяц) документооборота составит 0,834 Гб потока информации. С учетом трехгодичного срока хранения прошлых данных в целях анализа и прочих управленческих операций имеем порядка 900 Гб единовременно хранимой информации. Эта цифра может быть принята за минимальную границу при определении суммарной емкости установленных жестких дисков. Очевидно, что с учетом ресурсов на резервирование, коэффициентов дополнительного хранения, характеристик отдельных дисков и пр. эта емкость будет существенно выше и может быть увеличена в ходе эксплуатации системы.

### **2.8.3. Построение иерархической и функциональной структур информационных потоков предприятия**

Структурирование по иерархиям учитывает движение информационных потоков от объектов нижнего уровня к объектам высшего уровня, и наоборот, и определяется на основе обобщенного информационного графа.

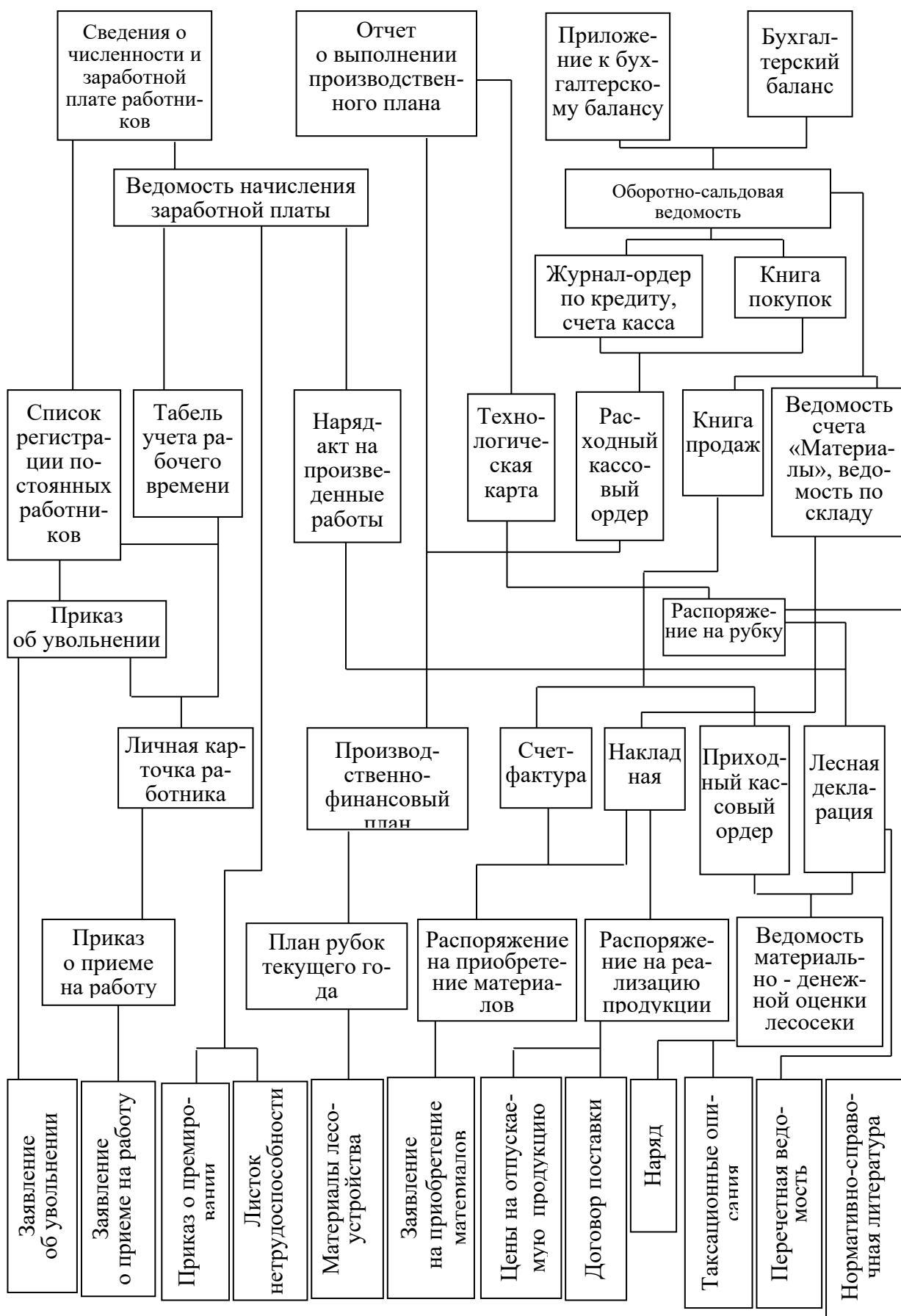


Рис. 2.14. Иерархическая структура информационных потоков

Иерархии управления предприятия, объем информации, концентрируемой на каждом уровне, позволяют уточнить тип сети – одноранговая или серверная (см. п. 1.2.3) и программное обеспечение для каждой иерархии.

Иерархическая структура информационных потоков предприятия, построенная по результатам п. 2.8.2, показана на рис. 2.14.



Рис. 2.15. Функциональная структура информационных потоков предприятия

Функциональная структура отображает функции, которые присущи соответствующему подразделению предприятия, пропускающему тот или иной поток документооборота. Функциональная структура информационных потоков предприятия приведена на рис. 2.15. Она позволяет сгруппировать близкие функции подразделений и на основе групп близких функций определить необходимое количество компьютеров и установленное на них программное обеспечение.

На основе анализа построенных структур, а также подразд. 2.7 следует вывод об использовании в проекте недорогой архитектуры

одноранговой сети 10Base2 либо Wi-Fi, пяти компьютеров, программных продуктов бухгалтерского, специализированного и офисного назначения.

#### **2.8.4. Разработка информационной технологии предприятия**

Поставленная цель и задачи проектирования (см. подразд. 2.4) предполагают трансформацию существующей информационной технологии объекта проектирования, обоснование вида базы данных и проверки на основе имитационного моделирования, корректности функционирования информационного процесса и достижимости выхода конечных документов.

##### **2.8.4.1. Проектная структура информационной технологии предприятия**

По классификации, представленной в п. 1.2.2, на предприятии используется ручная технология обработки информации с помощью средств вычислительной техники (СВТ), схема которой дана на рис. 2.3. Проектируемая технология предполагает максимально возможный перенос операций с документооборотом в сферу СВТ. Схема ее структуры приведена на рис. 2.16.

Условные обозначения на рис. 2.16 имеют следующий смысл:

$Q_{вх}$  – входные начальные условия деятельности и предмет труда, включая и входные внешние документы;

$Q_{вых}$  – результаты деятельности лесозаготовок и лесного хозяйства, включая выходные внешние документы;

$R$  – ресурсы, представляющие собой средства реализации деятельности;

$I_{осв}$  – осведомляющая информация о характере деятельности и текущих изменениях в процессе функционирования предприятия и входные внутренние документы;

$I_{вых.п}$  – информация (документы), получаемая в результате обработки;

$\Pi$  – блок принятия решения;

$I_{вх.к}$  – корректирующая информация и выходные внутренние документы;

$I_{вых.т}$  – текущая информация, учитывающая фактор времени, с течением которого вносятся коррективы;

$СВТ$  – средства вычислительной техники.



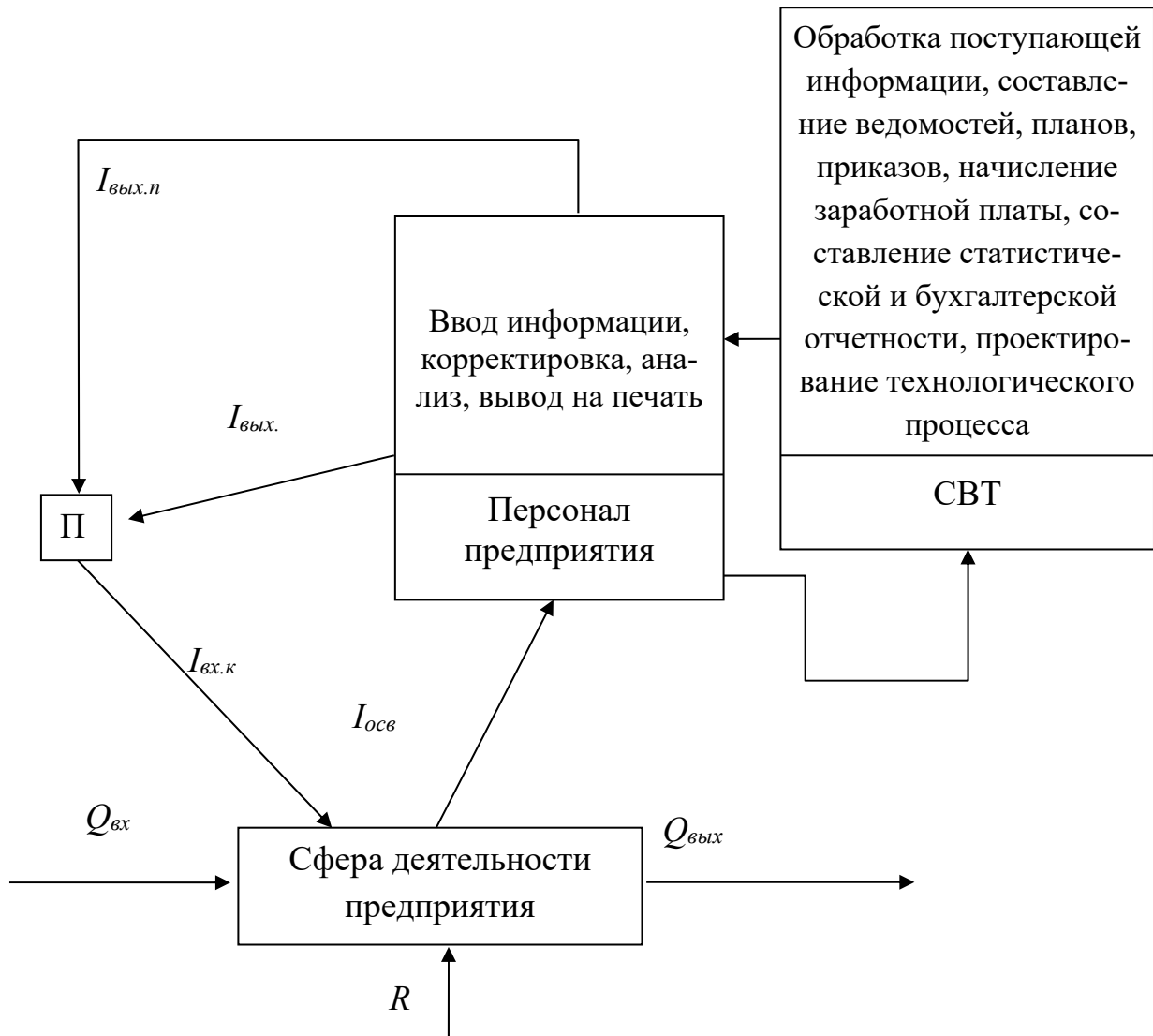


Рис. 2.16. Проектная структура информационной технологии лесопромышленного предприятия

#### 2.8.4.2. Определение комплекса решаемых задач и построение модели предметной области информационного обеспечения. Обоснование вида базы данных

Исходя из цели и задач проектирования, в качестве комплекса решаемых задач рассматриваются процедуры документооборота предприятия. К ним относятся: ввод информации, обновление и поиск данных в базе таксационных описаний технологического назначения, формирование расходного и приходного кассовых ордеров, формирование технологической карты и т. д.

Теоретические положения баз данных приведены в п. 1.2.1. На основе сопоставления достоинств и недостатков рассмотренных структур баз данных в качестве проектной определена реляционная база данных, конкретная структура которой на примере данных по лесорубочным билетам представлена в табл. 2.17. СУБД реляционной базы данных может быть реализована в пакете Microsoft Office (Access) или представлена специализированной базой данных.

Таблица 2.17

Структура реляционной базы данных по лесосекам на арендуемых лесных участках в соответствии с лесной декларацией

Домены Кортежи	Участковое лесничество	№ квартала	№ выдела	№ лесосеки	Площадь	Форма руб- ки	Вид рубки	Хозяйство и далее в со- ответствии с декларацией
Лесной участок № 1	Л11	Л12	Л...	...	...	...	Л1n	Л1n
Лесной участок № 2	Л21	Л22	Л...	...	...	...	...	Л2n
Лесной участок № i	Ли1	Ли2	Лij	...	...	...	...	Лin
Лесной участок № m	Лm1	Лm2	Лmj...	...	...	...	...	Лmn

### 2.8.4.3. Модель информационного процесса на основе сетей Петри

Модель информационного процесса и имитационное моделирование на ее основе используются:

- 1) для оценки достижимости выхода конечных документов;
- 2) для оценки корректности функционирования информационного процесса (свойства живучести и сохранения).

Имитационная модель документооборота предприятия на основе сетей Петри строится по обобщенному информационному уровневому графу  $G(X, \Gamma)$  (см. рис. 2.13) с учетом теоретических положений, изложенных в п. 1.3.3.2. Затем производится адаптация модели документооборота к программе «Сети Петри для Windows» (см. п. 1.3.3.6). Таким образом получаем имитационную модель информационного процесса  $S=(P, T, I, O)$ .

В данной модели входные позиции с  $p_1$  до  $p_{12}$ , а выходные позиции информационного процесса с  $p_{38}$  до  $p_{41}$ . Матрица инцидентности имитационной модели документооборота предприятия представлена в табл. 2.18.

По результатам имитационного моделирования информационного процесса (см. рис. 2.17) с использованием программы «Сети Петри для Windows» (версия 1.0, СЗРЦ НИТ) можно сделать вывод: конечные документы будут сформированы; информационный процесс предприятия будет осуществляться без возникновения тупиковых ситуаций (свойство живучести) и без возникновения новых и уничтожения существующих данных (свойство сохраняемости).

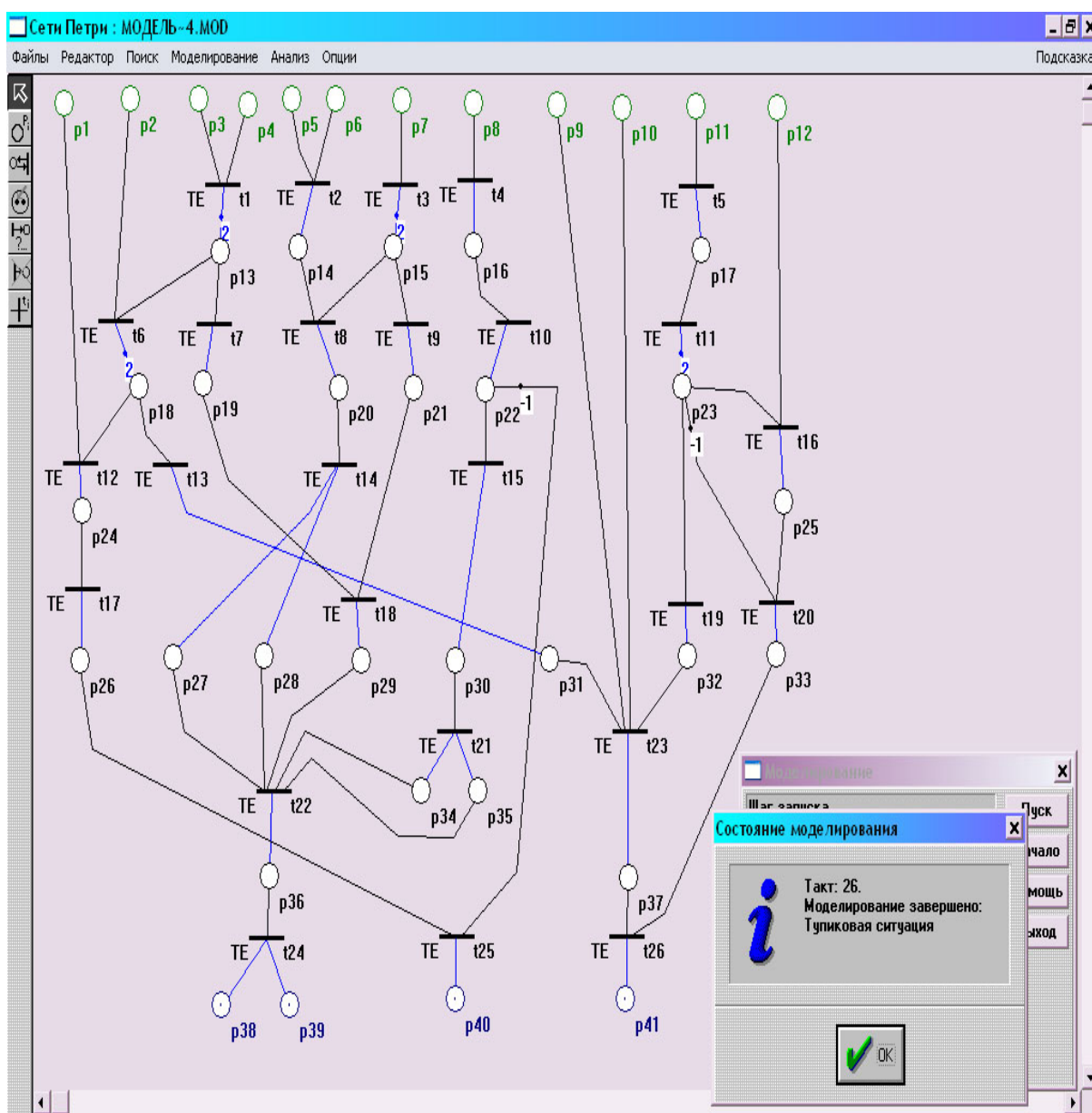


Рис. 2.17. Имитационная модель документооборота предприятия, формализованная сетью Петри

Таблица 2.18

Матрица инцидентности

	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>5</sub>	t <sub>6</sub>	t <sub>7</sub>	t <sub>8</sub>	t <sub>9</sub>	t <sub>10</sub>	t <sub>11</sub>	t <sub>12</sub>	t <sub>13</sub>	t <sub>14</sub>	t <sub>15</sub>	t <sub>16</sub>	t <sub>17</sub>	t <sub>18</sub>	t <sub>19</sub>	t <sub>20</sub>	t <sub>21</sub>	t <sub>22</sub>	t <sub>23</sub>	t <sub>24</sub>	t <sub>25</sub>	t <sub>26</sub>	
p <sub>1</sub>												1															
p <sub>2</sub>						1																					
p <sub>3</sub>	1																										
p <sub>4</sub>	1																										
p <sub>5</sub>		1																									
p <sub>6</sub>		1																									
p <sub>7</sub>			1																								
p <sub>8</sub>				1																							
p <sub>9</sub>																									1		
p <sub>10</sub>																									1		
p <sub>11</sub>					1																						
p <sub>12</sub>																1											
p <sub>13</sub>	-2					1	1																				
p <sub>14</sub>		-1						1																			
p <sub>15</sub>			-2					1	1																		
p <sub>16</sub>				-1						1																	
p <sub>17</sub>					-1						1																
p <sub>18</sub>						-2						1	1														
p <sub>19</sub>							-1												1								
p <sub>20</sub>								-1						1													
p <sub>21</sub>									-1										1								
p <sub>22</sub>										-1					1												-1
p <sub>23</sub>											-2					1				1	-1						
p <sub>24</sub>												-1					1										
p <sub>25</sub>																-1					1						
p <sub>26</sub>																	-1										1
p <sub>27</sub>														-1									1				
p <sub>28</sub>														-1									1				
p <sub>29</sub>																			-1				1				
p <sub>30</sub>															-1							1					
p <sub>31</sub>													-1											1			
p <sub>32</sub>																				-1				1			
p <sub>33</sub>																					-1						1
p <sub>34</sub>																						-1	1				
p <sub>35</sub>																						-1	1				
p <sub>36</sub>																							-1		1		
p <sub>37</sub>																								-1			1
p <sub>38</sub>																									-1		
p <sub>39</sub>																									-1		
p <sub>40</sub>																										-1	
p <sub>41</sub>																											-1

### 2.8.4.4. Обоснование применения Internet (Intranet)-технологии

На основе теоретических положений п. 1.4.3 (целесообразность использования Интернет-ресурсов и лесных порталов для получения

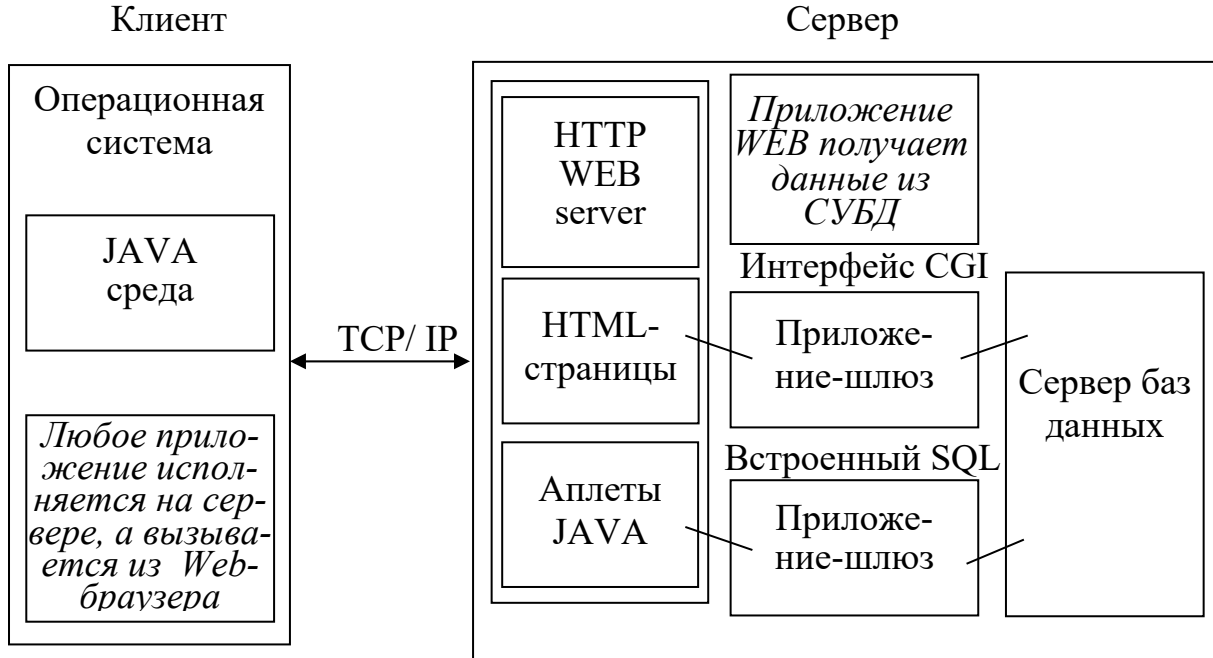


Рис. 2.18. Универсальная схема клиент-сервер для сетей Internet/Intranet

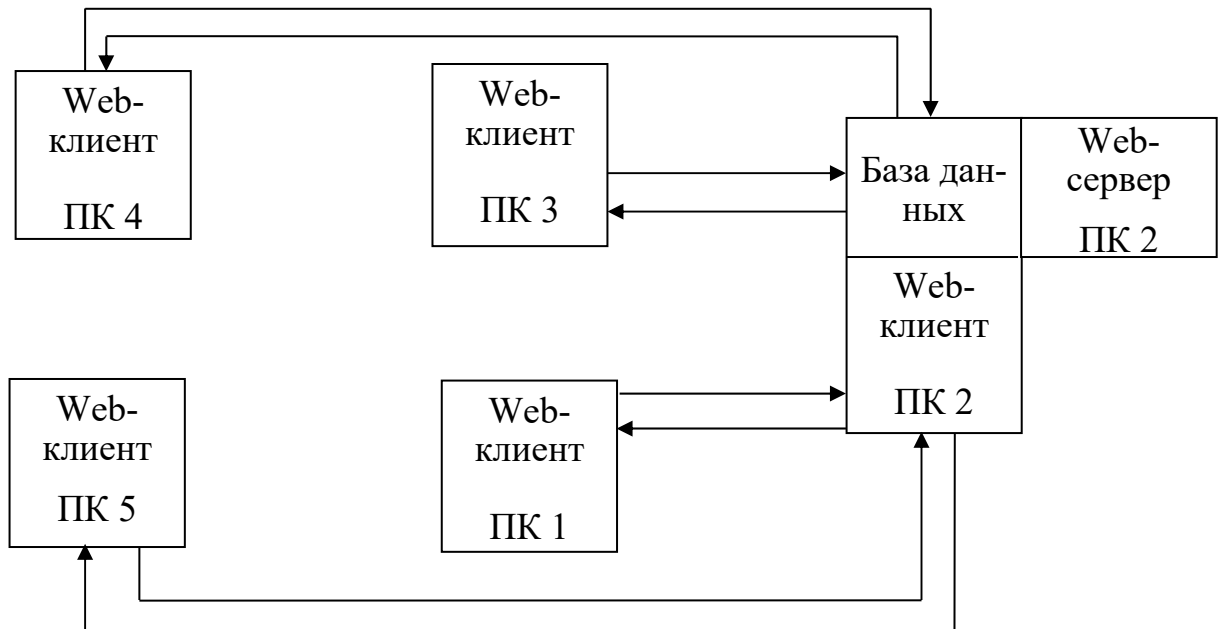


Рис. 2.19. Схема размещения Интранет-приложений предприятия

различной нормативно-справочной информации) и результатов раздела 2.8.4.2 (вывод об использовании реляционной базы данных)

определяется схема Internet/Intranet. Она предполагает возможность использование CGI и WebDBC для обращения к собственной базе данных, Java-апплетов (рис. 2.18) либо иного подхода из известного многообразия активного взаимодействия Web-ресурсами.

Размещение Интранет-приложений по компьютерам предприятия представлено на рис. 2.19. В рамках одноранговой сети Web-сервером и сервером базы данных является персональный компьютер (ПК 2), установленный в кабинете директора (приемной). В связи с проектным обоснованием выхода в Интернет предполагается любой вид точки доступа со скоростью до 1 Гбит/с (см. раздел 1.4.2.5).

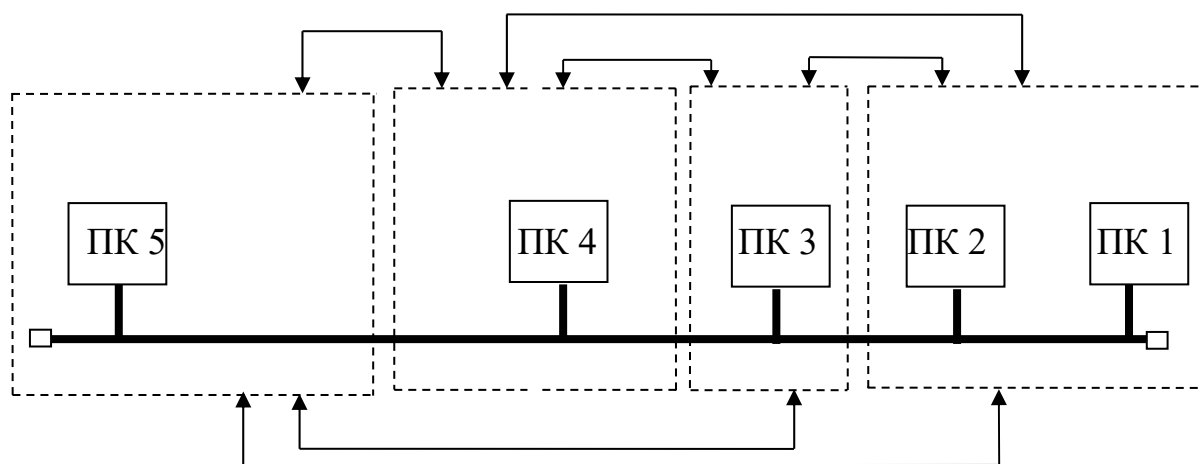


Рис. 2.20. Схема размещения компьютеров предприятия

## 2.8.5. Обоснование технического обеспечения СИО

Синтез технического обеспечения структуры, состава и количества аппаратных и программных средств осуществляется по итогам разделов 2.3.7, 2.7, 2.8.2–2.8.4, где определены предварительно топология и тип сети, количество компьютеров исходя из однородных функциональных групп, конфигурация компьютеров, функции программного обеспечения, Интранет-технология и т.д.

### 2.8.5.1. Синтез аппаратных и программных средств

Схема размещения компьютеров СИО с учетом информационных связей, конфигурации и предполагаемой топологии сети представлена на рис. 2.20.

Программное и аппаратное обеспечение с размещением ПК по отделам имеет следующий вид. Компьютеры ПК 1, ПК 2 – отдел бухгалтерии, конфигурация «Бухгалтер» (см. табл. 2.21); ПК 3 – директор (приемная), конфигурация «Персональный компьютер – база данных»

(см. табл. 2.21); ПК 4 – главный инженер, конфигурация «Бухгалтер» (см. табл. 2.21); ПК 5 – экономический отдел, конфигурация «Бухгалтер» (см. табл. 2.21). Линиями со стрелками показаны информационные связи между компьютерами. На всех ПК установлено типовое ПО под Windows. На ПК-4 производственного отдела и главного инженера приобретаются более современные аналоги существующего программного обеспечения: ARM – лесопользование; Pppgulf – учет лесных участков, адаптированную систему 1С или систему с добавленным учетом сделок по древесине в ЕГАИС и учетом круглых лесоматериалов; GIS для картографии лесных участков. Обобщенная структура СИО по уровням (иерархиям) предприятия представлена на рис. 2.21.

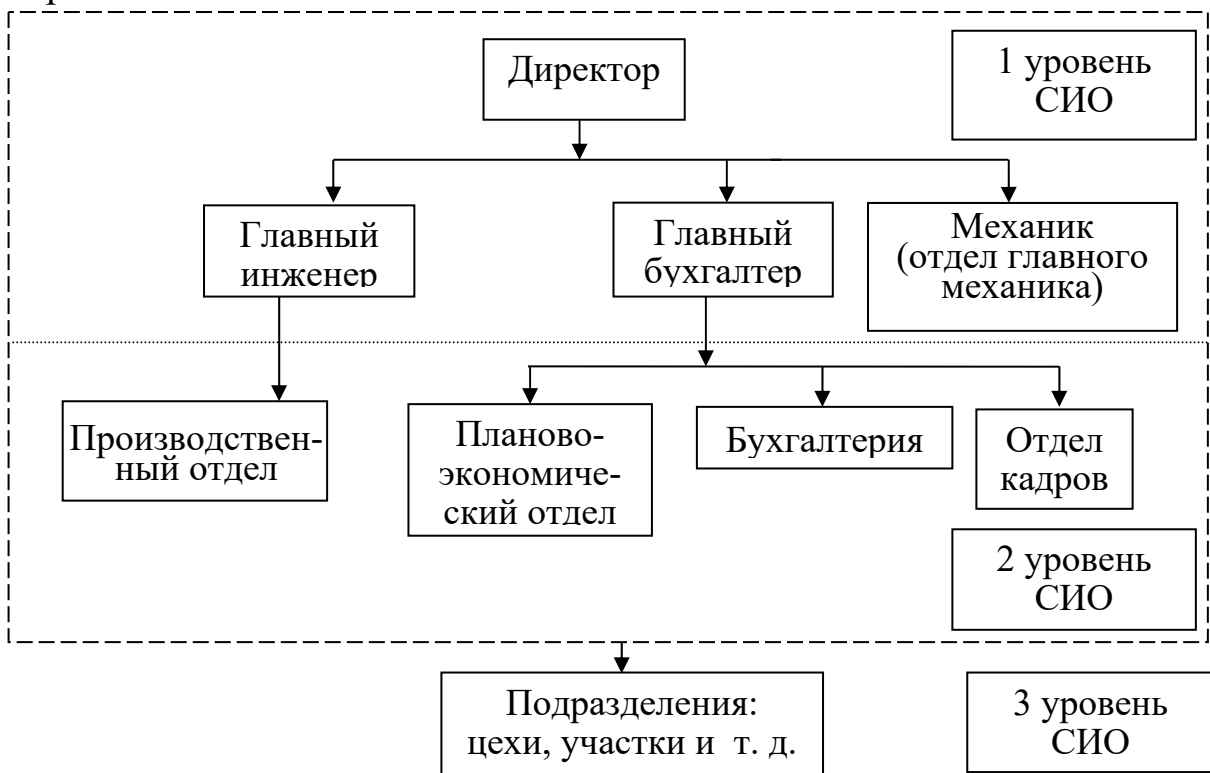


Рис. 2.21. Обобщенная структура СИО по иерархиям предприятия

### 2.8.5.2. Проект локальной сети предприятия

В подразд. 2.7 и п. 2.8.4 определена наиболее эффективная по критериям стоимости и производительности топология беспроводной WiFi сети. Её схема с привязкой конкретных компьютеров приведена на рис. 2.19. Точка доступа в глобальную сеть предполагается на базе WiFi роутера у ПК 3 (приемная директора). Проект (в соответствии с ГОСТ [29, 30]) размещения ПК, периферийного оборудования представлен на рис. 2.22.

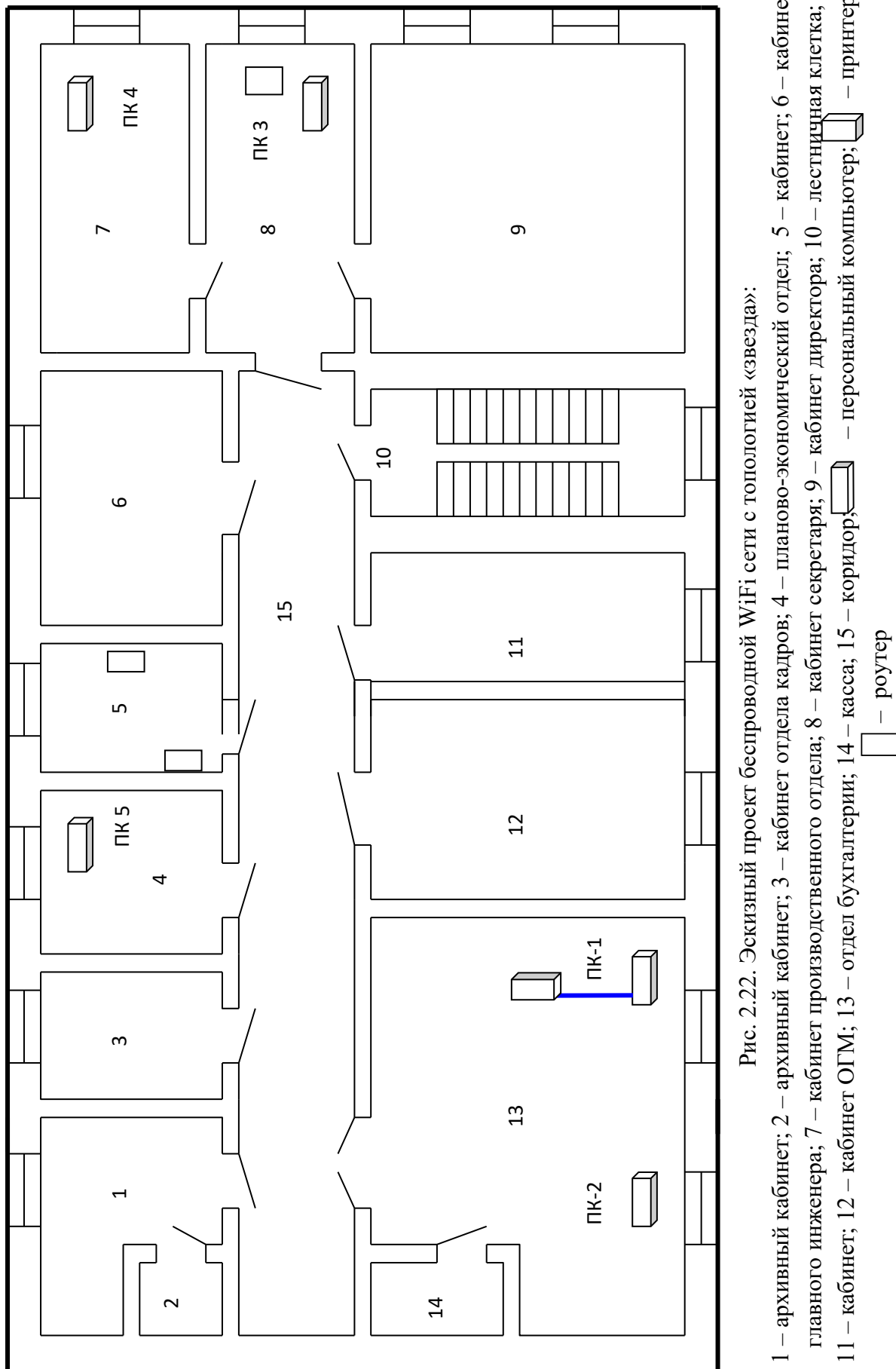


Рис. 2.22. Эскизный проект беспроводной WiFi сети с топологией «звезда»:

1 – архивный кабинет; 2 – архивный кабинет; 3 – кабинет отдела кадров; 4 – планово-экономический отдел; 5 – кабинет; 6 – кабинет главного инженера; 7 – кабинет производственного отдела; 8 – кабинет секретаря; 9 – кабинет директора; 10 – лестничная клетка; 11 – кабинет; 12 – кабинет ОГМ; 13 – отдел бухгалтерии; 14 – касса; 15 – коридор; ПК-1 – персональный компьютер; ПК-2 – принтер; ПК-3 – роутер



Состав комплектующих аппаратного обеспечения и информационной системы предприятия представлен в табл. 2.19.

Таблица 2.19

Состав беспроводной WiFi сети

Наименование комплектующих сети	Ед. изм.	Стоимость единицы, руб.*	Общее кол-во	Сметная стоимость (общая), руб.
1. Персональный компьютер:**				
конфигурация «Бухгалтер»;	шт.		4	
конфигурация «База данных».	шт.		1	
2. Лазерный принтер XEROX DocuPrint P8ex, A4.	шт.		1	
3. Роутер (приводится марка из интернет источников)	шт.		1	
Итого				

Примечания:

\* – стоимость определяется на основе прайслистов дилеров, реализующих соответствующую продукцию;

\*\* – состав и модификация комплектующих ПК определяется на основе конфигураций предлагаемых поставщиками из интернет источников.

## 2.9. Экономическое обоснование проектируемого варианта

На текущий момент не существует современных методик оценки экономической эффективности систем информационного обеспечения предприятий. К положительным прямым (материальным) и косвенным эффектам внедрения СИО относятся: повышение производительности, безбумажный документооборот, исключение ошибок и улучшение качества подготовки документов, принятие оптимальных решений, улучшение условий труда, своевременное обновление и достоверность данных. К отрицательным прямым (материальным) эффектам внедрения СИО относятся дополнительные затраты на техническое обеспечение и обучение персонала.

В существующей практике использования СИО, как правило, возрастает численность персонала (вводятся дополнительные ставки системных администраторов и программистов), не используются

системы выбора оптимальных решений. В этой связи можно посмотреть пример ориентировочной методики [8] определения экономической эффективности, основным эффектом по которой является плановый рост производительности.

Предполагается, что рост производительности обусловлен:

- повышением качества подготовки документов (исключение ошибок, повторов и дублирования документов), вследствие чего сокращается время цикла документооборота;
- снижением временных затрат на подготовку документов и документооборота в целом;
- исключением промежуточного бумажного документооборота и, как следствие, увеличением скорости обмена информацией.

Изложенное обеспечивает без увеличения численности персонала решение информационных задач предприятия в ситуации роста объемов информации (особенно в сферах бухучета и управления лесами) в связи с постоянными изменениями и дополнениями в нормативно-законодательной базе Российской Федерации (изменение видов налогов и процентных ставок, структуры управления в системе Министерства природных ресурсов РФ и т.д.).

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

С течением времени очевидно, что информационное обеспечение лесного комплекса получит дальнейшее развитие на основе Интранет-технологий и современных информационных систем ГИС, АСНИ, АСУ и др.

Наиболее эффективное применение компьютерных информационных технологий может быть обеспечено лишь при условии включения в них оптимизационных подходов для решения различных задач в сфере лесного дела. В этой связи рекомендуется в дальнейшем при продвижении систем информационного обеспечения обратить внимание на развитие приложений в области моделирования и оптимизации объектов лесозаготовок и лесного хозяйства, а также специализированных программных сред, решающих эти задачи.

Основной проблемой является недостаток профессионалов в лесном комплексе, владеющих методами оптимизации и компьютерными ресурсами. Примером этого утверждения является факт того, что при огромном многообразии практически ежедневно обновляющейся информации (стандарты на лесопroduкцию, таможенные правила и пошлины, требования к экспортным поставкам, описание технологий

производства различных видов лесной продукции, справочные материалы по оборудованию лесозаготовок, требования к лесной сертификации и пр.) на лесных порталах Интернет и других лесных Weб-сайтах ее использует весьма ограниченный контингент. Представленные в пособии принципы, методы и методики построения систем информационного обеспечения и более глубокое изучение приведенных литературных источников позволят в определенной мере снять изложенную проблему.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Советов, Б.Я. Информационная технология: учеб. для вузов / Б.Я. Советов. – М.: Высш. шк., 1994. – 368 с.
2. Перегудов, Ф.И. Введение в системный анализ: учеб. пособие для вузов / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М.: Высш. шк., 1989. – 367 с.
3. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей: учеб. пособие для вузов / Е.С. Вентцель. – М.: Высш. шк., 1998. – 576 с.
4. Шеннон, К. Работы по теории информации и кибернетике: пер. с англ. / К. Шеннон. – М.: Иностран. лит-ра, 1963. – 829 с.
5. Якимович, С.Б. Состояние предмета труда и обрабатывающие действия – основа для измерения и синтеза технологических процессов / С.Б. Якимович // Рациональное использование лесных ресурсов: мат. между. науч.-практ. конф. – Йошкар-Ола, 1999. – с. 102-104.
6. Якимович, С.Б. Мультимедиа базы данных руководителя, проектировщика и технолога лесопромышленного производства (МБДР-ЛП): / С.Б. Якимович, С.С. Якимович, С.А. Бутенин // Свидетельство об официальной регистрации базы данных №2001620183. – М.: Бюллетень «Программы для ЭВМ. Базы данных», 2001. – 100 с.
7. Духон, Ю.И. Автоматизация управления в лесной промышленности: монография / Ю.И. Духон, В.А. Марков, Ю.Г. Павлов и др.; Под ред. Ю.И. Духона. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 320 с.
8. Якимович, С.Б. Информационное обеспечение в лесном комплексе: учебное пособие / С.Б. Якимович, А.К. Редькин, В.Е. Степанов. – Йошкар-Ола, МГУЛ-МарГТУ, 2002. – 208 с.
9. Редькин, А.К. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок: учебник для вузов / А.К. Редькин, С.Б. Якимович. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. – 504 с.
10. Симонович, С.В. Информатика: Базовый курс / С.В. Симонович. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2015. – 640 с.
11. Таненбаум, Э. Современные операционные системы: / Э. Таненбаум. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2014. – 1120 с.
12. Колесниченко, О.В. Аппаратные средства РС / О.В. Колесниченко, И.Г. Шишигин, И.В. Соломенчук. – 6-е изд. – СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2010. – 800 с.
13. Таненбаум, Э. Архитектура компьютера: / Э. Таненбаум. – 6-е изд. – СПб.: Питер, 2014. – 816 с.
14. Таненбаум, Э. Компьютерные сети / Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл. – 5-е изд. – СПб.: Питер, 2014. – 960 с.

15. Олифер, В. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Олифер, Н. Олифер. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2014. – 944 с.
16. Wendell Odom, Cisco CCENT/CCNA ICND1 100-101 Official Cert Guide, Academic Edition: / Cisco Press: 800 East 96th Street, Indianapolis, IN 46240, 2013. – 1015 с.
17. Якимович, С.С. Пути миграции от сетей 2G/3G к сетям LTE / С.С. Якимович // Технологии и средства связи. М., 2013 – № 3. – С. 39–41.
18. Якимович, С.С. Развитие современных мультисервисных сетей ШПД / С.С. Якимович // Технологии и средства связи. М., 2013. – № 5 – С. 46–47.
19. Якимович, С.С. Платформы для оптических транспортных сетей следующего поколения, поддерживающие технологии DWDM: / С.С. Якимович // Технологии и средства связи. М., 2014. – № 1 – С. 52–53.
20. Компьютерные сети: учебный курс. Официальное пособие Microsoft для самостоятельной подготовки: пер. с англ. – М.: Русская редакция, 2000. – 511 с.
21. Басакер, Р. Конечные графы и сети: пер. с англ. / Р. Басакер, Т. Саати. – М.: Наука, 1974. – 305 с.
22. Исследование потоков информации с использованием теории графов: метод. ук. / Сост. С.В. Эйсснер, И.П. Шейнова. – Л.: ЛТА, 1983. – 57 с.
23. Питерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем; пер. с англ. / Дж. Питерсон. – М.: Мир, 1984. – 264 с.
24. Address Allocation for Private Internets/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tools.ietf.org/html/rfc1918>.
25. Спейнаурс, С. Справочник Web-мастера; пер. с англ. / С. Спейнаурс, В. Куэрсиа. – Киев: ВНУ, 1997. – 368 с.
26. Border Gateway Protocol:/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Border\\_Gateway\\_Protocol](https://ru.wikipedia.org/wiki/Border_Gateway_Protocol).
27. Интранет: / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Интранет>.
28. Многоуровневая архитектура:/[Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Многоуровневая\\_архитектура](http://ru.wikipedia.org/wiki/Многоуровневая_архитектура).
29. ГОСТ Р 21.1101-2013. Национальный стандарт Российской Федерации. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 11.06.2013 № 156-ст): / М.: 2013. – 72 с.

30. ГОСТ 21.501-2011. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации архитектурных и конструктивных решений. М., 2013. – 45 с.

31. Якимович, С.Б. Моделирование и средства научных исследований в лесопромышленном комплексе на основе LabView: учебное пособие / С.Б. Якимович, Ю.В. Ефимов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. – 93 с.

32. Якимович, С.Б. Тренажер проектировщика технологических схем «Планшет Про», версия 2.0) / С.Б. Якимович, Д.А. Стериопуло // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВТ № 980663. – М.: Бюллетень «Программы для ЭВМ. Базы данных», 1998. – 50 с.

Электронный архив УГЛТУ

Учебное издание

*Якимович Сергей Борисович*  
*Быковский Максим Анатольевич*  
*Якимович Сергей Сергеевич*

**ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ**

ISBN 978-5-94984-622-3



Редактор Н.В. Рощина  
Оригинал-макет С.Б. Якимович  
Оператор компьютерной верстки Е.А. Газеева  
Подписано к использованию  
Уч.-изд. л. 39,5    Усл. печ. л. 12,09  
Тираж 300 экз. (Первый завод 35 экз.)  
Объем 6,64 Мб  
Заказ № 6599

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»  
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37  
Тел.: 8(343)262-96-10. Редакционно-издательский отдел

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ»  
620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2  
Тел.: 8(343)362-91-16