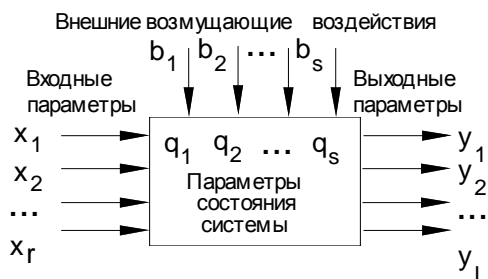


**Е.Г. ЛАВРУШИНА, Н.Л. СЛУГИНА**

**Теория систем и системный анализ**

**Учебное пособие**



---

Владивосток  
Издательство ВГУЭС  
2007

Лаврушина Е.Г., Слугина Н.Л.

ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ: Практикум. –  
Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2007. – 100 с.

Рецензенты: Т.К. Мирошникова, к.э.н., доцент каф. ЭМ ВГУЭС

Е.Г. Юрченко, к.ф.-м.н., доцент каф. ММ ТГЭУ,

Е.В. Осипов, к.т.н., начальник научно-методического  
управления Дальрыбвтуза

В учебном пособии изложены основы теории систем и системного анализа необходимые при исследовании различных междисциплинарных проблем, их системно-синергетических основ и связей теоретические, а также методические и практические вопросы решения конкретных задач с помощью общего системного подхода и методов системного анализа.

Предназначено для студентов специальностей 080801 «Прикладная информатика (в экономике)», 061800 «Математические методы в экономике», 653300 «Эксплуатация транспорта и транспортного оборудования» и 230600 «Домоведение» всех форм обучения.

ББК 65.05

© Издательство Владивостокского  
государственного университета  
экономики и сервиса, 2007

## **Аннотация**

Настоящее учебное пособие содержит теоретический материал и индивидуальные варианты заданий к лабораторным и практическим занятиям по дисциплинам «Теория систем и системный анализ», «Системный анализ в сфере сервиса», а также примеры решения задач и контрольные вопросы по каждой из рассматриваемых тем занятий.

Теоретический материал и практические варианты заданий по каждой рассматриваемой теме составлены таким образом, чтобы обеспечить индивидуализацию работы студента. Это позволяет преподавателю организовать работу, как в малых, так и в больших группах студентов, обучающихся на социально-экономических и технических специальностях при очном, заочном и дистанционном видах обучения.

Учебное пособие предназначено для студентов специальностей 080801 «Прикладная информатика (в экономике)», 061800 «Математические методы в экономике», 653300 «Эксплуатация транспорта и транспортного оборудования» и 230600 «Домоведение» всех форм обучения при изучении дисциплин «Теория систем и системный анализ», «Системный анализ в сфере сервиса» и других родственных дисциплин.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Современный системный анализ является прикладной наукой, нацеленной на выяснение причин реальных сложностей, возникших перед «обладателем проблемы» (обычно это конкретная организация, учреждение, предприятие, коллектив), и на выработку вариантов их устранения. В наиболее развитой форме системный анализ включает и непосредственное, практическое улучшающее вмешательство в проблемную ситуацию.

Системность не должна казаться неким нововведением, последним достижением науки. Системность есть всеобщее свойство материи, форма ее существования, а значит, и неотъемлемое свойство человеческой практики, включая мышление. Однако всякая деятельность может быть менее или более системной. Появление проблемы — признак недостаточной системности; решение проблемы — результат повышения системности.

Желательность и необходимость повышения системности возникает в самых разнообразных областях. В частности, успех в современном бизнесе и менеджменте во многом опирается на оперативный анализ экономической ситуации и выбор оптимального решения из возможных альтернатив, зачастую в условиях неполноты данных и неопределенности ситуаций.

В восьми главах учебного пособия излагаются основные понятия теории систем и методы прикладного системного анализа. Сюда относятся и общие, фундаментальные понятия (система, модель, информация и др.), и важные конкретные понятия (сигналы, измерительные шкалы, «большие» и «сложные» системы, эмерджентность и пр.), и понятия, специфичные для системного анализа. К арсеналу используемых в системном анализе методов относятся и строго формализованные (оптимизация, принятие решений, передача информации), и направленные на формализацию (экспериментальные исследования, построение моделей), и слабо формализованные (экспертные оценки, коллективный выбор), и в принципе неформализуемые операции (формулирование проблем, выявление целей, определение критериев, генерирование альтернатив). Все это объединяется общей методологией, вытекающей из конкретизации диалектического метода, что позволяет определить системный анализ и как прикладную диалектику. В конце каждой главы приводятся вопросы для самопроверки.

Помимо теоретических вопросов в учебном пособии приведен лабораторный практикум, содержащий 8 практических работ, направленных на усвоение теоретических аспектов теории системного анализа, и приобретению навыков анализа и синтеза систем, принятия решений, использованию методов исследования систем.

Структура данных работ включает краткие теоретические выкладки, контрольный пример решения поставленных задач, индивидуальные варианты для работы студентов, контрольные вопросы по теме.

В общей сложности авторами предлагается 139 заданий, разработанных в процессе преподавания дисциплин «Теория систем и системный анализ» и «Системный анализ в сфере сервиса» для студентов специальностей «Прикладная информатика (по областям)», «Эксплуатация транспорта и транспортного оборудования» и «Домоведение» во Владивостокском государственном университете экономики и сервиса на протяжении 8 лет.

Число вариантов заданий по каждой рассматриваемой теме составлено таким образом, чтобы обеспечить индивидуализацию работы студента. Такой подход обеспечивает преподавателю возможность организовать работу, как в малых, так и в больших группах студентов, обучающихся на социально-экономических и технических специальностях при очном, заочном и дистанционном видах обучения.

Все это, по мнению авторов, должно способствовать лучшему пониманию и усвоению изучаемого материала.

Данное учебное пособие предназначено для самостоятельной аудиторной и внеаудиторной работы студентов, обучающихся на таких специальностях как «Прикладная информатика (по областям)», «Математические методы в экономике», «Эксплуатация транспорта и транспортного оборудования» и «Домоведение», и может быть использовано при изучении таких дисциплин, как «Теория систем и системный анализ», «Системный анализ в сфере сервиса», «Системный анализ в экономике» др.

Авторы надеются, что данное учебное пособие будет интересно и полезно не только тем, кому оно непосредственно адресовано, но и всем, кто желает начать интереснейшее путешествие в мир исследование систем.

## ***Учебное пособие***

## Тема №1

# СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Системные исследования** представляют собой совокупность научных теорий, концепций и методов, в которых объект исследования рассматривается как система.

*Объектом системных исследований* являются системы, представляющие множество взаимосвязанных элементов, выступающих как единое целое со всеми присущими ему внутренними и внешними связями и свойствами.

*Основные методологические особенности системных исследований:*

1. Для системных исследований характерен особый тип изучаемой действительности – она является, как правило, многоплоскостной. (решается ряд различных задач, отнесенных нередко к удаленным друг от друга научным дисциплинам).

2. Возможность и необходимость использования методов и средств различных наук в одном системном исследовании выдвигает проблему предметной отнесенности, т.е. выявление того, насколько адекватна та или иная группа средств данному предмету исследования.

3. Высокая степень абстрактности системных исследований создает для каждого из таких исследований большие возможности построения эмпирического материала. С одной стороны широта эмпирической области позволяет быстро получать теоретические выводы, с другой – она является препятствием, когда надо осуществить переход от абстрактных теоретических систем к получению заданных предметом результатов.

*В системных исследованиях выделяют три аспекта:*

- разработка теоретических основ системного подхода;
- построение адекватного системному подходу исследовательского аппарата (формальная сфера);
- приложение системных идей и методов (прикладная сфера).

Существуют «мягкая системная методология» и «жесткая системная методология».

Общая схема **«мягкой системной методологии»** включает семь основных стадий процесса:

1. Осознание наличия проблемной ситуации и аккумуляция возможно более полной информации, характеризующей эту ситуацию.

2. Фиксация проблемной ситуации в виде некоторого описания.

3. Выработка «основных определений» соответствующей системы, отражающей зафиксированную проблемную ситуацию.

4. Создание и тестирование концептуальных моделей, направленных на определение способов полного или частичного разрешения рассматриваемой проблемы.

5. Сравнение и сопоставление результатов моделирования с описанием проблемной ситуации.

6. Определение на основе проведенного на предыдущем этапе сопоставления комплекса осуществимых и желательных изменений в исходной ситуации.

7. Действия субъекта по практическому осуществлению этих изменений.

Согласно П.Чекленду наиболее важные в методологическом плане стадии – третья и четвертая. Адекватное «основное определение» системы должно включать, как минимум, шесть элементов, обозначаемых символом CATWOE (Рис.1.1).

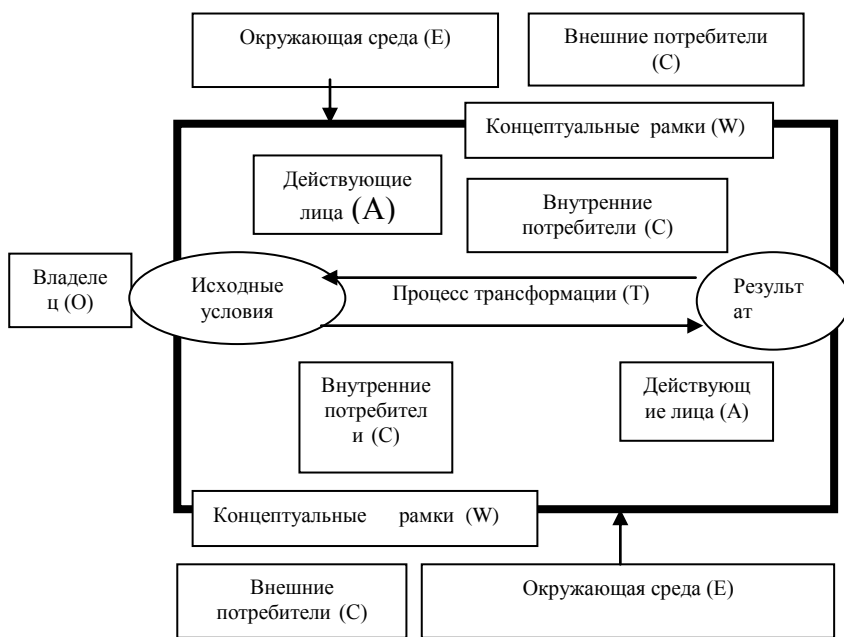


Рис.1.1. Элементы «основного определения»

Центральным элементом является процесс трансформации (Т), посредством которого заданные исходные условия преобразуются в заданный результат. Следующий элемент – владелец системы (О). Внутри самой системы выделяют действующие лица (А), осуществляющие основные виды деятельности данной системы. Внутри и вне системы находятся внутренние и внешние потребители (С)



системы, на которых осуществляемая системой и в системе деятельность оказывает влияние. Пятый элемент – ограничения со стороны окружающей среды – Е. Шестой элемент – это концептуальные рамки, позиции, предпосылки, которые делают осмысленными вырабатываемые «основные определения».

В основе **«жесткой системной методологии»** лежит определение альтернативных способов достижения заданной цели и выбор альтернативы, удовлетворяющей заданным критериям. Для этого создается модель, позволяющая генерировать и сравнивать различные альтернативы.

Основанная особенность и отличие «мягкого системного подхода» состоит в том, что он включает фазу сравнения, сопоставления моделей с описанием исходной проблемной ситуации.

**Специфика системного исследования** определяется выдвижением новых принципов подхода к объекту изучения. В самом общем виде этот подход выражается в стремлении построить целостную картину объекта и характеризуется следующими положениями:

- при исследовании объекта как системы описание элементов не носит самодовлеющего характера, поскольку элемент описывается с учетом его места в целом;
- один и тот же материал выступает в системном исследовании как обладающий одновременно разными характеристиками, параметрами, функциями и даже различными принципами строения. Одним из проявлений этого является иерархичность строения системы;
- исследование системы неотделимо от исследования условий ее функционирования;
- специфической для системного подхода является проблема порождения свойств целого из свойств элементов, и наоборот, порождения свойств элементов из характеристик целого;
- источник преобразования системы или ее функций лежит обычно в самой системе, поскольку это связано с целесообразным характером функционирования систем. Существенная черта целого ряда системных объектов состоит в том, что они являются не просто системами, а самоорганизующимися системами. С этим связана и другая особенность, присущая многим системным исследованиям: наличие у системы некоторого множества индивидуальных характеристик.

## **Контрольные вопросы**

1. Раскройте понятие системного исследования.
2. Что является объектом системных исследований?

3. Раскройте методологические особенности системных исследований.

4. Назовите различие «мягкой» системной методологии и «жесткой» системной методологии.

5. Перечислите стадии процесса «мягкой» системной методологии.

6. Опишите элементы «основного определения» системы согласно П. Чекленду.

7. Раскройте специфику системного исследования.

## Тема №2

# СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД

**Системный подход представляет собой** совокупность методов и средств, позволяющих исследовать свойства, структуру и функции объектов и процессов в целом, представив их в качестве систем со сложными межэлементными взаимосвязями, взаимовлиянием самой системы на ее структурные элементы.

Системный подхода заключается в рассмотрении элементов системы как взаимосвязанных и взаимодействующих для достижения глобальной цели функционирования системы. Особенностью системного подхода является оптимизация функционирования не отдельных элементов, а всей системы в целом.

### **Основные преимущества системного подхода:**

- Высвечивается то общее в различных объектах и процессах, что затеняется различными деталями и трудно обнаруживается, пока не отброшены частности.
- Методы принятия решений переносятся из одних функциональных областей в другие;
- Не допускается переоценка возможностей отдельных методов при принятии решений, например, только математического моделирования в ущерб экспертным оценкам. Другими словами, исключается «снятие» всех проблем с использованием одного инструмента;
- Осуществляется синтез знаний из различных наук;
- В проекты вводится информационное описание системы (виды, объемы, назначение и пути прохождения информации) и разрабатывается процесс сбора и обработки данных и информации;
- Возникает объективная основа для выбора необходимых направлений дальнейшего развития исследований в области, к которой относится проектируемая система.

### **Принципы системного подхода:**

*Единства* – совместное рассмотрение системы как единого целого и как совокупность частей;

*Развития* – учет изменяемости системы, ее способности к развитию, накоплению информации с учетом динамики среды;

*Глобальной цели* – ответственность за выбор глобальной цели, оптимум подсистем не является оптимумом всей системы;

*Функциональности* – совместное рассмотрение структуры системы и функций с приоритетом функций над структурой;

*Сочетания децентрализации и централизации;*

*Иерархии* – учет соподчинения и ранжирования частей;

*Неопределенности* – учет вероятностного наступления событий;

*Организованности* - степень выполнения решений и выводов.

**Этапы системного подхода:**

1. Выделение объекта исследования из общей совокупности процессов, очертание контура и границ системы, ее элементов, связей со средой; установление цели исследования, выяснение структуры и функций системы; выделение главных свойств элементов и системы в целом, установление их соответствий;

2. Определение основных критериев эффективного функционирования системы, а также основных ограничений и условий функционирования;

3. Определение вариантов структур и элементов, учет основных факторов, влияющих на систему;

4. Составление модели системы;

5. Оптимизация функционирования системы по достижению цели;

6. Определение оптимальной схемы управления системой;

7. Установление надежной обратной связи по результатам функционирования, определение работоспособности и надежности функционирования систем.

*Методология системного подхода* опирается на доминирующую роль целого по отношению к составным частям элементов. В системном подходе мысль движется от целого к составным частям, от системы к элементам, от сложного к простому явлению, и целое определяет характер и специфику элементов и частей, входящих в состав данного целого.

**Современное развитие системного подхода** идет в трех направлениях:

- системология как теория систем;
- системотехника как практика;
- системный анализ как методология.

*Системология* понимается как наука:

- о методах системного исследования окружающего нас мира (объектов, процессов, явлений);

- о системах различной природы и различного назначения, изучаемых с позиции целостного (интегрированного) восприятия происходящих процессов;

- о выявлении присущих системам общих и частных закономерностей и использовании их для анализа и познания существующих систем и для создания более совершенных систем, обеспечивающих более эффективное достижение поставленных целей.

*Системотехника* - научное планирование, проектирование, оценка и конструирование систем человек – машина.

Системотехника вызвана к жизни появлением больших технических систем, которые могут иметь огромное количество разнообразных составляющих, часто разбросанных по обширной территории и объединенных в одно целое средствами автоматизированного управления, что требует высокой скорости переработки информации.

Цель создания системотехники - "сократить разрывы во времени между научными открытиями и их приложением и между возникновением человеческих потребностей и производством новых систем, призванных удовлетворить эти потребности".

Методологией системотехники является методология системного подхода - методология планирования, разработки и создания систем как единого целого.

Создателем системы является системотехник - специалист широкого профиля, способный объединить специалистов разных специальностей, связать множество решений частных задач в единое, подчинив общей цели.

*Системный анализ* является родственным к системотехнике направлением, но обычно понимается более широко, охватывая нетехнические вопросы проектирования, организации и управления.

Объектами его исследования являются большие и сложные системы, которые являются одновременно открытыми (взаимодействующими с внешней средой) и в состав которых входит человеческий фактор.

Основу методологии системного анализа так же составляет системный подход, для которого определяющим является представление о целостности исследуемых, проектируемых и синтезируемых объектов. Методологически системный анализ направлен на исследование причин сложности систем и их устранения.

### **Контрольные вопросы**

1. Что представляет собой системный подход?
2. Как в системном подходе рассматриваются элементы системы?
3. Перечислите преимущества системного подхода.
4. Раскройте основные принципы системного подхода.
5. Перечислите и опишите этапы системного подхода.
6. Что рассматривает наука «системология»?
7. Назовите цель создания системотехники.
8. Какие задачи решает специалист системотехник?
9. Что является объектом системного анализа?

## Тема №3

# ТЕОРИЯ СИСТЕМ. СИСТЕМА. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ

### 3.1 Теория систем как междисциплинарная наука

По мере развития системных исследований становилось все более очевидным, что речь идет не об утверждении какой-то единственной концепции, претендующей на общенаучное значение, а о новом направлении исследовательской деятельности, о выработке новой системы принципов научного мышления, о формировании нового подхода к объектам исследования.

Общая теория систем в ее нынешнем состоянии рассматривается, как совокупность различных моделей и способов описания систем разного рода. Среди них выделяются, прежде всего, качественные системные концепции. Их общая сторона состоит в выделении и фиксации самой "системной действительности" в ее первоначальном расчленении. Строить на этой основе концепции можно различными путями:

- выявлением *изоморфизмов* (сходных по форме) законов в разных научных областях и построении на этой основе обобщенных научных моделей;
- разбиением изучаемой научной действительности на ряд связанных друг с другом (по горизонтали или вертикали) системных сфер, которые иногда называют структурными уровнями.

Более перспективными на нынешнем уровне развития представляются попытки построения теоретических моделей отдельных типов системных объектов. Весомый вклад в решении этой задачи внесли: Л. фон Берталанфи - модель открытой системы; У. Росс Эшби - методы и принципиальные возможности исследования, основанные на подходе к объекту как черному ящику; Р. Акофф - модели организации; И. Клир - способы кибернетического исследования систем; модели многоуровневых многоцелевых систем - М. Месарович.

Каждая такая проблема требует для своего решения соответствующих методов - не только содержательных, но и формальных. К содержательным концепциям ОТС примыкают формальные варианты этой теории. В этом проявляется наибольшее многообразие подходов и позиций: М. Месарович (США) стремится построить математическое основание ОТС; М. Тод и Э. Шуфорд - теоретико-вероятностный анализ структуры систем; У. Росс Эшби - теоретико-множественную концепцию гомеостазиса (совокупность сложных приспособлений, направленных на поддержание равновесия).

В результате определился ряд перспективных направлений, которые решают основные задачи теории систем.

*Кибернетика*, базирующаяся на принципе обратной связи и вскрывающая механизмы целенаправленного и самоконтролируемого поведения;

*Теория информации*, вводящая понятие информации как некоторого количества и развивающая принципы передачи информации;

*Теория игр*, анализирующая в рамках особого математического аппарата рациональную конкуренцию двух или более противодействующих сил с целью достижения максимального выигрыша и минимального проигрыша;

*Теория решений*, анализирующая аналогично теории игр рациональные выборы внутри человеческих организаций, на основе рассмотрения данной ситуации и ее возможных исходов;

*Топология*, или реляционная математика, включающая не метрические области, такие, как теория сетей и теория графов;

*Факторный анализ*, т.е. процедуры изоляции посредством использования математического анализа факторов в много переменных явлениях в различных областях знания;

*Общая теория систем* в узком смысле, пытающаяся вывести из общего определения понятия "система" - комплекса взаимодействующих компонентов - ряд понятий, характерных для организованных объектов: взаимодействие, сумма, централизация, конкуренция и другие.

Поскольку теория систем в широком смысле является по своему характеру фундаментальной междисциплинарной наукой, она имеет прикладную сферу, включающую ряд областей:

- *системотехнику* (Systems Engineering), т.е. научное планирование, проектирование, оценку и конструирование систем человек - машина;

- *исследование операций* (Operations research), т.е. научное управление существующими системами людей, машин материалов, финансов и т.д.;

- *инженерную психологию* (Human Engineering), т.е. анализ приспособления систем, и, прежде всего, машинных систем, для достижения максимума эффективности при минимуме денежных и иных затрат.

Перечисленные теории имеют определенные общие черты:

1. Они сходны в том, что необходимо как-то решать проблемы, характерные для многих наук.

2. Эти теории вводят новые понятия и модели, например, обобщенное понятие системы, понятие информации (сравнимой по значению с понятием энергии в физике).

3. Эти теории, как указывалось выше, имеют дело преимущественно со многими переменным.

4. Вводимые этими теориями модели являются междисциплинарными по своему характеру и далеко выходят за пределы сложившихся областей научного знания.

5. Вводятся такие понятия, как целостность, организация, направленность движения или функционирования, за которыми в механистической науке закрепилось представление как о ненаучных или метафизических.

Одной из наиболее веских причин разработки общей теории систем является проблема связи между различными научными дисциплинами. Хотя и существует аналогия между основными методами исследований, каждый из которых является научным методом, результаты исследований в одной области не так часто пересекают границы данной научной дисциплины. Понятия и гипотезы, разработанные в одной научной области, редко применяются в других областях, где они могли бы, возможно, привести к значительным достижениям.

Одним из возможных подходов к созданию общей теории систем может служить отбор явлений, касающихся одновременно различных дисциплин, и построение отражающих эти явления общих моделей. Другой подход заключается в построении главной иерархии уровней сложности для основных типов систем в различных реальных областях. Это связано с определением уровня абстрагирования при представлении каждого уровня иерархии.

Подход, основанный на иерархии уровней, приводит к понятию "системы систем", применяемому в большинстве предпринимательских и других организаций. Уровни подхода следующие:

1. Уровень статической структуры. Он мог бы называться уровнем "основ". Описание этой структуры служит началом систематизированных теоретических знаний почти в любой области науки, так как невозможно создать точную функциональную или динамическую теорию, не имея достоверного описания статических взаимоотношений.

2. Уровень иерархии систем. Это уровень простой динамической системы с предопределенными, обязательными изменениями. Он может быть назван уровнем "часового механизма". Большая часть теоретических положений в физике, химии, и даже в экономике, относится к этой категории.



### 3.2. Общие понятия теории систем. Система

Центральным понятием системного анализа является понятие "система". **Система** это совокупность элементов (подсистем). При определенных условиях элементы сами могут рассматриваться как системы, а исследуемая система - как элемент более сложной системы.

Связи между элементами в системе превосходят по силе связи этих элементов с элементами, не входящими в систему. Это свойство позволяет выделить систему из среды.

Для любой системы характерно существование интегративных качеств (свойство эмерджентности), которые присущи системе в целом, но не свойственны ни одному ее элементу в отдельности: систему нельзя сводить к простой совокупности элементов.

Система всегда имеет **цели**, для которых она функционирует и существует.

Т.е. система это совокупность (множество) отдельных объектов с неизбежными связями между ними. Если мы обнаруживаем хотя бы два таких объекта: учитель и ученик в процессе обучения, продавец и покупатель в торговле, телевизор и передающая станция в телевидении и т. д. - то это уже система

Наблюдатель - лицо, представляющее объект или процесс в виде системы. Следует отметить, что на разных этапах представления объектов в виде систем можно пользоваться разными определениями, учитывая конкретные особенности проблемы, ради решения которой создается система.

**Объект** (элемент). Под элементом принято понимать простейшую неделимую часть системы. В общем виде имеется неограниченное множество таких частей, способ выделения которых зависит от формулировки целей анализа и построения системы. Если в качестве элемента системы приняты понятия, связанные между собой определенными отношениями, то имеем дело с символическими (абстрактными) системами. Примером таких систем служат языки, системы исчисления, алгоритмы. Резальные (вещественные, физические) системы включают в себя по меньшей мере два физических объекта. Создание реальной системы означает, что она синтезируется из некоторых компонентов в следующем порядке: замысел системы, анализ и выделение компонентов, конструирование, компоненты, объединение компонентов в единое целое.

**Подсистемы.** Система может быть расчленена на элементы не сразу, а путем последовательного деления на подсистемы. Подсистемы сами являются системами и к ним, следовательно, относится все, что сказано о системе, в том числе и о ее целостности.

Этим подсистема отличается от простой совокупности элементов, не объединенных целью и свойством целостности.

**Структуры.** Система может быть представлена простым перечислением элементов, либо заданием свойства принадлежности к некоторому множеству, либо последовательным расчленением на подсистемы, компоненты, элементы с взаимосвязями между ними, В последнем случае вводится понятие "структура", которое отражает наиболее существенные взаимосвязи между элементами и их группами. Данные взаимосвязи обеспечивают существование системы и ее основных свойств. Структурные свойства обладают относительной независимостью от элементов и могут выступать как инвариант при переходе от одной системы к другой, перенося закономерности, выявленные в одной из них, на другую (даже если эти системы имеют разную физическую природу). Структура может быть представлена графическим отображением, теоретико-множественным отношением, в виде матриц. Вид представления системы зависит от цели отображения.

**Функция.** Это деятельность, работа, внешнее проявление свойств какого-либо объекта в данной системе отношений. Функции классифицируются по различным признакам в зависимости от целей исследования.

**Свойства.** Это качества параметров объектов, т.е. внешние проявления того способа, с помощью которого получают знания об объекте. Свойства дают возможность описывать объекты системы количественно, выражая их в единицах, имеющих определенную размерность. При этом они могут изменяться в результате функционирования системы.

**Связь.** Это понятие входит в любое определение, системы и обеспечивает возникновение и сохранение структуры и целостных свойств системы, характеризует как ее строение, так и функционирование. Связи характеризуются направлением (направленные - ненаправленные; прямые и обратные), силой (слабые - сильные), характером (связи подчинения, порождения, равноправия, управления). Предполагается, что связи существуют между всеми системными элементами и подсистемами.

**Состояние.** Мгновенная характеристика (остановка в развитии) системы, которая обеспечивает определение знания свойств системы в конкретный момент времени. Состояние определяется либо через входные воздействия и выходные результаты, либо через общесистемные свойства.

**Поведение.** Изменение состояния системы, исходом которого является некоторый результат, называют поведением системы. В основном термин "поведение" относят к человеко-машинным или

организационным системам. Для технических систем обычно говорят о процессах в системе.

**Равновесие.** Данное понятие определяется как способность системы в отсутствии внешних возмущений сохранять свое состояние неопределенно длительное время.

**Устойчивость.** Под устойчивостью понимается способность системы возвращаться в состояние равновесия после воздействия внешних возмущений. Состояние равновесия, в которое система способна возвращаться, называется устойчивым состоянием равновесия. Для технических систем понятие устойчивости может быть определено строго. Для человеко-машинных и организационных систем это понятие в значительной степени определяется качественно.

**Развитие.** Под развитием будем понимать последовательное изменение состояний системы от некоторого зафиксированного момента времени. Характер этих изменений определяется процессами, идущими в системе, взаимодействием с окружающей средой. Изменения могут быть монотонными, скачкообразными, с повторением уже пройденных состояний (циклическое развитие).

**Цель.** Это одно из ключевых понятий системного анализа, лежащее в основе развития системы и обеспечивающее ее целенаправленность (целесообразность). Цель можно определить как желаемый результат деятельности, достижимый в пределах некоторого интервала - времени. Цель становится задачей, стоящей перед системой, если указан срок ее достижения и конкретизированы количественные характеристики желаемого результата. Цель достигается в результате решения задачи или ряда задач, если исходная цель может быть подвергнута разделению на некоторую совокупность более простых (частных) подзадач. Цель - это идеальный результат деятельности в будущем определяет то, ради чего создают систему.

Системы имеют также определенные **закономерности**:

**Целостность и обособленность.** Если каждая часть так соотносится с каждой другой частью, что изменения в некоторой части вызывают изменения во всех других частях и в системе целом, то говорят, что система ведет себя как целостность или как некоторое связанное образование. Если же этого не происходит, то такое поведение называется обособленным. Если в процессе развития изменения в системе приводят к постепенному переходу от целостности к обособленности, то система подвержена прогрессирующей изоляции.

**Коммуникативность.** Большинство систем существуют не в изоляции, а связаны множеством коммуникаций (отсюда - коммуникативность) с внешней средой.

**Иерархичность.** Под иерархией понимается последовательная декомпозиция исходной системы на ряд уровней с установлением отношения подчиненности нижележащих уровней вышележащим.

### 3.3. Признаки систем

Основные признаки систем следующие:

- *целостность, связанность или относительная независимость от среды и систем.* С исчезновением связанности исчезает и система, хотя элементы системы и даже некоторые отношения между ними могут быть сохранены;
- *наличие подсистем и связей между ними или наличие структуры системы.* С исчезновением подсистем или связей между ними может исчезнуть и сама система;
- *возможность обособления или абстрагирования от окружающей среды,* т.е. относительная обособленность от тех факторов среды, которые в достаточной мере не влияют на достижение цели;
- *связи с окружающей средой* по обмену ресурсами;
- *подчиненность всей организации системы некоторой цели;*
- *эмерджентность* или несводимость свойств системы к свойствам элементов;
- *увеличение разнообразия типов частей системы,* выполняемых ими функций, что обуславливает различия в их абсолютной стоимости;
- *усложнение функционирования;*
- *сложность поведения, нелинейность характеристик;*
- *повышение уровня автоматизации,* означающее, в частности, увеличение степени относительной самостоятельности системы в ее поведении;
- *нерегулярное, статистически распределенное во времени поступление внешних воздействий;*
- *наличие в ряде случаев состязательного момента,* т.е. такого функционирования системы, при котором необходимо учитывать конкуренцию отдельных частей;
- *многоаспектность* (техническая, экономическая, социальная, психологическая);
- *контринтуитивность* (причина и следствие жестко однозначно не связаны ни во времени, ни в пространстве);
- *нелинейность* (синергетика).

### 3.4. Классификация систем

Системы разделяются на классы по различным признакам, и в зависимости от решаемой задачи можно выбрать разные принципы

классификации. При этом систему можно охарактеризовать одним или несколькими признаками. Чаще всего системы классифицируются следующим образом:

- *по виду научного направления* - математические, физические, химические и т. п.;

- *по степени определенности функционирования*: детерминированные и вероятностные. Детерминированной называют систему, если ее поведение можно абсолютно точно предвидеть. Система, состояния которой зависят не только от контролируемых, но и от неконтролируемых воздействий или если в ней самой находится источник случайности, носит название *вероятностной*. Приведем пример стохастических систем, это - заводы, аэропорты, сети и системы ЭВМ, магазины, предприятия бытового обслуживания и т.д.

- *по степени организованности* - хорошо организованные, плохо организованные (диффузные), самоорганизующиеся системы.

- *по происхождению* различают системы естественные, созданные в ходе естественной эволюции и в целом не подверженные влиянию человека (клетка), и искусственные, созданные под воздействием человека, обусловленные его интересами и целями (машина).

- *по основным элементам* системы могут быть разделены на абстрактные, все элементы которых являются понятиями (языки, философские системы, системы счисления), и конкретные, в которых присутствуют материальные элементы.

- *по взаимодействию со средой* различают системы замкнутые и открытые. Замкнутая система в процессе своего функционирования использует только ту информацию, которая вырабатывается в ней самой (система кондиционирования воздуха в замкнутом объеме). В открытой системе функционирование определяется как внутренней, так и внешней, поступающей на входы, информацией. Большинство изучаемых систем являются открытыми, т.е. они испытывают воздействие среды и реагируют на него и, в свою очередь, оказывают воздействие на среду.

- *по степени сложности* различают простые, сложные и очень сложные системы. *Простые* системы характеризуются небольшим числом элементов, связи между которыми легко поддаются описанию (средства механизации, простейшие организмы). *Сложные* системы состоят из большого числа элементов и характеризуются разветвленной структурой, выполняют более сложные функции. Изменения отдельных элементов и (или) связей влечет за собой изменение многих других элементов. Но все же отдельные конкретные состояния системы могут быть описаны (автоматы, ЭВМ, галактики). *Очень сложные* системы

характеризуются большим числом разнообразных элементов, обладают множеством структур, не могут быть полностью описаны (мозг, хозяйство).

- *по естественному разделению* системы делятся на: технические, биологические, социально-экономические. *Технические* – это искусственные системы, созданные человеком (машины, автоматы, системы связи). *Биологические* – различные живые организмы, популяции, биогеоценозы и т.п. *Социально-экономические* – системы существующие в обществе, обусловленные присутствием и деятельностью человека (хозяйство, отрасль, бригада и т.п.).

- *по определению выходных сигналов.* Динамические системы характеризуются тем, что их выходные сигналы в данный момент времени определяются характером входных воздействий в прошлом и настоящем (зависит от предыстории). В противном случае системы называют статическими. Примером динамических систем является биологические, экономические, социальные системы; такие искусственные системы как завод, предприятия, поточная линия и т.д.

- *по изменению во времени.* Если вход и выход системы измеряется или изменяется во времени дискретно, через шаг  $t$ , то система называется *дискретной*. Противоположным понятием является понятие *непрерывной системы*. Например: ЭВМ, электронные часы, электросчетчик - дискретные системы; песочные часы, солнечные часы, нагревательные приборы и т.д. - непрерывные системы.

- *По типу организации:* централизованные (однополюсные, иерархические, биполярные с входным и выходным полюсами); децентрализованные (многополюсные сети, сети без полюсов с различной произвольной топологией; матричные сети с регулярной топологией, сети смешанной топологии: регулярной и произвольной)

- *По составу функций:* одно- или многофункциональные, с постоянным или переменным составом функций;

Объектом изучения системного анализа являются в большинстве своем стохастические открытые сложные и очень сложные системы любого происхождения.

Рассмотрим некоторые виды систем более подробно.

**Хорошо организованные** системы. Представить анализируемый объект или процесс в виде «хорошо организованной системы» означает определить элементы системы, их взаимосвязь, правила объединения в более крупные компоненты, т. е. определить связи между всеми компонентами и целями системы, с точки зрения которых рассматривается объект или ради достижения которых создается система. Проблемная ситуация может быть описана в виде математического выражения, связывающего цель со средствами, т. е. в виде критерия эффективности, критерия функционирования системы,

который может быть представлен сложным уравнением или системой уравнений. Решение задачи при представлении ее в виде хорошо организованной системы осуществляется аналитическими методами формализованного представления системы.

Примеры хорошо организованных систем: солнечная система, описывающая наиболее существенные закономерности движения планет вокруг Солнца; отображение атома в виде планетарной системы, состоящей из ядра и электронов; описание работы сложного электронного устройства с помощью системы уравнений, учитывающей особенности условий его работы (наличие шумов, нестабильности источников питания и т. п.). Для отображения объекта в виде хорошо организованной системы необходимо выделять существенные и не учитывать относительно несущественные для данной цели рассмотрения компоненты: например, при рассмотрении солнечной системы не учитывать метеориты, астероиды и другие мелкие по сравнению с планетами элементы межпланетного пространства.

Описание объекта в виде хорошо организованной системы применяется в тех случаях, когда можно предложить детерминированное описание и экспериментально доказать правомерность его применения, адекватность модели реальному процессу. Попытки применить класс хорошо организованных систем для представления сложных многокомпонентных объектов или многокритериальных задач плохо удаются: они требуют недопустимо больших затрат времени, практически нереализуемы и неадекватны применяемым моделям.

***Плохо организованные системы.*** При представлении объекта в виде «плохо организованной или диффузной системы» не ставится задача определить все учитываемые компоненты, их свойства и связи между ними и целями системы. Система характеризуется некоторым набором макропараметров и закономерностями, которые находятся на основе исследования не всего объекта или класса явлений, а на основе определенной с помощью некоторых правил выборки компонентов, характеризующих исследуемый объект или процесс. На основе такого выборочного исследования получают характеристики или закономерности (статистические, экономические) и распространяют их на всю систему в целом. При этом делаются соответствующие оговорки. Например, при получении статистических закономерностей их распространяют на поведение всей системы с некоторой доверительной вероятностью.

Подход к отображению объектов в виде диффузных систем широко применяется при: описании систем массового обслуживания, определении численности штатов на предприятиях и учреждениях, исследовании документальных потоков информации в системах

управления и т. д.

**Самоорганизующиеся системы.** Отображение объекта в виде самоорганизующейся системы — это подход, позволяющий исследовать наименее изученные объекты и процессы. Самоорганизующиеся системы обладают признаками диффузных систем: стохастичностью поведения, нестационарностью отдельных параметров и процессов. К этому добавляются такие признаки, как непредсказуемость поведения; способность адаптироваться к изменяющимся условиям среды, изменять структуру при взаимодействии системы со средой, сохраняя при этом свойства целостности; способность формировать возможные варианты поведения и выбирать из них наилучший и др. Иногда этот класс разбивают на подклассы, выделяя адаптивные или самоприспосабливающиеся системы, самовосстанавливающиеся, самовоспроизводящиеся и другие подклассы, соответствующие различным свойствам развивающихся систем. Примеры: биологические организации, коллективное поведение людей, организация управления на уровне предприятия, отрасли, государства в целом, т.е. в тех системах, где обязательно имеется человеческий фактор.

При применении отображения объекта в виде самоорганизующейся системы задачи определения целей и выбора средств, к; правило, разделяются. При этом задача выбора целей может быть, в свою очередь, описана в виде самоорганизующейся системы, т. е. структура функциональной части АСУ, структура целей плана может разбиваться так же, как и структура обеспечивающей части АСУ (комплекс технических средств АСУ) или организационная структура системы управления.

Большинство примеров применения системного анализа основано на представлении объектов в виде самоорганизующихся систем.

**Большие и сложные системы.** Существует ряд подходов к разделению систем по сложности. В частности, Г. Н. Поваров в зависимости от числа элементов, входящих в систему, выделяет четыре класса систем: малые системы ( $10 \dots 10^3$  элементов), сложные ( $10^4 \dots 10^7$  элементов), ультрасложные ( $10^7 \dots 10^{30}$  элементов) суперсистемы ( $10^{30} \dots 10^{200}$  элементов). Так как понятие элемент; возникает относительно задачи и цели исследования системы, то и данное определение сложности является относительным, а не абсолютным.

Английский кибернетик С. Бир классифицирует все кибернетические системы на простые и сложные в зависимости от способа описания: детерминированного или теоретико-вероятностного. А. И. Берг определяет сложную систему как систему, которую можно описать не менее чем на двух различных математических языках (например, с помощью теории дифференциальных уравнений и алгебры



Буля).

Очень часто сложными системами называют системы, которые нельзя корректно описать математически, либо потому, что в системе имеется очень большое число элементов, неизвестным образом связанных друг с другом, либо неизвестна природа явлений, протекающих в системе. Все это свидетельствует об отсутствии единого определения сложности системы.

Так же дается следующее определение: *сложной системой* называется система, в модели которой недостаточно информации для эффективного управления этой системой. Таким образом, признаком простоты системы является достаточность информации для ее управления. Если же результат управления, полученный с помощью модели, будет неожиданным, то такую систему относят к сложной. Для перевода системы в разряд простой необходимо получение недостающей информации о ней и включение ее в модель.

При разработке сложных систем возникают проблемы, относящиеся не только к свойствам их составляющих элементов и подсистем, но также к закономерностям функционирования системы в целом. При этом появляется широкий круг специфических задач, таких, как определение общей структуры системы; организация взаимодействия между элементами и подсистемами; учет влияния внешней среды; выбор оптимальных режимов функционирования системы; оптимальное управление системой и др.

Чем сложнее система, тем большее внимание уделяется вышеуказанным вопросам. Математической базой исследования сложных систем является теория систем. В теории систем *большой системой сложной, системой большого масштаба, (Large Scale Systems) называют систему, если она состоит из большого числа взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов и способна выполнять сложную функцию.*

От сложных систем необходимо отличать большие системы.

Под *большой системой* понимается совокупность материальных ресурсов, средств сбора, передачи и обработки информации, людей-операторов, занятых на обслуживании этих средств, и людей-руководителей, облеченных надлежащими правами и ответственностью для принятия решений. Материальные ресурсы - это сырье, материалы, полуфабрикаты, денежные средства, различные виды энергии, станки, оборудование, люди, занятые на выпуске продукции, и т. д. Все указанные элементы ресурсов объединены с помощью некоторой системы связей, которые по заданным правилам определяют процесс взаимодействия между элементами для достижения общей цели или группы целей. Таким образом, *система*, для актуализации модели которой в целях управления недостает материальных ресурсов

(машинного времени, емкости памяти, других материальных средств моделирования) называется *большой*. К таким системам относятся экономические, организационно-управленческие, биологические, нейрофизиологические, и т.п. системы.

*Характерные особенности больших систем.* К подобным отличительным особенностям относятся следующие:

- большое число элементов в системе (сложность системы);
- взаимосвязь и взаимодействие между элементами;
- иерархичность структуры управления;
- обязательное наличие человека в контуре управления, на которого возлагается часть наиболее ответственных функций управления.

Примеры больших систем: информационная система; пассажирский транспорт крупного города; производственный процесс; система управления полетом крупного аэродрома; энергетическая система и др.

Способом перевода больших систем в простые является создание новых более мощных средств вычислительной техники. Однако, четкой границы, отделяющей простые системы от больших, нет. Деление это условное и возникло из-за появления систем, имеющих в своем составе совокупность подсистем с наличием функциональной избыточности. Простая система может находиться только в двух состояниях: состоянии работоспособности (исправном) и состоянии отказа (неисправном). При отказе элемента простая система либо полностью прекращает выполнение своей функции, либо продолжает ее выполнение в полном объеме, если отказавший элемент резервирован. Большая система при отказе отдельных элементов и даже целых подсистем не всегда теряет работоспособность, зачастую только снижаются характеристики ее эффективности. Это свойство больших систем обусловлено их функциональной избыточностью и, в свою очередь, затрудняет формулировку понятия «отказ» системы.

### **Контрольные вопросы**

1. Что представляет собой общая теория систем?
2. Что такое кибернетика?
3. Что такое теория информации?
4. Что такое теория игр?
5. Что такое факторный анализ?
6. Опишите подходы к созданию общей теории систем?
7. Раскройте понятие «система».
8. В чем особенности сложной системы?
9. Чем сложные системы отличаются от больших систем?

10. Дайте определения следующим понятиям: объект, подсистема, структура, функция, связь.
11. Опишите основные закономерности систем.
12. Дайте классификацию систем по основным признакам.
13. Опишите отличие сложных систем от больших.

## Тема №4 МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ

### 4.1. Понятия «модель» и «моделирование».

#### Абстрактная модель системы произвольной природы

Так как общая теория систем рассматривает не некоторые конкретные системы, а то общее, что есть в различных системах независимо от их природы, предметом ее изучения являются абстрактные модели соответствующих реальных систем.

*Модель* является представлением реального объекта, системы или понятия в некоторой форме, отличной от формы их реального существования.

Всякая модель - это некоторая аналогия: для одной системы должна существовать другая система, элементы которой с некоторой точки зрения подобны элементам первой. Должно существовать отображение, которое элементам моделируемой системы ставит в соответствие элементы некоторой другой системы - моделирующей. Кроме того, должно существовать отображение, которое свойства элементов моделируемой системы ставит в соответствие свойства элементов моделирующей системы.

Для большинства случаев абстрактная модель системы произвольной природы может быть представлена с помощью схемы, изображенной на рисунке 4.1, которая является, по сути, иллюстрацией к введенным понятиям.

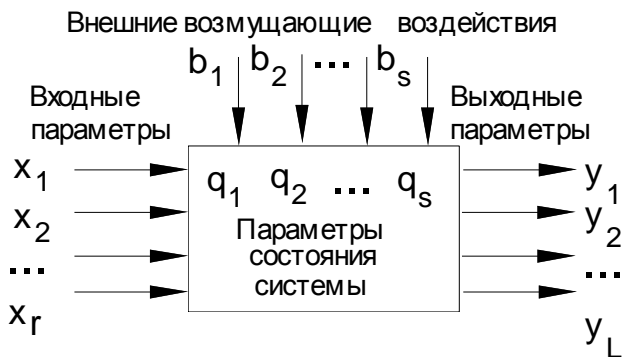


Рис 4.1. Абстрактная модель системы произвольной природы

Система не существует сама по себе, а выделяется из окружающей среды по какому-либо системообразующему признаку, в качестве которого чаще всего выступает цель системы. Взаимодействие

системы с внешней средой осуществляется через вход и выход системы (множество входных и выходных параметров).

Под *входными параметрами системы* понимается комплекс параметров внешней среды (в том числе выходные параметры систем, внешних по отношению к рассматриваемой, например, систем управления), оказывающих значительное влияние на состояние и значение выходных параметров рассматриваемой системы и поддающихся учету и анализу средствами, имеющимися в распоряжении исследователя.

*Выходные параметры* - это комплекс параметров системы, оказывающих непосредственное влияние на состояние внешней среды и значимых с точки зрения цели исследования.

Важной особенностью функционирования сложных систем является принципиальная неопределенность истинного состояния внешней среды в каждый момент времени. Природа этой неопределенности связана с наличием ряда причин, важнейшие из которых обусловлены следующими факторами.

- О некоторых, возможно, непосредственно влияющих на поведение системы параметрах внешней среды (то есть параметрах, которые следовало бы отнести к категории «входных») исследователь часто не знает, и, следовательно, не может их учитывать.

- Некоторые параметры внешней среды не могут быть измерены в силу технической непригодности информационных средств.

- Численные значения учитываемых параметров оцениваются с ошибками измерений, определяемыми с одной стороны - внутренними шумами измерительных устройств, а с другой - внешними помехами.

Воздействие на систему подобных неучтенных факторов компенсируется введением в модель дополнительных связей - внешних возмущающих воздействий или «шумов».

Система может находиться в различных состояниях. Состояние любой системы в определенный момент времени можно с определенной точностью охарактеризовать совокупностью значений параметров состояния  $q$ .

Таким образом, система характеризуется тремя группами переменных:

1. Входные переменные, которые генерируются системами, внешними относительно исследуемой

$$\bar{x} = x_1, x_2, x_3 \dots x_n;$$

2. Выходные переменные, определяющие воздействие исследуемой системы на окружающую среду

$$\bar{y} = y_1, y_2, y_3 \dots y_l;$$

3. Параметры состояния, характеризующие динамическое поведение исследуемой системы

$$\bar{q} = q_1, q_2, q_3 \dots q_m.$$

При исследовании большинства систем все три группы введенных величин предполагаются функциями времени.

## 4.2. Физическое и математическое моделирование

Так как понятие «моделирование» является достаточно общим и универсальным, к числу способов моделирования относятся столь различные подходы как, например, метод мембранной аналогии (физическое моделирование) и методы линейного программирования (оптимизационное математическое моделирование). Для того чтобы упорядочить употребление термина «моделирование» вводят классификацию различных способов моделирования. В наиболее общей форме выделяются две группы различных подходов к моделированию, определяемых понятиями «физическое моделирование» и «идеальное моделирование».

*Физическое моделирование* осуществляется путем воспроизведения исследуемого процесса на модели, имеющей в общем случае отличную от оригинала природу, но одинаковое математическое описание процесса функционирования.

Совокупность подходов к исследованию сложных систем, определяемая термином «*математическое моделирование*», является одной из разновидностей идеального моделирования. Математическое моделирование основано на использовании для исследования системы совокупности математических соотношений (формул, уравнений, операторов и т.д.), определяющих структуру исследуемой системы и ее поведение.

*Математическая модель* - это совокупность математических объектов (чисел, символов, множеств и т.д.), отражающих важнейшие для исследователя свойства технического объекта, процесса или системы.

*Математическое моделирование* - это процесс создания математической модели и оперирования ею с целью получения новой информации об объекте исследования.

Построение математической модели реальной системы, процесса или явления предполагает решение двух классов задач, связанных с построением «внешнего» и «внутреннего» описания системы. Этап, связанный с построением внешнего описания системы называется макроподходом. Этап, связанный с построением внутреннего описания системы называется микроподходом.

*Макроподход* - способ, посредством которого производится внешнее описание системы. На этапе построения внешнего описания делается упор на совместное поведение всех элементов системы, точно указывается, как система откликается на каждое из возможных внешних (входных) воздействий  $\vec{X}$ . Система рассматривается как «черный ящик», внутреннее строение которого неизвестно. В процессе построения внешнего описания исследователь имеет возможность, воздействуя различным образом на вход системы, анализировать ее реакцию на соответствующие входные воздействия. При этом степень разнообразия входных воздействий принципиальным образом связана с разнообразием состояний выходов системы. Если на каждую новую комбинацию входных воздействий система реагирует непредсказуемым образом, испытание необходимо продолжать. Если на основании полученной информации может быть построена система, в точности повторяющая поведение исследуемой, задачу макроподхода можно считать решенной.

Итак, метод «черного ящика» состоит в том, чтобы выявить, насколько это возможно, структуру системы и принципы ее функционирования, наблюдая только входы и выходы. Подобный способ описания системы некоторым образом аналогичен табличному заданию функции.

При *микроподходе* структура системы предполагается известной, то есть предполагается известным внутренний механизм преобразования входных сигналов в выходные. Исследование сводится к рассмотрению отдельных элементов системы. Выбор этих элементов неоднозначен и определяется задачами исследования и характером исследуемой системы. При использовании микроподхода изучается структура каждого из выделенных элементов, их функции, совокупность и диапазон возможных изменений параметров.

*Микроподход* - способ, посредством которого производится внутреннее описание системы, то есть описание системы в функциональной форме.

Результатом этого этапа исследования должен явиться вывод зависимостей, определяющих связь между множествами входных параметров, параметров состояния и выходных параметров системы. Переход от внешнего описания системы к ее внутреннему описанию называют задачей реализации.

Задача реализации заключается в переходе от внешнего описания системы к ее внутреннему описанию. Задача реализации представляет собой одну из важнейших задач в исследовании систем и, по существу, отражает абстрактную формулировку научного подхода к построению математической модели. В такой постановке задача моделирования заключается в построении множества состояний и вход-выходного

отображения исследуемой системы на основе экспериментальных данных. В настоящее время задача реализации решена в общем виде для систем, у которых отображение вход-выход линейно. Для нелинейных систем общего решения задачи реализации пока не найдено.

### 4.3. Обобщенный алгоритм построения математической модели

Процедуру построения математической модели реальной системы, процесса или явления можно представить в виде алгоритма. Блок-схема, иллюстрирующая алгоритм построения математической модели, приведена на рис. 4.2.

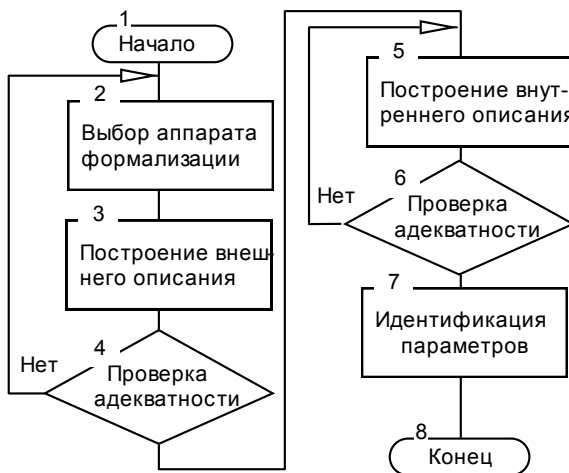


Рис.4.2. Алгоритм построения модели системы

Основные этапы построения математической модели.

1.Выделение системы из внешней среды. Выделение связей с внешней средой, разбиение множества связей на входные и выходные параметры. Наблюдение за системой, накопление информации, достаточной для выдвижения гипотез о структуре системы и ее функционировании.

2.Выбор аппарата формализации осуществляется исследователем и зависит от многих факторов, в частности - от целей моделирования, имеющейся информации, полученных экспериментальных данных.

3.Построение внешнего описания сводится к поиску области определения (в пространстве входных воздействий) и области значений (в пространстве выхода), размерность которых была определена на этапе 1, и определении соответствия между входными и выходными параметрами.



4.6. Если проверка адекватности показывает, что построенная модель не удовлетворяет предъявляемым к ней требованиям и причиной этого является более сложный характер поведения системы, то производится выбор нового метода математического описания.

5. В случае удачного построенного внешнего описания производится переход к внутреннему описанию, при этом размерность пространства состояний системы (то есть размерность вектора  $\vec{q}$ ) должна быть минимальной.

7. Определение (идентификация) качественных и количественных характеристик параметров, определяющих функционирование системы.

Среди представленных этапов построения математической модели методы идентификации параметров наиболее хорошо разработаны. При их использовании предполагается, что структура системы известна, а неизвестны только значения параметров. Задача параметрической идентификации в этом случае сводится к поиску значений параметров, обеспечивающих минимизацию некоторой функции ошибки. Особое значение на всех этапах построения математической модели является проверка адекватности, непротиворечивости модели и ее достаточности для реализации целей исследования.

Если построенная модель недостаточно полно отражает свойства моделируемой системы, то никакое применение самых современных средств и методов исследования не может дать удовлетворительных результатов. Таково неизбежное свойство использования математической модели. Все получаемые при ее исследовании результаты отражают свойства собственно модели, а не исходной системы, для исследования которой модель была разработана. После того, как модель построена, она начинает «жить своей собственной жизнью».

## **Контрольные вопросы**

1. Что представляет собой модель?
2. Опишите схему абстрактной модели.
3. Что относится к входным параметрам системы?
4. Что относится к выходным параметрам системы?
5. Что характеризуют параметры состояния системы?
6. Назовите виды моделирования, опишите их.
7. Опишите два подхода к построению математической модели.
8. Опишите процедуру построения математической модели реальной системы.

## Тема №5

# ОЦЕНКА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

## ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ШКАЛ ИЗМЕРЕНИЯ

### 5.1. Оценка сложных систем

В системном подходе выделяют раздел «теория эффективности», связанный с определением качества систем и процессов их реализующих.

**Теория эффективности** – научное направление, предметом изучения которого являются вопросы количественной оценки качества характеристик и эффективности функционирования сложных систем.

В общем случае оценка эффективности сложных систем может проводиться для разных целей. Во-первых, для оптимизации – выбора наилучшего алгоритма из нескольких, реализующих один закон функционирования системы. Во-вторых, для идентификации – определения системы, качество которой наиболее соответствует реальному объекту в заданных условиях. В-третьих, для принятия решений по управлению системой.

Выделяют *четыре этапа оценивания сложных систем*:

*Этап1. Определение цели оценивания.* В системном анализе выделяют два типа целей. Качественной называют цель, достижение которой выражается в номинальной шкале или в шкале порядка. Количественной называют цель, достижение которой выражается в количественных шкалах.

*Этап2. Измерение свойств системы,* признанных существенными для целей оценивания. Для этого выбираются соответствующие шкалы для измерения свойств и всем исследуемым свойствам систем присваивается определенное значение на этих шкалах.

*Этап3. Обоснование предпочтений критериев качества и критериев эффективности* функционирования систем на основе измеренных на выбранных шкалах свойств.

*Этап4. Собственно оценивание.* Все исследуемые системы, рассматриваемые как альтернативы, сравниваются по сформулированным критериям и в зависимости от целей оценивания ранжируются, выбираются, оптимизируются.

### 5.2. Понятие шкалы. Виды шкал

В основе оценки лежит процесс сопоставления значений качественных или количественных характеристик исследуемой системы значениям соответствующих шкал.

**Шкала** – последовательность чисел, служащая для измерения или количественной оценки каких-либо величин.

Формально **шкалой** называется кортеж из трех элементов  $\langle X, \varphi, Y \rangle$ , где  $X$  – реальный объект,  $Y$  – шкала,  $\varphi$  – гомоморфное отображение  $X$  на  $Y$ .

В современной теории измерений определено:

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n, R_x\}$  эмпирическая система с отношением, включающая множество свойств  $x_i$ , на которых в соответствии с целями измерения задано некоторое отношение  $R_x$ . В процессе измерения необходимо каждому свойству  $x_i \in X$  поставить в соответствие признак или число, его характеризующее.

$Y = \{\varphi(x_1), \dots, \varphi(x_n), R_y\}$  знаковая система с отношением, являющаяся отображением эмпирической системы в виде некоторой образной или числовой системы, соответствующей измеряемой эмпирической системе.

$\varphi \in \Phi$  – гомоморфное отображение  $X$  на  $Y$ , устанавливающее соответствие между  $X$  и  $Y$  так, что  $\{\varphi(x_1), \dots, \varphi(x_n)\} \in R_y$  только тогда, когда  $\{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n\} \in R_x$ .

Тип шкалы определяется по  $\Phi = \{\varphi_1, \dots, \varphi_m\}$ , множеству допустимых преобразований  $x_i \rightarrow y_i$ .

### 5.2.1. Шкалы номинального типа

Самой слабой качественной шкалой является *номинальная шкала* (шкала наименований, классификационная шкала), по которой объектам  $x_i$  или их неразличимым группам дается некоторый признак. Такой признак дает лишь ничем не связанные имена объектам. Эти значения для разных объектов либо совпадают, либо различаются. Шкалы номинального типа допускают только различение объектов на основе проверки выполнения отношения равенства на множестве этих элементов.

Номинальный тип шкал соответствует простейшему виду измерений, при котором шкальные значения используются лишь как имена объектов.

*Аксиома тождества*: либо  $a \sim b$ , либо  $a \not\sim b$ , если  $a \sim b$ , то  $b \sim a$ , если  $a \sim b$  и  $b \sim c$ , то  $a \sim c$ . ( $a, b, c$  – значения шкалы).

*Отличительная черта*: отсутствие математических свойств.

*Примерами* измерений в номинальном типе шкал могут служить номера автомашин, телефонов, коды городов, лиц, объектов и т.п. Единственная цель таких измерений – выявление различий между объектами разных классов.

### 5.2.2. Шкалы порядка

Шкала называется ранговой (*шкала порядка*), если множество  $\Phi$  состоит из всех монотонно возрастающих допустимых преобразований шкальных значений.

Монотонно возрастающим называется такое преобразование  $\varphi(x)$ , которое удовлетворяет условию: если  $x_1 > x_2$ , то и  $\varphi(x_1) > \varphi(x_2)$  для любых шкальных значений  $x_1 > x_2$  из области определения  $\varphi(x)$ . Порядковый тип шкал допускает не только различие объектов, как номинальный тип, но и используется для упорядочения объектов по измеряемым свойствам.

*Аксиома* тождества: либо  $a \sim b$ , либо  $a \prec b$ , если  $a \prec b$ , то  $b \not\sim a$ , если  $a \sim b$  и  $b \prec c$ , то  $a \prec c$ . ( $a, b, c$  – значения шкалы). Дополнительно удовлетворяют следующим аксиомам упорядоченности: если  $a \prec b$ , то  $b \not\prec a$ ; если  $a \prec b$  и  $b \prec c$ , то  $a \prec c$ .

*Отличительная черта*: отношение порядка не определяет расстояние между значениями шкалы.

Измерение в шкале порядка может применяться в следующих ситуациях:

- необходимо упорядочить объекты во времени или пространстве;
- нужно упорядочить объекты в соответствии с каким-либо качеством, но при этом не требуется производить его точное измерение;
- какое-либо качество в принципе измеримо, но в настоящий момент не может быть измерено по причинам практического или теоретического характера.

*Примерами* шкалы порядка могут служить шкалы силы ветра, силы землетрясения, сортности товаров, служебное положение, образование, воинское звание и т.п.

### 5.2.3. Шкалы интервалов

Одним из наиболее важных типов шкал является тип интервалов. Тип *шкал интервалов* содержит шкалы, единственные с точностью до множества положительных линейных допустимых преобразований вида  $\varphi(x) = ax + b$ , где  $x \in Y$  шкальные значения из области определения  $Y$ ;  $a > 0$ ;  $b$  – любое значение.

*Аксиома*: тождества: либо  $a \sim b$ , либо  $a \prec b$ , если  $a \prec b$ , то  $b \not\sim a$ , если  $a \sim b$  и  $b \prec c$ , то  $a \prec c$ . ( $a, b, c$  – значения шкалы). Аксиомы упорядоченности: если  $a \prec b$ , то  $b \not\prec a$ ; если  $a \prec b$  и  $b \prec c$ , то  $a \prec c$ . Дополнительно можно ввести между любыми двумя значениями метрическое расстояние, т.е. какую-либо функцию, удовлетворяющую аксиомам:  $f(a, b) \geq 0$ ;  $f(a, b) = 0$ , если  $a = b$ ;  $f(a, b) = f(b, a)$ ;  $f(a, b) \leq f(a, c) + f(c, b)$ .

Основным свойством этих шкал является сохранение неизменными отношений интервалов в эквивалентных шкалах:

$$\frac{x_1 - x_2}{x_3 - x_4} = \frac{\varphi(x_1) - \varphi(x_2)}{\varphi(x_3) - \varphi(x_4)} = \text{const}$$

Примером шкал интервалов могут служить шкалы температур. Переход от одной шкалы к эквивалентной, например от шкалы Цельсия к шкале Фаренгейта, задается линейным преобразованием шкальных значений:  $t^{\circ}\text{F} = 1,8 t^{\circ}\text{C} + 32$ .

Таким образом, при переходе к эквивалентным шкалам с помощью линейных преобразований в шкалах интервалов происходит изменение как начала отсчета (параметр  $b$ ), так и масштаба измерений (параметр  $a$ ).

Шкалы интервалов так же, как номинальная и порядковая, сохраняют различие и упорядочение измеряемых объектов. Однако, кроме этого они сохраняют и отношение расстояний между парами объектов. Запись

$$\frac{x_1 - x_2}{x_3 - x_4} = K$$

означает, что расстояние между  $x_1$  и  $x_2$  в  $K$  раз больше расстояния между  $x_3$  и  $x_4$  и в любой эквивалентной шкале это значение сохранится.

#### 5.2.4. Шкалы отношений

Шкалой отношений (подобия) называется шкала, если  $\Phi$  состоит из преобразований подобия  $\varphi(x) = ax$ ,  $a > 0$ , где  $x \in Y$  шкальные значения из области определения  $Y$ ;  $a > 0$ ;  $a$  – действительные числа.

В шкалах отношений остаются неизменными отношения численных оценок объектов. Шкалы отношений отражают отношения свойств объектов, т.е. во сколько раз свойство одного объекта превосходит это же свойство другого объекта.

*Аксиома:* тождества: либо  $a \sim b$ , либо  $a \prec b$ , если  $a \sim b$ , то  $b \sim a$ , если  $a \sim b$  и  $b \sim c$ , то  $a \sim c$ . ( $a, b, c$  – значения шкалы). Аксиомы упорядоченности: если  $a \succ b$ , то  $b \prec a$ ; если  $a \succ b$  и  $b \succ c$ , то  $a \succ c$ . Дополнительно можно ввести между любыми двумя значениями метрическое расстояние, т.е. какую-либо функцию, удовлетворяющую аксиомам:  $f(a, b) \geq 0$ ;  $f(a, b) = 0$ , если  $a = b$ ;  $f(a, b) = f(b, a)$ ;  $f(a, b) \leq f(a, c) + f(c, b)$ . Аксиомы аддитивности: если  $a = p$  и  $b > 0$ , то  $a + b \succ p$ ,  $a + b = b + a$ ; если  $a = p$  и  $b = g$ , то  $a + b = p + g$ ;  $(a + b) + c = a + (b + c)$ .

Примерами измерений в шкалах отношений являются измерения массы и длины объектов. При установлении массы используется большое разнообразие численных оценок. Производя измерение в килограммах получается одно численное значение, при измерении в

фунтах – другое. Но в какой бы системе единиц ни производилось измерение массы, отношение масс любых объектов одинаково и при переходе от одной числовой системы к другой, эквивалентной, не меняется.

#### **5.2.5. Шкалы разностей**

*Шкалы разностей* определяются как шкалы, единственные с точностью до преобразований сдвига  $\varphi(x) = x + b$ , где  $x \in Y$  шкальные значения из области определения  $Y$ ;  $b$  – действительные числа. Это означает, что при переходе от одной числовой системы к другой меняется лишь начало отсчета.

Шкалы разностей применяются в тех случаях, когда необходимо измерить, насколько один объект превосходит по определенному свойству другой объект. В шкалах разностей неизменными остаются разности численных оценок свойств. Действительно, если  $x_1$  и  $x_2$  – оценки объектов  $a_1$  и  $a_2$  в одной шкале, а  $\varphi(x_1) = x_1 + b$  и  $\varphi(x_2) = x_2 + b$  – в другой шкале, то имеем:

$$\varphi(x_1) - \varphi(x_2) = (x_1 + b) - (x_2 + b) = x_1 - x_2$$

*Примерами* измерений в шкалах разностей могут служить измерения прироста продукции предприятия (в абсолютных единицах) в текущем году по сравнению с прошлым, увеличение численности учреждений, количество приобретенной техники за год и т.д.

### **Контрольные вопросы**

1. Что представляет собой теория эффективности?
2. Охарактеризуйте этапы оценивания сложных систем.
3. Дайте определение шкалы.
4. Охарактеризуйте шкалы номинального типа.
5. Охарактеризуйте шкалы порядка.
6. Охарактеризуйте шкалы интервалов.
7. Охарактеризуйте шкалы отношений.
8. Охарактеризуйте шкалы разностей.
9. Приведите примеры шкалы номинального типа.
10. Приведите примеры шкалы порядка.
11. Приведите примеры шкалы интервалов.
12. Приведите примеры шкалы отношений.
13. Приведите примеры шкалы разностей.

## Тема №6

# СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ: СУЩНОСТЬ, ПРИНЦИПЫ, ЭТАПЫ

### 6.1. Сущность и задачи системного анализа

Системный анализ является одним из направлений системного подхода. Системный анализ в узком смысле представляет собой методологию принятия решений, а в широком смысле – синтез методологии общей теории систем, системного подхода и системных методов обоснования и принятия решений.

Системный анализ позволяет разделить сложную задачу на совокупность простых задач, расчленив сложную систему на элементы с учетом их взаимосвязи. Таким образом, системный анализ выступает как процесс последовательной декомпозиции решаемой сложной проблемы на взаимосвязанные частные проблемы.

*Суть системного анализа* заключается в следующем:

1. Системный анализ связан с принятием оптимального решения из многих возможных альтернатив;
2. Каждая альтернатива оценивается с позиции длительной перспективы;
3. Системный анализ рассматривается как методология углубленного уяснения (понимания) и упорядочения (структуризации) проблемы;
4. В системном анализе делается упор на разработку новых принципов научного мышления, учитывающих взаимосвязь целого и противоречивые тенденции;
5. Применяется в первую очередь для решения стратегических проблем.

В системном анализе используются как математический аппарат общей теории систем, так и другие качественные и количественные методы из области математической логики, теории принятия решений, теории эффективности, теории информации, структурной лингвистики, теории нечетких множеств, методов искусственного интеллекта, методов моделирования.

В состав **задач системного анализа** в процессе создания информационной системы входят задачи декомпозиции, анализа и синтеза.

*Задача декомпозиции* означает представление системы в виде подсистем, состоящих из более мелких элементов.

*Задача анализа* состоит в нахождении различного рода свойств системы или среды, окружающей систему. Целью анализа может быть определение закона преобразования информации, задающего поведение

системы. В последнем случае речь идет об агрегации (композиции) системы в один-единственный элемент.

*Задача синтеза* системы противоположна задаче анализа. Необходимо по описанию закона преобразования построить систему, фактически выполняющую это преобразование по определенному алгоритму. При этом должен быть предварительно определен класс элементов, из которых строится искомая система, реализующая алгоритм функционирования.

## **6.2. Основные принципы системного анализа**

**Первый принцип** системного анализа - это требование рассматривать совокупность элементов системы как одно целое или, более жестко, - запрет на рассмотрение системы как простого объединения элементов.

**Второй принцип** заключается в признании того, что свойства системы не просто сумма свойств ее элементов. Тем самым постулируется возможность того, что система обладает особыми свойствами, которых может и не быть у отдельных элементов.

Весьма важным атрибутом системы является ее эффективность. Теоретически доказано, что всегда существует функция ценности системы - в виде зависимости ее эффективности (почти всегда это экономический показатель) от условий построения и функционирования. Кроме того, эта функция ограничена, а значит можно и нужно искать ее максимум. Максимум эффективности системы может считаться **третьим** ее основным принципом.

**Четвертый принцип** запрещает рассматривать данную систему в отрыве от окружающей ее среды - как автономную, обособленную. Это означает обязательность учета внешних связей или, в более общем виде, требование рассматривать анализируемую систему как часть (подсистему) некоторой более общей системы.

Согласившись с необходимостью учета внешней среды, признавая логичность рассмотрения данной системы как части некоторой, большей ее, можно прийти к **пятому принципу** системного анализа - возможности (а иногда и необходимости) деления данной системы на части, подсистемы. Если последние оказываются недостаточно просты для анализа, с ними поступают точно также. Но в процессе такого деления нельзя нарушать предыдущие принципы - пока они соблюдены, деление оправдано, разрешено в том смысле, что гарантирует применимость практических методов, приемов, алгоритмов решения задач системного анализа.



### 6.3. Этапы и последовательность системного анализа

При изучении системного подхода прививается такой образ мышления, который, с одной стороны, способствует устранению излишней усложненности, а с другой - помогает руководителю уяснять сущность сложных проблем и принимать решения на основе четкого представления об окружающей обстановке. Важно структурировать задачу, очертить границы системы. Но столь же важно учесть, что системы, с которыми руководителю приходится сталкиваться в процессе своей деятельности, являются частью более крупных систем, возможно, включающих всю отрасль или несколько, порой много, компаний и отраслей промышленности, или даже все общество в целом. Далее следует сказать, что эти системы постоянно.

Изменяются, они создаются, действуют, реорганизируются, и, бывает, ликвидируются.

В большинстве случаев практического применения системного анализа для исследования свойств и последующего оптимального управления системой можно выделить следующие **основные этапы**:

1. Содержательная постановка задачи.
2. Построение модели изучаемой системы.
3. Отыскание решения задачи с помощью модели.
4. Проверка решения с помощью модели.
5. Подстройка решения под внешние условия.
6. Осуществление решения.

В каждом конкретном случае этапы системного занимают различный "удельный вес" в общем объеме работ по временным, затратным и интеллектуальным показателям. Очень часто трудно провести четкие границы - указать, где оканчивается данный этап и начинается очередной.

Системный анализ не может быть полностью формализован, но можно выбрать некоторый алгоритм его проведения.

Системный анализ может выполняться в следующей **последовательности**:

1. *Постановка проблемы* - отправной момент исследования. В исследовании сложной системы ему предшествует работа по структурированию проблемы.

2. *Расширение проблемы* до проблематики, т.е. нахождение системы проблем, существенно связанных с исследуемой проблемой, без учета которых она не может быть решена.

3. *Выявление целей*: цели указывают направление, в котором надо двигаться, чтобы поэтапно решить проблему.

4. *Формирование критериев*. Критерий - это количественное отражение степени достижения системой поставленных перед ней

целей. Критерий -это правило выбора предпочтительного варианта решения из ряда альтернативных. Критериев может быть несколько. Многокритериальность является способом повышения адекватности описания цели. Критерии должны описать по возможности все важные аспекты цели, но при этом необходимо минимизировать число необходимых критериев.

5. *Агрегирование критериев.* Выявленные критерии могут быть объединены либо в группы, либо заменены обобщающим критерием.

6. *Генерирование альтернатив* и выбор с использованием критериев наилучшей из них. Формирование множества альтернатив является творческим этапом системного анализа.

7. *Исследование ресурсных возможностей,* включая информационные ресурсы.

8. *Выбор формализации* (моделей и ограничений) для решения проблемы.

9. *Построение системы.*

10. *Использование результатов* проведенного системного исследования.

Схема алгоритма решения задач системного исследования конкретной проблемы представлена на рис. 6.1.

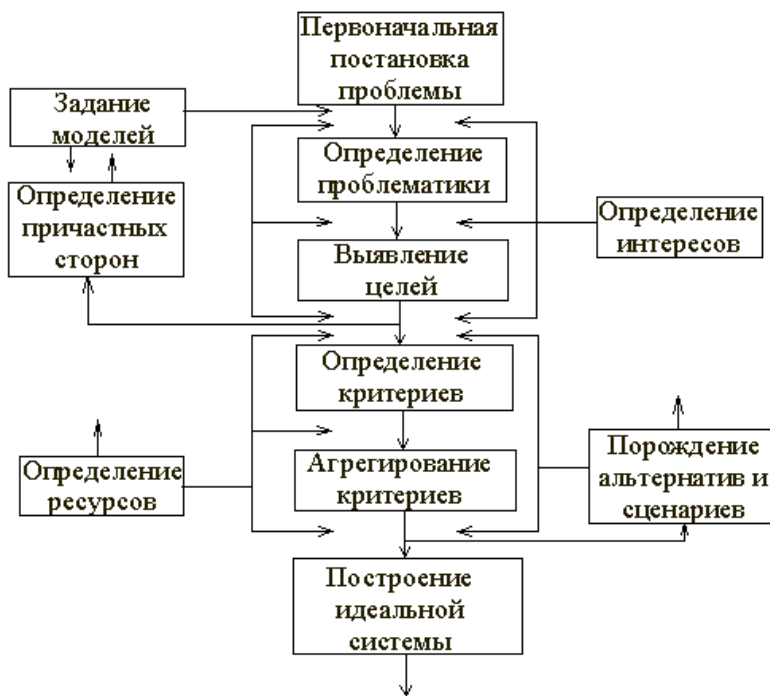


Рис.6.1. Алгоритм решения задач системного исследования конкретной проблемы

### Контрольные вопросы

1. Раскройте суть системного анализа.
2. Опишите задачи системного анализа.
3. Охарактеризуйте принципы системного анализа.
4. Охарактеризуйте основные этапы системного анализа.
5. Опишите последовательность системного анализа.
6. Постройте алгоритм решения задачи с применением системного анализа.

## Тема №7

# МЕТОДЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

### 7.1. Методика проведения системного анализа

Принципиальной особенностью системного анализа является использование методов двух типов - **формальных и неформальных** (качественных, содержательных).

Методика системного анализа разрабатывается и применяется в тех случаях, когда у лиц, принимающих решения, на начальном этапе нет достаточных сведений о проблемной ситуации, позволяющих выбрать метод ее формализованного представления, сформировать математическую модель или применить один из новых подходов к моделированию, сочетающих качественные и количественные приемы. В таких условиях может помочь представление объектов в виде систем, организация процесса принятия решения с использованием разных методов моделирования.

Для того чтобы организовать такой процесс, нужно определить последовательность этапов, рекомендовать методы для выполнения этих этапов, предусмотреть при необходимости возврат к предыдущим этапам. Такая последовательность определенным образом выделенных и упорядоченных этапов с рекомендованными методами или приемами их выполнения представляет собой методику системного анализа.

Таким образом, методика системного анализа разрабатывается для того, чтобы организовать процесс принятия решения в сложных проблемных ситуациях. Она должна ориентироваться на необходимость обоснования полноты анализа, формирование модели принятия решения, адекватно отображать рассматриваемый процесс или объект.

Одной из принципиальных особенностей системного анализа, отличающей его от других направлений системных исследований, является разработка и использование средств, облегчающих формирование и сравнительный анализ целей и функций систем управления. Вначале методики формирования и исследования структур целей базировались на сборе и обобщении опыта специалистов, накапливающих этот опыт на конкретных примерах.

Таким образом, основной особенностью методик системного анализа является сочетание в них формальных методов и неформализованного (экспертного) знания. Последнее помогает найти новые пути решения проблемы, не содержащиеся в формальной модели, и таким образом непрерывно развивать модель и процесс принятия решения, но одновременно быть источником противоречий, парадоксов, которые иногда трудно разрешить. Поэтому исследования по

системному анализу начинают все больше опираться на методологию прикладной диалектики.

## 7.2. Методы системного анализа

Арсенал методов системного анализа достаточно большой, каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки, а также область применения по отношению как к типу объекта, так и к этапу его исследования.

**Основными методами системного анализа** являются следующие методы:

- **неформальные методы:** методы «мозговой атаки», метод экспертных оценок, метод «Дельфи», диагностические методы, морфологические методы, метод дерева целей;
- **формализованные методы:**
  - *графические:* матричные методы, сетевые методы;
  - *статистические:* математическая статистика, теория вероятностей, теория массового обслуживания;
  - *аналитические:* методы как классической математики, так и математического программирования.

### 7.2.1. Неформальные методы

**Методы «мозговой атаки».** Методы данного типа преследуют основную цель - поиск новых идей, их широкое обсуждение и конструктивную критику. Основная гипотеза заключается в предположении, что среди большого числа идей имеются, по меньшей мере, несколько хороших. При проведении обсуждений по исследуемой проблеме применяются следующие правила:

- сформулировать проблему в основных терминах, выделив центральный единственный пункт;
- не объявлять ложной и не прекращать исследование ни одной идеи;
- поддерживать идею любого рода, даже если ее уместность кажется вам в данное время сомнительной;
- оказывать поддержку и поощрение, чтобы освободить участников обсуждения от скованности.

При всей кажущейся простоте данные обсуждения дают неплохие результаты.

**Методы экспертных оценок.** Основа этих методов - различные формы экспертного опроса с последующим оцениванием и выбором наиболее предпочтительного варианта. Возможность использования экспертных оценок, обоснование их объективности базируется на том, что неизвестная характеристика исследуемого явления трактуется как

случайная величина, отражением закона распределения которой является индивидуальная оценка эксперта о достоверности и значимости того или иного события. При этом предполагается, что истинное значение исследуемой характеристики находится внутри диапазона оценок, полученных от группы экспертов и что обобщенное коллективное мнение является достоверным. Наиболее спорным моментом в данных методиках является установление весовых коэффициентов по высказываемым экспертами оценкам и приведение противоречивых оценок к некоторой средней величине. Данная группа методов находит широкое применение в социально-экономических исследованиях.

*Этапы экспертизы:*

1. формирование цели;
2. разработка процедуры экспертизы;
3. формирование группы экспертов;
4. опрос;
5. анализ и обработка информации.

При обработке материалов коллективной экспертной оценки используются методы теории ранговой корреляции. Для количественной оценки степени согласованности мнений экспертов применяется коэффициент конкордации, который позволяет оценить, насколько согласованы между собой ряды предпочтительности, построенные каждым экспертом. Для наглядности представления степени согласованности мнений двух любых экспертов служит коэффициент парной ранговой корреляции. Тип используемых процедур экспертизы зависит от задачи оценивания. К наиболее употребительным процедурам экспертных измерений относятся:

- ранжирование;
- парное сравнение;
- множественные сравнения;
- непосредственная оценка;
- Черчмена-Акоффа;
- метод Терстоуна;
- метод фон Неймана-Моргенштерна.

Целесообразность применения того или иного метода во многом определяется характером анализируемой информации. Если оправданы лишь качественные оценки объектов по некоторым качественным признакам, то используются методы ранжирования, парного и множественного сравнения.

Если характер анализируемой информации таков, что целесообразно получить численные оценки объектов, то можно использовать какой-либо метод численной оценки, начиная от

непосредственных численных оценок и кончая более тонкими методами Терстоуна и фон Неймана-Моргенштерна.

**Метод «Дельфи».** Первоначально метод "Дельфи" был предложен как одна из процедур при проведении мозговой атаки и должен помочь снизить влияние психологических факторов и повысить объективность оценок экспертов. Затем метод стал использоваться самостоятельно. Его основа - обратная связь, ознакомление экспертов с результатами предшествующего тура и учет этих результатов при оценке значимости экспертов.

**Диагностические методы** представляют собой приемы обследования системы, ее подсистем с целью усовершенствования форм и методов ее работы. Диагностические методы применяются на этапе диагностики обследуемого объекта и могут применяться также и на других этапах для получения необходимой информации, в частности, на этапе формулирования проблемы, этапе анализа структуры системы.

*Цель использования диагностических методов* – это установление и изучение признаков, характеризующих состояние систем для предсказания возможных отклонений и предотвращения нарушения нормального режима функционирования системы.

**Морфологические методы.** *Основная идея морфологических методов* – систематически находить все мыслимые варианты решения проблемы или реализации системы путем комбинирования выделенных элементов или признаков. Этот подход был разработан и применен швейцарским астрономом Ф. Цвикки и долгое время был известен как метод Цвикки.

Наиболее известными *разновидностями метода* являются:

- *Метод систематического покрытия поля* (МСПП). Основан на выделении так называемых опорных пунктов знания в любой исследуемой области и использовании для заполнения поля некоторых сформулированных принципов мышления.

- *Метод отрицания и конструирования* (МОК), заключающийся в том, что на пути конструктивного прогресса стоят догмы и компромиссные ограничения, которые есть смысл отрицать, и следовательно, сформулировав некоторые положения, полезно заменить их затем на противоположные и использовать при проведении анализа.

- *Метод морфологического ящика* (ММЯ), нашедший наиболее широкое распространение. Идея ММЯ состоит в том, чтобы определить все мыслимые параметры, от которых может зависеть решение проблемы, представить их в виде матриц-строк, а затем определить в этом морфологическом матрице-ящике все возможные сочетания параметров по одному из каждой строки. Полученные таким образом варианты могут снова подвергаться оценке и анализу в целях выбора наилучшего. Морфологический ящик может быть не только двумерным.

**Метод дерева целей.** Термин «дерево целей» подразумевает использование иерархической структуры, полученной путем разделения общей цели на подцели, а их в свою очередь, на более детальные составляющие.

*Дерево целей* представляет собой связный граф, вершины которого интерпретируются как цели, а ребра или дуги как связи между целями.

Основным требованием к дереву целей является отсутствие циклов. Дерево целей представляет собой главный инструмент увязки целей высшего уровня с конкретными средствами их достижения на низшем уровне через ряд промежуточных звеньев. При этом в понятие целей на разных уровнях вкладывается различное содержание: от объективных народохозяйственных потребностей и желаемых направлений развития на верхнем уровне до решения задач и осуществления отдельных мероприятий на нижних уровнях.

*Метод дерева целей используется для:*

- структуризации и анализа проблемы;
- структуризации системы;
- декомпозиции критериев оптимальности;

#### **7.2.2. Формализованные методы**

**Матричные методы.** Матричные формы представления и анализа информации не являются специфическим инструментом системного анализа, однако широко используются на различных его этапах в качестве вспомогательного средства. Матрица является не только наглядной формой представления информации, но и формой, которая во многих случаях раскрывает внутренние связи между элементами, помогает выяснить и проанализировать наблюдаемые части структуры. Примером использования свойств матрицы является таблица Менделеева.

Матрицы используются для представления и анализа систем и их структур. Перестроение дерева целей в матрицу бывает удобно для анализа структуры дерева целей, для выявления взаимосвязей и отношений между целями на этапе отбора вариантов и усечения целей.

**Сетевые методы.** Сетевые методы являются наиболее наглядным и удобным средством отражения динамических, развивающихся во времени процессов, их анализа и планирования с включением элементов оптимизации. Используются главным образом на этапе построения программ развития. Элементы нижних уровней дерева целей, перегруппированные по признаку временных логических взаимосвязей, можно преобразовать в сеть. Анализ этих сетей может послужить для дальнейшей корректировки деревьев целей. Более сложные многомерные сети используются для распределения сфер



ответственности, распределения работ по конкретным исполнителям в организациях, ориентированных на цель.

**Статистические методы.** Величины, которые могут принимать различные значения в зависимости от внешних по отношению к ним условий, принято называть **случайными** (стохастическими по природе). Так, например: пол встреченного нами человека может быть женским или мужским (дискретная случайная величина); его рост также может быть различным, но это уже непрерывная случайная величина - с тем или иным количеством возможных значений (в зависимости от единицы измерения).

Для случайных величин приходится использовать особые, статистические методы их описания. В зависимости от типа самой случайной величины - дискретная или непрерывная это делается по разному.

**Дискретное описание** заключается в том, что указываются все возможные значения данной величины (например - 7 цветов обычного спектра) и для каждой из них указывается вероятность или частота наблюдений именно этого значения при бесконечно большом числе всех наблюдений.

Можно доказать, что при увеличении числа наблюдений в определенных условиях за значениями некоторой дискретной величины частота повторений данного значения будет все больше приближаться к некоторому фиксированному значению - которое и есть вероятность этого значения.

К понятию вероятности значения дискретной случайной величины можно подойти и иным путем - через случайные события. Это наиболее простое понятие в теории вероятностей и математической статистике - событие с вероятностью 0,5 или 50% в 50 случаях из 100 может произойти или не произойти, если же его вероятность более 0,5 - оно чаще происходит, чем не происходит. События с вероятностью 1 называют достоверными, а с вероятностью 0 - невозможными.

Отсюда простое правило: для случайного события  $X$  вероятности  $P(X)$  (событие происходит) и  $P(\bar{X})$  (событие не происходит), в сумме для простого события дают 1.

В ряде ситуаций приходится иметь дело с **непрерывно распределенными** случайными величинами - весами, расстояниями и т. п. Для них идея оценки среднего значения (математического ожидания) и меры рассеяния (дисперсии) остается той же, что и для дискретных случайных величин. Приходится только вместо соответствующих сумм вычислять интегралы. Второе отличие - для непрерывной случайной величины вопрос о том какова вероятность принятия ею конкретного значения обычно не имеет смысла - как проверить, что вес товара

составляет точно 242 кг - не больше и не меньше?

Для всех случайных величин - дискретных и непрерывно распределенных, имеет очень большой смысл вопрос о диапазоне значений. В самом деле, иногда знание вероятности того события, что случайная величина не превзойдет заданный рубеж, является единственным способом использовать имеющуюся информацию для системного анализа и системного подхода к управлению. Правило определения вероятности попадания в диапазон очень просто - надо просуммировать вероятности отдельных дискретных значений диапазона или проинтегрировать кривую распределения на этом диапазоне.

**Математическое программирование** ("планирование") - это раздел математики, занимающийся разработкой методов отыскания экстремальных значений функции, на аргументы которой наложены ограничения. Методы математического программирования используются в экономических, организационных, военных и др. системах для решения так называемых распределительных задач. Распределительные задачи возникают в случае, когда имеющихся в наличии ресурсов не хватает для выполнения каждой из намеченных работ эффективным образом и необходимо наилучшим образом распределить ресурсы по работам в соответствии с выбранным критерием оптимальности.

В зависимости от вида целевой функции и ограничений выделяют следующие методы математического программирования:

**Линейное программирование**, используется если целевая функция линейна и система ограничений также линейна.

Если решения задачи линейного программирования должны быть целыми числами, то это задача **целочисленного линейного программирования**.

Если целевая функция и система ограничений не линейны, то это задача **нелинейного программирования**.

В том случае, если в задаче математического программирования имеется переменная времени и целевая функция выражается не в явном виде, как функция переменных, а косвенно, через уравнение, описывающее протекание операции во времени, то такая задача является задачей **динамического программирования**. Если целевая функция и система ограничений задаются формулами вида:

$$C * X^{\alpha_1} * X^{\alpha_2} * \dots * X^{\alpha_n}$$
, то это задача **геометрического программирования**.

В задачах **параметрического программирования** целевая функция и система ограничений зависят от параметров.

Если в целевой функции и системе ограничений определяется область возможного изменения переменных, содержатся случайные величины, то такая задача относится к задачам **стохастического программирования**.

Если точный оптимум найти алгоритмическим путем невозможно, из-за большого числа вариантов решения, то используются методы **эвристического программирования**.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите основные особенности системного анализа.
2. Для каких целей разрабатывается методика системного анализа и в каких случаях она применяется?
3. Опишите метод «мозговой атаки».
4. Опишите методы экспертных оценок.
5. Опишите метод «Дельфи».
6. Опишите диагностические методы.
7. Опишите морфологические методы.
8. Опишите метод дерева целей.
9. Опишите матричные методы.
10. Опишите сетевые методы.
11. Опишите статистические методы.
12. Опишите методы математического программирования.

## Тема №8

# ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В ЭКОНОМИКЕ И УПРАВЛЕНИИ

### 8.1. Особенности экономических систем и области применения системного анализа в экономике

Принципиальной особенностью систем организации производства и управления экономикой на разных уровнях является то, что неотъемлемой их частью является человек. Это приводит к проявлению у системы особых свойств, принципиально отличающих ее поведение от функционирования технических систем, работающих в соответствии с жестко заданным законом.

**Экономические системы имеют следующие особенности:**

- изменчивость отдельных параметров системы и стохастичность ее поведения;
- уникальность и непредсказуемость поведения системы в конкретных условиях и наличие у нее предельных возможностей, определяемых имеющимися ресурсами;
- способность изменять свою структуру, сохраняя целостность, и формировать варианты поведения;
- способность противостоять энтропийным (разрушающим систему) тенденциям, обусловленная тем, что в системах с активными элементами, стимулирующими обмен материальными, энергетическими и информационными продуктами со средой, не выполняется закономерность возрастания энтропии, а также наблюдается самоорганизация, развитие;
- способность адаптироваться к изменяющимся условиям;
- способность и стремление к целеобразованию; в отличие от закрытых (технических) систем, которым цели задаются извне, в системах с активными элементами цели формируются внутри системы;
- неоднозначность использования понятий "система" и "подсистема", "цель" и "средство" и т.п.
- ограниченность формализованного описания. Эти особенности и берутся за основу при разработке моделей и методик системного анализа.

Рассмотренные особенности экономических объектов и характеристики систем с активными элементами показывают, что решение вопроса о необходимости представления объекта в виде системы и применения для его исследования, проектирования или организации процессов управления им системного анализа зависят от

того, какая неопределенность в постановке задачи имеет место на начальном этапе ее рассмотрения.

В свою очередь *неопределенность зависит от ряда факторов*:

- необходимой и достаточной для конкретной задачи детализации описания объекта или ситуации принятия решения и точности решения;

- имеющихся к началу постановки задачи сведений об объекте у лиц, принимающих решение;

- возможности получения достоверной и точной информации;

- принципиальных особенностей объекта (например, может оказаться необходимым сохранить в нем некоторую неопределенность, энтропию, степени свободы), что является одним из условий, обеспечивающих развитие системы, ее совершенствование, самоорганизацию. Поэтому в принципе очень многие задачи, возникающие при управлении отраслями, регионами, предприятиями, объединениями и другими экономическими объектами, а также при проектировании сложных производственных комплексов могут потребовать применения системного анализа, хотя в ряде случаев эти же задачи могут быть решены традиционными математическими или инженерными методами.

**Основная особенность системного анализа** заключается в том, что он ориентирует исследователя не на моментальное решение проблемы определения окончательной модели объекта или процесса принятия решения (как это обычно имеет место при математическом моделировании или в изобретательской деятельности), а на разработку методики, содержащей средства, позволяющие постепенно формировать модель, обосновывая ее адекватность на каждом шаге формирования: вначале при выборе элементной базы, затем - при формулировании целей и выборе критериев, далее - при выборе методов моделирования, при получении вариантов решения, из которых выбирают лучший. Иными словами, в методике системного анализа главное - процесс постановки задачи, а после получения модели часто (но не всегда) методика системного анализа становится ненужной.

На протяжении всей истории развития общества люди учились ставить задачи и без использования системного анализа, по аналогии, передавая опыт друг другу. Однако если возникали новые области деятельности, новые проблемы, то процесс их становления и отработки процедур постановки задач часто затягивался на довольно длительный период. По мере развития технологий ситуации принятия решений усложнились, и современная экономика характеризуется такими особенностями, что гарантировать полноту и своевременность постановки и решения многих экономических проектных и управленческих задач стало трудно без применения приемов и методов

постановки сложных задач, которые и разрабатывают рассмотренные выше обобщающие направления и, в частности, системный анализ.

Таким образом, системный анализ может применяться на этапе постановки любой задачи, если возникают сложности с выбором модели и доказательством ее адекватности. Достаточно разработанный аппарат имитационного моделирования также может претендовать на эту роль. Однако при обосновании имитационной модели, ее полноты для соответствующего объекта также полезно применять средства системного анализа.

Помимо того, что системный анализ может являться средством доказательства адекватности любых сложных моделей, есть задачи, которые в принципе не могут быть формализованы без использования методов системного анализа. Такие задачи ранее решались обычно на основе интуиции и опыта специалистов, которые являются хранителями основных сведений о предметной области.

Примерами могут служить задачи, связанные с целеобразованием в системах управления:

- разработка основных направлений развития отрасли, региона или организации, перспективных планов и т.п.;
- задачи перестройки, совершенствования или разработки организационных структур;
- проблема управления разработками автоматизированных систем разного рода и т.д.

В последнее время привлечения методов системного анализа потребовали и некоторые задачи объемно-календарного планирования (например, в условиях позаказной системы производства).

Итак, основные области приложения системного анализа с точки зрения характера решаемых задач, следующие:

- задачи, связанные с целеобразованием и анализом целей и функций (это - задачи определения основных направлений развития отрасли, предприятий, объединений и т.д.; формирования прогнозов и перспективных планов экономики на федеральном и региональных уровнях, развития целевых комплексных программ и комплексных программ по решению важнейших научно-технических проблем и т.п.);
- задачи разработки или совершенствования организационных структур;
- задачи проектирования (проектирование сложных робототехнических комплексов, гибких производственных систем разного рода, управление разработками автоматизированных систем).

Все эти задачи по-разному реализуются на различных уровнях управления экономикой. Поэтому целесообразно выделить области применения системного анализа и по этому принципу: задачи

общегосударственные, отраслевые, региональные, отдельного предприятия (рис.8.1).



Рис.8.1. Области применения системного анализа.

## 8.2 Применение системного анализа в управлении

Управление не является самоцелью, это, скорее, средство достижения цели, позволяющее сделать систему гибкой и повысить эффективность ее работы. Организация управления в подсистемах должна соответствовать целям общей системы и быть не сложнее, чем это необходимо для достижения поставленных целей. Управление

должно стремиться, скорее, предупреждать нарушения в работе системы, чем исправлять их последствия.

Управление можно определить как функцию системы, которая обеспечивает направление деятельности в соответствии с планом, удерживает в допустимых пределах отклонения системы от заданных целей.

Управление осуществляется при помощи информационной сети, которая является средством управления. Эта информация должна быть выражена на том же языке, на котором составлен план.

Можно управлять любой ситуацией (в информационном плане), если:

- имеется возможность измерять результаты выполнения и сравнивать их с заданными;
- требуемая коррекция может быть осуществлена;
- как изменения, так и регулирование производятся настолько быстро, что корректирующее воздействие по ступает раньше, чем ситуация снова изменится и не будет уже соответствовать этому воздействию.

Управление производством оказывает упорядочивающее, целенаправленное воздействие на процесс общественного труда в соответствии с объективными законами развития производства.

Границы управления, его содержание, цели и принципы зависят от господствующих экономических отношений.

В любой сфере деятельности человек принимает решения. Для грамотного принятия решения необходимо определить область проблемы, выявить факторы, влияющие на ее решение, подобрать приемы и методы, которые позволят сформулировать или поставить задачу таким образом, чтобы решение было выполнено.

Таким образом, для принятия решения необходимо тесно связать цель со средствами ее достижения.

Игнорирование общесистемного подхода может быть преднамеренным из-за того, что руководители подчас склонны преувеличивать значение своих собственных действий для достижения результатов общего дела. Более вероятно, однако, что такое игнорирование возникает не преднамеренно, а в результате неспособности человека, принимающего решение по отдельным вопросам, представить себе последствия принятых им решений в других направлениях деятельности предприятия. Главное в системном подходе к управлению заключается в получении более целостной картины сети подсистем и взаимосвязанных частей, которые образуют единое целое.

Понятие управление не формализовано настолько, чтобы можно было дать его точное и при этом достаточно широкое определение. Более того, всякое определение управления оперирует понятиями,



которые также строго не определены (система, среда, цель, программа и др.).

Термины "управление" и "руководство" в экономических и социальных системах практически являются синонимами. Тем не менее, руководство можно рассматривать как одну из функций управления.

Руководство представляет собой основную силу в организациях, которая координирует деятельность подсистем и определяет их взаимосвязь с окружающим миром. Причиной, способствовавшей возникновению руководства, явилось увеличение масштабов и сложности деятельности в результате научно-технического прогресса. Руководство представляет собой одну из главных управленческих функций, обеспечивающих максимальную продуктивность ресурсов и ответственных за организацию экономического процесса.

По сути, руководство представляет собой процесс, посредством которого разрозненные ресурсы объединяются в единую систему для достижения поставленной цели. Управляя трудовыми и материальными ресурсами для достижения целей системы, руководитель обеспечивает производство продукции. Он координирует и объединяет деятельность других сотрудников. Для выполнения этой задачи руководитель должен сознавать опасность изолированных решений. Он обязан признавать важность взаимосвязей между различными задачами управления и понимать необходимость синтеза.

Общая теория управления акцентирует внимание на фундаментальных аспектах руководства, имеющих особое значение в том случае, когда организация должна как можно полнее соответствовать своим главным целям и задачам. Процессы руководства должны присутствовать в организации любого типа - правительственной, предпринимательской, учебной, общественной и т.д., другими словами, во всех видах деятельности, где объединяются материальные, трудовые и информационные ресурсы для достижения определенных целей. Эти процессы не зависят от типа специализированной области, в которой применяется управление.

Процесс управления, кроме руководства, включает и такие важные функции, как планирование, организация, управление (в узком смысле) и связь.

Планирование. Функция планирования включает выбор целей организации, а также определение политики, программ, образа действий и методов их достижения. Планирование, по существу, обеспечивает основу для принятия интегрированных решений.

Организация. Организационная функция направлена на объединение людей и материальных, финансовых и других ресурсов в систему таким образом, чтобы совместная деятельность производственного персонала обеспечивала решение задач, стоящих

перед организацией. Эта функция руководства включает в себя определение тех видов административной деятельности, которые необходимы для достижения целей предприятия, распределение этих видов деятельности по подразделениям, предоставление прав и установление ответственности за их использование. Таким образом, функция организации обеспечивает взаимосвязь, или взаимозависимость, между различными подсистемами и всей системой в целом.

Управление (в узком смысле). Функция управления, по существу, обеспечивает работу различных подсистем в соответствии с общей целью. Управление заключается в контроле деятельности подсистем с последующей коррекцией для обеспечения выполнения плана всей организацией. Связь. Функция связи заключается главным образом в передаче информации между центрами различных подсистем и организаций, обеспечивающих принятие решений. Помимо этого функция связи включает взаимный обмен информацией с внешним миром.

Указанные функции нельзя рассматривать как независимые, и они не подчиняются строгой временной последовательности. Например, эффективность связи и управления зависит в большой степени от соответствия организационной структуры процессу планирования.

Особую роль в управлении играет планирование - процесс, с помощью которого система использует свои возможности для изменения внешних и внутренних условий. Это наиболее динамическая функция, которая используется для создания прочного фундамента для остальных видов управленческой деятельности. Цель функции планирования состоит в создании взаимообусловленной системы принятия решений, позволяющей улучшить работу организации.

При системном подходе к планированию предприятие рассматривается как комплекс многочисленных подсистем. По мере усложнения обстановки в производственной, общественной и политической областях все большее значение придается планированию как средству преодоления неопределенности.

В условиях стабильного окружения функция планирования сравнительно проста. Для больших и сложных систем, действующих в условиях динамического окружения и подвергающихся воздействию многих сил, функция планирования становится очень важной, должна рассматриваться с учетом многих факторов и учитывать интересы системы в целом. Последствия любого решения могут серьезно сказаться в самых различных сферах деятельности, поэтому одна из важнейших задач руководства состоит в том, чтобы наметить в процессе планирования оптимальный курс действия. Именно здесь проявляется в наибольшей степени значение системного подхода к планированию.

Руководители на всех уровнях предпринимательской организации осуществляют все основные функции руководства. По мере продвижения по иерархической лестнице организации доля затрат труда на планирование возрастает по сравнению с остальными функциями. Руководство на высшем уровне не только должно уделять большую часть своего времени планированию, но и обязано понимать необходимость перспективного планирования. В соответствии с системным подходом основная задача состоит в том, чтобы определить место и роль организации в будущем в соответствии с изменением внешней среды и верно оценить потенциал организации.

При системном подходе подчеркивается, что эффективное планирование не может быть монополией узкого круга специалистов высшего ранга, ибо планирование требует объединенных усилий всех звеньев организации.

В настоящее время постоянно увеличивается необходимость нововведений, творческого подхода к делу и приспособляемости в современных организациях, повышается уровень профессиональной и общей подготовки сотрудников предприятия. Системный подход позволяет получить в этих условиях модель совместного взаимодействия всех элементов системы.

Планирование позволяет обеспечить организационные предпосылки для принятия эффективных решений на предприятии. Согласно системному подходу к планированию предприятие следует рассматривать как комплекс (интеграцию) принимающих решения подсистем.

Основной задачей планирования на высшем уровне является задача проектирования систем, которые включают:

1. Выбор целей, задач.
2. Системы связей.
3. Методы планирования на системной основе.
4. Создание информационных потоков планирования.

Существует много определений понятия "планирование". С точки зрения системного подхода планирование в экономике - это основной метод осуществления экономической политики, направленный на достижение максимальной общей эффективности производства как системы в соответствии с ее целями. Сам план представляет собой заранее определенное направление действий.

План включает три основных момента:

1. Ориентацию на перспективу.
2. Конкретный порядок действия.
3. Конкретных разработчиков (исполнителей).

Процессы планирования и принятия решений неотделимы друг от друга. Решение - это выбор одного из альтернативных путей, но само

по себе оно не является планом, так как не всегда связано с действием или сроком его исполнения. Решения необходимы на любом уровне процесса планирования, поэтому они неразрывно связаны с планированием.

В соответствии с системным подходом планирование может рассматриваться как средство для изменения систем. Без планирования система оставалась бы неизменной во времени и не могла бы развиваться. Именно планирование отличает социальную организацию от остальных открытых систем. В других видах открытых систем изменения являются следствием воздействия внешних сил, которые вызывают установление нового состояния равновесия. Планирование в социальной системе может быть эффективным только в том случае, если оно осуществлено в рамках установленной системы взаимоотношений личностей и организационных взаимоотношений.

Главным назначением планирования является создание основы для последующих решений на всех уровнях организации. Планирование должно быть связано с получением и преобразованием информации.

В планирование входят следующие, логически увязанные этапы:

1. Оценка экономической и политической обстановки.
2. Определение предполагаемой роли и места хозяйственной единицы во внешней среде.
3. Изучение спроса потребителей.
4. Анализ конкурентов.
5. Определение возможных изменений в других заинтересованных группах (смежников, поставщиков, конкурентов и т.д.).
6. Определение главных целей и задач, разработка общих планов, которые будут направлять деятельность всей организации.
7. Создание системы связей и формирование потоков информации, с помощью которых члены организации могут принимать участие в процессе планирования.
8. Преобразование общих планов в цели и задачи отдельных функциональных подсистем на более конкретной основе (исследование, проектирование и разработка, производство, распределение и обслуживание).

Применение системного подхода к планированию обусловлено ростом сложности управления и техническим прогрессом. Следует рассмотреть три большие системы, которые являются главными для любой организации:

- система внешней среды определяет политические и экономические условия, в которых протекает деятельность организации;

- система внешних отношений отражает отраслевую структуру, взаимоотношения между конкурентами, отношения между производителями и потребителями, характерные для отдельной отрасли, в которой данная организация конкурирует с другими;

- система внутренней организации предприятия характеризует организационную структуру, цели и политику, а также функциональные отношения между подразделениями.

Для эффективного планирования необходимо поступление информации от каждой из этих трех систем, и ее обработка в процессе создания конкретных планов действия.

Системный подход имеет непосредственную связь с теорией организации. Организация как процесс не представляет собой какой-то конкретной, определенной сущности.

Организация может иметь ряд свойств как материальных, так и абстрактных. То же можно сказать об организации как объекте. Существует множество разновидностей организаций, начиная с организации, охватывающей деятельность отдельного человека и кончая организацией формализованного типа, а также большое разнообразие социальных организаций. Однако все организации обладают некоторыми сходными элементами:

- организации - это социальные системы, т.е. люди, объединенные в группы;

- деятельность людей носит совместный характер (люди работают сообща);

- действия людей целенаправленны.

Одно из основных определений организации рассматривает ее в качестве процесса созидательной деятельности. Однако организация - это не только процесс. Понятие "организация" может рассматриваться в трех аспектах:

1. организация - процесс;

2. организация - учреждение;

3. организация как уровень исполнения (отделяющий от неорганизованного действия).

Последнее представление отражает качественную сторону, отделяющее понятие организованного комплекса от неорганизованного. Действие организации (организовывания) проявляется в том случае, если выполняется правило: "целое больше простой суммы его частей". Эту мысль высказывал еще Аристотель. В XX в. ее развивал А.А. Богданов: "Таково, например, элементарное сотрудничество. Уже соединение одинаковых рабочих сил на какой-нибудь механической работе может вести к возрастанию практических результатов в большей пропорции, чем количество этих рабочих сил".

Приведенный пример является проявлением закона синергии. Закон синергии заключается в том, что сумма свойств организационного целого превышает "арифметическую" сумму свойств, имеющихся у каждого из вошедших в состав целого элементов в отдельности.

Другая формулировка гласит: "Совокупность элементов, образующих систему, организована, если ее потенциал больше суммы потенциалов входящих в нее элементов по отдельности. Под "потенциалом" понимается наличие возможностей, позволяющих сделать что-либо, выполнить определенную работу. Хотя эта формулировка несколько отличается от первой, смысл ее тот же: свойства целого не сводятся к сумме свойств его частей.

**Термин "Synergy"** (греч.) означает сотрудничество, содружество. Получаемый суммарный эффект носит название синергетического. Впервые термин "синергетика" использовал физик-теоретик Г. Хаген. Строгое определение синергетики потребовало бы уточнения, что следовало бы считать частью и какие взаимодействия подпадают под категорию сложных. По замыслу профессора Г. Хагена, синергетика призвана играть роль своего рода мета науки, подмечающей и изучающей характер тех или иных закономерностей и зависимостей, которые частные науки считают "своими".

Эффект синергии обусловлен появлением нового качества, делающегося принадлежностью целого. Но не всякое объединение дает синергетический эффект. Дело не в том, что соединяется, а как. Главную роль здесь играют связи, которые устанавливаются между частями. Связь здесь является необходимым организационным моментом. В искусственных системах эффект синергии достигается их постепенным усложнением за счет дополнительных частей, каждая из которых имеет свое предназначение. Благодаря этому увеличиваются функциональные возможности целого.

Закон синергии проявляется в любой среде: в живых организмах и в социальных сообществах. Существует аналогия между социальной организацией и живым биологическим организмом. Существование организации в виде самостоятельной единицы нашего общества во многом схоже с существованием отдельного живого организма.

Совершенно очевидно сходство между определением социальной, т.е. человеческой, организации и открытой системы с нечетко выраженной структурой. Поведение организации, в противоположность поведению личности, характеризуется большей четкостью, предсказуемостью и стабильностью. Только ориентируя личность на достижение общих целей, организация способна их достичь.

Эти взгляды отражают две противоречивые точки зрения относительно природы организации. Для одной из них характерен рациональный, или целевой, подход к анализу природы организации. Эта точка зрения обычно высказывается в традиционной литературе по методам управления, где организацию рассматривают как рациональное средство для достижения определенных целей. Это механистическая точка зрения; каждый функциональный элемент организации интегрирован в ней так, чтобы наиболее эффективно достигались общие цели.

С другой стороны, существует подход к организации как к естественной системе; этот подход заостряет внимание на таких свойствах, процессах и механизмах адаптации организации, которые делают ее динамической, деятельной единицей. Эта точка зрения, в основном, ориентирована на открытую модель, которая подразумевает, что организация встречается с неопределенностями различной степени и должна развивать средства приспособления к изменяющейся среде. Во многих современных работах распространен подход к организации как к естественной системе. Тем не менее, оба подхода нельзя признать полностью правильными, хотя каждый из них содержит полезные элементы. Следует рассматривать организацию как приспособляющуюся общественную систему, стремящуюся действовать разумно в конкретных условиях своего окружения.

Современная теория организации и теория систем тесно взаимосвязаны, причем теория организации является самостоятельным элементом общей теории систем. Как теория систем, теория организации изучает общие свойства организации как единого целого. Современная теория организации в различных аспектах рассматривает как каждую подсистему отдельно, так и их взаимоотношения. При этом главное внимание уделяется иерархической пирамиде работ и задач, подчеркиваются вертикальные связи в этой пирамиде, но не оставляются без внимания и горизонтальные связи. В современной теории организации именно эти горизонтальные связи считаются наиболее важными. Функция горизонтальных связей состоит в упрощении решения проблем, возникающих вследствие разделения труда. Их природа и особенности определяются членами организации, которые имеют различные организационные подцели, но взаимозависимая деятельность которых требует взаимодействия.

Традиционный подход к административной власти уделяет большое внимание некоторым видам отношений внутри организации, не учитывая других, не менее важных. По современным представлениям о сущности административной власти взаимоотношения между руководителями и подчиненными являются результатом интеграции формальной структуры и процессов изменения. Таким образом,

современная теория организации рассматривает систему и ее компоненты с различных точек зрения, уделяя особое внимание интеграции подсистем и процессов изменения.

Функция организации является основным средством, с помощью которого отдельные трудовые и материальные ресурсы соединяются вместе, чтобы образовать работоспособную систему.

В настоящее время системный подход трактует организацию как систему взаимозависимых частей и переменных, а предпринимательская организация мыслится в виде социальной системы в еще более широкой, более сложной системе общества. Руководитель должен представлять организацию не как состоящую из изолированных частей, а в виде подсистем; он должен знать взаимосвязи между частями и их возможные взаимодействия. Основная задача руководителя предприятия состоит в том, чтобы объединить эти индивидуальные, часто противоречивые функции в организованную систему, в которой деятельность всех частей направлена на достижение общих организационных целей.

Таким образом, современная теория организации по мере своего развития неизбежно смыкается с концепциями общей теории систем. Исследования, основанные на принципах общей теории систем, дают возможность понять наиболее сложные из созданных человеком систем - большие социальные организации.

Большое значение при реализации основных функций управления играет связь. Связь способствует интеграции всей системы в единое целое и является тем основным элементом, который позволяет организациям функционировать как открытые системы, частично использующие управление с обратной связью. Для осуществления связи используется поток информации, который является жизненно важным элементом в процессе принятия решений руководством.

В человеческом обществе встречаются три типа связи:

- внутренние связи одного человека;
- связи между отдельными людьми;
- массовая связь.

Нет эффективного управления, если нет хорошо налаженной связи. Связь и управление в организациях имеют решающее значение.

**Связь** - это то, что объединяет организацию в единое целое; **управление** - это то, что регулирует ее поведение.

Системный подход является жизненно важным для создания связи или потока информации. Общая система образуется из подсистем связи; эти процессы связи находят свое выражение в виде потоков информации, необходимых для принятия решений.

Системный подход, таким образом, - это не простейший алгоритм, механическое применение которого якобы гарантирует успех.



Он не представляет собой также четко определенного набора методов, и его применение не ограничивается отдельными сферами человеческой деятельности.

Системный подход представляет собой широкую основу, дающую возможность рассматривать организацию как единую систему и позволяющую облегчить процесс достижения целей функционирования этой системы с помощью ясного понимания работы подсистем и интеграции их в единое целое.

Системный анализ - одно из направлений системного подхода. Современное состояние системного анализа характеризуется тем, что он:

- применяется для решения таких проблем, которые не могут быть поставлены и решены отдельными формальными методами;
- использует не только формальные методы, но и методы качественного анализа, направленные на активизацию использования интуиции и опыта специалистов различных областей знаний;
- объединяя - разные методы с помощью единой методики.

В число основных направлений применения методов системного анализа входят:

- совершенствование методов управления;
- разработка организационных структур управления;
- совершенствование методов оценки социально-экономической эффективности мероприятий;
- повышение адекватности формализованного описания социально-экономических систем;
- расширение возможности более широкого использования многокритериальных и других человеко-машинных процедур при подготовке и принятии перспективных и оперативных решений.

В будущем системный подход как "образ мышления" будет все более и более распространяться на все процессы управления.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите принципиальные особенности экономических систем.
2. Опишите особенности экономических систем.
3. Назовите основные особенности системного анализа.
4. Назовите основные области применения системного анализа на различных уровнях управления экономикой.
5. Охарактеризуйте процесс управления.
6. Охарактеризуйте процесс планирования.
7. Опишите применение системного анализа в управлении.
8. Опишите применение системного анализа в планировании.

## ***Практикум по курсу***

# Лабораторная работа №1

## РЕШЕНИЕ ЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

**Цель работы:** ознакомиться с основными функциями алгебры логики, освоить навыки решения логических задач.

### Краткие теоретические сведения

Для решения логических задач применяется алгебра логики или булева алгебра.

В ее основу положено элементарное логическое высказывание. Таким высказыванием называется высказывание, которое может быть только истинным или ложным.

Для упрощения действий элементарные высказывания обозначаются буквами, а истину и ложь логическими единицами и нулем соответственно. Тогда простые элементарные высказывания можно связать между собой с помощью логических функций и, зная, как они работают, рассчитывать их.

Основные функции (логические операции) алгебры логики следующие:

*Конъюнкция* (логическое умножение): в естественном языке соответствует союзу и, обозначается &.

Конъюнкция – это логическая операция, ставящая в соответствие каждому двум простым высказываниям составное высказывание, являющееся истинным тогда и только тогда, когда оба исходные высказывания истинны.

*Дизъюнкция* - (логическое сложение): в естественном языке соответствует союзу или, обозначается V.

Дизъюнкция – это логическая операция, которая каждому двум простым высказываниям ставит в соответствие составное высказывание, являющееся ложным, и истинным, когда хотя бы одно из двух образующих его высказываний истинно.

*Инверсия* – (отрицание): в естественном языке соответствует словам «неверно, что...» и частице не, обозначается  $\bar{A}$ .

Инверсия – это логическая операция, которая каждому простому высказыванию ставит в соответствие составное высказывание, заключающееся в том, что исходное высказывание отрицается.

### Контрольный пример

#### Задача 1. «Пять офицеров»

В одной из горячих точек служили 5 офицеров: генерал, полковник, майор, капитан и лейтенант. Один из них сапер, другой – пехотинец, третий – танкист, четвертый – связист, пятый – артиллерист.

У каждого из них есть сестра. И каждый из них женат на сестре своего однополчанина. Вот что еще известно об этих офицерах:

- По меньшей мере, один из родственников связиста старше его по званию.
  - Капитан никогда не служил в Хабаровске.
  - Оба родственника-пехотинца и оба родственника-танкиста служили раньше в Мурманске. Ни один родственник генерала в Мурманске не был.
  - Танкист служил в Твери вместе с обоими своими родственниками, а лейтенант там не служил.
  - Полковник служил в Махачкале вместе со своими родственниками.
  - Танкист не служил в Махачкале. Там служил только один из его родственников.
  - Генерал служил с обоими своими родственниками в Хабаровске, а в Махачкале он не бывал.
  - Артиллерист не служил ни в Хабаровске, ни в Твери.
- Определите, кто из офицеров какое звание имеет?

***Решение задачи:***

Ясно, что каждый офицер имеет двух родственников. Один из них - брат жены, а другой - муж сестры. Обозначим для удобства каждого офицера буквой и расположим их так, чтобы соседом каждого были его родственники (рис. 1.1.).

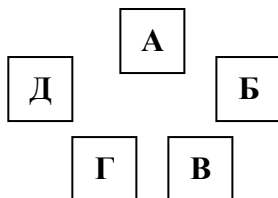


Рис. 1.1. Расположение по порядку

Пусть пехотинец будет обозначен буквой А. Поскольку трое из офицеров служили в Мурманске, а двое там не были, то танкисту должна соответствовать либо буква В, либо Г. Допустим, что танкист - В. Отсюда следует (с учетом условия задачи), что А и В не служили в Мурманске и что Б - генерал. Продолжая рассуждать, приходим к выводу, что Б, В и Г служили в Твери. Поэтому лейтенантом должен быть А или Д и букве Д должен соответствовать артиллерист. Далее, либо В и Г, либо В и Б не служили в Свердловске. Следовательно, А, Д и

Б либо А, Д и Г служили в Свердловске. А поскольку мы знаем, что Б не служил в Свердловске, это значит, что там служили А, Д и Г и что Д - полковник. Таким образом, А - лейтенант.

Переходим к следующему этапу решения. А, Б и В служили в Хабаровске, а Д там не служил. Нам известно, что капитан в Хабаровске не служил. Поскольку капитан не может быть Д, следовательно, ему соответствует буква Г. Далее приходим к заключению, что В - майор. Известно, что по меньшей мере один офицер должен быть старше по званию, чем связист. Следовательно, связист не может быть Б и должен быть Г, а саперу соответствует буква Б.

Таким образом, в итоге получается, что лейтенант - пехотинец, генерал - сапер, майор - танкист, капитан - связист, полковник - артиллерист.

## **Задача 2. «Финальный забег»**

Каждый второй пассажир в автобусе в увлечением читал спортивный раздел газеты, а остальные оживленно обсуждали последние спортивные новости. Иван Михайлович не успел купить газету, и ему не оставалось ничего другого, как заглядывать в газеты, развернутые другими пассажирами, и ловить доносившиеся до него обрывки разговоров.

Главной новостью дня был состоявшийся накануне финал эстафеты 4х100 м. для мужчин. В финал после упорной борьбы вышли команды шести стран: европейские команды А и В, африканские команды С и D, и 2 команды-представительницы американского континента Е и F.

Иван Михайлович охотно узнал бы, как распределились места среди участников финала, но сделать это оказалось непросто. В тот день Иван Михайловичу особенно не везло: стоило ему пристроиться к кому-нибудь, чтобы заглянуть через плечо, как счастливый обладатель спортивной газеты тотчас переворачивал страницу, а доносившиеся со всех сторон реплики знатоков и ценителей спроса были маловразумительными.

Выйдя из автобуса, Иван Михайлович смог восстановить в памяти лишь следующие крохи информации.

1. Команда А одержала победу над командой В.
2. Африканская команда получила золотые медали.
3. Команда В одержала победу над командой D.
4. По всему было видно, что первое и второе места достанутся американским командам, и вдруг в последний момент между ними вклинилась европейская команда.
5. Африканская команда отстала от всех остальных участников финала.

6. Первыми финишировали 3 африканских бегуна.
7. Команда F одержала победу над командой В.
8. Команда Е одержала победу над командой F.
9. В составе европейских команд не было африканских спортсменов.

Располагая этими отрывочными сведениями, Иван Михайлович попытался восстановить, как распределились места между шестью командами, участвовавшими в финале эстафетного бега, но тщетно.

Наконец, после тщательного анализа Иван Михайлович понял, что одна из девяти перечисленных выше посылок ложная. Он что-либо не так понял, либо плохо разглядел, либо неправильно вспомнил.

Все остальные послышки истинны.

Как распределились места между шестью командами, принимавшими участие в финальном забеге?

### ***Решение задачи:***

Для того чтобы решить задачу, необходимо, прежде всего, выяснить, какое из девяти приведенных утверждений ложно.

Итак, проанализируем данные утверждения. Если утверждение (9) заведомо верно (по условию задачи), то нетрудно установить, что утверждения (4), (5), и (6) не могут быть истинными одновременно.

Действительно, если истинно утверждение (6), то 3 первые места разделили между собой 2 африканские и 1 американская команды, либо 1 африканская и 2 американские команды. Но по утверждению (5) 2 африканские команды не могли быть среди тех, кто вышел на первые три места, а по утверждению (4) 2 американские команды могли занять лишь первое и третье места. Кроме того, из этого же утверждения (4) следует, что на второе место вышла европейская команда и, следовательно, среди обладателей трех первых мест не было ни одной африканской команды.

Таким образом, ложные сведения должны содержаться в каком-то из утверждений (4), (5) и (6), а остальные утверждения истинны, т. к. по условию задачи ложным является только одно утверждение. Воспользуемся сначала заведомо истинными утверждениями.

Объединим утверждения (1), (3) и (7) в одно, т. к. они взаимосвязаны между собой. Прочитав их в последовательности (1)-(7)-(3), приходим к следующему выводу: если исключить команды С и Е, то представители остальных команд могли прийти к финишу лишь в последовательности А, F, В, D. Следовательно, среди команд, занявших 3 первые места, заведомо должна быть европейская команда А. В худшем случае, она могла выйти на третье место, но оказалась среди призеров. Это означает, что утверждение (6) ложно. Чтобы определить, какое место заняла каждая из шести команд, расположим истинные утверждения в следующем порядке: (2), (4), (5), (8), (1)-(7)-(3), (9).

Как видно из утверждений (2) и (1)-(7)-(3), первое место могла занять лишь команда С, поскольку команда D заведомо не вышла на первое место. По утверждению (5), команда D могла занять лишь последнее, шестое место.

Утверждения (8) и (1)-(7)-(3) позволяют схематически изобразить распределение мест между четырьмя остальными командами так, как показано на рис. 1.2 (острые стрелки направлено к команде, показавшей лучшее время, конец - к команде, занявшей последнее место).

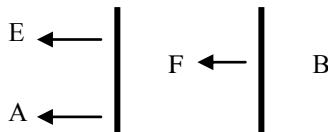


Рис.1.2 Распределение мест между четырьмя явно не лидирующими командами

Остается невыясненным, какая из команд: Е или А - показала лучший результат. Эту неопределенность помогает разрешить утверждение (4). Согласно схеме, между двумя американскими командами Е и F могла "вклиниться" только европейская команда А.

Следовательно, представители четырех команд, о которых идет речь, могли пересечь линию финиша лишь в следующей последовательности: Е, А, F, В. Это означает, что команда С заняла первое место, Е - второе, А - третье, F - четвертое, В - пятое и команда D - шестое место.

## Индивидуальное задание

Решите задачу, согласно вашему варианту. Опишите ход решения задачи, логические рассуждения.

### Вариант 1

На острове живут два племени: молодцы, которые всегда говорят правду, и лжецы, которые всегда лгут. Путешественник встретил туземца, спросил его, кто он такой, и, когда услышал, что он из племени молодцов, нанял его в услужение. Они пошли и увидели вдали другого туземца, и путешественник послал своего слугу спросит его, к какому племени он принадлежит. Слуга вернулся и сказал, что тот утверждает, что он из племени молодцов.

Ответьте, был ли слуга молодцом или же лгуном.

## **Вариант 2**

Четыре юных филателиста - Митя, Толя, Саша и Петя - купили почтовые марки. Каждый из них покупал марки только одной страны, причем двое из них купили российские марки, один - болгарские, а один - словацкие. Известно, что Митя и Толя купили марки двух разных стран. Марки разных стран купили Митя с Сашей, Петя с Сашей, Петя с Митей и Толя с Сашей. Кроме того, известно, что Митя купил не болгарские марки.

Какие марки купил каждый из мальчиков?

## **Вариант 3**

Четыре человека взялись выполнять работу маляра, слесаря, кузнеца и штукатура - каждый будет делать что-то одно. Выяснилось, что Антон не будет маляром и не будет слесарем, Алексей не будет кузнецом и не будет маляром, Евгений не будет слесарем и не будет маляром, Дмитрий не будет кузнецом и не будет слесарем. Известно также, что если Антон не будет кузнецом, то Дмитрий не будет маляром.

Кто и какую работу будет выполнять?

## **Вариант 4**

Пятеро девушек поехали в отпуск каждая на своей машине. Все машины были разного цвета. Первой ехала на белой машине американка. За ней на «Тойоте» русская. За француженкой на синей машине ехал желтый «Ситроен». Замыкала колонну англичанка на фиолетовом «Форде». «Плимут» был новее «Бьюика», но менее мощный, поэтому он ехал в середине колонны, а полька восхитительно выглядела в своем брючном костюме. Одна из машин была зеленого цвета.

Кто и на какой машине ехал - указать цвет и марку.

## **Вариант 5**

Вернувшись домой, Мегре позвонил на набережную Орфевр.

Говорит Мегре. Есть новости?

Да, шеф. Поступили сообщения от инспекторов. Торранс установил, что если Франсуа был пьян, то либо Этьен убийца, либо Франсуа лжет. Жульен считает, что или Этьен убийца, или Франсуа не был пьян, и убийство произошло после полуночи. Инспектор Люка просил передать вам, что если убийство произошло после полуночи, то либо Этьен убийца, либо Франсуа лжет. Затем позвонила...

Все. Спасибо. Этого достаточно.

Комиссар положил трубку. Он знал, что трезвый Франсуа никогда не лжет. Теперь он знал все.

Опишите, что знает Мегре?



### **Вариант 6**

Семья состоит из пяти человек: Алексея, Веры, Даша, Глеба и Евгении. Когда семья смотрит телевизор, то соблюдаются следующие условия:

- Смотрят либо Даша, либо Евгения, либо обе вместе.
  - Смотрят либо Глеб, либо Вера, но не вместе.
  - Даша и Глеб либо смотрят вместе, либо вместе не смотрят.
  - Если телевизор смотрит Алексей, то смотрит и Вера.
  - Если телевизор смотрит Евгения, то смотрят Алексей и Даша.
- Кто смотрит телевизор?

### **Вариант 7**

Брауну, Джонсу и Смиту предъявлено обвинение в ограблении банка. Похитители скрылись на поджидавшем их автомобиле. На следствии Браун показал, что преступники скрылись на синем «Бьюике», Джонс сказал, что это был «Форд-мустанг» и ни в коем случае не синий. Смит заявил, что это была не синяя «Тойота».

Стало известно, что желая запутать следствие, каждый из них указал правильно либо только марку машины, либо ее цвет.

Какого цвета и какой марки был автомобиль?

### **Вариант 8**

Николай хотел пригласить в гости Андрея, Виктора, Сергея, Дмитрия, Евгения, Федора, Георгия и Олега. При этом он столкнулся со следующими трудностями:

- Андрей никогда не придет, если пригласить Виктора или Сергея, или если одновременно придут Дмитрий и Евгений.
- Дмитрий придет только в том случае, если будет приглашен и Евгений.
- Евгений не примет приглашения, если придет Виктор.
- Федор наносит визиты только в сопровождении Георгия.
- Олег не будет возражать против присутствия Федора только в том случае, если будет приглашен и Андрей.
- Если не будет приглашен Федор, то Олег будет против приглашения Евгения.
- Чтобы пришел Георгий, необходимо пригласить Дмитрия или Олега.
- Георгий откажется от приглашения, если пригласят Евгения без Андрея, а также в случае приглашения Виктора или Сергея.

Кого мог пригласить Николай?

## Вариант 9

В составе экспедиции должно быть шесть специалистов: биолог, врач, синоптик, гидролог, механик и радист. Имеется восемь кандидатов, из которых нужно выбрать шесть участников экспедиции. Имена претендентов: Андрей, Виктор, Сергей, Дмитрий, Евгений, Федор, Григорий, Николай.

Обязанности биолога могут выполнять Евгений и Григорий, врача - Андрей и Дмитрий, синоптика - Федор и Григорий, гидролога - Виктор и Федор, радиста - Сергей и Дмитрий, механика - Сергей и Николай. Предусмотрено, что в экспедиции каждый выполняет только одну обязанность.

Кого и в какой должности следует включить в экспедицию, если Федор не может ехать без Виктора, Дмитрий - без Николая и без Сергея, Сергей не может ехать вместе с Григорием, Андрей вместе с Виктором?

## Вариант 10

Пятеро друзей - Андрей, Борис, Виктор, Григорий и Дмитрий решили записаться в кружок любителей логических задач. Руководитель кружка дал им задание. Они должны были приходить на занятия по возможности чаще, но в разных сочетаниях, соблюдая следующие условия:

- Если Андрей приходит вместе Дмитрием, то Борис должен присутствовать.
- Если Дмитрий отсутствует, то Борис должен быть, а Виктор должен отсутствовать.
- Если приходит Дмитрий, то Григорий пусть не приходит.
- Андрей и Виктор не могут одновременно ни присутствовать, ни отсутствовать.
- Если Борис отсутствует, то Дмитрий должен присутствовать, но в том случае, если не присутствует Виктор.
- Если Виктор присутствует, но отсутствует Борис, то Григорий должен быть, а Дмитрий должен отсутствовать.

В каких сочетаниях друзья могли посещать занятия?

## Вариант 11

Один лицеист очень хотел подарить «валентинку» своей любимой девочке. Он так сильно спешил, что подбегая к крыльцу поскользнулся и упал. Придя в себя он никак не мог вспомнить, кому он хотел подарить «валентинку». В голове крутились имена: Таня, Лена, Аня, Катя и Марина. Но вспомнить нужно только одно. Напрягая свою память несчастному влюбленному удалось установить следующее:

- Если я люблю Таню, то я люблю Лену или Аню.
  - Если я люблю Лену, то я люблю Аню и Катю.
  - Если я люблю Аню или Катю, то я не люблю Марину.
  - Если я не люблю Катю, то я люблю Таню и Марину.
- Кого любит лицеист?

### Вариант 12

В семье пять дочерей. У каждой свой гардероб с разноцветными (т.е. ни у одной нет, например, двух красных или трех зеленых) платьями (у всех разное количество, но не больше 12 нарядов). Каждая носит все свои платья по очереди, день за днем, не меняя порядка (например, красное, белое, голубое, красное, белое, голубое ...).

Наблюдательная соседка заметила, что:

- 1 июня Бетти была в голубом платье, Барбара и Беатрис в красных, Берта в зеленом, а Белла в желтом.
  - 11 июня две девушки были одеты в красные платья, одна в зеленое, одна в голубое и одна в белое.
  - 19 июня Берта была в зеленом, а Белла в желтом, остальные в красных.
  - Берта была одета в желтое платье 22 июня и в белое 23 июня.
  - 1 июля все девушки были одеты точно также как и 1 июня.
- Кто был в зеленом платье 11 июня?

### Вариант 13

Семеро друзей - Антонов, Борисов, Васильев, Глебов, Дмитриев, Егоров и Иванов - по странному стечению обстоятельств имеют совпадающие имена, причем ни один из них не является «тезкой» своей фамилии.

Кроме того, о них известно следующее:

- Все кроме Антонова и Глебова уже женаты.
- Невесте Егора очень не нравится фамилия жениха.
- Фамилия Глеба совпадает с именем Иванова.
- Жены Дмитриева и Ивана - родные сестры.
- Тот, чье имя совпадает с фамилией Бориса, женат, и его фамилия совпадает с именем Егорова.
- Иван, Егор, Василий - брэнеты.
- Остальные четверо, в числе которых Иванов, Егоров и Васильев, - блондины.

Какая фамилия у Василия?

### Вариант 14

В семье пять человек: муж, жена, их сын, сестра мужа и отец жены. Их профессии - инженер, юрист, слесарь, учитель и экономист. Известно, что юрист и учитель - не кровные родственники. Слесарь младше экономиста, и оба играют в футбол за сборную своего завода. Инженер моложе учителя, но старше жены своего брата.

Назовите профессии каждого.

### **Вариант 15**

На банкете пять подруг сидели за одним столиком. Каждая из них заказывала какой-нибудь напиток, основное блюдо и десерт. Бренда и миссис Берн пили martini, а Бетти и миссис Браун предпочли шерри. Миссис Бэйкер была за рулем и поэтому она попросила принести ей фруктовый сок. Бренда и мисс Брод заказывали стейк, а Берил и мисс Бейкер - рост-биф. На десерт Берил и мисс Блэк ели выпечку, а Барбара и мисс Бейкер - мороженное. Одна из подруг заказывала фруктовый салат. Ни у кого из сидящих рядом друг с другом не было двух одинаковых блюд.

Кто заказывал утку и что ела Бриджит?

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое конъюнкция?
2. Что такое дизъюнкция?
3. Что такое инверсия?
4. Чем логическое сложение отличается от логического умножения?
5. Что такое элементарное логическое высказывание?
6. Перечислите основные функции алгебры логики.
7. Будет ли истиной двойное отрицание факта?
8. Опишите процесс принятия логического решения.
9. Возможно ли решение логических задач без использования операций алгебры логики?
10. Как обозначается отрицание факта в алгебре логики?

## Лабораторная работа № 2

### КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ

**Цель работы:** научиться осуществлять классификацию систем по различным признакам, понять ее необходимость и предназначение в процессе реализации системного подхода.

#### Краткие теоретические сведения

Классификацией называется распределение некоторой совокупности объектов на классы по наиболее существенным признакам. Признак или их совокупность, по которым объекты объединяются в классы, являются основанием классификации. Класс – это совокупность объектов, обладающих некоторыми признаками общности.

Системы разделяют на классы по различным признакам, и в зависимости от решаемой задачи можно выбирать разные принципы классификации.

Классификации всегда относительны.

Цель любой классификации – ограничить выбор подходов к отображению системы, сопоставить выделенным классам приёмы и методы системного анализа и дать рекомендации по выбору методов для соответствующего класса систем.

При этом система может быть одновременно охарактеризована несколькими признаками, т.е. ей может быть найдено место одновременно в разных классификациях, каждая из которых может оказаться полезной при выборе методов моделирования.

#### Контрольный пример

Техническая система – легковой автомобиль. Классификация системы по признакам приведена в табл. 2.1.

Таблица 2.1.

№пп	Признак классификации	Тип объекта по признаку	Обоснование принадлежности
1	Степень организованности	Хорошо организованная	Определены элементы системы, их взаимосвязи, правила объединения элементов
2	Вид	Детерминированная	Поведение

	формализованного аппарата представления		можно предвидеть
3	По происхождению	Искусственная	Создана человеком
4	По основным элементам	Конкретная	Создана из материальных элементов
5	По взаимодействию со средой	Открытая	Работа определяется и внутренним состоянием и внешними ресурсом (топливо)
6	По степени сложности	Простая	Связи между элементами легко поддаются описанию
7	По естественному разделению	Техническая	Искусственно, созданная человеком
8	По принципу формирования	Несаморазвивающаяся	Развивается за счет внешнего воздействия

Описание системы: автомобиль – это техническая (механическая), целостная система, состоящая из различных подсистем: охлаждения, подачи топлива и т.д. Подчинена основной цели – передвижение в пространстве. Благодаря связи между элементами, подсистемами и их согласованной работе автомобиль способен двигаться. Обладает свойством эмерджентности – в случае поломки даже при наличии всех частей не может выполнять основную функцию.

Это система с высокой степенью автоматизации. Связана с окружающей средой, с нерегулярным поступлением внешних воздействий (топлива, начала/окончания работы, возможности передвижения и т.д.). Обладает многоаспектностью – несет в себе технический аспект, экономический (стоимость), социальный (статус), психологический (преимущества и возможности при обладании машиной).

Полезность системы для человека – возможность комфортного, быстрого перемещения для решения собственных задач.

## Индивидуальное задание

1. Провести классификацию систем (одной технической и одной социально-экономической) результат занести в табл. 2.2. Варианты систем взять из табл. 2.3.

Таблица 2.2

Наименование объекта классификации:

№пп	Признак классификации	Тип объекта по признаку	Обоснование принадлежности
1			
2			

2. Провести описание систем, приводя полные ответы на следующие пункты:

- определение основной цели функционирования системы;
- дать анализ системы по всем основным признакам;
- определить полезность (потребность) системы для общества (человека);

Таблица 2.3

Примеры систем для индивидуального выполнения

Вариант	Техническая система	Социально-экономическая система
1	САПР	Бутик
2	Грузовик	Птицеферма
3	Вентилятор	Швейный цех
4	Кондиционер	Гостиница
5	Пианино	Музей
6	Телевизор	Ректорат
7	Телефон	Химчистка
8	Фотоаппарат	Частный предприниматель
9	Трамвай	Кооператив
10	Кофемолка	Суд
11	Микрофон	ВУЗ
12	Осциллограф	Зоопарк
13	Телескоп	Трикотажная фабрика
14	Самолет	Салон красоты
15	Огнетушитель	Милиция

## Контрольные вопросы:

1. Что такое системный подход?

2. Для чего необходима классификация систем?
3. По каким признакам осуществляется классификация систем?
4. Какие системы называют замкнутыми?
5. Дайте определение большой системы.
6. Какую систему можно назвать хорошо организованной?
7. Что понимается под подсистемой?
8. Что понимается под целью системы?
9. Что понимается под классификационным признаком системы?
10. Определите дополнительный классификационный признак и типизируйте виды систем по этому признаку.



## Лабораторная работа № 3 ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТКА ИНФОРМАЦИИ

**Цель работы:** освоить и закрепить практические навыки по принятию и обоснованию управленческих решений в условиях недостатка информации

### Краткие теоретические сведения

В зависимости от отношения к риску решение задачи может выполняться с позиций «объективистов» и «субъективистов». Пусть предлагается лотерея: за 30 рублей (стоимость лотерейного билета) игрок с равной вероятностью  $p = 0,5$  может ничего не выиграть или выиграть 100 руб. Один индивид пожалеет и 30 рублей за право участия в такой лотерее, т.е. просто не купит лотерейный билет, другой готов заплатить за лотерейный билет 50 рублей, а третий заплатит даже 60 рублей за возможность получить 100 руб. (например, когда ситуация складывается так, что, только имея 100 рублей, игрок может достичь своей цели, поэтому возможная потеря последних денежных средств, а у него их ровно 60 рублей, не меняет для него ситуации).

*Безусловным денежным эквивалентом* (БДЭ) игры называется максимальная сумма денег, которую игрок готов заплатить за участие в игре (лотерее), или, что то же, та минимальная сумма денег, за которую он готов отказаться от игры. Каждый индивид имеет свой БДЭ.

*Ожидаемая денежная оценка* (ОДО) т.е. средний выигрыш в игре, рассчитывается как сумма произведений размеров выигрышей на вероятности этих выигрышей. Например, для нашей лотереи  $ОДО = 0,5 * 0 + 0,5 * 100 = 50$  рублей.

Игрока, для которого БДЭ совпадает с ОДО игры условно называют *объективистом*. Игрока, для которого  $БДЭ \neq ОДО$ , - субъективистом. Если субъективист склонен к риску, то его  $БДЭ > ОДО$ . Если не склонен, то  $БДЭ < ОДО$ .

Процесс принятия решений с помощью дерева решений в общем случае предполагает выполнение следующих пяти этапов.

**Этап 1 . Формулирование задачи.** Прежде всего, необходимо отбросить не относящиеся к проблеме факторы, а среди множества оставшихся выделить существенные и несущественные. Это позволит привести описание задачи принятия решения к поддающейся анализу форме. Должны быть выполнены следующие основные процедуры: определение возможностей сбора информации для экспериментирования и реальных действий; составление перечня событий, которые с определенной вероятностью могут произойти; установление временного

порядка расположения событий, в исходах которых содержится полезная и доступная информация, и тех последовательных действий, которые можно предпринять.

Этап 2. *Построение дерева решений.*

Этап 3. *Оценка вероятностей состояний среды*, т.е. сопоставление шансов возникновения каждого конкретного события. Следует отметить, что указанные вероятности определяются либо на основании имеющейся статистики, либо экспертным путем.

Этап 4. *Установление выигрышей* (или *проигрышей* как выигрышей со знаком минус) для каждой возможной комбинации альтернатив (действий) и состояний среды.

Этап 5. *Решение задачи.*



### 3.1. Простые задачи

#### Контрольный пример

Предположим, что решения принимаются с позиции объективиста. Руководство некоторой компании решает, какую новую продукцию им производить: декоративную косметику, лечебную косметику, бытовую химию. Размер выигрыша, который компания может получить, зависит от благоприятного или неблагоприятного состояния рынка:

Таблица 3.1

Номер стратегии	Действия компании	Выигрыш, при состоянии экономической среды, руб.	
		благоприятном	неблагоприятном
1	Декоративная косметика ( $a_1$ )	300 000	-150 000
2	Лечебная косметика ( $a_2$ )	250 000	-70 000
3	Бытовая химия ( $a_3$ )	100 000	-10 000
Вероятность благоприятного и неблагоприятного состояний экономической среды равна 0,5.			

На основе табл. 3.1 выигрышей (потерь) можно построить дерево решений (рис. 3.1, 3.2). Обозначения -  решение (решение принимает игрок); -  случай (решение «принимает»

случай); // - отвергнутое решение.

Процедура принятия решения заключается в вычислении для каждой вершины дерева (при движении справа налево) ожидаемых денежных оценок, отбрасывании неперспективных ветвей и выборе ветвей, которым соответствует максимальное значение ОДО.

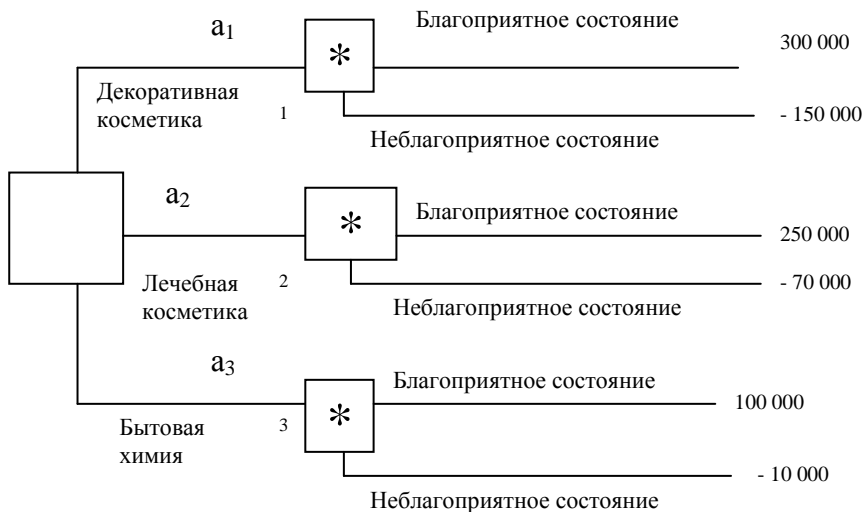


Рис. 3.1. Дерево решений без дополнительного обследования рынка



Рис. 3.2. Итоговое дерево решений

Определим средний ожидаемый выигрыш:

- для вершины 1  $ОД_1 = 0,5 * 300\ 000 + 0,5 * (-150\ 000) = 75\ 000$  руб.;
- для вершины 2  $ОД_2 = 0,5 * 250\ 000 + 0,5 * (-70\ 000) = 90\ 000$  руб.;
- для вершины 3  $ОД_3 = 0,5 * 100\ 000 + 0,5 * (-10\ 000) = 45\ 000$  руб.;

**Вывод.** Наиболее целесообразно выбрать стратегию  $a_2$ , т.е. выпускать лечебную косметику, а ветви (стратегии)  $a_1$  и  $a_3$  дерева решений можно отбросить. ОДО наилучшего решения равна 90 000 руб.

## Индивидуальное задание

Решите задачу, согласно вашему варианту, используя метод дерева решений.

### Вариант 1

Молодой российский бизнесмен предполагает построить ночную дискотеку неподалеку от университета. По одному из допустимых проектов предприниматель может в дневное время открыть в здании дискотеки столовую для студентов. Другой вариант не связан с дневным обслуживанием клиентов. Представленные бизнес-планы показывают, что план, связанный со столовой, может принести доход в 250 тыс. рублей. Без открытия столовой бизнесмен может заработать 175 тыс. рублей. Потери в случае открытия дискотеки со столовой составят 55 тыс. рублей, а без столовой - 20 тыс. рублей. Определите наиболее эффективную альтернативу на основе средней стоимостной ценности в качестве критерия. Вероятность наступления благоприятного состояния равен 0,5; неблагоприятного – 0,5.

### Вариант 2

Директор лицея, обучение в котором осуществляется на платной основе, решает, следует ли расширять здание лицея на 250 мест, на 50 мест или не проводить строительных работ вообще. Если население небольшого города, в котором организован платный лицей, будет расти, то большая реконструкция могла бы принести прибыль 250 тыс. рублей в год, незначительное расширение учебных помещений могло бы приносить 90 тыс. рублей прибыли. Если население города увеличиваться не будет, то крупное расширение обойдется лицейу в 120 тыс. рублей убытка, а малое - 45 тыс. рублей. Однако информация о том, как будет изменяться население города, отсутствует. Постройте дерево решений и определите лучшую альтернативу.

### Вариант 3

При крупном автомобильном магазине планируется открыть мастерскую по предпродажному обслуживанию и гарантийному ремонту

автомобилей. Если рынок будет благоприятным, то большая мастерская принесет прибыль в 60 тыс. рублей, а маленькая - 30 тыс. рублей. При неблагоприятном рынке магазин потеряет 65 тыс. рублей, если будет открыта большая мастерская, и 30 тыс. рублей - если откроется маленькая. Не имея дополнительной информации, директор оценивает вероятность благоприятного рынка 0,6. Постройте дерево решений и определите: Какую мастерскую следует открыть при магазине: большую или маленькую? Какова ожидаемая денежная оценка наилучшего решения?

#### Вариант 4

Фирма, производящая вычислительную технику, провела анализ рынка нового высокопроизводительного персонального компьютера. Если будет выпущена крупная партия компьютеров, то при благоприятном рынке прибыль составит 250 тыс. рублей, а при неблагоприятных условиях фирма понесет убытки в 185 тыс. рублей. Небольшая партия техники в случае ее успешной реализации принесет фирме 50 тыс. рублей прибыли и 10 тыс. рублей убытков - при неблагоприятных условиях. Возможность благоприятного и неблагоприятного исходов фирма оценивает одинаково. Используйте дерево решений, для того чтобы помочь фирме выбрать правильную технико-экономическую стратегию. Какова ожидаемая денежная оценка наилучшего решения?

#### Вариант 5

В консалтинговую фирму «ВИЕРИ» обратился клиент с просьбой рассмотреть варианты инвестирования. В результате маркетингового исследования были предложены 3 варианта (А, В, С) (табл.3.2).

Размер выигрыша, который инвестор может получить, зависит от благоприятного или неблагоприятного состояния рынка:

Таблица 3.2

Номер варианта	Проект	Выигрыш, при состоянии экономической среды	
		благоприятном	неблагоприятном
1	А	200 000 руб.	100 000 руб.
2	В	300 000 руб.	100 000 руб.
3	С	270 000 руб.	80 000 руб.

Вероятность благоприятного исхода проекта А = 0,6; проекта В = 0,4; проекта С = 0,5.

Используйте дерево решений, для того чтобы помочь инвестору выбрать правильный проект. Какова ожидаемая денежная оценка наилучшего решения?

## **Вариант 6**

Компания "Буренка" изучает возможность производства и сбыта навесов для хранения кормов. Этот проект может основываться на большой или малой производственной базе. Рынок для реализации продукта - навесов - может быть благоприятным или неблагоприятным. Василий Бычков - менеджер компании, естественно, учитывает возможность и вообще не производить эти навесы. При благоприятной рыночной ситуации большое производство позволило бы Бычкову получить чистую прибыль 200 млн. рублей. Если рынок окажется неблагоприятным, то при большом производстве он понесет убытки в размере 180 млн. рублей. Малое производство дает 100 млн. рублей прибыли при благоприятной рыночной ситуации и 20 млн. рублей убытков при неблагоприятной. Возможность благоприятного и неблагоприятного исходов оценивается одинаково.

Используйте дерево решений, для того чтобы помочь Бычкову выбрать правильный проект. Какова ожидаемая денежная оценка наилучшего решения?

## **Вариант 7**

Тамара Пончик предполагает построить ресторан недалеко от университетского общежития. Один из возможных вариантов - предусмотреть в нем пивной бар. Другой вариант не связан с продажей пива. В обоих случаях Тамара оценивает свои шансы на успех как 0,6 и на неудачу как 0,4. Предварительные обсуждения показывают, что план, связанный с продажей пива, может принести 325 млн. рублей. Без продажи пива можно заработать 250 млн. рублей. Потери в случае открытия ресторана с баром составят 70 млн. рублей, в случае ресторана без бара 20 млн. рублей. Выберите альтернативу для Тамары Пончик. Следует ли реализовать план, предусматривающий продажу пива?

## **Вариант 8**

"Фото КОЛОР" - небольшой производитель химических реактивов и оборудования, которые используются некоторыми фотостудиями при изготовлении 35-мм фильмов. Один из продуктов, который предлагает "Фото КОЛОР" - фиксаж ВС-6. Адам Полутонов, президент "Фото КОЛОР", продает в течение недели 11, 12 или 13 ящиков ВС-6. От продажи каждого ящика фирма получает 35 тыс. рублей прибыли. ВС-6, как и многие фотографические реактивы, имеет очень малый срок годности. Поэтому, если ящик не продан к концу недели, Адам должен его уничтожить. Так как каждый ящик обходится фирме в 56 тыс. рублей он теряет эту сумму в случае, если ящик не

продан к концу недели. Вероятности продать 11, 12 или 13 ящиков в течение недели равны соответственно 0,45, 0,35 и 0,2.

Сколько ящиков закупать фирме для продажи еженедельно?

### **Вариант 9**

Компания "Молодой сыр" - небольшой производитель различных продуктов из сыра. Один из продуктов - сырная паста - продается в розницу. Вадим Ароматов, менеджер компании, должен решить, сколько ящиков сырной пасты следует производить в течение месяца. Вероятности того, что спрос на сырную пасту в течение месяца будет 6, 7, 8 ящиков равны соответственно 0,2, 0,3, 0,5. Затраты на производство одного ящика 45 тыс. рублей Ароматов продает каждый ящик по цене 95 тыс. рублей. Если ящик с сырной пастой не продается в течение месяца, то она портится и компания не получает дохода.

Сколько ящиков следует производить в течение месяца?

Какова ожидаемая стоимостная ценность этого решения?

### **Вариант 10**

Дмитрий Мухин не знает, что ему предпринять. Он может открыть в своем магазине большую секцию проката видеокассет или маленькую секцию. Он не может получить дополнительную информацию о том, будет рынок видеопроката благоприятным или нет.

Если рынок будет благоприятным, то большая секция проката принесет прибыль 15 млн. рублей, а маленькая - 5 млн. рублей. В случае неблагоприятного рынка Мухин потеряет 20 млн. рублей, если он откроет большую секцию, и 10 млн. рублей - если маленькую. Не имея дополнительной информации, Дмитрий оценивает вероятность благоприятного рынка как 0,7.

Следует ли открыть большую секцию?

Какова ожидаемая стоимостная ценность наилучшего решения?

### **Вариант 11**

Павел Спицын провел анализ, связанный с открытием магазина велосипедов. Если он откроет большой магазин, то при благоприятном рынке получит 60 млн. рублей, при неблагоприятном же рынке понесет убытки 40 млн. рублей. Маленький магазин принесет ему 30 млн. рублей прибыли при благоприятном рынке и 10 млн. рублей убытков при неблагоприятном. Возможность благоприятного и неблагоприятного рынков он оценивает одинаково. Используйте дерево решений для того, чтобы помочь Павлу принять решение.

Следует ли открыть большой магазин? Какова ожидаемая стоимостная ценность наилучшего решения?

## Вариант 12

Леониду Хлоркину, главному инженеру компании "Белый каучук", надо решить, монтировать новую производственную линию, использующую новейшую технологию или модернизировать старую. Монтровка новой линии обойдется предприятию в 20 млн. рублей. Если новая линия будет безотказно работать, компания получит прибыль 200 млн. рублей. Если же она откажет, то компания может потерять 150 млн. рублей. По оценкам Хлоркина, существует 60% шансов, что новая производственная линия откажет.

Модернизация старой линии обойдется в 10 млн. рублей. После модернизации старая линия может принести прибыль в 100 млн. рублей, если не произойдет отказа, при отказе убыток составит 60 млн. рублей. Вероятность безотказной работы модернизированной линии оценивается как 45%.

Следует ли монтировать новую производственную линию или модернизировать старую?

Какова ожидаемая стоимостная ценность наилучшего решения?

### 3.2. Усложненные задачи

#### Контрольный пример

Усложним рассмотренную выше задачу. Перед тем как принимать решение о виде продукции, руководство компании должно определить, заказывать ли дополнительное исследование состояния рынка или нет, причем предоставляемая услуга обойдется компании в 15 000 рублей. Руководство понимает, что дополнительное исследование по-прежнему не способно дать точной информации, но оно поможет уточнить ожидаемые оценки конъюнктуры рынка, изменив тем самым значения вероятностей.

Относительно фирмы, которой можно заказать прогноз, известно, что она способна уточнить значения вероятностей благоприятного или неблагоприятного исхода. Возможности фирмы в виде условных вероятностей благоприятности и неблагоприятности рынка сбыта представлены в табл.3.3.

Таблица 3.3

Прогноз фирмы	Фактически	
	благоприятный	неблагоприятный
Благоприятный	0,78	0,22
Неблагоприятный	0,27	0,73



Например, когда фирма утверждает, что рынок благоприятный, то с вероятностью 0,78 этот прогноз оправдывается (с вероятностью 0,22 могут возникнуть неблагоприятные условия), прогноз о неблагоприятности рынка оправдывается с вероятностью 0,73.

Предположим, что фирма, которой заказали прогноз состояния рынка, утверждает:

- ситуация будет благоприятной с вероятностью 0,4;
- ситуация будет неблагоприятной с вероятностью 0,6.

На основании дополнительных сведений можно построить новое дерево решений (рис. 3.3), где развитие событий происходит от корня дерева к исходам, а расчет прибыли выполняется от конечных состояний к начальным.

Определим средний ожидаемый выигрыш:

- для вершины 4  $ОДО_4 = 0,78 * 300\ 000 + 0,22 * (-150\ 000) = 201\ 000$  руб.;
- для вершины 5  $ОДО_5 = 0,78 * 250\ 000 + 0,22 * (-70\ 000) = 179\ 600$  руб.;
- для вершины 6  $ОДО_6 = 0,78 * 100\ 000 + 0,22 * (-10\ 000) = 75\ 800$  руб.;
- для вершины 7  $ОДО_7 = 0,27 * 300\ 000 + 0,73 * (-150\ 000) = -28\ 500$  руб.;
- для вершины 8  $ОДО_8 = 0,27 * 250\ 000 + 0,73 * (-70\ 000) = 16\ 400$  руб.;
- для вершины 9  $ОДО_9 = 0,27 * 100\ 000 + 0,73 * (-10\ 000) = 19\ 700$  руб.;
- для вершины 10  $ОДО_{10} = 0,4 * 201\ 000 + 0,6 * (-19\ 700) = 68\ 580$  руб.;

### **Выводы:**

- Необходимо проводить дополнительно, исследование конъюнктуры рынка, поскольку это позволяет существенно уточнить принимаемое решение.
- Если фирма прогнозирует благоприятную ситуацию на рынке, то целесообразно производить декоративную косметику (ожидаемая максимальная прибыль 201 000 рублей), если прогноз неблагоприятный – бытовую химию (ожидаемая максимальная прибыль 19 700 рублей).

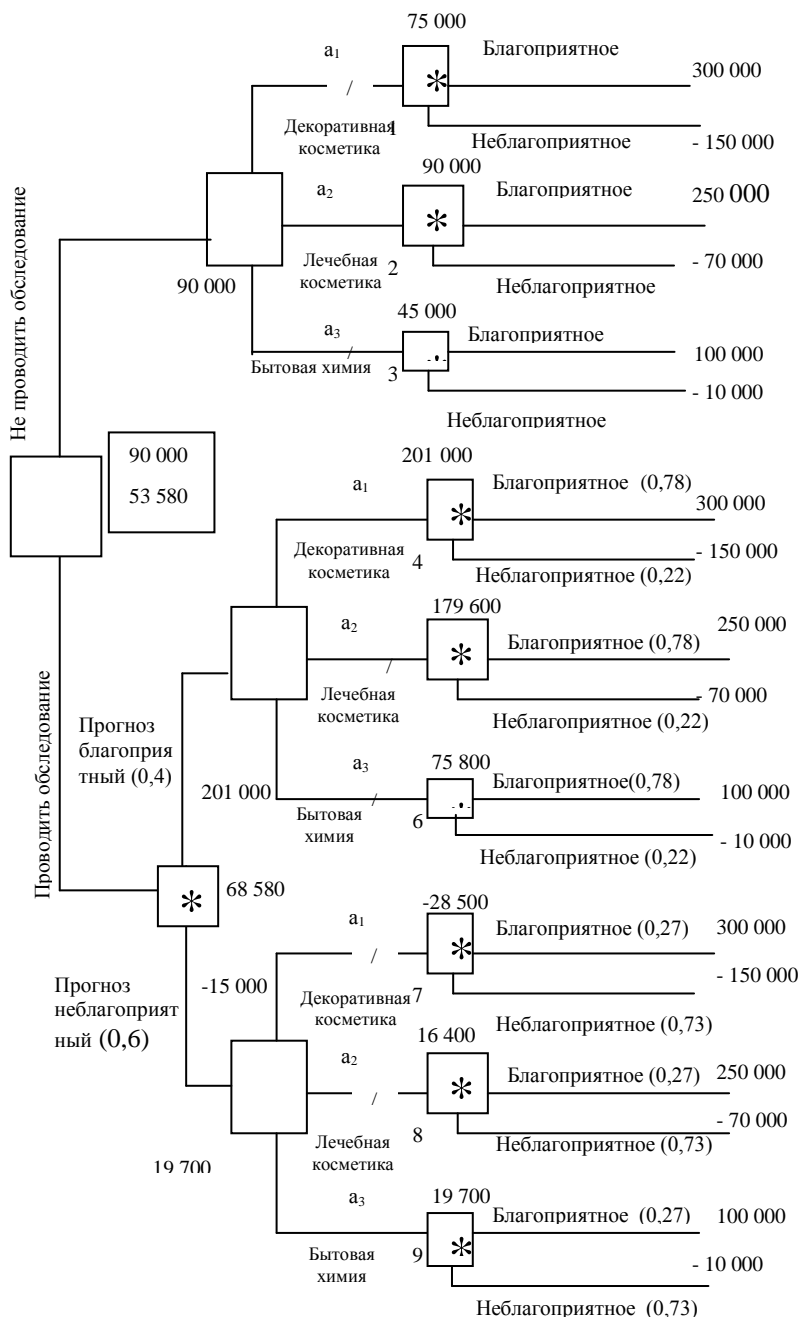


Рис. 3.3. Дерево решений при дополнительном обследовании рынка

## Индивидуальное задание

Решить задачу, согласно вашему варианту, используя метод дерева решений.

### Вариант 1

Молодой российский бизнесмен предполагает построить ночную дискотеку неподалеку от университета. По одному из допустимых проектов предприниматель может в дневное время открыть в здании дискотеки столовую для студентов. Другой вариант не связан с дневным обслуживанием клиентов. Представленные бизнес-планы показывают, что план, связанный со столовой, может принести доход в 250 тыс. руб. Без открытия столовой бизнесмен может заработать 175 тыс. руб. Потери в случае открытия дискотеки со столовой составят 55 тыс. руб., а без столовой - 20 тыс. руб. Определите наиболее эффективную альтернативу на основе средней стоимостной ценности в качестве критерия.

Пусть, перед тем как принимать решение бизнесмен должен определить, заказывать ли дополнительное исследование состояния рынка или нет, причем предоставляемая услуга обойдется в 2 000 рублей. Относительно фирмы, которой можно заказать прогноз, известно, что она способна уточнить значения вероятностей благоприятного или неблагоприятного исхода. Возможности фирмы в виде условных вероятностей благоприятности и неблагоприятности рынка сбыта представлены в табл.3.4:

Таблица 3.4

Прогноз фирмы	Фактически	
	благоприятный	неблагоприятный
Благоприятный	0,80	0,20
Неблагоприятный	0,30	0,70

Предположим, что фирма, которой заказали прогноз состояния рынка, утверждает:

- ситуация будет благоприятной с вероятностью 0,48;
- ситуация будет неблагоприятной с вероятностью 0,52.

### Вариант 2

Директор лицея, обучение в котором осуществляется на платной основе, решает, следует ли расширять здание лицея на 250 мест, на 50 мест или не проводить строительных работ вообще. Если население небольшого города, в котором организован платный лицей, будет расти, то большая

реконструкция могла бы принести прибыль 250 тыс. руб. в год, незначительное расширение учебных помещений могло бы приносить 90 тыс. руб. прибыли. Если население города увеличиваться не будет, то крупное расширение обойдется лицеву в 120 тыс. руб. убытка, а малое - 45 тыс. руб.

Государственная статистическая служба предоставила информацию об изменении численности населения: вероятность роста численности населения составляет 0,7; вероятность того, что численность населения останется неизменной или будет уменьшаться, равна 0,3. Определите наилучшее решение. Чему равно значение ОДО для наилучшей альтернативы?

### **Вариант 3**

При крупном автомобильном магазине планируется открыть мастерскую по предпродажному обслуживанию и гарантийному ремонту автомобилей. Консультационная фирма готова предоставить дополнительную информацию о том, будет ли рынок благоприятным или нет. Эти сведения обойдутся магазину в 13 000 рублей. Администрация магазина считает, что эта информация гарантирует благоприятный рынок с вероятностью 0,5. Если рынок будет благоприятным, то большая мастерская принесет прибыль в 60 тыс. руб. а маленькая - 30 тыс. руб. При неблагоприятном рынке магазин потеряет 65 тыс. руб., если будет открыта большая мастерская, и 30 тыс. руб. - если откроется маленькая. Не имея дополнительной информации, директор оценивает вероятность благоприятного рынка 0,6. Положительный результат обследования гарантирует благоприятный рынок с вероятностью 0,8. При отрицательном результате рынок может оказаться благоприятным с вероятностью 0,3. Постройте дерево решений и определите:

Следует ли заказать консультационной фирме дополнительную информацию, уточняющую конъюнктуру рынка?

Какую мастерскую следует открыть при магазине: большую или маленькую?

Какова ожидаемая денежная оценка наилучшего решения?

### **Вариант 4**

Фирма, производящая вычислительную технику, провела анализ рынка нового высокопроизводительного персонального компьютера. Если будет выпущена крупная партия компьютеров, то при благоприятном рынке прибыль составит 250 тыс. руб., а при неблагоприятных условиях фирма понесет убытки в 185 тыс. руб. Небольшая партия техники в случае ее успешной реализации принесет фирме 50 тыс. руб. прибыли и 10 тыс. руб. убытков - при

неблагоприятных условиях. Возможность благоприятного и неблагоприятного исходов фирма оценивает одинаково. Исследование рынка, которое провел эксперт, обошлось фирме в 15 тыс. руб. Эксперт считает, что с вероятностью 0,6 рынок окажется благоприятным. В то же время при положительном заключении благоприятные условия ожидаются лишь с вероятностью 0,8. При отрицательном заключении с вероятностью 0,15 рынок также может оказаться благоприятным. Используйте дерево решений, для того чтобы помочь фирме выбрать правильную технико-экономическую стратегию. Ответьте на следующие вопросы:

Следует ли заказывать эксперту дополнительное обследование рынка?

Какова ожидаемая денежная оценка наилучшего решения?

### Вариант 5

В консалтинговую фирму «ВИЕРИ» обратился клиент с просьбой рассмотреть варианты инвестирования. В результате маркетингового исследования были предложены 3 варианта (А, В, С) (табл. 3.5).

Размер выигрыша, который инвестор может получить, зависит от благоприятного или неблагоприятного состояния рынка:

Таблица 3.5

Номер варианта	Проект	Выигрыш, при состоянии экономической среды, руб.	
		благоприятном	неблагоприятном
1	А	200 000	100 000
2	В	300 000	100 000
3	С	270 000	80 000

Вероятность благоприятного исхода экономической среды – 0,6, неблагоприятного – 0,4

Перед тем как принимать решение инвестор может заказать дополнительное исследование состояния рынка, предоставляемая услуга обойдется в 5 000 рублей. Относительно фирмы, которой можно заказать прогноз, известно, что она способна уточнить значения вероятностей благоприятного или неблагоприятного исхода. Возможности фирмы в виде условных вероятностей благоприятности и неблагоприятности рынка сбыта представлены в табл.3.6.

Таблица 3.6

Прогноз фирмы	Фактически	
	благоприятный	неблагоприятный
Благоприятный	0,65	0,35
Неблагоприятный	0,25	0,75

Предположим, что фирма, которой заказали прогноз состояния рынка, утверждает:

- ситуация будет благоприятной с вероятностью 0,55;
- ситуация будет неблагоприятной с вероятностью 0,45.

### Вариант 6

Компания "Буренка" изучает возможность производства и сбыта навесов для хранения кормов. Этот проект может основываться на большой или малой производственной базе. Рынок для реализации продукта - навесов - может быть благоприятным или неблагоприятным. Василий Бычков - менеджер компании, естественно, учитывает возможность и вообще не производить эти навесы. При благоприятной рыночной ситуации большое производство позволило бы Бычкову получить чистую прибыль 200 млн. рублей. Если рынок окажется неблагоприятным, то при большом производстве он понесет убытки в размере 180 млн. рублей. Малое производство дает 100 млн. рублей прибыли при благоприятной рыночной ситуации и 20 млн. рублей убытков при неблагоприятной.

Прежде чем создать новое производство. Бычков имеет намерение заказать исследование рынка и заплатить за него 10 млн. рублей. Результаты этого исследования могли бы помочь решить вопрос о том, следует ли создавать большое производство, малое производство или не делать ничего. Бычков понимает, что такое обследование рынка не может дать достоверную информацию, но может тем не менее оказаться полезным. Возможности фирмы в виде условных вероятностей благоприятности и неблагоприятности рынка сбыта представлены в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Прогноз фирмы	Фактически	
	благоприятный	неблагоприятный
Благоприятный	0,78	0,22
Неблагоприятный	0,27	0,73

Фирма, которой заказали прогноз состояния рынка, утверждает:

- ситуация будет благоприятной с вероятностью 0,45;
- ситуация будет неблагоприятной с вероятностью 0,55.

Используйте дерево решений, для того чтобы помочь Бычкову выбрать правильный проект. Какова ожидаемая денежная оценка наилучшего решения?

### Вариант 7

Тамара Пончик предполагает построить ресторан недалеко от университетского общежития. Один из возможных вариантов - предусмотреть в нем пивной бар. Другой вариант не связан с продажей пива. В обоих случаях Тамара оценивает свои шансы на успех как 0,6 и на неудачу как 0,4. Предварительные обсуждения показывают, что план, связанный с продажей пива, может принести 325 тыс. рублей. Без продажи пива можно заработать 250 тыс. рублей. Потери в случае открытия ресторана с баром составят 70 тыс. рублей, в случае ресторана без бара 20 тыс. рублей

Перед тем как принимать решение Тамара должна определить, заказывать ли дополнительное исследование состояния рынка или нет, причем предоставляемая услуга обойдется в 2 тыс. рублей. Относительно фирмы, которой можно заказать прогноз, известно, что она способна уточнить значения вероятностей благоприятного или неблагоприятного исхода. Возможности фирмы в виде условных вероятностей благоприятности и неблагоприятности рынка сбыта представлены в табл. 3.8.

Таблица 3.8

Прогноз фирмы	Фактически	
	благоприятный	неблагоприятный
Благоприятный	0,65	0,35
Неблагоприятный	0,40	0,60

Предположим, что фирма, которой заказали прогноз состояния рынка, утверждает:

- ситуация будет благоприятной с вероятностью 0,62;
- ситуация будет неблагоприятной с вероятностью 0,38.

Выберите альтернативу для Тамары Пончик на основе средней стоимостной ценности в качестве критерия. Чему равно значение ОДО для наилучшей альтернативы?

### Вариант 8

"Фото КОЛОР" - небольшой производитель химических реактивов и оборудования, которые используются некоторыми

фотостудиями при изготовлении 35-мм фильмов. Один из продуктов, который предлагает "Фото КОЛОР" - фиксаж ВС-6. Адам Полутонов, президент "Фото КОЛОР", продает в течение недели 11, 12 или 13 ящиков ВС-6. От продажи каждого ящика фирма получает 35 тыс. рублей прибыли. ВС-6, как и многие фотографические реактивы, имеет очень малый срок годности. Поэтому, если ящик не продан к концу недели, Адам должен его уничтожить. Так как каждый ящик обходится фирме в 56 тыс. рублей он теряет эту сумму в случае, если ящик не продан к концу недели. Вероятности продать 11, 12 или 13 ящиков в течение недели равны соответственно 0,45, 0,35 и 0,2.

Проведение дополнительных исследований обойдется фирме в 15 тыс. рублей. Дополнительные исследования показывают, что вероятности продать 11, 12 или 13 ящиков в течение недели равны соответственно 0,40, 0,35 и 0,25.

Стоит ли проводить дополнительное исследование? Сколько ящиков закупать фирме для продажи еженедельно?

### **Вариант 9**

Компания "Молодой сыр" - небольшой производитель различных продуктов из сыра. Один из продуктов - сырная паста - продается в розницу. Вадим Ароматов, менеджер компании, должен решить, сколько ящиков сырной пасты следует производить в течение месяца. Вероятности того, что спрос на сырную пасту в течение месяца будет 6, 7, 8 ящиков равны соответственно 0,2, 0,3, 0,5. Затраты на производство одного ящика 45 тыс. рублей Ароматов продает каждый ящик по цене 95 тыс. рублей. Если ящик с сырной пастой не продается в течение месяца, то она портится и компания не получает дохода.

Проведение дополнительных исследований обойдется фирме в 20 тыс. рублей. Дополнительные исследования показывают, что вероятности спроса на сырную пасту в течение месяца будут для 6, 7, 8 ящиков равны соответственно 0,35, 0,25, 0,4.

Стоит ли проводить дополнительное исследование? Сколько ящиков следует производить в течение месяца? Какова ожидаемая стоимостная ценность этого решения?

### **Вариант 10**

Дмитрий может открыть в своем магазине большую секцию проката видеокассет или маленькую секцию. Он может получить дополнительную информацию о том, будет рынок видеопроката благоприятным или нет. Эта информация обойдется в 3 млн. рублей. Дмитрий считает, что информация окажется благоприятной с вероятностью 0,5. Если рынок будет благоприятным, то большая секция проката принесет прибыль 15 млн. рублей, а маленькая - 5 млн. рублей.



В случае неблагоприятного рынка Дмитрий потеряет 20 млн. рублей, если он откроет большую секцию, и 10 млн. рублей - если маленькую. Не имея дополнительной информации, Дмитрий оценивает вероятность благоприятного рынка как 0,7. Положительный результат обследования гарантирует благоприятный рынок с вероятностью 0,9. При отрицательном результате рынок может оказаться благоприятным с вероятностью 0,4.

Следует ли получить дополнительную информацию? Следует ли открыть большую секцию?

### **Вариант 11**

Павел Спицын провел анализ, связанный с открытием магазина велосипедов. Если он откроет большой магазин, то при благоприятном рынке получит 60 млн. рублей, при неблагоприятном же рынке понесет убытки 40 млн. рублей. Маленький магазин принесет ему 30 млн. рублей прибыли при благоприятном рынке и 10 млн. рублей убытков при неблагоприятном. Возможность благоприятного и неблагоприятного рынков он оценивает одинаково. Исследование рынка, которое может провести профессор, обойдется Спицыну в 5 млн. рублей. Профессор считает, что с вероятностью 0,6 рынок окажется благоприятным. В то же время при положительном заключении рынок окажется благоприятным лишь с вероятностью 0,9. При отрицательном заключении с вероятностью 0,12 рынок может оказаться благоприятным. Используйте дерево решений для того, чтобы помочь Павлу принять решение.

Следует ли заказать проведение обследования рынка? Следует ли открыть большой магазин? Какова ожидаемая стоимостная ценность наилучшего решения?

### **Вариант 12**

Леониду Хлоркину, главному инженеру компании "Белый каучук", надо решить, монтировать или нет новую производственную линию, использующую новейшую технологию. Если новая линия будет безотказно работать, компания получит прибыль 200 млн. рублей. Если же она откажет, то компания может потерять 150 млн. рублей. По оценкам Хлоркина, существует 60% шансов, что новая производственная линия откажет.

Можно создать экспериментальную установку, а затем уже решать, монтировать или нет производственную линию. Эксперимент обойдется в 10 млн. рублей. Леонид считает, что существует 50% шансов, что экспериментальная установка будет работать. Если экспериментальная установка будет работать, то 90% шансов за то, что производственная линия, если ее смонтировать, также будет работать.

Если же экспериментальная установка не будет работать, то только 20% шансов за то, что производственная линия будет работать.

Следует ли построить экспериментальную установку? Следует ли монтировать производственную линию? Какова ожидаемая стоимостная ценность наилучшего решения?

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите и дайте описание этапов решения задачи с помощью дерева решения.
2. Опишите процесс построения дерева решений.
3. Какие основные процедуры должны быть выполнены на этапе формулирования задачи?
4. Как в методе «дерево решений» отмечается процесс перехода из одного состояния в другое?
5. Для какого типа задач применяется метод «дерево решений»?
6. Что такое безусловный денежный эквивалент?
7. Что такое ожидаемая денежная оценка?
8. Какого игрока называют «субъективистом»?
9. Какого игрока называют «объективистом»?
10. Чем позиция «субъективиста» отличается от позиции «объективиста»?

## Лабораторная работа №4

### ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ. ИГРЫ С ПРИРОДОЙ

**Цель работы:** освоить и закрепить практические навыки по принятию и обоснованию управленческих решений в условиях недостатка информации, когда одним из игроков не имеет конкретной цели и случайным образом выбирает очередные «ходы».

#### Краткие теоретические сведения

Отличительная особенность игры с природой состоит в том, что в ней сознательно действует только один из участников, в большинстве случаев называемый игрок1. Игрок 2 (природа) сознательно против игрока 1 не действует, а выступает как не имеющий конкретной цели и случайным образом выбирающий очередные «ходы» партнер по игре. Поэтому термин «природа» характеризует некую объективную действительность, которую не следует понимать буквально.

Матрица игры с природой  $A = \|a_{ij}\|$ , где  $a_{ij}$  – выигрыш (потеря) игрока 1 при реализации его чистой стратегии  $i$  и чистой стратегии  $j$  игрока 2 ( $i=1, \dots, m; j=1, \dots, n$ ).

Мажорирование стратегий в игре с природой имеет определенную специфику: исключать из рассмотрения можно лишь доминируемые стратегии игрока 1: если для всех  $g=1, \dots, n$   $a_{ki} \leq a_{gi}$ ,  $k, l = 1, \dots, m$ , то  $k$ -ю стратегию принимающего решения игрока 1 можно не рассматривать и вычеркнуть из матрицы игры. Столбцы, отвечающие стратегиям природы, вычеркивать из матрицы игры (исключать из рассмотрения) недопустимо, поскольку природа не стремится к выигрышу в игре с человеком, для нее нет целенаправленно выигрышных или проигрышных стратегий, она действует неосознанно.

Рассмотрим организацию и аналитическое представление игры с природой. Пусть игрок 1 имеет  $m$  возможных стратегий:  $A_1, A_2, \dots, A_m$ , а у природы имеется  $n$  возможных состояний (стратегий):  $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ , тогда условия игры с природой задаются матрицей  $A$  выигрышей (потерь) игрока 1:

$$A = \begin{pmatrix} & \Pi_1 & \Pi_2 & \dots & \Pi_n \\ A_1 & a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ A_2 & a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_m & a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

Возможен и другой способ задания матрицы игры с природой: не в виде матрицы выигрышей (потерь), а в виде так называемой матрицы рисков  $R = \|r_{ij}\|_{m,n}$ . Величина риска - это размер платы за отсутствие информации о состоянии среды. Матрица  $R$  может быть построена непосредственно из условий задачи или на основе матрицы выигрышей (потерь)  $A$ .

Риск - это разность между результатом, который игрок мог бы получить, если бы он знал действительное состояние среды и результатом, который игрок получит при  $j$ -ой стратегии.

Зная состояние природы (стратегию)  $P_j$ , игрок выбирает ту стратегию, при которой его выигрыш максимальный или потеря минимальна, т.е.

$r_{ji} = \beta_i - a_{ij}$ , где  $\beta_i = \max a_{ij}$ , при заданном  $j$ .  $1 \leq i \leq m$  если  $a_{ij}$  - выигрыш

$r_{ji} = a_{ij} - \beta_j$ , где  $\beta_j = \min a_{ij}$ , при заданном  $j$ .  $1 \leq i \leq m$  если  $a_{ij}$  - потери (затраты)

Неопределенность, связанную с полным отсутствием информации о вероятностях состояний среды (природы), называют «безнадежной».

В таких случаях для определения наилучших решений используются следующие критерии: Вальда, Сэвиджа, Гурвица.

**Критерий Вальда.** С позиций данного критерия природа рассматривается как агрессивно настроенный и сознательно действующий противник.

Если в исходной матрице по условию задачи результат  $a_{ij}$  представляет выигрыш лица, принимающего решение, то выбирается решение, для которого достигается значение  $W = \max \min a_{ij}$ ,  $1 \leq i \leq m$ ,  $1 \leq j \leq n$  – *максиминный критерий*.

Если в исходной матрице по условию задачи результат  $a_{ij}$  представляет потери лица, принимающего решение, то выбирается решение, для которого достигается значение  $W = \min \max a_{ij}$ ,  $1 \leq i \leq m$ ,  $1 \leq j \leq n$  – *минимаксный критерий*.

В соответствии с критерием Вальда из всех самых неудачных результатов выбирается лучшей. Это перестраховочная позиция крайнего пессимизма, рассчитанная на худший случай.

**Критерий минимаксного риска Сэвиджа.** Выбор стратегии аналогичен выбору стратегии по принципу Вальда с тем отличием, что игрок руководствуется не матрицей выигрышей  $A$ , а матрицей рисков  $R$ :

$$S = \min \max r_{ij} \quad 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n.$$

Применение критерия Сэвиджа позволяет любыми путями избежать большого риска при выборе стратегии, а значит, избежать

большого проигрыша (потерь).

**Критерий пессимизма-оптимизма Гурвица.** Этот критерий при выборе решения рекомендует руководствоваться некоторым средним результатом, характеризующим состояние между крайним пессимизмом и безудержным оптимизмом.

Критерий основан на следующих двух предположениях: «природа» может находиться в самом невыгодном состоянии с вероятностью  $(1-p)$  и в самом выгодном состоянии с вероятностью  $p$ , где  $p$  – коэффициент пессимизма.

Согласно этому критерию стратегия в матрице  $A$  выбирается в соответствии со значением:

$H_A = \max \{ p \max a_{ij} + (1-p) \min a_{ij} \}, 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n.$  если  $a_{ij}$  – выигрыш

$H_A = \min \{ p \min a_{ij} + (1-p) \max a_{ij} \}, 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n.$  если  $a_{ij}$  – потери (затраты)

При  $p = 0$  критерий Гурвица совпадает с критерием Вальда. При  $p = 1$  приходим к решающему правилу вида  $\max \max a_{ij}$ , к так называемой стратегии «здорового оптимизма», *критерий максимакса*.

Применительно к матрице рисков  $R$  критерий пессимизма-оптимизма Гурвица имеет вид:

$$H_R = \min \{ p \max r_{ij} + (1-p) \min r_{ij} \}, 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n.$$

При  $p = 0$  выбор стратегии игрока 1 осуществляется по условию наименьшего из всех возможных рисков ( $\min r_{ij}$ ); при  $p = 1$  – по критерию минимаксного риска Сэвиджа.

Значение  $p$  от 0 до 1 может определяться в зависимости от склонности лица, принимающего решение, к пессимизму или оптимизму. При отсутствии ярко выраженной склонности  $p = 0,5$  представляет наиболее разумный вариант.

В случае, когда по принятому критерию рекомендуются к использованию несколько стратегий, выбор между ними может делаться по дополнительному критерию. Здесь нет стандартного подхода. Выбор может зависеть от склонности к риску игрока 1.

### Контрольный пример

Транспортное предприятие должно определить уровень своих производственных возможностей так, чтобы удовлетворить спрос клиентов на транспортные услуги на планируемый период. Спрос на транспортные услуги не известен, но прогнозируется, что он может принять одно из четырех значений: 10, 15, 20 или 25 тыс. т. Для каждого уровня спроса существует наилучший уровень провозных возможностей транспортного предприятия. Отклонения от этих уровней приводят к дополнительным затратам либо из-за превышения провозных

возможностей над спросом (из-за простоя подвижного состава), либо из-за неполного удовлетворения спроса на транспортные услуги. Возможные прогнозируемые затраты на развитие провозных возможностей представлены в табл.4.1.

Таблица 4.1

Варианты провозных возможностей транспортного предприятия	Варианты спроса на транспортные услуги			
	1	2	3	4
1	6	12	20	24
2	9	7	9	28
3	23	18	15	19
4	27	24	21	15

Необходимо выбрать оптимальную стратегию. Использовать: критерий Вальда, критерий Сэвиджа, критерий Гурвица.

### *Решение*

Имеются четыре варианта спроса на транспортные услуги, что равнозначно наличию четырех состояний «природы»:  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$ ,  $\Pi_3$ ,  $\Pi_4$ . Известны так же четыре стратегии развития провозных возможностей транспортного предприятия:  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_4$ . Затраты на развитие провозных возможностей при каждой паре  $\Pi_i$  и  $A_i$  заданы следующей матрицей:

$$A = \begin{pmatrix} & \Pi_1 & \Pi_2 & \Pi_3 & \Pi_4 \\ A_1 & 6 & 12 & 20 & 24 \\ A_2 & 9 & 7 & 9 & 28 \\ A_3 & 23 & 18 & 15 & 19 \\ A_4 & 27 & 24 & 21 & 15 \end{pmatrix}$$

Построим матрицу рисков. В данном примере  $a_{ij}$  представляет затраты т.е. потери значит для построения матрицы рисков используется принцип  $r_{ij} = a_{ij} - \beta_j$ , где  $\beta_j = \min a_{ij}$ .

Для  $\Pi_1$ :  $\beta_1 = 6$

Для  $\Pi_2$ :  $\beta_2 = 7$

Для  $\Pi_3$ :  $\beta_3 = 9$

Для  $\Pi_4$ :  $\beta_4 = 15$

Матрица рисков имеет следующий вид:

$$R = \begin{pmatrix} & \Pi 1 & \Pi 2 & \Pi 3 & \Pi 4 \\ A1 & 0 & 5 & 11 & 9 \\ A2 & 3 & 0 & 0 & 13 \\ A3 & 17 & 11 & 6 & 4 \\ A4 & 21 & 17 & 12 & 0 \end{pmatrix}$$

### ***Критерий Вальда***

Так как в данном примере  $a_{ij}$  представляет затраты т.е. потери, то применяется минимаксный критерий.

Для A1:  $\max a_{ij} = 24$

Для A2:  $\max a_{ij} = 28$

Для A3:  $\max a_{ij} = 23$

Для A4:  $\max a_{ij} = 27$

$W = \min \max a_{ij} = 23 \Rightarrow$  наилучшей стратегией развития провозных возможностей в соответствии с минимаксным критерием Вальда будет третья стратегия (A3).

### ***Критерий минимаксного риска Сэвиджа***

Для A1:  $\max r_{ij} = 11$

Для A2:  $\max r_{ij} = 13$

Для A3:  $\max r_{ij} = 17$

Для A4:  $\max r_{ij} = 21$

$S = \min \max r_{ij} = 11 \Rightarrow$  наилучшей стратегией развития провозных возможностей в соответствии с критерием Сэвиджа будет первая стратегия (A1).

### ***Критерий пессимизма-оптимизма Гурвица***

Положим значение коэффициента пессимизма  $p = 0,5$ .

Так как в данном примере  $a_{ij}$  представляет затраты (потери), то применяется критерий:

$$H_A = \min \{ p \min a_{ij} + (1-p) \max a_{ij} \}$$

	$\min a_{ij}$	$\max a_{ij}$	$p \min a_{ij} + (1-p) \max a_{ij}$
Для A1	6	24	15
Для A2	7	28	17,5
Для A3	15	23	19
Для A4	15	27	21

Оптимальное решение заключается в выборе стратегии A1

Рассчитаем оптимальную стратегию применительно к матрице

рисков

$$H_R = \min \{ p \max r_{ij} + (1-p) \min r_{ij} \}$$

	<b>min <math>r_{ij}</math></b>	<b>max <math>r_{ij}</math></b>	<b><math>p \max r_{ij} + (1-p) \min r_{ij}</math></b>
Для A1	0	11	5,5
Для A2	0	13	6,5
Для A3	4	17	10,5
Для A4	0	21	10,5

Оптимальное решение заключается в выборе стратегии A1

**Вывод:** в примере предстоит сделать выбор, какое из возможных решений предпочтительнее:

- по критерию Вальда – выбор стратегии A3;
- по критерию Сэвиджа – выбор стратегии A1;
- по критерию
- Гурвица – выбор стратегии A1.

### Индивидуальное задание

Решите задачу, согласно вашему индивидуальному варианту.

#### Вариант 1

Найти наилучшие стратегии по критериям: Вальда, Сэвиджа, Гурвица (коэффициент пессимизма равен 0,2), Гурвица применительно к матрице рисков (коэффициент пессимизма равен 0,4) для следующей платежной матрицы игры с природой (элементы матрицы - выигрыши):

$$\begin{pmatrix} 5 & -3 & 6 & -8 & 7 & 4 \\ 7 & 5 & 5 & -4 & 8 & 1 \\ 1 & 3 & -1 & 10 & 0 & 2 \\ 9 & -9 & 7 & 1 & 3 & -6 \end{pmatrix}$$

#### Вариант 2

Дана матрица игры с природой в условиях полной неопределенности (элементы матрицы - выигрыши):

$$\begin{pmatrix} -2 & 4 & 4 & 7 \\ 0 & -1 & 3 & 8 \\ 10 & 6 & 0 & -4 \\ 12 & 6 & -1 & 5 \\ 6 & 4 & 2 & -2 \end{pmatrix}$$

Требуется: проанализировать оптимальные стратегии игрока,



используя критерии пессимизма-оптимизма Гурвица применительно к платежной матрице А и матрице рисков R при коэффициенте пессимизма  $p = 0; 0,5; 1$ . При этом выделить критерии максимакса, Вальда и Сэвиджа.

### Вариант 3

Дана следующая матрица выигрышей:

$$A = \begin{pmatrix} & \begin{matrix} П1 & П2 & П3 & П4 & П5 & П6 \end{matrix} \\ \begin{matrix} A1 \\ A2 \\ A3 \\ A4 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 15 & 12 & 1 & -3 & 18 & 20 \\ 2 & 15 & 9 & 7 & 1 & 3 \\ 0 & 6 & 15 & 21 & -2 & 5 \\ 8 & 20 & 12 & 3 & 0 & 4 \end{pmatrix} \end{pmatrix}$$

Определите оптимальную стратегию используя критерии Вальда, Сэвиджа и Гурвица (коэффициент пессимизма равен 0,4).

### Вариант 4

Один из пяти станков должен быть выбран для изготовления партии изделий, размер которой Q может принимать три значения: 150, 200, 350. Производственные затраты  $C_i$  для I станка задаются следующей формулой:

$$C_i = P_i + c_i \cdot Q$$

Данные  $P_i$  и  $c_i$  приведены в табл.4.2.

Таблица 4.2

Показатели	Модель станка				
	1	2	3	4	5
$P_i$	30	80	50	160	100
$c_i$	14	6	10	5	4

Решите задачу для каждого из следующих критериев Вальда, Сэвиджа, Гурвица (критерий пессимизма равен 0,6). Полученные решения сравните.

### Вариант 5

При выборе стратегии  $A_j$  по каждому возможному состоянию природы  $S_i$  соответствует один результат  $V_{ij}$ . Элементы  $V_{ij}$  являющиеся мерой потерь при принятии решения, приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Стратегии	Состояние природы			
	S1	S2	S3	S4
A1	2	6	5	8
A2	3	9	1	4
A3	5	1	6	2

Выберите оптимальное решение в соответствии с критериями Вальда, Сэвиджа, Гурвица (при коэффициенте пессимизма равном 0,5).

### Вариант 6

Намечается крупномасштабное производство легковых автомобилей. Имеются четыре варианта проекта автомобиля  $R_j$ . Определена экономическая эффективность  $V_{ji}$  каждого проекта в зависимости от рентабельности производства. По истечении трех сроков  $S_i$  рассматриваются как некоторые состояния среды (природы). Значения экономической эффективности для различных проектов и состояний природы приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Проекты	Состояние природы		
	S1	S2	S3
R1	20	25	15
R2	25	24	10
R3	15	28	12
R4	9	30	20

Требуется выбрать лучший проект легкового автомобиля для производства, используя критерий Вальда, Сэвиджа, Гурвица при коэффициенте пессимизма 0,1. Сравнить решения и сделать выводы.

### Вариант 7

Определите тип электростанции, которую необходимо построить для удовлетворения энергетических потребностей комплекса крупных промышленных предприятий. Множество возможных стратегий в задаче включает следующие параметры:

- R1 – сооружается гидростанция;
- R2 – сооружается теплостанция;
- R3 – сооружается атомная станция.

Экономическая эффективность сооружения электростанции зависит от влияния случайных факторов, образующих множество состояний природы  $S_i$ .

Результаты расчета экономической эффективности приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Тип станции	Состояние природы				
	S1	S2	S3	S4	S5
R1	40	70	30	25	45
R2	60	50	45	20	30
R3	50	30	40	35	60

### Вариант 8

Фирма рассматривает вопрос о строительстве станции технического обслуживания (СТО) автомобилей. Составлена смета расходов на строительство станции с различным количеством обслуживаемых автомобилей, а также рассчитан ожидаемый доход в зависимости от удовлетворения прогнозируемого спроса на предлагаемые услуги СТО (прогнозируемое количество обслуженных автомобилей в действительности). В зависимости от принятого решения – проектного количества обслуживаемых автомобилей в сутки (проект СТО)  $R_j$  и величины прогнозируемого спроса на услуги СТО – построена в табл. 4.6 ежегодных финансовых результатов (доход д.е.):

Таблица 4.6

Проекты СТО	Прогнозируемая величина удовлетворяемости спроса					
	0	10	20	30	40	50
20	-120	60	240	250	250	250
30	-160	15	190	380	390	390
40	-210	-30	150	330	500	500
50	-270	-80	100	280	470	680

Определите наилучший проект СТО с использованием критериев Вальда, Сэвиджа, Гурвица при коэффициенте пессимизма 0,5.

### Вариант 9

Магазин может завести один из трех типов товара  $A_i$ ; их реализация и прибыль магазина зависит от типа товара и состояния

спроса. Предполагается, что спрос может иметь три состояния  $B_i$  (табл. 4.7). Гарантированная прибыль представлена в матрице прибыли:

Таблица 4.7

Тип товара	Спрос		
	B1	B2	B3
A1	20	15	10
A2	16	12	14
A3	13	18	15

Определить какой товар закупать магазину.

### Вариант 10

Дана следующая матрица выигрышей:

$$A = \begin{pmatrix} & P1 & P2 & P3 & P4 \\ A1 & 20 & 30 & 15 & 15 \\ A2 & 75 & 20 & 35 & 20 \\ A3 & 25 & 80 & 25 & 25 \\ A4 & 85 & 5 & 45 & 5 \end{pmatrix}$$

Определите оптимальную стратегию используя критерии Вальда, Сэвиджа и Гурвица (коэффициент пессимизма равен 0,6).

### Вариант 11

Администрации театра нужно решить, сколько заказать программ для представлений. Стоимость заказа 200 ф. ст. плюс 30 пенсов за штуку. Программки продаются по 60 пенсов за штуку, и к тому же доход от рекламы составит дополнительные 300 ф. ст. Из прошлого опыта известна посещаемость театра (табл.4.8).

Таблица 4.8

Посещаемость	4000	4500	5000	5500	6000
Ее вероятность	0,1	0,3	0,3	0,2	0,1

Ожидается, что 40% зрителей купят программки.

1. Используя критерии Вальда, Сэвиджа и Гурвица, определите, сколько программ должна заказать администрация театра.

2. Допустим, что рекламодатели увеличат сумму с 300 до 400 ф. ст. число посетителей будет больше 5250, к тому же спрос на

программки будет полностью удовлетворен. Как это повлияет на рекомендации в п.1?

### Вариант 12

При выборе стратегии  $A_j$  по каждому возможному состоянию природы  $S_i$  соответствует один результат  $V_{ij}$ . Элементы  $V_{ij}$  являющиеся мерой потерь при принятии решения, приведены в таблице:

Таблица 4.9

Стратегии	Состояние природы			
	S1	S2	S3	S4
A1	20	12	15	15
A2	14	23	12	26
A3	25	21	24	30

Выберите оптимальное решение в соответствии с критериями Вальда, Сэвиджа, Гурвица (при коэффициенте пессимизма равном 0,6).

### Вариант 13

Пекарня печет хлеб на продажу магазинам. Себестоимость одной булки составляет 30 пенсов, ее продают за 40 пенсов. В табл. 4.10 приведены данные о спросе за последние 50 дней:

Таблица 4.10

Спрос в день, тыс. шт.	10	12	14	16	18
Число дней	5	10	15	15	5

Если булка испечена, но не продана, то убытки составят 20 пенсов за штуку. Используя критерии Вальда, Сэвиджа, Гурвица (при коэффициентах: 0,4- вероятность максимальной покупки, 0,6 – вероятность минимальной покупки), определите, сколько булок нужно выпекать в день.

### Вариант 14

Компания выбирает, какой вид продукции целесообразно производить. Имеются четыре вида продукции  $A_j$ . Определена прибыль от производства каждого вида продукции в зависимости от состояний экономической среды  $V_i$ . Значения прибыли для различных видов продукции и состояний природы приведены в табл. 4.11.

Таблица 4.11

Вид продукции	Состояние экономической среды		
	B1	B2	B3
A1	40	52	45
A2	58	45	89
A3	45	36	65
A4	36	89	45

Требуется выбрать лучший проект легкового автомобиля для производства, используя критерии Вальда, Сэвиджа, Гурвица при коэффициенте пессимизма 0,4. Сравнить решения и сделать выводы.

### Вариант 15

Компания "Kilroy" выпускает очень специфичный безалкогольный напиток, который упаковывается в 40-пинтовые бочки. Напиток готовится в течение недели, и каждый понедельник очередная партия готова к употреблению. Однако в одно из воскресений всю готовую к продаже партию пришлось выбросить. Секретный компонент, используемый для приготовления напитка, покупается в небольшой лаборатории, которая может производить каждую неделю в течение полугодия (так налажено производство) только определенное количество этого компонента. Причем он должен быть использован в кратчайший срок.

Переменные затраты на производство одной пинты напитка составляют 70 пенсов, продается она за 1,50 ф. ст. Однако компания предвидит, что срыв поставок приведет к потере части покупателей в долгосрочной перспективе, а следовательно, придется снизить цену на 30 пенсов. За последние 50 недель каких-либо явных тенденций в спросе выявлено не было (табл. 4.12).

Таблица 4.12

Спрос на бочки в неделю	3	4	5	6	7
Число недель	5	10	15	10	10

Определите, что нужно предпринять, используя критерии Вальда, Сэвиджа, Гурвица при коэффициенте пессимизма 0,5. Сравнить решения и сделать выводы.

### Контрольные вопросы

1. В чем состоит отличительная особенность принятия решения в игре с «природой»?

2. Специфика мажорирования стратегий в игре с природой?
3. Опишите два способа задания матрицы игры с природой.
4. Что такое величина риска в игре с природой?
5. Опишите критерий Вальда.
6. Опишите критерий Сэвиджа?
7. Опишите критерий Гурвица.
8. Что такое коэффициент пессимизма в критерии Гурвица?
9. В каких критериях используется матрица выигрышей?
10. В каких критериях используется матрица рисков?

## **Лабораторная работа №5 МЕТОД АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ**

**Цель работы:** изучить принципы метода иерархий, произвести оценку и выбор объектов (услуг) согласно варианту выбранного индивидуального задания, используя метод анализа иерархий (МАИ).

### **Краткие теоретические сведения**

Иерархия возникает, когда системы, функционирующие на одном уровне, функционируют как часть системы более высокого уровня, становясь подсистемами этой системы. МАИ является иерархической процедурой для иерархического представления элементов, определяющих суть проблемы. Метод состоит в декомпозиции проблемы на более простые составляющие части дальнейшей обработки последовательности суждений лица, принимающего решения по парным сравнениям. Однако МАИ включает процесс синтеза многих суждений, получения приоритетности критериев и нахождения альтернативных решений.

### **Этапы МАИ**

1. Очертить проблему и определенную цель - первый уровень иерархии.
2. Построить иерархию, начиная с вершины:
  - Первый уровень: цель
  - Второй уровень: критерии
  - Третий уровень: перечень альтернатив.
3. Построить множество матриц парных сравнений для каждого из нижних уровней.
4. После проведения всех парных сравнений определяются  $\lambda_{max}$  и коэффициент согласованности.
5. Этапы 3, 4, 5 провести для всех уровней и групп иерархии.
6. Построить вектор глобальных приоритетов.
7. Определить результат.

Для оценки важности критериев при построении матриц парных сравнений используется таблица важности (табл. 5.1).

Таблица 5.1

1 - равная важность
3 - умеренное превосходство одного над другим



5 - существенное превосходство одного над другим
7 - значительное превосходство одного над другим
9 - очень сильное превосходство одного над другим
2, 4, 6, 8 - соответствующие промежуточные значения

### Контрольный пример

Нужно произвести выбор секретаря из девушек, подавших резюме. Отбор девушек происходит по пяти критериям:

1. Знание делопроизводства.
2. Внешний вид.
3. Знание английского языка.
4. Знание компьютера.
5. Умение разговаривать по телефону.

Собеседование прошли пять девушек:

1. Ольга
2. Елена
3. Светлана
4. Галина
5. Жанна

После собеседования получились следующее описание девушек:

#### **1. Ольга.**

Приятная внешность. Отличное знание английского языка. Хорошее знание делопроизводства. Нет навыков работы на компьютере, посредственное общение по телефону.

#### **2. Елена.**

Красивая, приятная внешность, хорошее умение общаться по телефону. Незнание английского языка, нет навыков работы на компьютере, делопроизводство знает весьма плохо.

#### **3. Светлана.**

Очень хорошее знание делопроизводства, хорошие навыки работы на компьютере, достаточно хорошо общается по телефону. Не очень приятная внешность, посредственное знание английского языка.

#### **4. Галина.**

Достаточно хорошо знает делопроизводство, неплохие навыки работы на компьютере, по телефону общается на высоком уровне. Плохое знание английского языка, не приятная внешность.

#### **5. Жанна.**

Приятная внешность, неплохие навыки работы на компьютере, достаточно хорошее знание английского языка. По телефону общается плохо, не знает делопроизводство.

**Решение:**

1. Строим иерархию (рис.5.1):

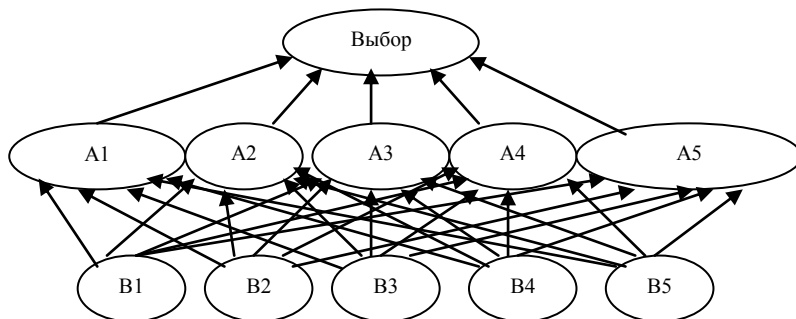


Рис.5.1.Иерархия

Где:

A1, A2, ..., A5 – критерии Делопроизводство, Внешний вид, Английский язык, Знание компьютера, Умение разговаривать по телефону.

B1, B2, ..., B5 – альтернативы Ольга, Елена, Светлана, Галина, Жанна.

2. Строим матрицу парных сравнений для критериев и рассчитываем оценки. Для этого строим матрицу размерностью 5x5 (по числу критериев) и подпишем строки и столбцы наименованиями сравниваемых критериев.

Заполняем табл.5.2. Для этого попарно сравниваем критерий из строки с критерием из столбца по отношению к цели - выбору секретаря. Значения из шкалы относительной важности (табл. 5.1) вписываем в ячейки, образованные пересечением соответствующей строки и столбца.

Таблица 5.2

КРИТЕРИИ	Внешность	Язык	Делопроизводство	Компьютер	Телефон
----------	-----------	------	------------------	-----------	---------

Внешность	1	1/5	1/5	1/6	1/6
Язык	5	1	1/3	1/3	1/3
Делопроизводство	5	3	1	1/2	2
Компьютер	6	3	2	1	2
Телефон	6	3	1/2	1/2	1

Сначала определяем оценки компонент собственного вектора.  
Так для критерия "Внешность" это будет:

$$(1 \times 1/5 \times 1/5 \times 1/6 \times 1/6)1/5 = 0,25654$$

Получив сумму оценок собственных векторов ( $= 6,39069$ ),  
вычисляем нормализованные оценки вектора приоритета для каждого  
критерия, разделив значение оценки собственного вектора на эту сумму.  
Для того же критерия "Внешность" имеем:

$$0,25654 / 6,39069 = 0,04014$$

Результаты заносим в табл. 5.3.

Таблица 5.3

КРИТЕРИИ	Внешность	Язык	Делопроизв-во	Компьютер	Телефон	Оценки компонент собственного вектора	Нормализованные оценки вектора приоритета
Внешность	1	1/5	1/5	1/6	1/6	0,25654	0,04014
Язык	5	1	1/3	1/3	1/3	0,71226	0,11145
Делопроизводство	5	3	1	1/2	2	1,71877	0,26895
Компьютер	6	3	2	1	2	2,35216	0,36806
Телефон	6	3	1/2	1/2	1	1,35096	0,21140
Сумма:						6,39069	

Рассчитаем  $L_{max}$  (табл. 5.4):

Таблица 5.4

Сумма по столбцам	23,00	10,20	4,03	2,50	5,50	
Произведение суммы по столбцам и нормализованной оценки вектора приоритета	0,9233	1,1368	1,084	0,92	1,163	Сумма ( $L_{max}$ ): 5,2268

Сравнивая нормализованные оценки вектора приоритета можно сделать вывод, что наибольшее значение при выборе секретаря придется критерию "Знание компьютера".

Необходимо проверить, насколько суждения были непротиворечивыми при составлении матрицы парных сравнений критериев. Для этого необходимо рассчитать отношение согласованности и индекс согласованности для этой матрицы.

$OC = Ис / \text{число, соответствующее случайной согласованности матрицы пятого порядка, равного } 1,12$ . Отношение согласованности должно быть меньше 10.

$$Ис = (L_{max} - n) / (n - 1)$$

$$Ис = (5,2268 - 5) / (5 - 1) = 0,0567$$

$$OC = 0,0567 / 1,12 = 5,06\%$$

Величина  $OC < 10\%$  значит пересматривать свои суждения нет нужды

3. Строим матрицу парных сравнений для альтернатив (девушек) по каждому критерию и рассчитываем оценки. Для этого строим матрицы размерностью  $5 \times 5$  (по числу альтернатив) и подпишем строки и столбцы наименованиями альтернатив.

Для этого попарно сравниваем альтернативу из строки с альтернативой из столбца по каждому критерию отдельно. Значения из шкалы относительной важности (табл. 5.1) вписываем в ячейки, образованные пересечением соответствующей строки и столбца.

Затем определяем оценки компонент собственного вектора для каждой матрицы. Получив сумму оценок собственных векторов, вычисляем нормализованные оценки вектора приоритета для каждой альтернативы по каждому критерию.

Затем для каждой матрицы рассчитываем отношение согласованности и индекс согласованности. Расчеты приведены в табл. 5.5 – табл. 5.14.

### 3.1. Критерий «Внешность»

Таблица 5.5

	Ольга	Елена	Светлана	Галина	Жанна	Оценки компонент собственного вектора	Нормализованные оценки вектора приоритета
Ольга	1	1/5	5	6	1/4	1,084472	0,150519
Елена	4	1	6	7	2	3,200869	0,444264
Светлана	1/5	1/6	1	3	1/5	0,457305	0,063472

Галина	1/6	1/7	1/3	1	1/5	0,275507	0,038239
Жанна	4	1/2	5	5	1	2,186724	0,303506
Сумма						7,204876	

Рассчитаем  $L_{\max}$ :

Таблица 5.6

Сумма по столбцам	9,3667	2,0095	17,3333	22,0000	3,6500	
Произведение суммы по столбцам и нормализованной оценки вектора приоритета	1,409863	0,89276	1,100174	0,841256	1,107797	Сумма ( $L_{\max}$ ): 5,35185

$$I_c = (5,35485 - 5) / (5 - 1) = 0,0879$$

$$OC = 0,0879 / 1,12 = 7,85\%$$

Величина  $OC < 10\%$  значит пересматривать свои суждения нет нужды

### 3.2. Критерий «Знание языка»

Таблица 5.7

	Ольга	Елена	Светлана	Галина	Жанна	Оценки компонент собственного вектора	Нормализованные оценки вектора приоритета
Ольга	1	9	7	5	3	3,936283	0,509802
Елена	1/9	1	1/3	1/5	1/7	0,253538	0,032837
Светлана	1/7	3	1	1/3	1/5	0,491119	0,063607
Галина	1/5	5	3	1	1/3	1,000000	0,129514
Жанна	1/3	7	5	3	1	2,040257	0,264241
Сумма						7,721196	

Рассчитаем  $L_{\max}$ :

Таблица 5.8

Сумма по столбцам	1,7873	25,0302	16,3603	9,5603	4,6729	
Произведение	0,91117	0,8219	1,04062	1,23819	1,2348	Сумма

суммы по столбцам и нормализованной оценки вектора приоритета						(Lmax): 5,24665
---	--	--	--	--	--	-----------------

$$Ис = (5,24665-5)/(5-1) = 0,0617$$

ОС = 0,0617 / 1,12 = 5,51% Величина ОС < 10% значит пересматривать свои суждения нет нужды

### 3.3. Критерий «Делопроизводство»

Таблица 5.9

	Ольга	Елена	Светлана	Галина	Жанна	Оценки компонент собственного вектора	Нормализованные оценки вектора приоритета
Ольга	1	5	1/3	3	7	2,032079	0,265887
Елена	1/5	1	1/7	1/4	4	0,491119	0,064260
Светлана	3	7	1	4	9	3,772049	0,493552
Галина	1/3	4	1/4	1	5	1,107566	0,144919
Жанна	1/7	1/4	1/9	1/5	1	0,239842	0,031382
Сумма						7,642656	

Рассчитаем Lmax:

Таблица 5.10

Сумма по столбцам	4,7065	17,2500	1,8340	8,4500	26,0000	
Произведение суммы по столбцам и нормализованной оценки вектора приоритета	1,2514	1,10849	0,9052	1,22457	0,8159	Сумма (Lmax): 5,30554

$$Ис = (5,30554-5)/(5-1) = 0,07639$$

ОС = 0,07639/1,12 = 6,82% Величина ОС < 10% значит пересматривать свои суждения нет нужды

### 3.4. Критерий «Знание компьютера»

Таблица 5.11

	Ольга	Елена	Светлана	Галина	Жанна	Оценки компонент собственного вектора	Нормализо- ванные оценки вектора приоритета
Ольга	1	1/3	1/9	1/7	1/8	0,230790	0,029162
Елена	3	1	1/7	1/4	1/5	0,464592	0,058705
Светлана	9	7	1	5	4	4,169405	0,526838
Галина	7	4	1/5	1	1/2	1,228660	0,155251
Жанна	8	5	1/4	2	1	1,820564	0,230043
Сумма						7,914011	

Рассчитаем  $L_{max}$ :

Таблица 5.12

Сумма по столбцам	28,0303	17,3300	1,7040	8,3929	5,8250	
Произведение суммы по столбцам и нормализованной оценки вектора приоритета	0,8174	1,0174	0,8977	1,3030	1,3400	Сумма ( $L_{max}$ ): 5,3755

$$I_{sc} = (5,3755 - 5) / (5 - 1) = 0,0939$$

$OC = 0,0939 / 1,12 = 8,38\%$  Величина  $OC < 10\%$  значит  
пересматривать свои суждения нет нужды

### 3.5. Критерий «Умение общаться по телефону»

Таблица 5.13

	Ольга	Елена	Светлана	Галина	Жанна	Оценки компонент собственного вектора	Нормализо- ванные оценки вектора приоритета
Ольга	1	1/4	1/2	1/5	3	0,595679	0,084998
Елена	4	1	2	1/3	6	1,737605	0,247942
Светлана	2	1/2	1	1/4	5	1,045640	0,149204
Галина	5	3	4	1	7	3,353689	0,478543

Жанна	1/3	1/6	1/5	1/7	1	0,275507	0,039312
Сумма						7,008119	

Рассчитаем  $L_{max}$ :

Таблица 5.14

Сумма по столбцам	12,3333	4,9470	7,7000	1,9229	22,0000	
Произведение суммы по столбцам и нормализованной оценки вектора приоритета	1,0483	1,2266	1,1489	0,9202	0,8649	Сумма ( $L_{max}$ ): 5,209

$$I_c = (5,209 - 5) / (5 - 1) = 0,052$$

$OC = 0,052 / 1,12 = 4,66\%$  Величина  $OC < 10\%$  значит пересматривать свои суждения нет нужды

#### 4. Рассчитаем вектор глобальных приоритетов.

Подсчитываем значения глобального приоритета для каждой из альтернатив как сумму произведений значения вектора приоритета для критерия и значения вектора локального приоритета этой альтернативы в отношении данного критерия, т.е. для альтернативы Ольга это будет:

$$0,040142 * 0,150519 + 0,111453 * 0,509802 + 0,268950 * 0,265887 + 0,368060 * 0,029162 + 0,211395 * 0,084998 = 0,163073$$

Результаты заносим в табл. 5.15.

Таблица 5.15

Альтернативы	Критерии					Глобальные приоритеты
	Внешность	Язык	Делопроизводство	Компьютер	Телефон	
	Численное значение вектора приоритета					



	0,040142	0,111453	0,268950	0,368060	0,211395	
Ольга	0,150519	0,509802	0,265887	0,029162	0,084998	0,163073
Елена	0,444264	0,032837	0,064260	0,058705	0,247942	0,112797
Светлана	0,063472	0,063607	0,493552	0,526838	0,149204	0,367827
Галина	0,038239	0,129514	0,144919	0,155251	0,478543	0,213249
Жанна	0,303506	0,264241	0,031382	0,230043	0,039312	0,143054

Результаты вычислений показали, что нужно выбрать Светлану (строка № 3).

### Индивидуальное задание

Выберите тему исследования по своему индивидуальному варианту.

Соберите описательный материал по данной теме и приведите словесное описание исследуемых вариантов вашего объекта исследования.

Произвести описание, оценку и выбор наилучшего объекта (услуги) из шести вариантов по шести критериям, согласно вашему варианту, используя метод анализа иерархий. Варианты представлены в табл. 5.16.

Таблица 5.16

Вариант	Тема исследования
Вариант 1	Выбор бытовой техники: стиральная машина.
Вариант 2	Выбор средств оргтехники: копировальный аппарат
Вариант 3	Выбор косметических средств
Вариант 4	Выбор мебели
Вариант 5	Выбор бытовой техники: видеокамера
Вариант 6	Выбор парфюмерии
Вариант 7	Выбор бытовой техники: цифровой фотоаппарат
Вариант 8	Выбор ювелирного изделия.
Вариант 9	Выбор средств оргтехники: телефон
Вариант 10	Выбор домашнего животного
Вариант 11	Выбор квартиры
Вариант 12	Выбор бытовой техники: микроволновая печь.
Вариант 13	Выбор автомобиля.
Вариант 14	Выбор изделия легкой промышленности
Вариант 15	Выбор средств оргтехники: сканер

### Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные этапы метода анализа иерархий.

2. Опишите процесс попарного сравнения объекта по какому-либо признаку.
3. Опишите шкалу выбора приоритетов.
4. Перечислите основные свойства матрицы попарных сравнений.
5. Как происходит формирование вектора локальных приоритетов?
6. Опишите процесс свертки сводной матрицы локальных приоритетов.
7. На основании чего происходит выбор оптимального варианта в методе анализа иерархий?
8. Используются ли в методе анализа иерархий основные принципы синтеза сложных систем.
9. Можно ли отнести метод анализа иерархий к методам экспертных оценок?
10. Опишите процесс получения вектора глобальных приоритетов.

## Лабораторная работа № 6

### МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

**Цель работы:** освоить и закрепить практические навыки по использованию моделей управления запасами.

#### Краткие теоретические сведения

##### 6.1. Общие определения

*Запасами* называется любой ресурс на складе, который используется для удовлетворения будущих нужд. Примерами запасов могут служить полуфабрикаты, готовые изделия, материалы, различные товары, а также такие специфические товары, как денежная наличность, находящаяся в хранилище. Большинство организаций имеют примерно один тип системы планирования и контроля запасов. В банке используются методы контроля за количеством наличности, в больнице применяются методы контроля поставки различных медицинских препаратов.

Существуют многие причины, побуждающие организации создавать запасы.

Существует проблема классификации имеющихся в наличии запасов. Для решения этой задачи используется методика административного наблюдения. Цель ее заключается в определении той части запасов предприятия, которая требует наибольшего внимания со стороны отдела снабжения. Для этого каждый компонент запасов рассматривается по двум параметрам: а) его доля в общем количестве запасов предприятия; б) его доля в общей стоимости запасов предприятия.

*Методика 20/80.* в соответствии с этой методикой компоненты запаса, составляющие 20% его общего количества и 80% его общей стоимости, должны отслеживаться отделом снабжения более внимательно.

*Методика ABC:* в рамках этой методики запасы, имеющиеся в распоряжении предприятия, разделяются на три группы: группу А (10% общего количества запасов и 65% его стоимости); группу В (25% общего количества запасов и 25% его стоимости); группу С (65% общего количества запасов и около 10% его стоимости).

Необходимо отметить, что классификация запасов может быть основана не только на показателях доли в общей стоимости и в общем количестве. Преимущества методики деления видов запасов на классы заключаются в возможности выбора порядка контроля и управления для каждого из них.

Рассмотрим определяющие понятия теории управления запасами.

*Издержки выполнения заказа* (издержки заказа) - накладные расходы, связанные с реализацией заказа. В промышленности такими издержками являются затраты на подготовительно-заготовочные операции.

*Издержки хранения* - расходы, связанные с физическим содержанием товаров на складе, плюс возможные проценты на капитал, вложенный в запасы. Обычно они выражаются или в абсолютных единицах, или в процентах от закупочной цены и связываются с определенным промежутком времени.

*Упущенная прибыль* - издержки, связанные с неудовлетворенным спросом, возникающим в результате отсутствия продукта на складе.

*Совокупные издержки за период* представляют собой сумму издержек заказа, издержек хранения и упущенную дохода. Иногда к ним прибавляются издержки на покупку товаров.

*Срок выполнения заказа* - срок между заказом и его выполнением. Точка восстановления - уровень запаса, при котором делается новый заказ.

## **6.2. Краткая характеристика моделей управления запасами**

### ***1. Модель оптимального размера заказа***

Предпосылки: 1) темп спроса на товар известен и постоянен; 2) получение заказа мгновенно; 3) отсутствуют количественные скидки при закупке больших партий товара; 4) единственные меняющиеся параметры - издержки заказа и хранения; 5) исключается дефицит в случае своевременного заказа.

Исходные данные: темп спроса, издержки заказа и хранения.

Результат: оптимальный размер заказа, время между заказами и их количество за период.

### ***2. Модель оптимального размера заказа в предположении, что получение заказа не мгновенно***

Следовательно, нужно найти объем запасов, при котором необходимо делать новый заказ.

Исходные данные: темп спроса, издержки заказа и хранения, время выполнения заказа.

Результат: оптимальный размер заказа, время между заказами, точка восстановления запаса.

### ***3. Модель оптимального размера заказа в предположении, что допускается дефицит продукта и связанная с ним упущенная прибыль***

Необходимо найти точку восстановления.

Исходные данные: темп спроса, издержки заказа и хранения, упущенная прибыль.

Результат: оптимальный размер заказа, время между заказами, точка восстановления запаса.

#### ***4. Модель с учетом производства (в сочетании с условиями 1-3)***

Необходимо рассматривать уровень ежедневного производства и уровень ежедневного спроса.

Исходные данные: темп спроса, издержки заказа, хранения и упущенная прибыль, темп производства.

Результат: оптимальный уровень запасов (точка восстановления запаса).

#### ***5. Модель с количественными скидками***

Появляется возможность количественных скидок в зависимости от размера заказа. Рассматривается зависимость издержек хранения от цены товара. Оптимальный уровень заказа определяется исходя из условия минимизации общих издержек для каждого вида скидок.

#### ***Модели типа 1-5 с вероятностным распределением спроса и времени выполнения заказа***

Вместо предпосылки о постоянстве и детерминированности спроса на товар используется более реалистичный подход о предполагаемой известности распределения темпа спроса и времени выполнения заказа.

Рассмотрим подробнее модели с фиксированным размером заказа.

*Модель 1. Наиболее экономичного размера заказа.* Заказ, пополняющий запасы, поступает как одна партия. Уровень запасов убывает с постоянной интенсивностью пока не достигает нуля. В этой точке поступает заказ, размер которого равен  $Q$ , и уровень запасов восстанавливается до максимального значения. При этом оптимальным решением задачи будет тот размер заказа, при котором минимизируются общие издержки за период (рис.6.1).

Пусть  $Q$  - размер заказа;  $T$  - протяженность периода планирования;  $D$  - величина спроса за период планирования;  $d$  - величина спроса в единицу времени;  $K$  - издержки заказа;  $H$  - удельные издержки хранения за период;  $h$  - удельные издержки хранения в единицу времени. Тогда:

$(D/Q)K$  - совокупные издержки заказа;

$(Q/2)H$  - совокупные издержки хранения;

$d = D/T$ ;  $h = H/T$ ;  
 $Q^* = (2dK/h)^{1/2} (2DK/H)^{1/2}$  - оптимальный размер заказа;  
 $N = D/Q^*$  - оптимальное число заказов за период;  
 $t^* = Q^*/d = T/N$  - время цикла (оптимальное время между заказами).

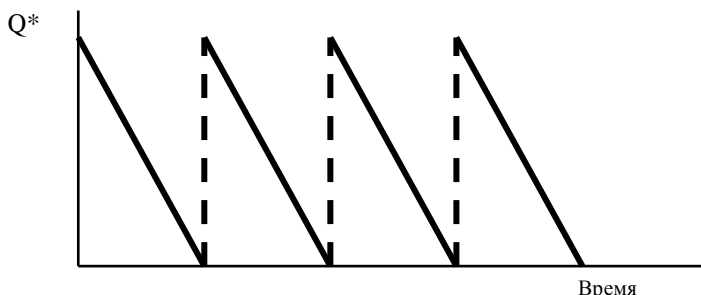


Рис. 6.1. Модель 1. Наиболее экономичного размера заказа

**Модель 2.** Введем предположение о том, что заказ может быть получен не мгновенно, а с течением времени. Тогда нам необходимо заранее делать заказ, чтобы в нужное время иметь достаточное количество товара на складе. Следовательно, нам необходимо найти тот уровень запасов, при котором делается новый заказ. Этот уровень называется точкой восстановления  $R$ . Пусть  $L$  - время выполнения заказа. Тогда  $R = \text{величина спроса в единицу времени, умноженная на время выполнения заказа} = d L$ . Другие характеристики системы определяются так же, как и в модели 1. Модель иллюстрируется рис.6.2.

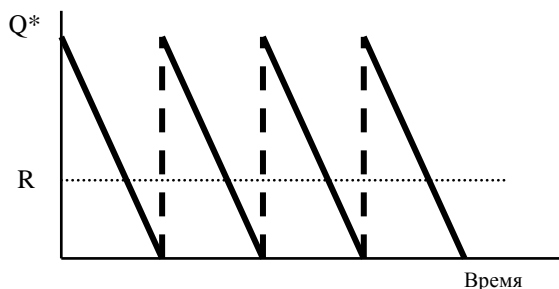


Рис. 6.2. Модель 2

## Контрольный пример 1

Андрей является торговым агентом компании VOLVO и занимается продажей последней модели этой марки автомобиля.

Годовой спрос оценивается в 4000 ед. Цена каждого автомобиля равна 90 млн. р., а годовые издержки хранения составляют 10% от цены самого автомобиля.

Андрей произвел анализ издержек заказа и понял, что средние издержки заказа составляют 25 млн. р. на заказ. Время выполнения заказа равно восьми дням. В течение этого времени ежедневный спрос на автомобили равен 20.

Необходимо в процессе решения данного примера ответить на следующие вопросы:

1. Чему равен оптимальный размер заказа?
2. Чему равна точка восстановления?
3. Каковы совокупные издержки?
4. Каково оптимальное количество заказов в год?
5. Каково оптимальное время между двумя заказами, если предположить, что количество рабочих дней в году равно 200?

Ниже приведено описание исходных данных и результаты решения контрольного примера с использованием условных обозначений:

**Исходные данные:**

величина спроса за год  $D=4000$ ;

издержки заказа  $K = 25$ ;

издержки хранения  $= 9/200$ ;

цена за единицу  $c = 90$ ;

время выполнения заказа  $L=8$ ;

ежедневный спрос  $d= 20$ ;

число рабочих дней  $T = 200$ .

**Решение:**

оптимальный размер заказа  $Q^* = 149$ ;

точка восстановления  $R = 160 - 149 = 11$ ;

число заказов за год  $N = 26,83$ ;

совокупные издержки  $C = 1341$ ;

стоимость продаж  $= 360000$ ;

число дней между заказами  $t = 7,45$ .

*Модель 3* оптимального размера заказа в предположении, что допускается дефицит продукта и связанная с ним упущенная прибыль (рис. 6.3).

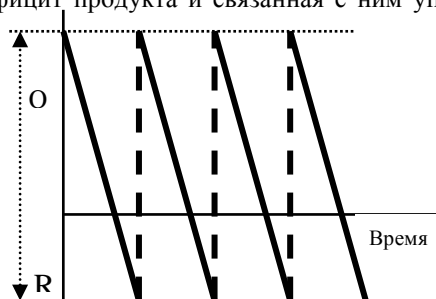


Рис.6.3. Модель 3

Пусть  $p$  - упущенная прибыль в единицу времени, возникающая в результате дефицита одной единицы продукта;  $P$  - упущенная прибыль за период, возникающая в результате дефицита одной единицы продукта.

Тогда:  $Q^* = (2dK/h)^{1/2} \times ((p+h)/p)^{1/2} = (2DK/H)^{1/2} \times ((P+H)/P)^{1/2}$  - оптимальный размер заказа;  $S^* = (2dK/h)^{1/2} \times (p/(h+p))^{1/2} = (2DK/H)^{1/2} \times (P/(H+P))^{1/2}$  - максимальный размер запаса;  $R = Q^* - S^*$  - максимальный дефицит.

*Модель.4* производства и распределения. В предыдущей модели мы допускали, что пополнение запаса происходит одновременно. Но в некоторых случаях, особенно в промышленном производстве, для комплектования партии товаров требуется значительное время и производство товаров для пополнения запасов происходит одновременно с удовлетворением спроса. Такой случай показан на рис.6.4.

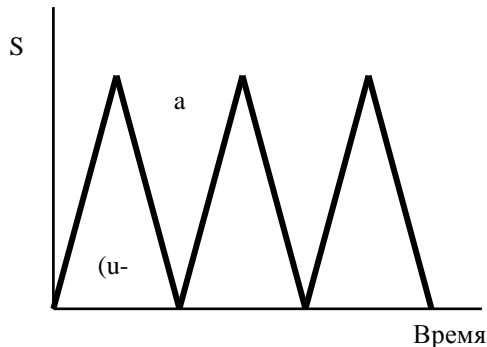


Рис. 6.4. Модель 4

Спрос и производство являются частью цикла восстановления запасов. Пусть  $u$  - уровень производства в единицу времени,  $K$  - фиксированные издержки производства.

Тогда:

совокупные издержки хранения = (средний уровень запасов)  $\times H$   
 $= Q/2[1-d/u] H$ ;

средний уровень запасов = (максимальный уровень запасов)/2;

максимальный уровень запасов  $= u t - d t = Q(1 - d/u)$ ;

время выполнения заказа  $t = Q/u$ ;

издержки заказа  $= (D/Q) K$ ;

оптимальный размер заказа  $Q^* = (2dK/h [(1-(d/u))]^{1/2} = (2DK/H[(1-(d/u))]^{1/2}$ ;

максимальный уровень запасов  $S^* = Q^*[(1-(d/u))]$ .



*Модель 5.* Модель с количественными скидками. Для увеличения объема продаж компании часто предлагают количественные скидки своим покупателям.

Количественная скидка - сокращенная цена на товар в случае покупки большого количества этого товара. Типичные примеры количественных скидок приведены в табл.8.1.

Таблица 6.1

Варианты скидок	1	2	3
Количество, при котором делается скидка	от 0 до 999	от 1000 до 1999	от 2000 и выше
Размер скидки, %	0	3	5
Цена со скидкой	5	4,8	4,75

Пусть  $I$  - доля издержек хранения в цене продукта с.

Тогда  $h = (I \times c)$  и  $Q^* = (2dK/(I \times c))^{1/2}$  - оптимальный размер заказа.

## Контрольный пример 2

Рассмотрим пример, объясняющий принцип принятия решения в условиях скидки. Магазин "Медвежонок" продает игрушечные гоночные машинки. Эта фирма имеет таблицу скидок на машинки в случае покупок их в определенном количестве (табл. 6.1). Издержки заказа составляют 49 тыс. р. Годовой спрос на машинки равен 5000. Годовые издержки хранения в отношении к цене составляют 20%, или 0,2. Необходимо найти размер заказа, минимизирующий общие издержки.

### Решение

Рассчитаем оптимальный размер заказа для каждого вида скидок, т.е.  $Q1^*$ ,  $Q2^*$  и  $Q3^*$ . и получим  $Q1^* = 700$ ;  $Q2^* = 714$ ;  $Q3^* = 718$ .

Так как  $Q1^*$  - величина между 0 и 999, то ее можно оставить прежней.  $Q2^*$  меньше количества, необходимого для получения скидки, следовательно, его значение необходимо принять равным 1000 единиц. Аналогично  $Q3^*$  берем равным 2000 единиц. Получим  $Q1^* = 700$ ;  $Q2^* = 1000$ ;  $Q3^* = 2000$ .

Далее необходимо рассчитать общие издержки для каждого размера заказа и вида скидок, а затем выбрать наименьшее значение.

Рассмотрим следующую таблицу:

Таблица 6.2

Вид скидки	1	1	3
Цена	5	4,8	4,75

Размер заказа	700	1000	2000
Цена на товар за год	25000	24000	23750
Годовые издержки заказа	350	245	122,5
Годовые издержки хранения	350	480	950
Общие годовые издержки	25700	24725	24822,5

Выберем тот размер заказа, который минимизирует общие годовые издержки. Из таблицы видно, что заказ в размере 1000 игрушечных гоночных машинок будет минимизировать совокупные издержки.

### **Индивидуальное задание**

Решить задачу, согласно вашему варианту, используя модели управления запасами.

#### **Вариант 1**

Господин Бобров приобретает в течение года 1500 телевизоров для розничной продажи в своем магазине. Издержки хранения каждого телевизора равны 45 тыс. р. в год. Издержки заказа - 150 тыс. р. Количество рабочих дней в году равно 300, время выполнения заказа - 6 дней. Необходимо найти:

- оптимальный размер заказа;
- годовые издержки заказа;
- точку восстановления запаса.

#### **Вариант 2**

Анна Васильева из компании "Сюрприз" продает 400 водяных кроватей в год, причем издержки хранения равны 1 тыс. р. за кровать в день и издержки заказа - 40 тыс. р. Количество рабочих дней равно 250 и время выполнения заказа - 6 дней. Каков оптимальный размер заказа? Чему равна точка восстановления запаса? Каков оптимальный размер заказа, если издержки хранения равны 1,5 тыс. р.?

#### **Вариант 3**

Мекки Мессер является владельцем маленькой компании, которая выпускает электрические ножи. В среднем Мекки может производить 150 ножей в день. Дневной спрос на ножи примерно равен 40. Фиксированные издержки производства равны 100 тыс. р., издержки хранения - 8 тыс. р. за нож в год. Какой максимальный заказ следует иметь на складе?

#### **Вариант 4**

Компания "Веселые ребята" закупает у завода-изготовителя лобовые стекла грузовых автомобилей "Урал" для розничной продажи. В год, за 200 рабочих дней, реализуется около 10 000 стекол. Издержки заказа для компании составляют 400 тыс. р., ежедневные издержки хранения одного стекла - 6 тыс. р. Чему равен оптимальный размер заказа? Каковы минимальные годовые совокупные издержки?

### **Вариант 5**

Годовой заказ на тостер "Слава" для салона Марии Мягковой равен 3000 единиц, или 10 в день. Издержки заказа равны 25 тыс. р. издержки хранения - 0,4 тыс. р. в день. Так как тостер "Слава" является очень популярным среди покупателей, то в случае отсутствия товара покупатели обычно согласны подождать, пока не подойдет следующий заказ. Однако издержки, связанные с дефицитом, равны 0,75 тыс. р. за тостер в день. Сколько тостеров будет оказывать Мария? Каков максимальный дефицит? Чему равны совокупные издержки?

### **Вариант 6**

Магазин "Природа" пользуется популярностью у покупателей благодаря широкому ассортименту экологически чистых продуктов. Большинство покупателей не отказываются от услуг магазина даже в том случае, когда интересующий их товар отсутствует в продаже. Они оставляют заказ на товар и ждут, когда поступит новая партия.

Сыр "Витаум" - не самый популярный из всего набора товаров, но администратор магазина регулярно заказывает этот продукт. Годовой спрос на "Витаум" составляет 500 головок сыра. Издержки заказа - 40 тыс. р. за заказ. Издержки хранения - 5 тыс. р. в год. Упущенная прибыль вследствие дефицита составляет 100 тыс. р. за год на одну головку сыра.

Сколько головок сыра следует заказывать, чтобы не допустить дефицита и иметь при этом минимальные общие издержки?

Сколько сыра следует заказывать, если допустить возможность дефицита?

Чему равна точка восстановления запаса, если время выполнения заказа 10 дней и число рабочих дней в году 250?

Чему равен максимальный размер дефицита?

### **Вариант 7**

Компания "Химпласт" предлагает следующие скидки для линолеума размером 2x3 м (табл. 6.3).

Таблица 6.3

Размер заказа	9 кусков или менее	10-50 кусков	50 кусков и более
Цена 1 куска	18 тыс. р.	17,5 тыс. р.	17,25 тыс. р.

Магазин "Все для дома" заказывает у компании линолеум. Издержки заказа равны 45 тыс. р. Годовые издержки хранения равны 50% от цены. Годовой спрос на линолеум в магазине составляет 100 кусков. Какое количество необходимо приобрести?

### **Вариант 8**

Мебельный салон "Антика" продает в год около 1000 спальных гарнитуров по цене 50 млн. р. Размещение одного заказа на поставку гарнитуров обходится в 40 млн. р. Годовая стоимость хранения гарнитура составляет 25% его цены. Салон может получить 3%-ю скидку у поставщика, если размер заказа составит не менее 200 гарнитуров. Следует ли салону заказывать 200 или более гарнитуров и пользоваться скидкой?

### **Вариант 9**

Обычная оптовая цена аудиоколонок для автомагнитолы - 20 тыс. р. В случае заказа от 75 до 90 колонок цена сокращается до 18,5 тыс. р. При заказе более 100 колонок цена снижается до 15,75 тыс. р. Издержки заказа для компании "Эхо", являющейся производителем колонок, равны 10 тыс. р., годовые издержки хранения - 5% от стоимости колонки. Ежедневная величина спроса в течение 250 дней реализации в году - 25 колонок. Каков оптимальный размер заказа и чему равны минимальные средние ежедневные издержки?

### **Вариант 10**

Компания «Интегро» продает в год около 2000 шкафов-купе по цене 40 тыс. р. Размещение одного заказа на поставку шкафов-купе обходится в 30 тыс. р. Годовая стоимость хранения гарнитура составляет 20% его цены. Компания может получить 5%-ю скидку у поставщика, если размер заказа составит не менее 300 гарнитуров. Следует ли салону заказывать 300 или более гарнитуров и пользоваться скидкой?

### **Вариант 11**

Компания "Люкс" предлагает следующие скидки для обоев (табл.6.4).

Таблица 6.4

Размер заказа	10 метров и менее	10-100 метров	Более 100 метров
---------------	-------------------	---------------	------------------

Цена 1 метра	300 р.	250 р.	210 р.
--------------	--------	--------	--------

Магазин "Уют" заказывает у компании обои. Издержки заказа равны 50 тыс. р. Годовые издержки хранения равны 40% от цены. Годовой спрос на линолеум в магазине составляет 2000 метров. Какое количество необходимо приобрести?

### **Вариант 12**

Петр Иванович из компании "Уют" продает 600 спален в год, причем издержки хранения равны 500 р. за кровать в день и издержки заказа - 50 тыс. р. Количество рабочих дней равно 250 и время выполнения заказа - 5 дней. Каков оптимальный размер заказа? Чему равна точка восстановления запаса? Каков оптимальный размер заказа, если издержки хранения равны 1 тыс. р.?

### **Вариант 13**

Иванов Иван является владельцем компании, которая изготавливает игрушки. В среднем компания может производить 50 игрушек в день. Дневной спрос на игрушки примерно равен 40. Фиксированные издержки производства равны 100 тыс. р., издержки хранения - 20 тыс. р. за игрушку в год. Какой максимальный заказ следует иметь на складе?

### **Вариант 14**

Иван Федорович приобретает в течение года 300 видеоманитофонов для розничной продажи в своем магазине. Издержки хранения каждого магнитофона равны 20 тыс. р. в год. Издержки заказа - 100 тыс. р. Количество рабочих дней в году равно 300, время выполнения заказа - 5 дней. Необходимо найти:

- оптимальный размер заказа;
- годовые издержки заказа;
- точку восстановления запаса.

### **Вариант 15**

Фирма приобретает в течение года 1000 компьютеров для розничной продажи. Издержки хранения каждого компьютера равны 25 тыс. р. в год. Издержки заказа - 300 тыс. р. Количество рабочих дней в году равно 290, время выполнения заказа - 10 дней. Необходимо найти:

- оптимальный размер заказа;
- годовые издержки заказа;
- точку восстановления запаса.

## **Контрольные вопросы**

1. Что такое время выполнения заказа?
2. Что такое время цикла?
3. Что такое запас?
4. Что такое издержки заказа?
5. Что такое издержки хранения?
6. Что такое точка восстановления?
7. Что такое упущенная прибыль?
8. Какие модели управления запасами Вы знаете?
8. Опишите модель оптимального размера заказа.
9. Опишите модель заказа с количественными ссылками.

## Лабораторная работа № 7

### КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

**Цель работы:** освоить и закрепить практические навыки по составлению календарного плана работ.

#### Краткие теоретические сведения

**Календарное планирование** предусматривает построение календарного графика, определяющего моменты начала и окончания каждой работы и другие временные характеристики сетевого графика. Это позволяет, в частности, выявлять критические операции, которым необходимо уделять особое внимание, чтобы закончить проект в директивных срок. Во время календарного планирования определяются временные характеристики всех работ с целью проведения оптимизации сетевой модели, которая улучшает эффективность использования какого-либо ресурса.

Календарное планирование производит увязку во времени всех действий, которые нужно выполнить и при этом минимизирует время выполнения плана.

Есть различные типы задач календарного планирования. Рассмотрим два типа задач.

#### Контрольный пример 1

##### *Задача С. Джонсона для двух станков*

Есть два станка А и В. Каждая деталь должна быть сначала обработана на станке А, затем на станке В. Известны время обработки каждой детали на каждом станке:

$t_{iA}$ ,  $t_{iB}$  – время обработки на станке А, В.

Для разных деталей это время различно. На каждом из станков одновременно можно обрабатывать только одну деталь, каждая деталь может обрабатываться только на одном станке; процесс обработки детали не может прерываться. Надо определить вариант плана запуска деталей, при котором общее время их обработки будет минимальным.

#### *Решение*

Записывается время обработки каждой детали (табл.7.1).

Таблица 7.1

Номер детали	1	2	3	4	5
Станок А	3	4	2	3	1
Станок В	2	1	3	5	4

Для контрольного примера<sup>1</sup> последовательность обработки следующая:

Таблица 7.2

Время обработки равно 16 единиц.  
Время обработки в последовательности 1,2,3,4,5 (табл.7.3).

Таблица 7.3

Время обработки равно 21 единица.

Надо выполнить четыре заказа:



Заказ1 – 100 изделий, Заказ2 – 200 изделий, Заказ3 – 50 изделий, заказ4 – 75 изделий.

Изделия любого заказа можно обработать на любом из четырех станков А, В, С, Д. Время выполнения заказов разное. Каждый станок обладает ограниченным ресурсом времени выполнения заказов. Заказ должен быть выполнен на одном станке.

### ***Решение***

Введем следующие обозначения:

N – номер заказа;

V – объем заказа;

tik – норматив обработки изделия i-го заказа на k-ом станке;

Tik – общие затраты времени на i-го заказ при его выполнении на k-ом станке;

Rk – ресурс времени k-го станка;

Pk – использованное время k-го станка.

Строим таблицу в которую заносим данные (табл. 7.4).

**Таблица 7.4**

№	V	tiA	TiA	IiA	tiB	TiB	IiB	tiC	TiC	IiC	tiД	TiД	IiД
1	100	1			0,67			0,8			1,33		
2	200	2			1			0,9			1,7		
3	50	2			1,33			1			2,5		
4	75	1			0,8			0,67			1,25		
Rk			80			150			250			100	
Pk													

Рассчитываем общие затраты времени на заказ Tik.

$$Tik = \frac{V}{tik}$$

Рассчитываем индикатор Iik следующим образом: станку имеющему наибольший норматив tik присваивается значение индикатора равное 1, для остальных станков индикатор рассчитывается по формуле:

$$Iik = \frac{Tik}{Tik_{\max tik}}$$

Данные заносим в табл.7.5.

**Таблица 7.5**

№	V	tiA	TiA	IiA	tiB	TiB	IiB	tiC	TiC	IiC	tiД	TiД	IiД
---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

1	100	1	100	1,33	0,67	149,3	1,99	0,8	125,0	1,66	1,33	75,2	1
2	200	2	100	1	1	200,0	2,00	0,9	222,2	2,22	1,7	117,6	1,18
3	50	2	25	1,25	1,33	37,6	1,88	1	50,0	2,50	2,5	20,0	1
4	75	1	75	1,25	0,8	93,8	1,56	0,67	111,9	1,87	1,25	60,0	1
Rk			80			150			250			100	
Pk			75			0			222			95,2	

Распределение заказов по станкам происходит следующим образом: заказ отдается станку с минимальным значением индикатора при условии, что станок имеет достаточный ресурс времени.

В контрольном примере заказы распределились следующим образом: Заказ1 на станке Д, Заказ2 на станке С, Заказ3 на станке Д, Заказ4 на станке А.

Определяем время работы станка и заносим в табл. 7.5.

### Индивидуальное задание

Решить задачу планирования, согласно вашему варианту.

#### Вариант 1

Есть шесть деталей для обработки и два станка А и В. Каждая деталь должна быть обработана в первую очередь на станке А, во вторую на станке В. Время обработки деталей приведено в табл.7.6. На каждом из станков можно одновременно обрабатывать только одну деталь, каждая деталь может обрабатываться только на одном станке, процесс обработки детали не может прерываться.

Определить вариант плана запуска деталей, при котором общее время их обработки будет минимальным. Посчитать общее время обработки деталей в порядке 1,2,3,4,5,6 и общее время обработки деталей в полученном варианте плана запуска деталей.

Таблица 7.6

Номер детали	1	2	3	4	5	6
Станок А	4	2	1	3	3	2
Станок Б	1	3	4	5	3	2

#### Вариант2

Надо выполнить четыре заказа:

заказ 1 – 200 изделий,

заказ 2 – 100 изделий,

заказ 3 – 150 изделий,

заказ 4 – 80 изделий.

Изделия любого заказа можно обрабатывать на любом из четырех станков А, Б, В, Г. Норматив обработки изделия каждого заказа (штук/час) -  $t_{ik}$ , ресурс времени каждого станка –  $R_k$ , заданы в табл.7.7. Составьте план распределения заказов по станкам, чтобы минимизировать затраты на все производство. Заказ должен быть выполнен на одном станке.

Таблица 7.7

Номер заказа	Объем заказа	$t_{iA}$	$t_{iB}$	$t_{iB}$	$t_{iГ}$
1	200	1	2	0,75	1,2
2	100	1,6	1	0,9	1,5
3	150	1,7	1,2	1	2
4	80	1	0,6	1	1,25
$R_k$		100	150	200	100

### Вариант 3

Есть шесть деталей для обработки и два станка А и В. Каждая деталь должна быть обработана в первую очередь на станке А, во вторую на станке В. Время обработки деталей приведено в табл.7.8. На каждом из станков можно одновременно обрабатывать только одну деталь, каждая деталь может обрабатываться только на одном станке, процесс обработки детали не может прерываться.

Определить вариант плана запуска деталей, при котором общее время их обработки будет минимальным. Посчитать общее время обработки деталей в порядке 1,2,3,4,5,6 и общее время обработки деталей в полученном варианте плана запуска деталей.

Таблица 7.8

Номер детали	1	2	3	4	5	6
Станок А	5	3	4	2	3	1
Станок Б	2	1	3	2	4	5

### Вариант4

Надо выполнить четыре заказа:

заказ 1 – 300 изделий,

заказ 2 – 150 изделий,

заказ 3 – 200 изделий,

заказ 4 – 50 изделий.

Изделия любого заказа можно обрабатывать на любом из четырех станков А, Б, В, Г. Норматив обработки изделия каждого заказа (штук/час) -  $t_{ik}$ , ресурс времени каждого станка –  $R_k$ , заданы в табл.7.9.

Составьте план распределения заказов по станкам, чтобы минимизировать затраты на все производство. Заказ должен быть выполнен на одном станке.

Таблица 7.9

Номер заказа	Объем заказа	tiA	tiБ	tiB	tiГ
1	300	3	1,5	2	1,3
2	150	1,5	0,65	3	2
3	200	2	0,5	1,5	0,9
4	50	1	1,2	0,89	0,56
Rk		200	250	200	100

### Вариант 5

Есть шесть деталей для обработки и два станка А и В. Каждая деталь должна быть обработана в первую очередь на станке А, во вторую на станке В. Время обработки деталей приведено в табл.7.10. На каждом из станков можно одновременно обрабатывать только одну деталь, каждая деталь может обрабатываться только на одном станке, процесс обработки детали не может прерываться.

Определить вариант плана запуска деталей, при котором общее время их обработки будет минимальным. Посчитать общее время обработки деталей в порядке 1,2,3,4,5,6 и общее время обработки деталей в полученном варианте плана запуска деталей.

Таблица 7.10

Номер детали	1	2	3	4	5	6
Станок А	1	3	2	4	5	2
Станок Б	3	2	1	6	3	4

### Вариант6

Надо выполнить четыре заказа:

заказ 1 – 50 изделий,

заказ 2 – 80 изделий,

заказ 3 – 100 изделий,

заказ 4 – 45 изделий.

Изделия любого заказа можно обрабатывать на любом из четырех станков А, Б, В, Г. Норматив обработки изделия каждого заказа (штук/час) -  $t_{ik}$ , ресурс времени каждого станка –  $R_k$ , заданы в табл.7.11. Составьте план распределения заказов по станкам, чтобы минимизировать затраты на все производство. Заказ должен быть выполнен на одном станке.

Таблица 7.11

Номер заказа	Объем заказа	tiA	tiБ	tiB	tiГ
1	50	0,5	1,2	1,5	1,5
2	80	1	0,5	2	1,5
3	100	3	2	0,8	0,8
4	45	1,6	1,5	2	1,2
Rk		100	50	30	150

### Вариант 7

Есть шесть деталей для обработки и два станка А и В. Каждая деталь должна быть обработана в первую очередь на станке А, во вторую на станке В. Время обработки деталей приведено в табл. 7.12. На каждом из станков можно одновременно обрабатывать только одну деталь, каждая деталь может обрабатываться только на одном станке, процесс обработки детали не может прерываться.

Определить вариант плана запуска деталей, при котором общее время их обработки будет минимальным. Посчитать общее время обработки деталей в порядке 1,2,3,4,5,6 и общее время обработки деталей в полученном варианте плана запуска деталей.

Таблица 7.12

Номер детали	1	2	3	4	5	6
Станок А	3	5	6	1	4	8
Станок Б	5	1	3	6	2	7

### Вариант 8

Надо выполнить четыре заказа:

заказ 1 – 20 изделий,

заказ 2 – 30 изделий,

заказ 3 – 15 изделий,

заказ 4 – 50 изделий.

Изделия любого заказа можно обрабатывать на любом из четырех станков А, Б, В, Г. Норматив обработки изделия каждого заказа (штук/час) -  $t_{ik}$ , ресурс времени каждого станка –  $R_k$ , заданы в табл. 7.13. Составьте план распределения заказов по станкам, чтобы минимизировать затраты на все производство. Заказ должен быть выполнен на одном станке.

Таблица 7.13

Номер заказа	Объем заказа	tiA	tiБ	tiB	tiГ
1	20	1	0,5	2	1,8

2	30	2	1	0,9	0,9
3	15	0,5	2	1,5	1,5
4	50	0,6	0,9	0,8	1,2
Rk		50	45	100	20

### Вариант 9

Есть шесть деталей для обработки и два станка А и В. Каждая деталь должна быть обработана в первую очередь на станке А, во вторую на станке В. Время обработки деталей приведено в табл.7.14. На каждом из станков можно одновременно обрабатывать только одну деталь, каждая деталь может обрабатываться только на одном станке, процесс обработки детали не может прерываться.

Определить вариант плана запуска деталей, при котором общее время их обработки будет минимальным. Посчитать общее время обработки деталей в порядке 1,2,3,4,5,6 и общее время обработки деталей в полученном варианте плана запуска деталей.

Таблица 7.14

Номер детали	1	2	3	4	5	6
Станок А	2	4	6	1	3	5
Станок Б	1	6	2	2	4	3

### Вариант10

Надо выполнить четыре заказа:

заказ 1 – 45 изделий,

заказ 2 – 100 изделий,

заказ 3 – 250 изделий,

заказ 4 – 30 изделий.

Изделия любого заказа можно обрабатывать на любом из четырех станков А, Б, В, Г. Норматив обработки изделия каждого заказа (штук/час) -  $t_{ik}$ , ресурс времени каждого станка –  $R_k$ , заданы в табл.7.15. Составьте план распределения заказов по станкам, чтобы минимизировать затраты на все производство. Заказ должен быть выполнен на одном станке.

Таблица 7.15

Номер заказа	Объем заказа	$t_{iA}$	$t_{iB}$	$t_{iB}$	$t_{iГ}$
1	45	1	1	2	1,95
2	100	3	2	1	2
3	250	0,9	0,9	1,5	1,6
4	300	2	1,2	1,3	1,2

Rk		100	250	200	100
----	--	-----	-----	-----	-----

### **Контрольные вопросы**

1. Что строится в процессе календарного планирования?
2. Что определяется в процессе календарного планирования?
3. В чем назначение календарного планирования?
4. Опишите задачу С. Джонсона для двух станков.
5. Опишите задачу распределения заказов.

## Лабораторная работа №8

### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ОПТИМИЗАЦИИ

**Цель работы:** закрепить навыки постановки типовых задач линейного программирования и освоить методику их решения на основе использования табличного процессора MS Excel.

#### Краткие теоретические сведения

Ежедневно специалисты в области экономики и менеджмента сталкиваются с задачами оптимизации. Это и премирование штатного расписания, и расчет фонда заработной платы, и планирование рекламной компании, и еще множество задач, решаемых с помощью методов оптимизации. Наиболее легкими и показательными являются задачи линейной оптимизации.

*Линейное программирование* – это раздел высшей математики, занимающийся разработкой методов отыскания экстремальных значений линейной функции, на неизвестные которой наложены линейные ограничения.

Задачи линейного программирования относятся к задачам на условный экстремум функции. Однако для исследования линейной функции многих переменных на условный экстремум нельзя применить хорошо разработанные методы математического анализа.

Действительно, пусть необходимо исследовать на экстремум линейную функцию  $Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$  при линейных ограничениях

$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad (i = \overline{1, m})$ . Необходимым условием экстремума является

$\partial Z / \partial x_j = 0 \quad (j = \overline{1, n})$ . Но  $\partial Z / \partial x_j = c_j$ . Отсюда  $c_j = 0$

$(j = \overline{1, n})$ . Так как все коэффициенты линейной функции не могут быть равны нулю, то внутри области, образованной системой ограничений, экстремальные точки не существуют. Они могут быть только на границе области.

Для решения таких задач разработаны специальные методы линейного программирования, которые особенно широко применяются в экономике.



## 8.1. Линейная оптимизационная задача

### Контрольный пример

Для производства столов и шкафов мебельная фабрика использует необходимые ресурсы. Нормы затрат ресурсов на одно изделие данного вида, прибыль от реализации одного изделия и общее количество имеющихся ресурсов каждого вида приведены в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Ресурсы	Нормы затрат ресурсов на одно изделие		Общее количество ресурсов
	стол	шкаф	
Древесина 1 вида	0,2	0,1	40
Древесина 2 вида	0,1	0,3	60
Трудоемкость (человеко-часов)	1,2	1,5	371,4
Прибыль от реализации одного изделия (руб.)	6	8	

Определить, сколько столов и шкафов фабрике следует изготавливать, чтобы прибыль от их реализации была максимальной.

#### *Решение*

Для решения этой задачи необходимо построить математическую модель. Процесс построения модели можно начать с ответа на следующие три вопроса:

1. Для определения каких величин строится модель?
2. В чем состоит цель, для достижения которой из множества всех допустимых значений переменных выбираются оптимальные?
3. Каким ограничениям должны удовлетворять неизвестные?

В данном случае мебельной фабрике необходимо спланировать объем производства столов и шкафов так, чтобы максимизировать прибыль. Поэтому переменными являются:  $x_1$  - количество столов,  $x_2$  - количество шкафов

Суммарная прибыль от производства столов и шкафов равна  $z = 6 \cdot x_1 + 8 \cdot x_2$ . Целью фабрики является определение среди всех допустимых значений  $x_1$  и  $x_2$  таких, которые максимизируют суммарную прибыль, т.е. целевую функцию  $z$

Ограничения, которые налагаются на  $x_1$  и  $x_2$ :

- объем производства шкафов и столов не может быть отрицательным, следовательно:  $x_1, x_2 \geq 0$ .

• нормы затрат древесины на столы и шкафы не может превосходить максимально возможный запас данного исходного продукта, следовательно:

$$0,2x_1 + 0,1x_2 \leq 40,$$

$$0,1x_1 + 0,3x_2 \leq 60.$$

Кроме того, ограничение на трудоемкость не превышает количества затрачиваемых ресурсов

$$1,2x_1 + 1,5x_2 \leq 371,4.$$

Таким образом, математическая модель данной задачи имеет следующий вид:

Максимизировать функции.

$$z = 6x_1 + 8x_2$$

при следующих ограничениях:

$$0,2x_1 + 0,1x_2 \leq 40$$

$$0,1x_1 + 0,3x_2 \leq 60$$

$$1,2x_1 + 1,5x_2 \leq 371,4$$

Данная модель является линейной, т.к. целевая функция и ограничения линейно зависят от переменных.

### ***Решение задачи с помощью MS Excel***

1. Отвести ячейки A3 и B3 под значения переменных  $x_1$  и  $x_2$  (рис. 8.1).

	А	В	С	Д
1	Переменные			
2	$x_1$	$x_2$		
3				
4	Функция цели:		=6*A3+8*B3	
5				
6				
7	=0,2*A3+0,1*B3	40		
8	=0,1*A3+0,3*B3	60		
9	=1,2*A3+1,5*B3	371,4		
10				

Рис.8.1. Диапазоны, отведенные под переменные, целевую функцию и ограничения

2. В ячейку C4 ввести функцию цели: =6\*A3+8\*B3, в ячейки A7:A9 ввести левые части ограничений:

$$=0,2*A3+0,1*B3$$

$$=0,1*A3+0,3*B3$$

$$=1,2*A3+1,5*B3,$$

а в ячейки B7:B9 - правые части ограничений. (рис.8.1.)

3. Выбрать команды **Сервис/Поиск решения** (Tools/Solver) и заполнить открывшееся диалоговое окно **Поиск решения** (Solver) как показано на рис 8.2. Средство поиска решений является одной из надстроек Excel. Если в меню **Сервис** (Tools) отсутствует команда **Поиск решения** (Solver), то для ее установки необходимо выполнить команду **Сервис/ Надстройки/ Поиск решения** (Tools/Add-ins/Solver). Для ввода ограничений нажмите кнопку **Добавить**.

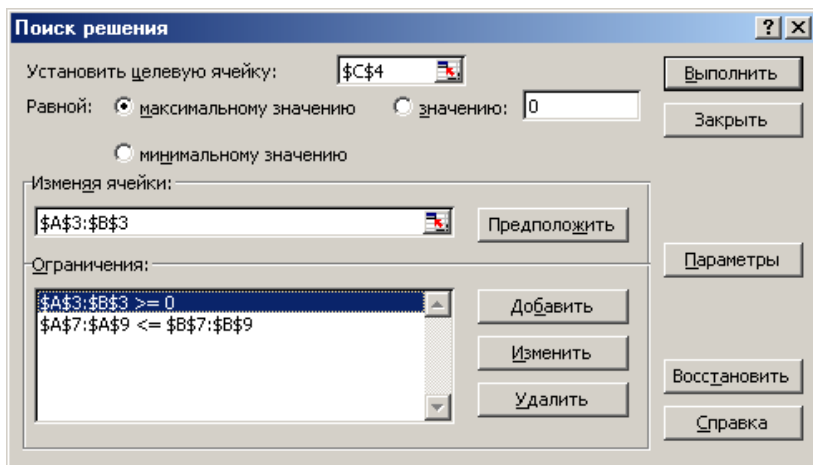


Рис. 8.2. Диалоговое окно **Поиск решения** задачи о максимизации прибыли на фабрике

**Внимание!** В диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options) необходимо установить флажок **Линейная модель** (Assume Linear Model) (Рис.8.3.).

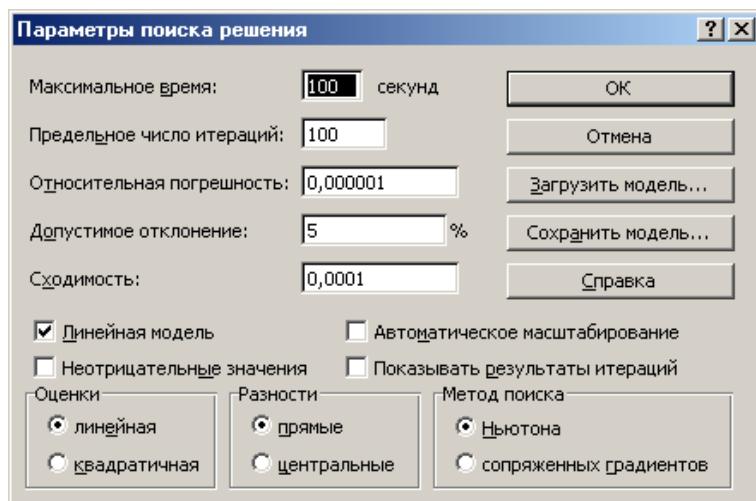


Рис.8.3. Диалоговое окно **Параметры поиска решения**

4. После нажатия кнопки **Выполнить** (Solve) открывается окно **Результаты поиска решения** (Solver Results), которое сообщает, что решение найдено (рис. 8.4).

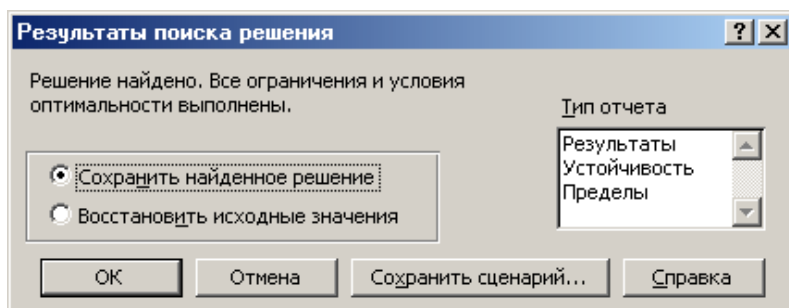


Рис. 8.4. Диалоговое окно **Результаты поиска решения**

5. Результаты расчета задачи представлены на рис. 8.5, из которого видно, что оптимальным является производство 102 столов и 166 шкафов. Этот объем производства принесет фабрике 1940 руб. прибыли.

	A	B	C	D
1	Переменные			
2	x1	x2		
3	102	166		
4	Функция цели:		1940,00	
5				
6				
7	37,00	40		
8	60,00	60		
9	371,40	371,4		
10				

Столы и шкафы Лист2 Лис

Рис.8.5. Результаты расчета с помощью средства поиска решений для задачи максимизации выпуска столов и шкафов

### Индивидуальное задание

1. Построить математическую модель задачи, согласно вашему варианту.
2. Решить задачу с помощью средства MS Excel **Поиск решения**.
3. Сделать соответствующие выводы.

#### Вариант 1

Для производства двух видов изделий А и В используется токарное, фрезерное и шлифовальное оборудование. Нормы затрат времени для каждого из типов оборудования на одно изделие данного вида приведены в табл.8.2. В ней же указан общий фонд рабочего времени каждого из типов оборудования, а также прибыль от реализации одного изделия.

Таблица 8.2

Тип оборудования	Затраты времени (станко-часов) на обработку одного изделия		Общий фонд полезного рабочего времени
	A	B	
Фрезерное	10	8	168
Токарное	5	10	180
Шлифовальное	6	12	144
Прибыль от реализации одного изделия (руб.)	14	18	

Найти план выпуска изделий вида А и В, обеспечивающий максимальную прибыль от их реализации.

### Вариант 2

На звероферме могут выращиваться черно-бурые лисицы и песцы. Для обеспечения нормальных условий их выращивания используется три вида кормов. Количество корма каждого вида, которое должны ежедневно получать лисицы и песцы, приведено в табл.8.3. В ней же указаны общее количество корма каждого вида, которое может быть использовано зверофермой, и прибыль от реализации одной шкурки лисицы и песца.

Найти оптимальное соотношение количества кормов и численности поголовья лис и песцов.

Таблица 8.3

Вид корма	Количество единиц корма, которое ежедневно должны получать		Общее количество корма
	А	В	
Вид 1	2	3	180
Вид 2	4	1	240
Вид 3	6	7	426
Прибыль от реализации одной шкурки (руб.)	16	12	

### Вариант 3

Для изготовления различных изделий А, В и С предприятие использует три различных видов сырья. Нормы расхода сырья на производство одного изделия каждого вида, цена одного изделия А, В и С, а также общее количество сырья каждого вида, которое может быть использовано предприятием, приведены в табл. 8.4.

Таблица 8.4

Вид сырья	Норма затрат сырья (кг) на одно изделие			Общее количество сырья (кг)
	А	В	С	
Вид 1	18	15	12	360
Вид 2	6	4	8	192

Вид 3	5	3	3	180
Цена одного изделия (руб.)	9	10	16	

Изделия А, В и С могут производиться в любых соотношениях (сбыт обеспечен), но производство ограничено выделенным предприятию сырьем каждого вида.

Составить план производства изделий, при котором общая стоимость всей произведенной предприятием продукции является максимальной.

#### Вариант 4

На швейной фабрике для изготовления четырех видов изделий может быть использована ткань трех артикулов. Нормы расхода тканей всех артикулов на пошив одного изделия приведены в табл.8.5. В ней же указаны имеющиеся в распоряжении фабрики общее количество тканей каждого артикула и цена одного изделия данного вида. Определить, сколько изделий каждого вида должна произвести фабрика, чтобы стоимость изготовленной продукции была максимальной.

Таблица 8.5

Артикул ткани	Норма расхода ткани (м) на одно изделие вида				Общее количество ткани (м)
	Вид 1	Вид 2	Вид 3	Вид 4	
Артикул 1	1	-	2	1	180
Артикул 2	-	1	3	2	210
Артикул 3	4	2	-	4	800
Цена одного изделия (руб.)	9	6	4	7	

#### Вариант 5

Фабрика "GRM pie" выпускает два вида каш для завтрака - "Crunchy" и "Chewy". Используемые для производства обоих продуктов ингредиенты в основном одинаковы и, как правило, не являются дефицитными.

Основным ограничением, накладываемым на объем выпуска, является наличие фонда рабочего времени в каждом из трех цехов фабрики.

Управляющему производством Джою Дисону необходимо разработать план производства на месяц. В табл. 8.6 указаны общий

фонд рабочего времени и число человеко-часов, требуемое для производства 1 т продукта.

Таблица 8.6

Цех	Необходимый фонд рабочего времени, ч ел. -ч/г		Общий фонд рабочего времени, чел. -ч. в месяц
	"Crunchy"	"Chewy"	
А. Производство	10	4	1000
В. Добавка приправ	3	2	360
С. Упаковка	2	5	600

Доход от производства 1 т "Crunchy" составляет 150 ф. ст., а от производства "Chewy" - 75 ф. ст. На настоящий момент нет никаких ограничений на возможные объемы продаж. Имеется возможность продать всю произведенную продукцию.

Требуется: сформулировать модель линейного программирования, максимизирующую общий доход фабрики за месяц и реализовать решение этой модели.

### Вариант 6

Оливер А. Петере скоро выйдет на пенсию, и ему предстоит решить, как поступить с единовременным пособием, которое в соответствии с пенсионной программой будет предоставлено ему фирмой. М-р Петере и его супруга намерены предпринять длительный визит в Австралию к своей дочери сроком на два года, поэтому любые сделанные в настоящий момент инвестиции будут свободны для использования на данный период. Очевидно, цель м-ра Петерса состоит в максимизации общего дохода от вложений, полученного за двухлетний период.

Мистера Петерса проконсультировали, что наилучшим вариантом вложения инвестиций был бы инвестиционный фонд, и в настоящее время он рассматривает возможность помещения инвестиций в один из таких фондов, состоящий из инвестиций трех типов - А, В и С. Сумма единовременного пособия составит 25000 ф. ст., однако, мистер Петере считает, что нет необходимости вкладывать в данный инвестиционный фонд все деньги; часть из них он намерен перевести на свой счет жилищно-строительного кооператива, который гарантирует ему 9% годовых.

По мнению бухгалтера фирмы, мистеру Петерсу следует попытаться распределить свои инвестиции таким образом, чтобы обеспечить как получение дохода, так и рост капитала. Поэтому ему посоветовали не менее 40% от общей суммы вложить в вариант А и



перевести на свой счет. Для обеспечения значительного роста капитала не менее 25% общей суммы денежных средств, вложенных в инвестиционный фонд, необходимо поместить в проект В, однако, вложения в В не должны превышать 35% общего объема вложений в инвестиционный фонд ввиду высокой вероятности риска, соответствующей проекту В. Кроме того, для сохранности капитала в проекты А и С следует вложить не менее 50% средств, помещаемых в инвестиционный фонд.

В настоящее время проект А позволяет получать 10 % годовых и обеспечивает 1% роста капитала, проект В предполагает рост капитала в 15%; проект С дает 4% годовых и 5%-ный рост капитала.

Требуется: учитывая цель м-ра Петерса, сформулировать модель линейного программирования, показывающую, как следует распределить сумму единовременного пособия между различными проектами инвестиций.

### Вариант 7

Общество с ограниченной ответственностью по производству гусеничных механизмов выпускает пять сходных друг с другом товаров - А, В, С, D и Е. В табл. 8.7 представлены расходы ресурсов, необходимых для выпуска единицы каждого товара, а также недельные запасы каждого ресурса и цены продажи единицы каждого продукта.

Таблица 8.7

Ресурсы	Товар					Недельный запас ресурсов
	А	В	С	D	Е	
Сырье, кг	6,00	6,50	6,10	6,10	6,40	35000
Сборка, ч	1,00	0,75	1,25	1,00	1,00	6000
Обжиг, ч	3	4,50	6	6	4,50	30000
Упаковка, ч	0,50	0,50	0,50	0,75	1,00	4000
Цена продажи, ф.ст	40	42	44	48	52	

Известны также издержки, связанные с использованием каждого вида ресурсов:

- сырье - 2,10 ф. ст. за 1 кг;
- сборка - 3,00 ф. ст. за 1 ч;
- обжиг- 1,30 ф. ст. за 1 ч;
- упаковка - 8,00 ф. ст. за 1 ч.

Требуется сформулировать задачу линейного программирования таким образом, чтобы в качестве переменных как целевой функции, так и ограничений выступали ресурсы. Кратко сформулировать предпосылки применения модели. Для максимизации элементов, составляющих прибыль за неделю, следует использовать компьютерный пакет прикладных программ.

### Вариант 8

Нефтяная компания "РТ" для улучшения эксплуатационных качеств и снижения точки замораживания дизельного топлива, которое она производит, добавляет в него определенные химикаты. В каждом бензобаке объемом 1000 л должно содержаться не менее 40 мг химической добавки X, не менее 14 мг химической добавки Y и не менее 18 мг химической добавки Z. Необходимые химические добавки в форме готовых смесей поставляют "РТ" две химические компании А и В. В табл.8.8 приведено содержание химических добавок в каждом продукте, поставляемом указанными компаниями.

Таблица 8.8

Продукт	Химические добавки, мг/л		
	X	Y	Z
A	4	2	3
B	5	1	1

Стоимость продукта А - 1,50 ф. ст. за 1 л, а продукта В - 3,00 ф. ст. за 1 л. Требуется: найти ассортиментный набор продуктов А и В, минимизирующий общую стоимость добавленных в топливо химикатов.

### Вариант 9

Администрация компании "Nemesis Company", осуществляя рационализаторскую программу корпорации, приняла решение о слиянии двух своих заводов в Аббатсфилде и Берчвуде. Предусматривается закрытие завода в Аббатсфилде и за счет этого - расширение производственных мощностей предприятия в Берчвуде. На настоящий момент распределение рабочих высокой и низкой квалификации, занятых на обоих заводах, является следующим (табл. 8.9).

Таблица 8.9

Квалификация	Аббатсфилд	Берчвуд
--------------	------------	---------

Высокая	200	100
Низкая	300	200
Итого	500	300

В то же время после слияния завод в Берчвуде должен насчитывать 240 рабочих высокой и 320 рабочих низкой квалификации.

После проведения всесторонних переговоров с привлечением руководителей профсоюзов были выработаны следующие финансовые соглашения:

1. Все рабочие, которые попали под сокращение штатов, получают выходные пособия следующих размеров:

Квалифицированные рабочие - 2000 ф. ст.;

Неквалифицированные рабочие - 1500 ф. ст.

2. Рабочие завода в Аббатсфилде, которые должны будут переехать, получают пособие по переезду в размере 2000 ф. ст.

3. Во избежание каких-либо преимуществ для рабочих Берчвудского завода доля бывших рабочих завода в Аббатсфилде на новом предприятии должна совпадать с долей бывших рабочих Берчвудского завода.

Требуется: Построить модель линейного программирования, в которой определяется, как осуществить выбор работников нового предприятия из числа рабочих двух бывших заводов таким образом, чтобы минимизировать общие издержки, связанные с увольнением и переменой места жительства части рабочих. В процессе формализации следует использовать следующие переменные:

S1- число квалифицированных рабочих, переведенных на новую работу с завода в Аббатсфилде,

S2 - число квалифицированных рабочих, переведенных на новую работу с завода в Берчвуде;

U1 - число неквалифицированных рабочих, переведенных на новую работу с завода в Аббатсфилде;

U2 - число неквалифицированных рабочих, переведенных на новую работу с завода в Берчвуде.

### **Вариант 10**

Компания "Bermuda Paint" - частная промышленная фирма, специализирующаяся на производстве технических лаков. Представленная ниже табл. 8.10 содержит информацию о ценах продажи и соответствующих издержках производства единицы полировочного и матового лаков.

Таблица 8.10

Лак	Цена продажи 1 галлона, ф.ст	Издержки производства 1 галлона, ср. ст.
Матовый	13,0	9,0
Полировочный	16,0	10,0

Для производства 1 галлона матового лака необходимо затратить 6 мин трудозатрат, а для производства одного галлона полировочного лака - 12 мин. Резерв фонда рабочего времени составляет 400 чел.-ч в день. Размер ежедневного запаса необходимой химической смеси равен 100 унциям, тогда как ее расход на один галлон матового и полировочного лаков составляет 0,05 и 0,02 унции соответственно. Технологические возможности завода позволяют выпускать не более 3000 галлонов лака в день.

В соответствии с соглашением с основным оптовым покупателем компания должна поставлять ему 5000 галлонов матового лака и 2500 Галлонов полировочного лака за каждую рабочую неделю (состоящую из 5 дней). Кроме того, существует профсоюзное соглашение, в котором оговаривается минимальный объем производства в день, равный 2000 галлонов. Администрации данной компании необходимо определить ежедневные объемы производства каждого вида лаков, которые позволяют получать максимальный общий доход.

Требуется: Построить и решить линейную модель для производственной проблемы, с которой столкнулась компания. Для исходной задачи (не учитывающей сверхурочные работы) определить промежуток изменения показателя единичного дохода за 1 галлон полировочного лака, в котором исходное оптимальное решение остается прежним.

### Вариант 11

Членов Ассоциации ученых Мидленда недавно уведомили, что их ассоциация получит государственные гранты на проведение исследований в соответствии с четырьмя основными исследовательскими проектами. Исполнительный директор ассоциации должен по каждому проекту назначить научного руководителя. В настоящее время эти обязанности можно возложить на одного из пяти исследователей - Адаме, Браун, Карр, Дэй и Иване. Время, требуемое для завершения каждого из исследовательских проектов, зависит от опыта и способностей исследователя, которому будет поручено руководство выполнением проекта. Исполнительному директору были представлены оценки времени выполнения проекта каждым из ученых (в днях).

Поскольку все четыре проекта обладают равным приоритетом в выполнении, исполнительный директор заинтересован в таком назначении научных руководителей, которое бы позволило свести к минимуму общее время (в днях), требуемое для завершения всех четырех проектов.

Таблица 8.11

Ученый-исследователь	Проект			
	1	2	3	4
Адаме	80	120	60	104
Браун	72	144	48	110
Карр	96	148	72	120
Дэй	60	108	52	92
Иване	64	140	60	96

Используя данные табл.8.11 определить оптимальный вариант назначения научных руководителей проектов и, следовательно, общее число дней, необходимое для завершения четырех проектов. Найти какие-либо другие варианты назначения, которые привели бы к тому же результату. Учитывая, что ученые Браун, Карр и Дэй отдадут предпочтение проектам 2 и 3, а ученые Адаме и Иване - проектам 1 и 4, какой из имеющихся оптимальных вариантов назначения, принятый исполнительным директором, был бы наиболее разумным?

## Вариант 12

Собственные средства банка вместе с депозитами в сумме составляют 100 млн. долл. Часть этих средств, но не менее 35 млн. долл., должна быть размещена в кредитах. Кредиты являются неликвидными активами банка, так как в случае непредвиденной потребности в наличности обратить кредиты в деньги без существенных потерь невозможно.

Ценные бумаги, особенно государственные можно в любой момент продать. Поэтому существует правило, согласно которому коммерческие банки должны покупать в определенной пропорции ликвидные активы - ценные бумаги, чтобы компенсировать неликвидность кредитов. В нашем примере ликвидное ограничение таково: ценные бумаги должны составлять не менее 30% средств, размещенных в кредитах и ценных бумагах.

Найти оптимальный план работы банка с ценными бумагами и собственными средствами.

### Вариант 13

Фабрика имеет в своем распоряжении определенное количество ресурсов: рабочую силу, деньги, сырье, оборудование, производственные площади и т.п. Допустим, ресурсы трех видов: рабочая сила, сырье и оборудование – имеются в количестве соответственно 80 (чел/дней), 480 (кг) и 130 (станко/час). Фабрика может выпускать ковры четырех видов. Информация о количестве единиц каждого ресурса, необходимых для производства одного ковра каждого вида, и доходах, получаемых предприятием от единицы каждого вида товаров, приведена в табл.8.12.

Таблица 8.12

Вид ресурса	Норма ресурсов на одно изделие				Ресурсы
	Ковер «Лужайка»	Ковер «Силуэт»	Ковер «Детский»	Ковер «Дымка»	
Труд	7	2	2	6	80
Сырье	5	8	4	3	480
Оборудование	2	4	1	8	130
Цена (тыс. руб.)	3	4	3	1	

Найти оптимальный план выпуска продукции.

### Вариант 14

Рацион для питания животных на ферме состоит из двух видов кормов 1 и 2. Один килограмм корма 1 стоит 80 ден. ед. и содержит: 1 ед. жиров, 3 ед. белков, 1 ед. углеводов, 2 ед. нитратов. Один килограмм корма 2 стоит 10 ден. ед. и содержит 3 ед. жиров, 1 ед. белков, 8 ед. углеводов, 4 ед. нитратов.

Составить наиболее дешевый рацион питания, обеспечивающий жиров не менее 6 ед., белков не менее 9 ед., углеводов не менее 8 ед., нитратов не более 16 ед.

### Вариант 15

На двух автоматических линиях выпускают аппараты трех типов. Другие условия задачи приведены в табл. 8.13.

Таблица 8.13

Тип аппарата	Производительность работы линии, шт. в сутки		Затраты на работу линий, ден. ед. в сутки		План, шт.
	1	2	1	2	
A	4	3	400	300	50
B	6	5	100	200	40
C	8	2	300	400	50

## 8.2. Транспортная задача

### Контрольный пример

Фирма имеет 4 фабрики и 5 центров распределения ее товаров. Фабрики фирмы располагаются в Денвере, Бостоне, Новом Орлеане и Далласе с производственными возможностями 200, 150, 225 и 175 единиц продукции ежедневно, соответственно. Центры распределения товаров фирмы располагаются в Лос-Анджелесе, Далласе, Сент-Луисе, Вашингтоне и Атланте с потребностями в 100, 200, 50, 250 и 150 единиц продукции ежедневно, соответственно. Хранение на фабрике единицы продукции, не поставленной в центр распределения, обходится в \$0,75 в день, а штраф за просроченную поставку единицы продукции, заказанной потребителем в центре распределения, но там не находящейся, равен \$2,5 в день. Стоимость перевозки единицы продукции с фабрик в пункты распределения приведена в табл.8.14.

Таблица 8.14

		1	2	3	4	5
		Лос-Анджелес	Даллас	Сен-Луис	Вашингтон	Атланта
1	Денвер	1,50	2,00	1,75	2,25	2,25
2	Бостон	2,50	2,00	1,75	1,00	1,50
3	Новый Орлеан	2,00	1,50	1,50	1,75	1,75
4	Даллас	2,00	0,50	1,75	1,75	1,75

Необходимо так спланировать перевозки, чтобы минимизировать суммарные транспортные расходы.

Поскольку данная модель сбалансирована (суммарный объем произведенной продукции равен суммарному объему потребностей в ней), то в этой модели не надо учитывать издержки, связанные как со

складированием, так и с недопоставками продукции. В противном случае в модель нужно было бы ввести:

- в случае перепроизводства - фиктивный пункт распределения, стоимость перевозок единицы продукции в который полагается равной стоимости складирования, а объемы перевозок объемам складирования излишков продукции на фабриках;

- в случае дефицита - фиктивную фабрику, стоимость перевозок единицы продукции с которой полагается равной стоимости штрафов за недопоставку продукции, а объемы перевозок - объемам недопоставок продукции в пункты распределения.

Для решения данной задачи построим ее математическую модель:

$$Z = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^5 c_{ij} x_{ij}$$

Неизвестными в данной задаче являются объемы перевозок. Пусть  $x_{ij}$  - объем перевозок с  $i$ -ой фабрики в  $j$ -й центр распределения. Функция цели - это суммарные транспортные расходы, т. е. где  $c_{ij}$  - стоимость перевозки единицы продукции с  $i$ -и фабрики  $j$ -й центр распределения.

Неизвестные в данной задаче должны удовлетворять следующим ограничениям:

- Объемы перевозок не могут быть отрицательными.
- Так как модель сбалансирована, то вся продукция должна быть вывезена с фабрик, а потребности всех центров распределения должны быть полностью удовлетворены.

В результате имеем следующую модель:

$$Z = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^5 c_{ij} x_{ij} \text{ - минимизировать при ограничениях:}$$

$$\sum_{i=1}^4 x_{ij} = b_{ij}, j \in [1,5],$$

$$x_{ij} \geq 0, i \in [1,4], j \in [1,5],$$

$$\sum_{j=1}^5 x_{ij} = a_i, i \in [1,4],$$

где  $a_i$  - объем производства на  $i$ -й фабрике,  $b_j$  - спрос в  $j$ -м центре распределения.

### ***Решение задачи с помощью MS Excel.***

1. Ввести данные, как показано на рис. 8.6.



В ячейки A1:E4 введены стоимости перевозок. Ячейки A6:E9 отведены под значения неизвестных (объемы перевозок). В ячейки G6:G9 введены объемы производства на фабриках, а в ячейки A11:E11 введена потребность в продукции в пунктах распределения. В ячейку F10 введена целевая функция =СУММПРОИЗВ(A1:E4;A6:E9).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1,5	2	1,75	2,25	2,25			
2	2,5	2	1,75	1	1,5			
3	2	1,5	1,5	1,75	1,75			
4	2	0,5	1,75	1,75	1,75			
5								
6						0	200	
7						0	150	
8						0	225	
9						0	175	
10	0	0	0	0	0	0		
11	100	200	50	250	150			
12								
13								

Рис. 8.6. Исходные данные транспортной задачи

В ячейки A10:E10 введены формулы  
 =СУММ(A6:A9)  
 =СУММ(B6:B9)  
 =СУММ(C6:C9)  
 =СУММ(D6:D9)  
 =СУММ(E6:E9) определяющие объем продукции, ввозимой в центры распределения.

В ячейки F6:F9 введены формулы  
 =СУММ(A6:E6)  
 =СУММ(A7:E7)  
 =СУММ(A8:E8)  
 =СУММ(A9:E9) вычисляющие объем продукции, вывозимой с фабрик.

2. Выбрать команду **Сервис/Поиск решения** (Tools/Solver) и заполнить открывшееся диалоговое окно **Поиск решения** (Solver), как показано на рис.8.7.

Внимание! В диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options) необходимо установить флажок **Линейная модель** (Assume Linear Model).

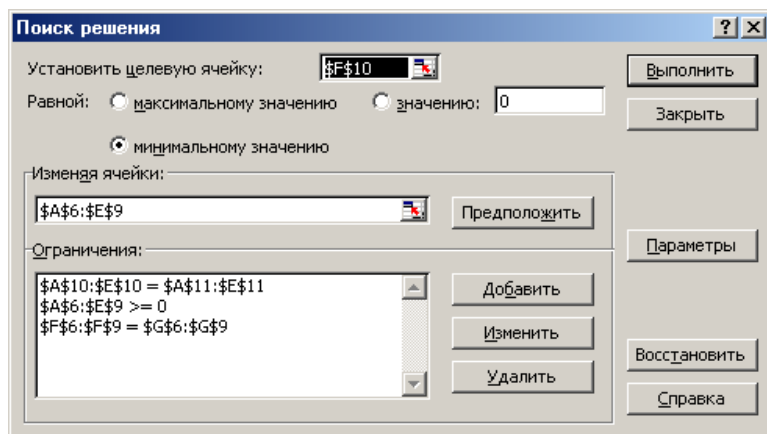


Рис.8.7. Диалоговое окно **Поиск решения** для транспортной задачи

3. После нажатия кнопки **Выполнить** (Solve) средство поиска решений находит оптимальный план поставок продукции и соответствующие ему транспортные расходы (рис. 8.8).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1,5	2	1,75	2,25	2,25			
2	2,5	2	1,75	1	1,5			
3	2	1,5	1,5	1,75	1,75			
4	2	0,5	1,75	1,75	1,75			
5								
6	100	0	50	50	0	200	200	
7	0	0	0	150	0	150	150	
8	0	25	0	50	150	225	225	
9	0	175	0	0	0	175	175	
10	100	200	50	250	150	975		
11	100	200	50	250	150			
12								
13								

Рис.8.8. Оптимальное решение транспортной задачи

## Индивидуальное задание

1. Построить математическую модель задачи, согласно вашему варианту.
2. Решить задачу с помощью средства MS Excel **Поиск решения**.
3. Сделать соответствующие выводы.

### Вариант 1

Решить транспортную задачу со следующими условиями

(табл.8.15):

Таблица 8.15

Пункты отправления	Пункты назначения				Запасы
	B1	B2	B3	B4	
A1	3	4	6	1	460
A2	5	1	2	3	340
A3	4	5	8	1	300
Потребности	350	200	450	100	

### Вариант2

Для строительства трех объектов используется кирпич, изготавливаемый на трех заводах. Ежедневно каждый из заводов может изготавливать 100, 150 и 50 усл. ед. кирпича. Ежедневные потребности в кирпиче на каждом из строящихся объектах соответственно равны 75, 80, 60 и 85 усл. ед. Известны также тарифы перевозок 1 усл. ед. кирпича с каждого с заводов к каждому из строящихся объектов:

$$C = \begin{pmatrix} 6 & 7 & 3 & 5 \\ 1 & 2 & 5 & 6 \\ 8 & 10 & 20 & 1 \end{pmatrix}$$

Составить такой план перевозок кирпича к строящимся объектам, при котором общая стоимость перевозок является минимальной.

### Вариант3

На трех железнодорожных станциях скопилось 120, 110 и 130 незагруженных вагонов. Эти вагоны необходимо перегнать на железнодорожные станции B1, B2, B3, B4 и B5. На каждой из этих станций потребность в вагонах соответственно равна 80, 60, 70, 100 и 50. Тарифы перевозок задаются матрицей

$$C = \begin{pmatrix} 2 & 4 & 1 & 6 & 7 \\ 3 & 3 & 5 & 4 & 2 \\ 8 & 9 & 6 & 3 & 4 \end{pmatrix}$$

Составить такой план перегонок вагонов, при котором общая стоимость была минимальной.

### Вариант4

Компания "Royal Wedgetoun Pottery" получила заказы на три вида выпускаемой ею продукции (бокалы, чашки и вазы), которые

необходимо удовлетворить в течение следующей недели. Размеры заказов следующие:

Продукт	Размер заказа, единиц
Бокалы	4000
Чашки	2400
Вазы	1000

В распоряжении компании имеются три станка, на каждом из которых можно производить любой из указанных видов продукции с одинаковой производительностью. Однако единичные затраты по каждому виду продукции варьируют в зависимости от используемого станка. В табл. 8.16 приведены единичные издержки (ф. ст.) по каждому станку.

Таблица 8.16

Станок	Бокалы	Чашки	Вазы
А	1,20	1,30	1,10
В	1,40	1,30	1,50
С	1,10	1,00	1,30

Кроме того, известно, что производственные мощности станков В и С на следующую неделю составят 3000 единиц, а станка А - 2000 единиц.

Требуется, используя транспортную модель, найти план производства для видов продукции и станков, минимизирующий общую стоимость производства. Определить значение минимальной стоимости.

Если найденное оптимальное решение не единственное, нужно привести другие варианты решений, которым соответствует минимальная стоимость производства. Если бы менеджер по производству захотел, чтобы в производственном плане было как можно меньше изменений в производстве изделий на различных станках, то какое оптимальное решение вы бы порекомендовали?

### Вариант5

Компания "Orange Computer" производит только один вид продукции - матричные печатающие устройства, которые в настоящее время являются дефицитом. Четыре основных покупателя - это крупные специализированные компьютерные универмаги, расположенные в Аббатстауне, Бесвиче, Карлике и Денстоуне, уже подали заявки,

общий размер которых превышает общие производственные мощности трех заводов компании в Рексфорде, Сидоне и Тристроне. Компания должна принять решение о том, как распределить производственные мощности, чтобы получить максимальную прибыль. После того, как каждый принтер тщательно упакован в мягкую упаковку, предохраняющую его от каких-либо повреждений, его помещают в отдельную коробку. В табл.2.17 приведены значения стоимости транспортировки одной единицы от каждого завода-производителя в каждый специализированный универмаг (ф. ст.):

Таблица 8.17

	"Аббатстаун"	"Бесвич"	"Карлик"	"Денстоун"
Рексфорд	22	24	22	30
Сидон	24	20	18	28
Тристрон	26	20	26	24

Поскольку все четыре специализированных универсама расположены в различных частях страны и, следовательно, стоимость транспортировки продукции между заводами-производителями и универсамами различна, а также ввиду некоторых различий и в издержках производства каждого из четырех заводов, существующая структура цен предусматривает возможность установления различных цен для каждого из четырех универсамов. В настоящее время установлены следующие цены за единицу продукции: 230 ф. ст. в Аббатстауне, 235 ф. ст. в Бесвиче, 225 ф. ст. в Карлике и 240 ф. ст. в Денстоуне. Издержки производства на единицу продукции составляют 150 ф. ст. на заводах в Рексфорде и Тристроне и 155 ф. ст. на заводе в Сидоне.

Требуется сформировать матрицу, состоящую из входящих в прибыль единичных доходов, соответствующих каждой паре перевозок с заводов-производителей в универсамы.

Значения спроса в Аббатстауне, Бесвиче, Карлике и Денстоуне равны 850, 640, 380 и 230 единицам соответственно. Производственные мощности позволяют производить на заводе в Рексфорде 625, в Сидоне - 825, а в Тристроне - 450 принтеров. Используя алгоритм решения транспортной задачи, определить оптимальное распределение перевозок. Определить соответствующую оптимальному решению прибыль.

## Вариант 6

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл.8.18).

Таблица 8.18

Мощности поставщиков	Мощности потребителей			
	250	100	150	50
80	6	6	1	4
320	8	30	6	5
100	5	4	3	30
50	9	9	9	9

**Вариант 7**

Решить транспортную задачу. А – вектор мощностей поставщиков, В- вектор мощностей потребителей, С- матрица транспортных издержек на единицу груза:

$$A = (300; 350; 150; 200)$$

$$B = (400; 400; 200)$$

$$C = \begin{pmatrix} 4 & 1 & 2 \\ 3 & 4 & 2 \\ 1 & 3 & 1 \\ 1 & 4 & 3 \end{pmatrix}$$

**Вариант 8**

Решить транспортную задачу. А – вектор мощностей поставщиков, В- вектор мощностей потребителей, С- матрица транспортных издержек на единицу груза:

$$A = (20; 30; 40; 20)$$

$$B = (40; 40; 20)$$

$$C = \begin{pmatrix} 2 & 3 & 4 \\ 1 & 2 & 3 \\ 4 & 1 & 2 \\ 3 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

**Вариант 9**

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл. 8.19).

Таблица 8.19

Поставщики	Мощность поставщиков	Потребители и их спрос			
		1	2	3	4

		20	110	40	110
1	60	1	2	5	3
2	120	1	6	5	2
3	100	6	3	7	4

### Вариант 10

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл. 8.20).

Таблица 8.20

Поставщики	Мощность поставщиков	Потребители и их спрос		
		1	2	3
		60	60	50
1	50	2	3	2
2	70	2	4	5
3	60	6	5	7

### Вариант 11

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл. 8.21).

Таблица 8.21

Поставщики	Мощность поставщиков	Потребители и их спрос			
		1	2	3	4
		450	250	100	100
1	200	6	4	4	5
2	300	6	9	5	8
3	100	8	2	10	6

### Вариант 12

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл. 8.22).

Таблица 8.22

Мощности поставщиков	Мощности потребителей			
	15	25	8	12
25	2	4	3	6

18	3	5	7	5
12	1	8	4	5
15	4	3	2	8

### Вариант 13

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл. 8.23).

Таблица 8.23

Поставщики	Мощность поставщиков	Потребители и их спрос			
		1	2	3	4
		50	50	40	60
1	30	5	4	6	3
2	70	4	5	5	8
3	70	7	3	4	7

### Вариант 14

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл. 8.24).

Таблица 8.24

Мощности поставщиков	Мощности потребителей			
	15	25	8	12
95	5	4	13	9
35	2	7	9	8
55	9	7	11	7
75	1	6	1	1

### Вариант 15

Решить транспортную задачу с условиями (табл. 8.25).

Таблица 8.25

Мощности поставщиков	Мощности потребителей			
	50	10	20	40
30	5	6	1	2
50	3	1	5	2
20	8	4	2	5



20	6	5	2	4
----	---	---	---	---

### **Контрольные вопросы:**

1. Какого типа задачи могут быть решены с помощью линейного программирования?
2. Что понимается под оптимальным решением?
3. Что такое условный экстремум функции?
4. Что такое целевая функция?
5. При каких условиях математическую модель можно назвать линейной?
6. Опишите процесс решения задачи линейного программирования средствами MS Excel.
7. Опишите процесс решения средствами транспортной задачи при использовании Поиск решения MS Excel.
8. В чем отличие функций минимизации и максимизации при их задании в Поиске решения MS Excel?
9. Перечислите отличительные особенности решения транспортной задачи.
10. Опишите процесс формирования системы ограничений при решении задач линейного программирования.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аронович А.Б., Афанасьев М.Ю., Суворов Б.П. Сборник задач по исследованию операций. М. Изд-во МГУ, 1997.
2. Исследование операций в экономике: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Н.Ш.Кремер. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997.
3. Миротин Л.Б., Тышбаев Ы.Э. Системный анализ в логистике: Учебник. – М.: Издательство «Экзамен», 2002.
4. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе: Учеб. пособие / Под. ред. Б.А.Лагоши. – М.: Финансы и статистика, 2002.
5. Системный анализ в управлении: Учеб. Пособие / Под. ред. А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2006.
6. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа: Учебное пособие. – СПб.: Издательский дом «Бизнес-пресса», 2000.
7. Трояновский В.М. Математическое моделирование в менеджменте: Учебное пособие. – М.: Издательство РДЛ, 2002.
8. Экономико-математические методы и прикладные модели: Учеб. пособие для вузов / Под ред. В.В.Федосеева. – М.: ЮНИТИ, 2002.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Аннотация .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	3
<i>УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ</i> .....	6
Тема№1 СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	7
Тема№2 СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД .....	11
Тема№3 ТЕОРИЯ СИСТЕМ. СИСТЕМА. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ.....	14
Тема№4 МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ .....	28
Тема№5 ОЦЕНКА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ШКАЛ ИЗМЕРЕНИЯ .....	34
Тема№6 СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ: СУЩНОСТЬ, ПРИНЦИПЫ, ЭТАПЫ.....	39
Тема№7 МЕТОДЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА .....	44
Тема№8 ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В ЭКОНОМИКЕ И УПРАВЛЕНИИ .....	52
ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ .....	66
Лабораторная работа №1 РЕШЕНИЕ ЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ .....	67
Лабораторная работа № 2 КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ.....	77
Лабораторная работа № 3 ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТКА ИНФОРМАЦИИ .....	81
Лабораторная работа №4 ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ. ИГРЫ С ПРИРОДОЙ.....	99
Лабораторная работа №5 МЕТОД АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ .....	112
Лабораторная работа № 6 МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ .....	123
Лабораторная работа № 7 КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ .....	135
Лабораторная работа №8 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ОПТИМИЗАЦИИ..	144