

Э.П. Черняева, С.К. Карабахцян

Практикум по дисциплине:  
«ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ»

## Оглавление

Практическое занятие №1 .....	3
Темы рефератов: .....	7
Практическое занятие №2 .....	7
Индивидуальные задания .....	11
Практическое занятие №3 .....	16
Индивидуальные задания .....	19
Практическое занятие №4 .....	20
Индивидуальные задания .....	23
Практическое занятие №5 .....	28
Индивидуальное задание .....	33
Практическое занятие №6 .....	40
Индивидуальное задание .....	51
Практическое занятие № 7 .....	53
Индивидуальные задания .....	61
Литература.....	66
Тест по дисциплине «Теория систем и системный анализ» .....	69
Кейс-задачи .....	83

## Практическое занятие №1.

**Тема: Основные понятия теории систем и системного анализа. Становление и развитие системного подхода.**

**Цель работы:** познакомить с основными понятиями теории систем и системного анализа, рассмотреть основные этапы становления и развития системного подхода.

### *Краткие теоретические сведения*

Термины *теория систем* и *системный анализ*, несмотря на период более 25 лет их использования, все еще не нашли общепринятого, стандартного истолкования.

При системном подходе объект исследования представляется как система. Само понятие система может быть относимо к одному из методологических понятий, поскольку рассмотрение объекта исследуется как система или отказ от такого рассмотрения зависит от задачи исследования и самого исследователя.

Существует много определений системы.

1. Система есть комплекс элементов находящийся во взаимодействии.
2. Система – это множество объектов вместе с отношениями этих объектов.
3. Система – множество элементов находящихся в отношениях или связях друг с другом, образующая целостность или органическое единство (толковый словарь)

**Система — это полный, целостный набор элементов (компонентов), взаимосвязанных и взаимодействующих между собой так, чтобы могла реализоваться функция системы.**

**Объектом** познания является часть реального мира, которая выделяется и воспринимается как единое целое в течение длительного времени. Объект может быть материальным и абстрактным, естественным и искусственным. Реально объект обладает бесконечным набором свойств различной природы. Практически в процессе познания взаимодействие осуществляется с ограниченным множеством свойств, лежащих в пределах возможности их восприятия и необходимости для цели познания. Поэтому система как образ объекта задаётся на конечном множестве отобранных для наблюдения свойств.

Понятие «система» возникает там и тогда, где и когда мы материально или умозрительно проводим замкнутую границу между неограниченным или некоторым ограниченным множеством элементов. Те элементы с их соответствующей взаимной обусловленностью, которые попадают внутрь, — образуют систему.

Те элементы, которые остались за пределами границы, образуют множество, называемое в теории систем «**системным окружением**» или просто «**окружением**», или «**внешней средой**».

**Компонент** – любая часть системы, вступающая в определённые отношения с другими частями (подсистемами, элементами).

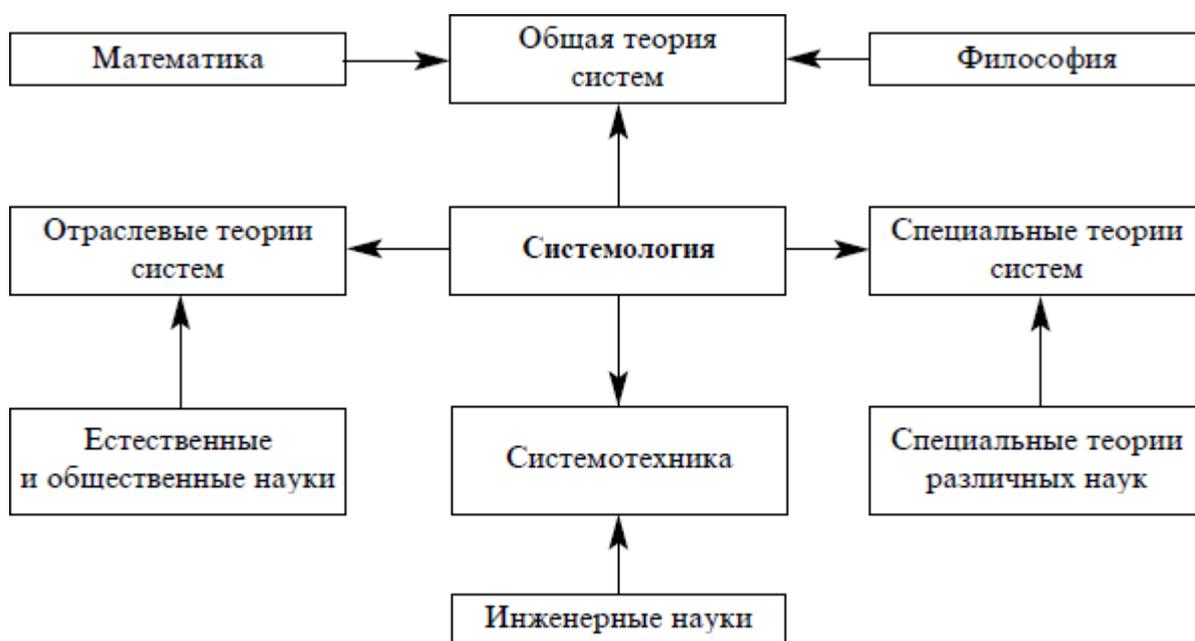
**Элементом** системы является часть системы с однозначно определёнными свойствами, выполняющие определённые функции и не подлежащие дальнейшему разбиению в рамках решаемой задачи (с точки зрения исследователя).

### **Становление и развитие системного подхода**

В системном подходе как принципе познавательной и практической деятельности людей. Термин «**подход**» означает совокупность приемов, способов воздействия на кого-нибудь, в изучении чего-нибудь, ведении дела и т. д. В этом смысле подход — скорее не детальный алгоритм действия человека, а множество некоторых обобщенных правил. Это лишь подступ к делу, но не модель самого дела. Поэтому системный подход можно рассматривать как принцип деятельности. Ведь под принципом понимается наиболее общее правило деятельности, которое обеспечивает его правильность, но не гарантирует однозначность и успех. Системный подход следует рассматривать как некоторый методологический подход человека к действительности, представляющий собой некоторую общность принципов. Это по сути дела системная парадигма, системное мировоззрение. Назначение системного подхода заключается в том, что он направляет человека на системное видение действительности. Он заставляет рассматривать мир с системных позиций, точнее — с позиций его системного устройства. Системный подход состоит в том, что любой более или менее сложный объект рассматривается в качестве относительно самостоятельной системы со своими особенностями функционирования и развития. Основываясь на идеях целостности и относительной независимости объектов, находящихся в целостном мире, принцип системности предполагает представление исследуемого объекта как некоторой системы, характеризующейся:

- элементным составом;
- структурой как формой взаимосвязи элементов;
- функциями элементов и целого;
- единством внутренней и внешней среды системы;
- законами развития системы и ее составляющих.

Важную роль в развитии общей теории систем играют логика, теория множеств, кибернетика и другие науки. Отраслевые теории систем раскрывают специфику систем различной природы. Речь идет о теории физических, химических, биологических, экономических, социальных систем, которые курируются соответствующими отраслями наук. Специальные теории систем направлены на отражение их отдельных сторон, аспектов, срезов, этапов. Они находятся под влиянием соответствующих теорий. Например, теория диссипативных систем, теория переходных систем, теория эволюции систем и т.п. Наконец, системология (прикладная инженерная дисциплина) находится под воздействием техники, моделирования, проектирования и конструирования, т.е. технической, биологической, информационной и социальной инженерии.



### *Структура системологии*

В последней четверти XX ст. вместе с выдающимися успехами системности проявляются кризисные процессы. Системность в ряде случаев перестает отвечать на возрастающие методологические аппетиты ученых и техников, политиков и бизнесменов. Начинается кризис системности, обусловленный тем, что в эпоху индустриального развития системность базировалась на методологии причинно-следственных связей, принципе детерминизма, однозначности в понимании сущности явлений природы и общества. Но со вступлением авангарда современной цивилизации в постиндустриальную фазу развития, характеризующуюся отрицанием жесткого детерминизма, однозначностью понимания природы предметов и явлений, системный подход стал все чаще давать сбои. Заметим, что основная причина этого не столько в кризисе системности как таковой, сколько в кризисе ее детерминистской транскрипции.

Формирование системных идей происходило очень медленно в процессе становления человеческого общества и культуры. Системные идеи, как и любое явление природы и общества, прошли несколько важнейших этапов.

**Первый этап** начался в глубокой древности и завершился к началу XX ст. Это этап возникновения и развития системных идей, которые складывались в практической и познавательной деятельности людей, шлифовались философией, носили разрозненный характер. Возникали и оформлялись отдельные идеи и понятия. Нередко они представляли собой нечаянные интуитивные открытия тех или иных выдающихся ученых, философов и мыслителей.

**Второй этап** разворачивается с начала прошлого века до его середины, когда происходит теоретизация системных идей, формирование первых системных теорий, широкое распространение системности во все отрасли знания, освоение их системными идеями. Системность превращается в научное знание о системах, оформляется как инструмент познавательной деятельности.

**Третий этап** характеризуется тем, что происходит превращение системности в метод научных исследований, аналитической деятельности. Он разворачивается со второй половины 50-х годов и совпадает с началом научно-технической революции, которая максимально использовала системный метод для научных открытий, осуществления технологических разработок. Системность к концу XX ст. становится всеобщим мировоззрением, которое используют специалисты всех отраслей.

### **Контрольные вопросы:**

1. Каковы социальные и научно-методологические предпосылки возникновения теории систем?
2. Дайте характеристику основных этапов возникновения и развития теории систем.
3. Какой вклад в становление системных идей внесла философия?
4. Дайте характеристику основным источникам системных представлений.
5. Кто является основоположником общей теории систем? Каковы его основные идеи?
6. Какие этапы в своем развитии прошла теория систем?
7. Каковы функции системного подхода в обществе?
8. Чем различаются между собой системный подход и системная теория?
9. Дайте характеристику общества как системы. Каковы его основные подсистемы?
10. Каковы основные специфические признаки общества как системы?
11. Какой вклад в развитие системных идей внесли российские исследователи?

## Темы рефератов:

- Системность и ее роль в науке.
- Характеристика основных этапов становления и развития системного подхода.
- Предмет общей теории систем.
- Учение А. А. Богданова.
- Вклад Л. Бергаланфи в общую теорию систем.
- Применение теории систем в различных науках.
- Роль системного подхода в практической деятельности людей.
- Эволюция системных идей.
- Системное понимание общества.

## Практическое занятие №2.

### Тема: Решение логических задач.

**Цель работы:** познакомиться 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.

**Высказывание** – это утверждение про которое можно сказать истинно оно или ложно.

**Логическая операция** — это способ построения сложного высказывания из данных высказываний, при котором значение истинности сложного высказывания полностью определяется значениями истинности исходных высказываний.

Чаще всего используются следующие логические операции:

- инверсия (отрицание, логическое не),
- конъюнкция (логическое и),
- дизъюнкция (логическое или),

- импликация (следование),
- эквивалентность (тождество).

### Пример 1. «Задача Эйнштейна»

А. Эйнштейн придумал эту задачу в прошлом веке и полагал, что 98% жителей Земли не в состоянии решить ее в уме. Принадлежите ли вы к 2% самых умных людей планеты? Здесь нет никакого фокуса, только чистая логика.

1. Есть 5 домов каждый разного цвета (белый, синий, жёлтый, красный, зелёный).
2. В каждом доме живет по одному человеку отличной друг от друга национальности (датчанин, англичанин, немец, норвежец и швед).
3. Каждый жилец пьет только один определенный напиток (вода, молоко, чай, кофе, пиво), курит (Dunhill, Marlboro, Pall Mall, Rothmans, Winfield) определенную марку сигарет и держит определенное животное (кошку, собаку, птицу, лошадь, рыбку).
4. Никто из 5 человек не пьет одинаковые с другими напитки, не курит одинаковые сигареты и не держит одинаковое животное.

Вопрос: кому принадлежит рыба?

#### Подсказки:

Англичанин живет в красном доме

Швед держит собаку

Датчанин пьет чай

Зеленый дом стоит слева от белого (считайте, что эти дома стоят рядом - иначе в задаче получаются два решения)

Жилец зеленого дома пьет кофе

Человек, который курит Pall Mall, держит птицу

Жилец из среднего дома пьет молоко

Жилец из желтого дома курит Dunhill

Норвежец живет в первом доме

Курильщик Marlboro живет около того, кто держит кошку

Человек, который содержит лошадь, живет около того, кто курит Dunhill

Курильщик сигарет Winfield пьет пиво

Норвежец живет около синего дома

Немец курит Rothmans

Курильщик Marlboro живет по соседству с человеком, который пьет воду

Это всё, что необходимо для решения задачи.

**Решение задачи:**

Для решения данной задачи целесообразно составить следующую таблицу:

Номер дома	1	2	3	4	5
Цвет					
Напиток					
Животное					
Сигареты					
Национальность					

Далее будем заполнять её имеющимися фактами. По условию задачи известны следующие факты:

Номер дома	1	2	3	4	5
Цвет	Жёлтый	Синий	Красный	Зелёный	Белый
Напиток				Кофе	
Животное					
Сигареты					
Национальность	Норвежец				

Рассуждая что норвежец живёт в первом доме а англичанин в красном то можем предположить что дом №3 красный, следовательно норвежец живёт в жёлтом доме. Затем опять обратимся к условию задачи и в соответствии с ним расставим известные напитки и марки сигарет. После этого вновь предполагаем по поводу национальности и т.д. В итоге получим следующую таблицу:

Номер дома	1	2	3	4	5
Цвет	Жёлтый	Синий	Красный	Зелёный	Белый
Напиток	Вода	Чай	Молоко	Кофе	Пиво
Животное	Кошка	Лошадь	Птица	<b>Рыбки</b>	Собака
Сигареты	Dunhill	Marlboro	Pall Mall	Rothmans	Winfield
Национальность	Норвежец	Датчанин	Англичанин	Немец	Швед

**Ответ:** Немец держит рыбку.

**Пример 2. «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.).

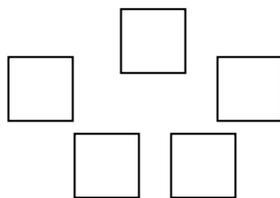


Рис. 1.1. Расположение по порядку

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.

### **Индивидуальные задания:**

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.

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?

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?

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 французенкой 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.

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?

6. Семья состоит из пяти человек: Алексея, Веры, Даши, 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?

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?

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?

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?

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 с 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?

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?

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?

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 - брюнеты.
  - Остальные четверо, в числе которых Иванов, Егоров и Васильев, - блондины.
- Какая фамилия у Василия?

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.

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 является высказыванием?

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

### **Практическое занятие №3.**

#### **Тема: 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.

Классификацию систем можно осуществить по разным критериям. Проводить ее жестко - невозможно, она зависит от цели и ресурсов. Приведем основные способы классификации (возможны и другие критерии классификации систем).

1. По отношению системы к окружающей среде:
  - открытые (есть обмен ресурсами с окружающей средой);
  - закрытые (нет обмена ресурсами с окружающей средой).
2. По происхождению системы (элементов, связей, подсистем):
  - искусственные (орудия, механизмы, машины, автоматы, роботы и т.д.);
  - естественные (живые, неживые, экологические, социальные и т.д.);
  - виртуальные (воображаемые и, хотя реально не существующие, но функционирующие так же, как и в случае, если бы они существовали);
  - смешанные (экономические, биотехнические, организационные и т.д.).
3. По описанию переменных системы:
  - с качественными переменными (имеющие лишь содержательное описание);
  - с количественными переменными (имеющие дискретно или непрерывно описываемые количественным образом переменные);
  - смешанного (количественно-качественное) описания.
4. По типу описания закона (законов) функционирования системы:
  - типа "Черный ящик" (неизвестен полностью закон функционирования системы; известны только входные и выходные сообщения);
  - не параметризованные (закон не описан; описываем с помощью хотя бы неизвестных параметров; известны лишь некоторые априорные свойства закона);
  - параметризованные (закон известен с точностью до параметров и его возможно отнести к некоторому классу зависимостей);
  - типа "Белый (прозрачный) ящик" (полностью известен закон).
5. По способу управления системой (в системе):
  - управляемые извне системы (без обратной связи, регулируемые, управляемые структурно, информационно или функционально);
  - управляемые изнутри (самоуправляемые или саморегулируемые - программно управляемые, регулируемые автоматически, адаптируемые - приспособляемые с помощью управляемых изменений состояний, и самоорганизующиеся - изменяющие во времени и в пространстве свою структуру наиболее оптимально, упорядочивающие свою структуру под воздействием внутренних и внешних факторов);
  - с комбинированным управлением (автоматические, полуавтоматические, автоматизированные, организационные)

**Пример. Классифицировать систему по основным признакам.**

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 формализованного аппарата представления	Детерминированная	Поведение 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.

### Индивидуальные задания:

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

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

### Практическое занятие №4.

**Тема: 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.

**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

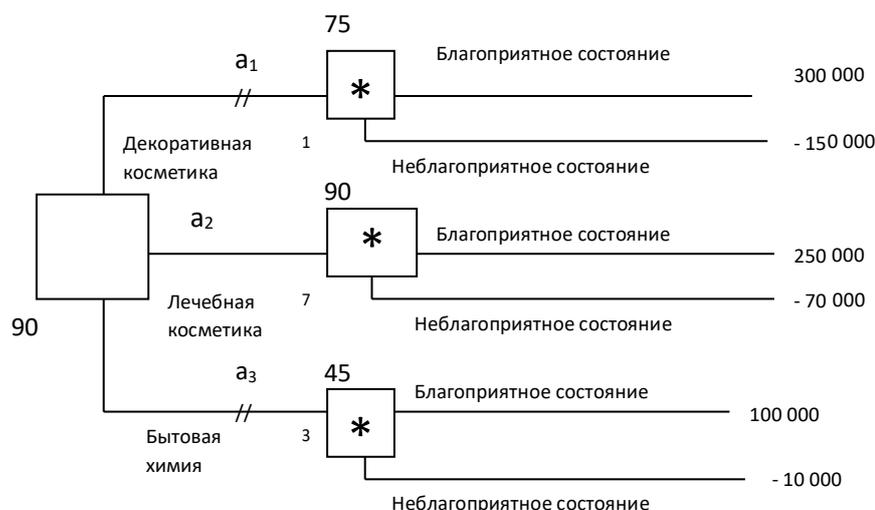


Рис. 3.2. Итоговое дерево решений

Определим средний ожидаемый выигрыш:

- для вершины 1  $ОДО_1 = 0,5 * 300\ 000 + 0,5 * (-150\ 000) = 75\ 000$  руб.;
- для вершины 2  $ОДО_2 = 0,5 * 250\ 000 + 0,5 * (-70\ 000) = 90\ 000$  руб.;
- для вершины 3  $ОДО_3 = 0,5 * 100\ 000 + 0,5 * (-10\ 000) = 45\ 000$  руб.;

**Вывод.** Наиболее целесообразно выбрать стратегию a<sub>2</sub>, т.е. выпускать лечебную косметику, а ветви (стратегии) a<sub>1</sub> и a<sub>3</sub> дерева решений можно отбросить. ОДО наилучшего решения равна 90 000 руб.

### Индивидуальные задания

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.

**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 лицейю 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.

**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?

**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?

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?

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?

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?

**8.** "Фото КОЛОП" - небольшой производитель химических реактивов и оборудования, которые используются некоторыми фотостудиями при изготовлении 35-мм фильмов. Один из продуктов, который предлагает "Фото КОЛОП" - фиксаж ВС-6. Адам Полутонов, президент "Фото КОЛОП", 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?

**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?

**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?

- 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?

- 12.** Леониду Хлоркину, главному инженеру компании "Белый каучук", надо решить, монтировать новую производственную линию, использующую новейшую технологию или модернизировать старую. Монтаж 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?

### **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»?
- 11.

## Практическое занятие №5.

### Принятие решений в условиях неопределённости. 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  $g=1, \dots, n$   $a_{kj} \leq a_{ij}$ ,  $k, l = 1, \dots, m$ , 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):  $P_1, P_2, \dots, P_n$ , 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)  $\Pi_j$ , игрок выбирает ту стратегию, при которой его выигрыш максимальный или потеря минимальна, т.е.

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

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

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:

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

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

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:

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

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.

### 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»: П1, П2, П3, П4. Известны так же четыре стратегии развития провозных возможностей транспортного предприятия: А1, А2, А3, А4. Затраты на развитие провозных возможностей при каждой паре П<sub>і</sub> и А<sub>і</sub> заданы следующей матрицей:

$$A = \begin{pmatrix} & \begin{matrix} П1 & П2 & П3 & П4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} А1 \\ А2 \\ А3 \\ А4 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 6 & 12 & 20 & 24 \\ 9 & 7 & 9 & 28 \\ 23 & 18 & 15 & 19 \\ 27 & 24 & 21 & 15 \end{pmatrix} \end{pmatrix}$$

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 П1:  $\beta_j = 6$

Для П2:  $\beta_j = 7$

Для П3:  $\beta_j = 9$

Для П4:  $\beta_j = 15$

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 применяются 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 применяются 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 А1	6	24	15
Для А2	7	28	17,5
Для А3	15	23	19
Для А4	15	27	21

Оптимальное решение заключается в выборе стратегии А1

Рассчитаем оптимальную стратегию применительно к матрице рисков

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

	$\min r_{ij}$	$\max r_{ij}$	$p \max r_{ij} + (1-p) \min r_{ij}$
Для А1	0	11	5,5
Для А2	0	13	6,5
Для А3	4	17	10,5
Для А4	0	21	10,5

Оптимальное решение заключается в выборе стратегии А1

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

- по критерию Вальда – выбор стратегии А3;
- по критерию Сэвиджа – выбор стратегии А1;
- по критерию
- Гурвица – выбор стратегии А1.

### Индивидуальное задание

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):

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

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.

3. Дана следующая матрица выигрышей:

$$A = \begin{pmatrix} & \Pi 1 & \Pi 2 & \Pi 3 & \Pi 4 & \Pi 5 & \Pi 6 \\ A1 & 15 & 12 & 1 & -3 & 18 & 20 \\ A2 & 2 & 15 & 9 & 7 & 1 & 3 \\ A3 & 0 & 6 & 15 & 21 & -2 & 5 \\ A4 & 8 & 20 & 12 & 3 & 0 & 4 \end{pmatrix}$$

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

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:

$$C_i = P_i + c_i * Q$$

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.

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).

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.

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

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.

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.

10. Дана следующая матрица выигрышей:

$$A = \begin{pmatrix} & П1 & П2 & П3 & П4 \\ A1 & 20 & 30 & 15 & 15 \\ A2 & 75 & 20 & 35 & 20 \\ A3 & 25 & 80 & 25 & 25 \\ A4 & 85 & 5 & 45 & 5 \end{pmatrix}$$

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

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 программok 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?

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).

12. 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.

13. 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.

14. 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 полугода (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?

## **Практическое занятие №6.**

### **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):

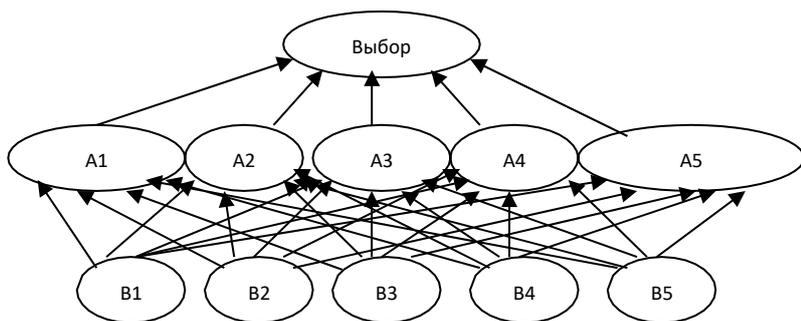


Рис.5.1.Иерархия

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	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 придается 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.

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

$$Ис = (L_{\max} - n) / (n - 1)$$

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

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

Величина  $OS < 10\%$  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 5x5 (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.

### ***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

### ***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 Lmax:

Таблица 5.8

Сумма по столбцам	1,7873	25,0302	16,3603	9,5603	4,6729	
Произведение суммы по столбцам и нормализованной оценки вектора приоритета	0,91117	0,8219	1,04062	1,23819	1,2348	Сумма (Lmax): 5,24665

$$I_c = (5,24665 - 5) / (5 - 1) = 0,0617$$

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

### ***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  $L_{max}$ :

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 ( $L_{max}$ ): 5,30554

$$I_c = (5,30554 - 5) / (5 - 1) = 0,07639$$

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

### ***Критерий «Знание компьютера»***

Таблица 5.11

	Ольга	Елена	Светлана	Галина	Жанна	Оценки компонент собственного вектора	Нормализованные 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

$$I_c = (5,3755-5)/(5-1) = 0,0939$$

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

### ***Критерий «Умение общаться по телефону»***

Таблица 5.13

	Ольга	Елена	Светлана	Галина	Жанна	Оценки компонент собственного вектора	Нормализованные 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	Делопроизводств во	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	Выбор бытовой техники: цифровой

7	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.

## Практическое занятие № 7. Модели управления запасами

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

### *Краткие теоретические сведения*

#### **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.

## **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.б.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).

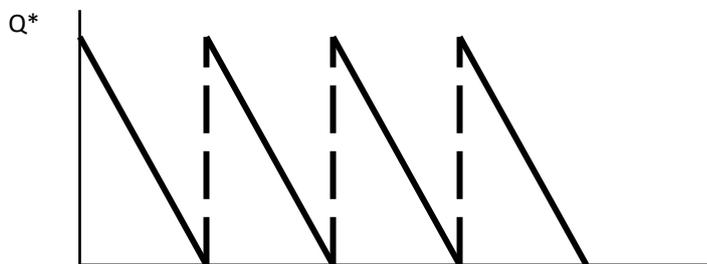


Рис. 6.1. Модель 1. Наиболее экономичного размера заказа

*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  $R =$  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

### 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).

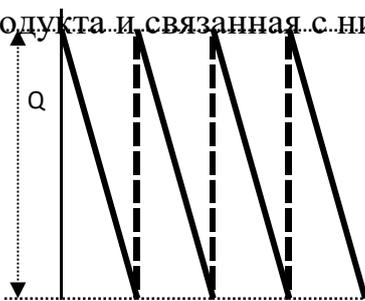


Рис.6.3. Модель 3

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 единовременно. 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.

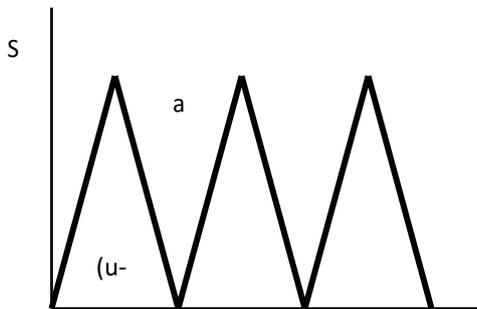


Рис. 6.4. Модель 4

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  $c$ .

Тогда  $h = (I \times c)$  и  $Q^* = (2dK/(I \times c))^{1/2}$  - оптимальный размер заказа.

### 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
<b>Годовые издержки хранения</b>	350	<b>480</b>	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.

### **Индивидуальные задания**

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.

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.?

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?

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?

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?

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?

7. Компания "Химпласт" предлагает следующие скидки для линолеума размером 2х3 м (табл. 6.3).

Таблица 6.3

Размер заказа	9 кусков или менее	10-50 кусков	50 кусков и более
<i>Цена 1 куска</i>	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?

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?
9. Обычная оптовая цена аудиокколонок 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?

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?

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
<i>Цена 1 метра</i>	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?

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.?

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?

14. Иван Федорович приобретает в течение года 300 видеомэгафонов для розничной продажи в своем магазине. Издержки хранения каждого мэгафона 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.

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.

## Литература

### Основная

1. В.Н. Волкова, А.А. Денисов. Теория систем и системный анализ: учебник для бакалавров.- М. :Издательство Юрайт, 2012.-679с.
2. Глущенко В.В. Разработка управленческого решения: прогнозирование и планирование. –М.: ТОО «Крылья», 2008.
3. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: Информационные основы / А.А. Денисов. – СПб.: изд-во Политехнического университета, 2006. – 296с.
4. Дрогобыцкий И.Н. Системный анализ в экономике: учебное пособие/ И.Н. Дрогобыцкий – М.: Финансы и статистика,2007.-512с.
5. Емельянов А.А. Имитационное моделирование экономических процессов/А.А. Емельянов, Е.М. Власова, Р.В. Дума - М.: Финансы и статистика, 2002.-368с.
6. Качала В.В. Основы системного анализа: учебное пособие/ В. В. Качала - Мурманск: изд-во МГТУ,2003.-104с.
7. Месарович М. Общая теория систем: математические основы/ М. Месарович, И. Такахага – М.: Мир, 1978. – 311с.
8. Теория систем и методы системного анализа в управлении./В.Н. Волкова и др. – М.: Радио и связь, 1983.- 248с.
9. Системный анализ в экономике и организаций производства: Учебник для студентов вузов/ Под ред. С.А. Валуева, В.Н. Волковой. - Л.: Политехника, 2011.
10. Четвериков В.Н. Автоматизированные системы управления предприятием. – М.: Высшая школа, 2009.

### Дополнительная

1. Денисов А.А., Колесников Д.Н. Теория больших систем управления: Учебное пособие для студентов вузов. - Л.: Энергоиздат, 1982.
2. Мильнер Б.З. Евенко Е.И. и др. Системный подход к организации управления. М.: Экономика, 1983.
3. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. - М.: наука, 1981.
4. Неуймин Я.Г. Модели в науке и технике. - Л.: Наука, 1984.
5. Уемов А.И. Системный подход и общая теория систем. - М.: Мысль, 1978.
6. Флейшман Б.С. Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем. – М.: Советское радио, 1971.

## *Интернет-ресурсы*

<http://www.tssa.pisem.net/>

<http://www.shsd.ru/>

<http://lego.biuss.ru>

[http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7)

### **Вопросы к зачёту по дисциплине «Теория систем и системный анализ»**

1. Понятие системы, элемента системы, подсистемы, компоненты системы.
2. Понятия, характеризующие функционирование и развитие системы. Равновесие. Устойчивость.
3. Модели систем.
4. Принцип обратной связи.
5. Классификации систем. Открытые и закрытые системы.
6. Классификации систем. Целенаправленные, целеустремленные системы.
7. Классификация систем по степени сложности.
8. Классификация систем по степени организованности. Самоорганизующиеся системы.
9. Замкнутые и разомкнутые системы.
10. Управляемость, достижимость, устойчивость.
11. Основные свойства систем.
12. Основные принципы моделирования систем.

13. Закономерности взаимодействия части и целого. Целостность (эмерджентность), прогрессирующая систематизация, прогрессирующая факторизация, аддитивность.
14. Закономерности функционирования и развития систем. Историчность. Эквивинальность.
15. Моделирование систем. Модель «черного ящика».
16. Понятие цели.
17. Закономерности целеобразования.
18. Виды и формы представления структур. Сетевая структура.
19. Виды и формы представления структур. Иерархическая структура.
20. Виды и формы представления структур. Страты.
21. Виды и формы представления структур. Эшелоны.
22. Смешанные иерархические структуры с вертикальными и горизонтальными связями. Структуры с произвольными связями.
23. Методика анализа целей и функций систем управления.
24. Функционирование систем в условиях неопределенности.
25. Управление в условиях риска.
26. Классификация управленческих решений.
27. Классификация задач принятия решений.
28. Способы разрешения проблемных ситуаций.
29. Стратегия системного проектирования социально–ориентированных решений.
30. Критерии качества управления на предприятиях инфраструктуры сервиса.
31. Классификация методов моделирования систем.
32. Имитационное динамическое моделирование.
33. Ситуационное моделирование.
34. Структурно–лингвистическое моделирование.
35. Методы формализованного представления систем (аналитические, статистические, теоретико–множественные, логические, лингвистические, семиотические).
36. Методы направленные на активизацию использования интуиции и опыта специалистов.
37. Методы типа «мозговой атаки» или коллективной генерации идей.
38. Методы типа «сценариев»
39. Методы структуризации. Методы типа «дерева целей»
40. Методы экспертных оценок.
41. Методы типа «Дельфи».
42. Методы организации сложных экспертиз. Метод решающих матриц.
43. Морфологические методы. Метод систематического покрытия поля.
44. Морфологические методы. Метод отрицания и конструирования.
45. Морфологические методы. Метод морфологического ящика.
46. Понятие о методике системного анализа.

**Оценочные средства по дисциплине**

**Тест по дисциплине «Теория систем и системный анализ»**

1. Сколько существует путей совершенствования систем с управлением?
  - A. 8
  - Б. 6
  - В. 7
  
2. Информационная система это:
  - A. система, между элементами которой циркулирует информация;
  - Б. совокупность средств информационной техники и людей, объединенных для достижения определенных целей;
  - В. организационно-техническая система, использующая информационные технологии в целях обучения, информационно-аналитического обеспечения научно-инженерных расчетов.
  
3. Каковы задачи системного анализа?
  - A. декомпозиции и анализа;
  - Б. анализа и синтеза;
  - В. декомпозиции, анализа и синтеза.
  
4. Сложные системы обладают свойствами:
  - A. робастности и эмерджентности;
  - Б. наличием неоднородных связей и эмерджентностью;
  - В. робастности, наличием неоднородных связей и эмерджентностью.

5. Сложные системы обладают свойствами:

А. гомеостаза, метаболизма, толерантности;

Б. робастности, неоднородности связей между элементами и эмерджентностью;

В. нет правильного ответа.

6. Открытой системой называется система с:

А. нетривиальным входным сигналом или неоднозначность их реакции нельзя объяснить разницей в состояниях;

Б. отсутствием взаимодействия с внешней средой;

В. правильного ответа нет.

7. Закрытой системой называется система:

А. все реакции которой объясняются изменением ее состояний;

Б. имеющая вход, но не имеющая выхода;

В. нет верного ответа.

8. Элементом называется объект:

А. структура которого не рассматривается;

Б. входящий в систему;

В. входящий в подсистему.

9. Среда это:

А. множество объектов вне элемента;

Б. множество объектов вне системы;

В. множество объектов вне элемента или системы.

10. Подсистема - это:

- А. элемент, обладающий самостоятельностью по отношению к системе;
- Б. часть системы, обладающая некоторой самостоятельностью и допускающая разложение на элементы в рамках данного рассмотрения;
- В. часть системы или группа элементов, выполняющая отдельную функцию и имеющая самостоятельную цель.

11. Характеристика - это:

- А. количественное значение параметра элемента;
- Б. качественная величина, отражающая свойства подсистемы;
- В. отражение некоторого свойства системы.

12. Свойство – это:

- А. сторона объекта, обуславливающая его отличие от других объектов или сходство с ними и проявляющаяся при взаимодействии с другими объектами;
- Б. сторона объекта, характеризующая степень его отличия от других объектов;
- В. сторона объекта, обуславливающая степень его сходства с другими объектами.

13. Есть ли разница между эффективностью и качеством системы?

- А. да;
- Б. нет;
- В. не знаю.

14. Целью функционирования системы называется:

- А. наилучший результат, получаемый после завершения функционирования системы;

- Б. ситуация или область ситуаций, которая должна быть достигнута при функционировании системы за определенный промежуток времени;
- В. достигнутый уровень эффективности процесса, реализуемого системой.

15. Структура – это:

- А. совокупность уровней иерархии системы;
- Б. совокупность подсистем и элементов системы;
- В. совокупность элементов системы и связей между ними.

16. К видам моделирования информационных систем относят разработку:

- А. полной, неполной или приближенной модели;
- Б. функционального, информационного или поведенческого моделирования, пересекающихся друг с другом;
- В. дискретного, дискретно-непрерывного или непрерывного видов моделирования.

17. Какие принципы не относятся к принципам моделирования:

- А. адекватность;
- Б. соответствие модели решаемой задаче;
- В. эквивиальность.

18. Какие принципы относятся к принципам системного анализа:

- А. баланс погрешностей различных видов;
- Б. блочное строение;
- В. принцип единства.

19. Какой принцип не относится к принципам системного анализа:

- А. принцип измерения;
- Б. принцип связности;
- В. упрощение при сохранении существенных свойств системы.

20. Основные задачи системного анализа включают:

- А. декомпозиция, анализ, синтез.
- Б. описание воздействующих факторов, формирование требований к системе, оценивание системы.
- В. выделение системы из среды, анализ эффективности, структурный синтез.

21. Номинальная шкала – это:

- А. шкала, у которой шкальные значения используются как имена объектов;
- Б. шкала, у которой шкальные значения состоят из возрастающих допустимых преобразований шкальных значений;
- В. шкала, у которой сохраняется неизменное отношение интервалов в эквивалентных шкалах.

22. Для порядковой шкалы возможно использование:

- А. моды случайной величины;
- Б. медианы случайной величины;
- В. математического ожидания случайной величины.

23. К абсолютной шкале относится шкала, у которой:

- А. задано начало отсчета;
- Б. задан масштаб измерений;
- В. сохраняются отношения интервалов между оценками пар объектов.

24. Оценка сложной системы преследует цель:

- А. изменения ее параметров;
- Б. принятия решений по управлению ею;
- В. декомпозиция системы.

25. Метод Дельфи относится к:

- А. методам экспертных оценок;
- Б. морфологическим методам;
- В. здесь нет правильного ответа.

26. К методам векторной оптимизации относятся:

- А. метод последовательных уступок;
- Б. метод свертывания векторного показателя в скалярный;
- В. метод Парето.

27. К аксиомам теории управления относятся:

- А. наличие цели управления;
- Б. многовариантность реализации управляющих воздействий;
- В. наличие пространства состояний объекта управления.

28. К функциям управления не относится:

- А. сбор данных;
- Б. контроль;
- В. определение цели управления.

29. К методам прогнозирования относятся методы:

А. распознавание образов;

Б. экстраполяции;

В. классификации.

30. Выполнение задачи принятия решения по целеполаганию называют:

А. текущим планированием;

Б. стратегическим планированием;

В. тактическим планированием.

31. Выполнение задачи принятия решения по действиям называют:

А. стратегическим планированием;

Б. перспективным планированием;

В. текущим планированием.

32. На решение каких задач направлено все человеческое познание?

А. Аналитических

Б. Исследовательских

В. Конструктивных

Г. Экспертных

33. Свойством называется

А. сторона проявления качества

Б. часть объекта

В. часть субъекта

34. Состояние объекта определяет

- А. набор конкретных значений различных параметров
- Б. совокупность его параметров
- В. совокупность его свойств
- Г. совокупность его качеств

35. Кто из ученых является автором принципа неопределенности?

- А. О.Гейзенберг
- Б. В.Вундт
- В. И.Джеймс
- Г. А.Планк

36. Поведением объекта называется

- А. проявление параметров объекта
- Б. изменение свойств субъекта в зависимости от условий
- В. изменение свойств объекта в зависимости от условий
- Г. проявление параметров субъекта

37. Процессом называется

- А. параметры субъекта во времени
- Б. параметры объекта во времени
- В. качества субъекта во времени

Г. качества объекта во времени

38. Процесс, ограниченный во времени по каким-то критериям, называется

- А. состоянием
- Б. событием
- В. явлением
- Г. положением

39. Сущность, возникающая и исчезающая при изменении объекта, называется

- А. параметром
- Б. качеством
- В. свойством
- Г. информацией

40. Кто из ученых дал определение информации как меры количества снятой неопределенности?

- А. А.Пиаже
- Б. О.Борман
- В. А.Шеннон
- Г. И.Норманн

41. Энтропия является мерой

- А. системы
- Б. порядка
- В. процесса

Г. беспорядка

42. Знание о том, как будет вести себя объект в тех или иных условиях, называется

- А. образом объекта
- Б. параметром
- В. характеристикой
- Г. экстраполяцией

43. Отображение свойств объекта при его изучении называется

- А. образом
- Б. системой
- В. информацией
- Г. моделью

44. Какие существуют виды моделей?

- А. Прагматическая
- Б. Контекстная
- В. Познавательная
- Г. Нулевая

45. Название класса есть

- А. термин
- Б. абстрагирование
- В. обобщение

Г. понятие

46. Свойства, по которым класс разбивается на два подкласса, называются

- А. противоположными
- Б. основными
- В. относительными
- Г. абсолютными

47. Какие существуют виды классификаций?

- А. Абсолютная
- Б. Закрытая
- В. Относительная
- Г. Условная

48. Система обладает такими свойствами, как

- А. взаимосвязанность компонентов системы
- Б. множественность составляющих
- В. ограниченность
- Г. закрытость

49. Компоненты и связи системы называются

- А. ядрами
- Б. подсистемами
- В. звеньями

Г. элементами

50. Системы, в которых количество входящей материи равно количеству исходящей, называются

А. устойчивыми

Б. стационарными

В. динамическими

Г. закрытыми

51. Чтобы совокупность стала системой, она должна

А. объединиться

Б. интегрироваться

В. структурироваться

Г. систематизироваться

52. Представление об измененной системе как о неизменной называется

А. феноменом

Б. ноуменом

В. артефактом

Г. иллюзией восприятия

53. Простейшим уровнем модели является модель

А. черного ящика

Б. атома

В. абсолютно черного тела

Г. сферы

54. Тот компонент, на который моделируемая система не может существенно повлиять, называется

- А. артефактом
- Б. точкой отсчета
- В. статом
- Г. опорой

55. Какие существуют виды функций компонентов системы?

- А. Положительная
- Б. Отрицательная
- В. Статическая
- Г. Динамическая

56. Способность системы сохранять структуру при внешних воздействиях называется

- А. устойчивостью системы
- Б. стагнацией системы
- В. стационарностью системы
- Г. стабильностью системы

57. Чем более устойчива система, тем

- А. хуже она развивается
- Б. лучше она развивается
- В. короче она существует во времени

Г. дольше она существует во времени

58. Поддержание внутренних параметров системы в определенных пределах называется

А. гомеостазом

Б. ноуменом

В. феноменом

Г. параметристикой

59. Какие виды ресурсов отрицательно влияют на устойчивость системы?

А. Биометральный

Б. Неуместный

В. Моностатический

Г. Избыточный

60. Траектории развития системы рассчитываются с помощью

А. математического моделирования

Б. теории систем

В. компьютерного моделирования

Г. философского анализа

## Кейс-задачи

### Задача 1.

Один из сотрудников фирмы был случайно замечен на чужом объекте. После проверки Службой безопасности оказалось, что сотрудник не только работает ещё и на компанию конкурента, но и берёт деньги с клиентов за свои услуги. После выговора с занесением в трудовую книжку, сотрудника заставили отработать положенные две недели, после чего он был уволен.

#### *Задание:*

Назовите причины такого поведения сотрудника, охарактеризуйте работу коллектива.

Дайте оценку действиям руководства компании.

Предложите вариант развития ситуации.

(15-20 мин, письменно).

### Задача 2.

Сотрудник отдела Продаж уже месяц не может освоить систему CRM. Система сложна и он требует проведение специализированного тренинга в компании производителе. Другие сотрудники также ознакомились с предложением по тренингу и с ценами на его проведение. Руководство рассматривает возможность заказа тренинга на всю команду сотрудников. Сотрудники замечают, что проведение тренинга для всей команды одновременно приведёт к остановке работ по отделу. Сотрудники предлагают провести тренинг для двух групп, что значительно удорожит его. Пока руководство думает о целесообразности, сотрудники продолжают работать с обычными записными книжками в мобильных телефонах.

#### *Задание:*

Назовите причины такого поведение сотрудника/-ов, охарактеризуйте работу коллектива.

Дайте оценку действиям руководства компании.

Предложите вариант развития ситуации.

(15-20 мин, письменно).

### **Задача 3.**

Клиент ВЭД-компании X – крупная компания У на рынке оборудования с большим объёмом ввозимого оборудования и материалов. Эта компания, с которой вот уже два месяца ведутся переговоры об оказании услуг, внезапно отказывается от сотрудничества. Аргумент клиента: «Мы не можем в данный момент подписать договор об обслуживании, в связи с экономической нецелесообразностью условий по договору». Предложенные уступки руководством компании X, компанию У не убеждают в целесообразности сотрудничества. Менеджер по работе с клиентом компании X не комментирует ситуацию и предлагает сконцентрироваться на других представителях данного рынка. Руководство компании X не довольно потерей такого крупного потенциального клиента, но, поскольку «нужно жить дальше», переключается на работу с другими представителями данного сегмента рынка.

#### **Задание:**

Назовите причины такого поведения менеджера по работе с компанией У, охарактеризуйте работу коллектива.

Дайте оценку действиям руководства компании.

Предложите вариант развития ситуации.

(15-20 мин, письменно)

-

## **Приложение 2**

### **Глоссарий**

**Адаптивная система** — *кибернетическая система*, способная сохранять достигать цели управления при непредвиденных изменениях свойств управляемой подсистемы, цели управления или условий среды. По способам адаптации подразделяются на самонастраивающиеся системы, самообучающиеся системы, самоорганизующиеся системы.

**Аксиома** (в теории формальных систем) — *формула*, которая признаётся принадлежащей *формальной теории* в отсутствие *доказательства*.

**Алфавит** (в теории формальных систем) — множество символов, используемых в формулах данной *формальной системы*.

**Аттрактор** — точка или связное множество точек фазового пространства, к которому сходятся все фазовые траектории системы, отвечающие заданному (определяющему аттрактор) начальному условию. Если система попадает в поле притяжения определенного аттрактора, то она неизбежно эволюционирует к этому относительно устойчивому состоянию.

**Безразличное равновесие** — состояние системы, все фазовые траектории в окрестности которого в достаточно близком будущем не являются расходящимися и хотя бы некоторые не являются сходящимися.

**Бифуркация** — явление, состоящее в возможности классифицировать фазовые траектории системы, не полностью совпадающие в течение периода  $[t_0 - \delta; t_0]$ , таким образом, что при  $t \in [t_0; t_0 + \varepsilon]$  (где  $\delta$  — положительное число,  $\varepsilon$  — достаточно малое положительное число), траектории из одного и того же класса совпадают, а из разных — не совпадают. Характерно для фазовых траекторий *нелинейных динамических систем*. Точка фазовой траектории, соответствующая моменту  $t_0$ , называется точкой бифуркации.

**Большая система** — система, которая вследствие многочисленности элементов и связей между ними не может быть представлена математически, но допускающая *декомпозицию* на представимые подсистемы.

**Вербальное определение** — определение с использованием изобразительных средств естественного языка.

**Гомеостаз** — состояние самоорганизующейся системы, в котором значения переменных системы поддерживаются в пределах их допустимых значений, при которых сохраняется структура системы, за счёт протекающих в ней процессов управления.

**Гомоморфизм** (в теории систем) — логико-математическое понятие, означающее одностороннее отношение подобия между двумя системами. Систему называют гомоморфной другой системе, если первая обладает некоторыми, но не всеми, свойствами или законами поведения другой.

**Декомпозиция** — метод исследования систем, состоящий в её разделении на элементы, каждый из которых обладает свойствами системы, и последующем независимом изучении каждого из этих элементов.

**Дескриптивное определение** — определение, содержащее идентифицирующие признаки (указания на отличия или особенности) класса объектов, соответствующих определению. Ср. *конструктивное определение*.

**Диссипативные структуры** — структуры, возникающие в неравновесных состояниях системы в результате её самоорганизации при условии постоянного взаимодействия самоорганизующейся системы с внешней средой.

**Доказательство** (в теории формальных систем)

**Достижимость** — характеристика системы управления, отражающая способность управляющей подсистемы достичь требуемых характеристик выходного сигнала управляемой подсистемы.

**Знание** — информация о связях между переменными исследуемой системы, используемая для предвидения её реакции на внешние воздействия.

**Изоморфизм** — логико-математическое понятие, означающее отношение взаимного подобия двух систем.

**Имитационное моделирование** — процесс разработки математических моделей реальных объектов в случае, когда цели последующего использования моделей не вполне определены. Как правило, имитационное моделирование предполагает постановку многочисленных вычислительных экспериментов на математических моделях и последующую статистическую обработку полученных результатов.

**Интерпретация** — отношение, отображающее формулы одной *формальной системы* на формулы другой формальной системы; отношение, отображающее формулы формальной системы на переменные и связи реальной системы.

**Кибернетическая система** — система, рассматриваемая с точки зрения протекающих в ней информационных процессов управления.

**Конструктивное определение** — определение, содержащее генетические признаки (указания на способ возникновения или создания) класса объектов, соответствующих определению. Ср. *дескриптивное определение*.

**Исчисление предикатов** — формальная система, интерпретируемая в логические законы, связывающие объекты исследования с отношениями между этими объектами. Символам исчисления предикатов в их интерпретации приписывается смысл предметных переменных (соответствующих объектам), предикатных

переменных (соответствующих высказываниям), знаков логических операций и порядка их выполнения, кванторов (обозначающих понятия "любой" и "некоторый"). Доказано, что исчисление предикатов, равно как и любая формальная система, содержащая теорию исчисления предикатов в составе своей формальной теории, может использоваться в качестве *метаязыка* любой формальной системы, в том числе самого исчисления предикатов.

**Метаязык** — *формальная система*, используемая в качестве средства определения другой формальной системы.

**Моделирование** — процесс синтеза системы, гомоморфной исследуемой системе (объекту моделирования).

**Нелинейные динамические системы** — класс динамических систем, связи между переменными которых принципиально не могут быть описаны в линейной форме без утраты присущих им существенных свойств. *Диссипативные структуры* являются нелинейными динамическими системами.

**Неустойчивое равновесие** — состояние системы, некоторые фазовые траектории в окрестности которого в достаточно близком будущем являются расходящимися. См. *Бифуркация*.

**Обратная связь** — отношение, ставящее состояние управляющей подсистемы *кибернетической системы* в зависимость от значений выходных переменных её управляемой подсистемы.

**Организованность** — свойство системы, проявляющееся в изменении соотношения между нарастанием сложности системы и совершенствованием её структуры. Согласно Н. Винеру, количество информации в системе есть мера её организованности.

**Отношение** — функция, отображающая значение своих аргументов на логическое (булево) значение.

**Очень сложная система** — система, в которой на современном уровне развития науки невозможно установить значительную часть структурных связей между её элементами в связи с их не вполне изученной физической природой, разнообразием и непредсказуемостью проявления. Как правило, возможности предсказания поведения и развития очень сложных систем весьма ограничены, однако некоторые (далеко не все и не всегда самые существенные) закономерности их функционирования поддаются познанию. Примеры очень сложных систем —

экономика страны, биогеоценоз, человеческий мозг, глобальная вычислительная сеть.

**Переходный процесс** — процесс, характеризующийся фазовой траекторией, касательная к которой выходит за пределы допустимых значений некоторых переменных в достаточно малой окрестности некоторого момента времени. Особенность переходного процесса состоит в том, что он не может поддерживаться сколь угодно долго.

**Периодический процесс** — процесс, характеризующийся периодической повторяемостью значений некоторых фазовых переменных во времени.

**Поведение** — процесс изменения состояния системы с течением времени.

**Правило вывода** (в теории формальных систем) — формальное правило получения новых теорем на основе формул, относительно которых уже известно, что они являются теоремами.

**Предикат** — в логике — один из двух терминов суждения, а именно тот, в котором что-то утверждается относительно предмета речи (субъекта); в математической логике и теории формальных систем — функция, значениями которой являются высказывания.

**Представление знаний** — область человеческой деятельности, связанная с преобразованием накопленных знаний в форму, допускающую их последующее использование без посредничества лиц, осуществивших данное преобразование (например, в процессе работы экспертной, советующей системы или компьютерной системы поддержки принятия решений).

**Принцип комплексности** — принцип тесной увязки решения экономических, социальных, политических и идеологических проблем. В теории систем подразумевает сочетание подходов, присущих разным научным дисциплинам, для изучения связей соответствующей природы, присутствующих в одной и той же сложной или очень сложной системе.

**Принцип максимальной энтропии** — принцип моделирования систем, состоящий в определении значений их ненаблюдаемых параметров, максимизирующих неопределённость состояния системы в рамках известных структурных связей между её переменными. Следование данному принципу позволяет объективно отразить степень неопределённости знания о данной системе и получить оценки её

ненаблюдаемых параметров, наилучшим образом согласующиеся с имеющимся знанием и опытными фактами наблюдений поведения системы.

**Принцип полного использования информации** — принцип системного анализа, состоящий в том, что для выявления связей между переменными или структурными элементами системы следует использовать все доступные источники знаний об исследуемых связях, а значит, применять такие формализмы, которые позволяют представить знания всех имеющихся видов, в том числе неполные и неточные, с учётом их достоверности.

**Принцип системности** — принцип исследования реальных и идеальных объектов, предполагающий их представление в форме систем. Следование данному принципу требует выделять элементы исследуемой системы, выявлять и изучать связи между элементами, представлять знания о выявленных связях в форме модели с последующим её использованием для синтеза новых объектов, обладающих желаемыми свойствами.

**Равновесный процесс** — процесс, характеризующийся фазовой траекторией, описываемой функцией, постоянной во времени (с точностью до достаточно малой величины) относительно некоторых фазовых переменных. Особенность равновесного процесса состоит в длительном сохранении существенных характеристик системы независимо от изменений среды.

**Разнообразие** — свойство систем, состоящее в их способности по-разному реагировать на одни и те же воздействия внешней среды. Данное свойство лежит в основе эволюционных процессов в живой природе, позволяя осуществлять отбор наиболее целесообразных реакций и, как следствие, закреплять в процессе эволюции структурные особенности, повышающие вероятность требуемых реакций.

**Самонастраивающаяся система** — система, параметры или режимы функционирования которой закономерным образом изменяются в согласии с закономерными изменениями условий внешней среды. Пример самонастраивающейся системы — карбюратор автомобильного двигателя, автоматически обеспечивающий степень обогащения горючей смеси, близкую к оптимальной в зависимости от текущего режима функционирования двигателя.

**Самообучающаяся система** — естественная или человеко-машинная система, способная усваивать знания и впоследствии применять их при выборе режимов функционирования. Классический пример самообучения живых систем — условные рефлексы. Самообучающимися являются многие экспертные системы, которые

пользуются статистикой качества своих консультаций для корректировки базы знаний.

**Самоорганизующаяся система** — система, приобретающая качественно новые структурные связи в изменяющихся условиях среды функционирования. Современная теория систем объясняет способности к самоорганизации свойствами открытых неравновесных (диссипативных) систем, связанными с законами нелинейной динамики. Пример самоорганизации — процессы биогенеза (видообразования) в живой природе, этногенеза (формирования этносов) в процессе развития человеческой цивилизации.

**Свобода** — категория теории систем, означающая энтропию системы (либо её управляющей подсистемы) в заданных условиях среды.

**Связность** — свойство систем, состоящее в существовании закономерных связей между её элементами. По наличию либо отсутствию характерной для данной системы связи с другими её элементами можно судить о том, относится ли элемент к данной системе либо к её среде.

**Синергетика** — раздел теории систем, изучающий процессы самоорганизации (см. *самоорганизующиеся системы*).

**Синтаксис** (в теории формальных систем) — совокупность правил построения формул из символов *алфавита*, приписанная данной формальной системе.

**Синтез систем** — научный метод, состоящий в использовании знаний о ранее изученных системах, представленных в форме их моделей, для создания новых типов систем, отличающихся от известных наличием свойств, желательных исследователю.

**Система** — совокупность взаимосвязанных и целесообразно взаимодействующих элементов.

**Система организационного управления** — кибернетическая система, в которой объектом управления, в отличие от системы управления технологическими процессами, являются не машины или иные технические устройства, а коллективы людей, согласованно реализующих общую цель.

**Система управления** — см. Кибернетическая система

**Системный анализ** — научный метод познания, представляющий собой последовательность действий по установлению структурных связей между переменными или элементами исследуемой системы. Опирается на комплекс общенаучных, экспериментальных, естественнонаучных, статистических, математических методов.

**Сложная система** — система, связи между переменными либо элементами которой, при всём разнообразии, доступны наблюдению и исследованию, однако столь многочисленны, что при существующем уровне знаний возможно лишь приближённое суждение о результатах их совместного действия.

**Сложность** — свойство систем, состоящее в резком увеличении количества возможных состояний системы с увеличением численности связей между её элементами. Как следствие, исчерпывающее описание поведения системы даже со сравнительно небольшой численностью взаимно связанных элементов (порядка десятков) может оказаться невозможным на существующей ныне технической базе информатизации.

**Событие** — в физике — *явление*, характеризуемое тремя пространственными координатами и моментом времени; в теории систем — *явление*, состоящее в существенном (качественном) изменении состояния объекта (например, фазовый переход — изменение агрегатного состояния вещества).

**Среда** — в широком смысле слова — весь материальный мир за исключением исследуемой системы. В трактовке А. Холла и Р. Фейджина — совокупность всех объектов, изменение свойств которых влияет на систему, и объектов, свойства которых меняются в результате поведения системы.

**Страта** — элемент социальной *структуры* — составляющая человеческого общества, выделяемая на основании многомерной классификации и организуемая в иерархический порядок.

**Структура** — (а) множество связей между переменными или элементами системы; (б) свойство системы, состоящее в закономерном изменении одних элементов под влиянием изменений, произошедших в других элементах, вследствие существования закономерных связей между элементами.

**Суждение** — предложение, в котором нечто утверждается или отрицается относительно реальных или идеальных объектов, допускающее (в принципе) соотнесение с реальностью и установление его истинности или ложности в процессе соотнесения.

**Теорема** (в теории формальных систем) — формула, являющаяся аксиомой либо получаемая в результате применения продукционного правила (*правила вывода*) к другим теоремам.

**Управляемость** — характеристика системы управления, отражающая способность управляемой подсистемы снижать энтропию управляемой подсистемы. Характеризуется долей снятой энтропии в общей энтропии управляемой подсистемы (до акта управления).

**Устойчивое равновесие** — состояние системы, все фазовые траектории в окрестности которого в достаточно близком будущем являются сходящимися.

**Устойчивость** — характеристика системы управления, отражающая способность управляющей подсистемы поддерживать характеристики выходного сигнала управляемой подсистемы, предписанные целью управления.

**Фазовая траектория** — множество точек *фазового пространства*, соответствующих состояниям системы во все моменты времени периода наблюдения.

**Фазовое пространство** — евклидово пространство, координаты точек которого определяются значениями переменных состояния исследуемой системы и моментом времени.

**Факторный анализ** — метод статистического исследования связей, состоящий в конструировании ограниченного числа абстрактных числовых факторов, в наиболее полной мере снимающих вариацию наблюдаемых статистических переменных, с последующей интерпретацией сконструированных факторов на основе степени их связи с наблюдаемыми переменными.

**Форма представления систем** — способ представления знаний о системе, выделяемый по признаку отражения качественно различных особенностей структуры системы, определяющих её поведение. Например, форма представления «кибернетическая система» выделяется по признаку явного отражения цели функционирования системы и информационных процессов, посредующих её достижение; «алгоритмическая система» — по принципу отражения всех возможных (или наиболее вероятных) переходов системы из одного состояния в другое в форме алгоритма безотносительно к причинам, вызывающим эти переходы.

**Формализм** — *формальная система*, используемая в качестве средства представления *знаний*. Формализм предоставляет лингвистические (языковые) и процедурные средства для представления знаний.

**Формальная система** (символьная система, знаковая система) — система, определяемая *алфавитом*, синтаксисом (правилами построения формул из символов алфавита), аксиоматикой (множеством формул, считающихся теоремами a priori) и правилами вывода новых теорем.

**Формальная теория** — множество теорем некоторой *формальной системы*.

**Формальное определение** — определение, представленное математическими символами (включая пояснение их интерпретации на естественном языке).

**Формула** — совокупность символов алфавита *формальной системы*, соответствующая *синтаксису*.

**Формула Байеса** — формула, устанавливающая связь вероятности гипотез о причинах наблюдаемых событий с вероятностью самих событий.

**Целеполагание** — функция высокоорганизованных систем, состоящая в формулировании целей их функционирования и в последующем подчинении деятельности управляющей подсистемы сформулированной цели. Присуща высоко развитым живым организмам, наиболее полное развитие получает в связи с возникновением разума. Элементы целеполагания могут быть присущи искусственным системам — компьютерным программам с элементами искусственного интеллекта. Например, программа для игры в шахматы может сначала выработать набор перспективных целей (превратить пешку в фигуру, атаковать фигуру противника, защитить короля от возможной атаки и т.п.), после чего выработать последовательность ходов, реализующих данную цель, либо обнаружить недостижимость цели.

**Целостность** — свойство системы, состоящее в том, что ей присущи качественно новые свойства, не обнаруживаемые у её элементов, взятых по отдельности.

**Цель** — теоретико-системная категория, обозначающая состояние, достигаемое системой в процессе её поведения независимо (в известных границах) от её начального состояния.

**Экспертиза** — исследование и установление таких фактов и обстоятельств, для выяснения которых необходимы специальные познания в какой-либо науке или

области практической деятельности. В теории систем экспертиза понимается как специфический метод научного познания, состоящий в преобразовании неформализованных (в том числе неосознаваемых) знаний эксперта в формализованную форму и применяемый в рамках метода системного анализа. В отдельных случаях процессы экспертизы могут допускать автоматизацию путём разработки экспертных систем.

**Эмерджентность** — свойство систем, состоящее в возникновении у них свойств, не присущих их элементам, взятым по отдельности; в более специальном смысле эмерджентность означает невозможность предсказания значений переменных системы, основываясь только на значениях переменных её элементов (без учёта связей между ними).

**Явление** — категория, выражающая внешние свойства и отношения предмета; форма обнаружения (выражения, проявления) сущности предмета (системы).