

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

## **Системный анализ**

Мультимедийный образовательный модуль  
в системе дистанционного обучения Moodle

Работа выполнена по мероприятию блока 1 «Совершенствование образовательной деятельности» Программы развития СГАУ на 2009 – 2018 годы по проекту «Установка, настройка и использование в учебном процессе факультета летательных аппаратов системы дистанционного обучения (СДО) Moodle совместно с блоком «Электронный деканат»  
Соглашение № 1/16 от 03.06.2013 г.

УДК 519.876(075)  
С409

Автор-составитель: **Кременецкая Марина Евгеньевна, Алексеев Алексей Владимирович**

**Системный анализ** [Электронный ресурс] : мультимедийный образоват. модуль в системе дистанц. обучения Moodle / М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост. М.Е. Кременецкая, А. В. Алексеев. - Электрон. текстовые и граф. дан. - Самара, 2013. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

В состав мультимедийного образовательного модуля входят:

1. Системный анализ. Конспект лекций.
2. Системный анализ. Лабораторный практикум.
3. Системный анализ. Набор тестов для самоконтроля.
4. Системный анализ. Подборка научных статей.

Мультимедийный образовательный модуль предназначен для студентов факультета летательных аппаратов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств», изучающих дисциплину «Системный анализ» в 4 семестре.

Модуль разработан на кафедре конструкции и проектирования летательных аппаратов.

© Самарский государственный  
аэрокосмический университет, 2013

## **ВВЕДЕНИЕ В КУРС СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

«Настоящая университетская лекция никогда не излагает просто результаты исследования; нет, она показывает, как ученый лектор пришел к этим результатам... Хорошие лекции и научно поставленные занятия дополняют друг друга. Задача тех и других — побудить учащихся к самостоятельному исследованию предмета, вовлечь их в исследовательскую работу научной мысли; если на лекциях профессор, развивая свой взгляд, вызывает ученика на критику, то в семинарских занятиях он в свою очередь выступает в роли критика произведенного учеником исследования».

С. И. Гессен

Настоящий конспект лекций содержит теоретический материал по дисциплине «Системный анализ» и предназначен для студентов специальности 220305 «Автоматизированное управление жизненным циклом продукции» и направления подготовки 220700.62 Автоматизация технологических процессов и производств.

Цель данного издания: обозначить круг вопросов, которыми необходимо овладеть из системного анализа, определить примерную последовательность в усвоении этих знаний студентами, дать основной понятийный аппарат и предложить вопросы для самостоятельной проверки усвоенного.

Представленный материал приведен в соответствии с рабочей программой курса и позволяет студентам изучить основы системного анализа сложных систем в области принятия управленческих решений. Конечно, коротко изложенный материал не даёт полной информации, он подсказывает главные направления в изучении системного анализа, учит получать информацию из различных источников. Эта работа потребует от студентов вдумчивой самостоятельной работы. Только при таких условиях можно успешно овладеть нужными для каждого инженера знаниями.

«Системный анализ» тесно связан со многими дисциплинами цикла инженерной и компьютерной подготовки специалистов данного направления. Данную дисциплину важно изучать до курса «Моделирование процессов жизненным циклом продукции» и «Проектирование единого информационного пространства виртуальных предприятий», в связи с тем, что они опираются на знания, полученные в результате изучения основ системного подхода.

**Современный системный анализ** - прикладная наука, которая ориентирована на прояснение причин возникновения проблем и на формирование вариантов их устранения.

**Системный анализ** - совокупность методологических средств, которые используются для подготовки и обоснование решений изложных проблем политического, военного, социального, экономического, технического и научного характера. Основой является системный подход и ряд методов, математических дисциплин и современной теории управления.

**Основная процедура** - построение обобщенной модели, которая отображает взаимосвязи реальной ситуации. Технической основой являются ЭВМ и информационные системы.

Возникновение «системного анализа» связано с необходимостью проведения комплексных исследований при:

- созданиисложных технологических и производственных комплексов;
- созданиисложных систем управления ими;
- анализе экономической ситуации и т.д.

**Системный анализ**- дисциплина, которая занимается проблемами принятия решений в условиях, когда выбор альтернативы нуждается в анализе сложной информации разной природы. Результатом системных исследований является выбор конкретной альтернативы, например, план развития, параметры конструкции, структура и т.д.

**Основная задача дисциплины:** показать, как разные знания (математика, теория управления, методы оптимизации...), могут служить решениюсложных прикладных задач, а системный интегратор становится одной из главных действующих лиц, архитектором, конструктором сложных систем. Для конструирования и исследованиясложных систем нет наборов рецептов, есть лишь методология.

Методы системного анализа для решениясложных комплексных проблем применяются с учетом того, что в процессе принятия решений выбор необходимо делать в условиях неопределенности. Истоки системного анализа, методических концепций лежат в дисциплинах, которые занимаются проблемами принятия решений - теории исследования операций и общей теории управления.

Проектированиесложных систем управления разделяют на две стадии: макропроектирование (внешнее), когда методами системотехнического и синтезарешаютсязадачи функционально-структурного характера; микропроектирование, когда разрабатываются технические решения в рамках проекта системы.

Для специалистов по автоматизации производства часто наиболее ответственным этапом является начало разработки систем - аванпроектирование (выбор структуры, технических средств, программного обеспечения...). От этого зависит целый ряд аспектов в будущем, в том числе стоимость разработки и эксплуатации.

В связи с этим знания основ, принципов и методов системного анализа позволят эффективно решать производственные задачи и свести к минимуму инженерные ошибки.

## ТЕМА №1. СИСТЕМА. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ

### 1.1 Понятие системы

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

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

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

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

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

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

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

**Подсистемы.** Система может быть расчленена на элементы не сразу, а путем последовательного разделения на подсистемы. Подсистемы сами являются системами и к ним, следовательно, относится все, что сказано о системе, в том числе и об ее целостности. Этим подсистема отличается от простой совокупности элементов, не объединенных целью и свойством целостности.

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

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

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

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

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

**Поведение.** Изменение состояния системы, исходом которого является некоторый результат, называют поведением системы. В основном термин "поведение" относят к человеко-машинным или организационным системам. Для технических систем обычно говорят о процессах в системе.

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

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

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

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

Системы имеют также определенные **закономерности:**

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

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

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

## 1.2 Признаки систем

Основные признаки систем следующие:

- **целостность, связанность или относительная независимость от среды и систем.** С исчезновением связанности исчезает и система, хотя элементы системы и даже некоторые отношения между ними могут быть сохранены;

- **наличие подсистем и связей между ними или наличие структуры системы.** С исчезновением подсистем или связей между ними может исчезнуть и сама система;

- **возможность обособления или абстрагирования от окружающей среды,** т.е. относительная обособленность от тех факторов среды, которые в достаточной мере не влияют на достижение цели;

- **связи с окружающей средой** по обмену ресурсами;

- **подчиненность всей организации системы некоторой цели;**

- **эмерджентность** или несводимость свойств системы к свойствам элементов;

- **увеличение разнообразия типов частей системы,** выполняемых ими функций, что обуславливает различия в их абсолютной стоимости;

- **усложнение функционирования;**

- **сложность поведения,** нелинейность характеристик;

- **повышение уровня автоматизации,** означающее, в частности, увеличение степени относительной самостоятельности системы в ее поведении;

- **нерегулярное, статистически распределенное во времени поступление внешних воздействий;**

- **наличие в ряде случаев состязательного момента,** т.е. такого функционирования системы, при котором необходимо учитывать конкуренцию отдельных частей;

- **многоаспектность** (техническая, экономическая, социальная, психологическая);

- **контринтуитивность** (причина и следствие жестко однозначно не связаны ни во времени, ни в пространстве);

- **нелинейность** (синергетика).

### 1.3 Классификация систем

**Классификация** – это разделение совокупности объектов на классы по некоторым наиболее существенным признакам.

Важно понять, что классификация – это только модель реальности и уже это нам говорит об относительности любых классификаций.

Сама классификация выступает в качестве инструмента системного анализа. С ее помощью структурируется объект (проблема) исследования, а построенная классификация является моделью этого объекта

Системы разделяются на классы по различным признакам, и в зависимости от решаемой задачи можно выбрать разные принципы классификации. При этом систему можно охарактеризовать одним или несколькими признаками. Чаще всего системы классифицируются следующим образом:

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

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

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

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

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

- **по взаимодействию со средой** различают системы замкнутые и открытые. Замкнутая система в процессе своего функционирования использует только ту информацию, которая вырабатывается в ней самой (система кондиционирования воздуха в замкнутом объеме). В открытой системе функционирование определяется как внутренней, так и

внешней, поступающей на входы, информацией. Большинство изучаемых систем являются открытыми, т.е. они испытывают воздействие среды и реагируют на него и, в свою очередь, оказывают воздействие на среду;

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

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

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

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

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

- **по составу функций**: одно- или многофункциональные, с постоянным или переменным составом функций.

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

Рассмотрим некоторые виды систем более подробно.

**Хорошо организованные системы.** Представить анализируемый объект или процесс в виде «хорошо организованной системы» означает определить элементы системы, их взаимосвязь, правила объединения в более крупные компоненты, т. е. определить связи между всеми компонентами и целями системы, с точки зрения которых рассматривается объект или ради достижения которых создается система. Проблемная ситуация может быть описана в виде математического выражения, связывающего цель со средствами, т. е. в виде критерия эффективности, критерия функционирования системы, который может быть представлен сложным уравнением или системой уравнений. Решение задачи при представлении ее в виде хорошо организованной системы осуществляется аналитическими методами формализованного представления системы.

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

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

**Плохо организованные системы.** При представлении объекта в виде «плохо организованной или диффузной системы» не ставится задача

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

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

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

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

Большинство примеров применения системного анализа основано на

представлении объектов в виде самоорганизующихся систем.

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

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

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

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

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

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

элементов и способна выполнять сложную функцию.

От сложных систем необходимо отличать большие системы.

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

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

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

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

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

их функциональной избыточностью и, в свою очередь, затрудняет формулировку понятия «отказ» системы.

#### **1.4 Обобщение понятий сложных систем.**

1. Общими признаками сложных систем (биологических, технических, социально-экономических) является то, что каждая из них представляет собой структурно организованную совокупность более простых частей (подсистем), взаимосвязанных и взаимодействующих в процессах целенаправленного функционирования системы.

2. Каждая из систем входит как подсистема в состав более крупной системы (старшего ранга); в свою очередь подсистемы (кроме элементарных), могут представляться как системы младшего ранга.

3. Системы взаимодействуют с внешней средой, которая реализуется через внешние связи: входные и выходные.

4. Процесс функционирования системы в узком смысле - процесс преобразования ресурсов на входе в целевые конечные результаты основной деятельности на выходе.

5. Эффективность основной деятельности системы характеризуется отношением целевых конечных результатов к затратам ресурсов на достижение этих результатов и на устранение (или ограничение в допустимом диапазоне) отрицательных следствий функционирования.

6. Целеустремленность процессов функционирования проявляется в намерении поддерживать и повышать высокую эффективность системы, адаптируясь к изменениям внешней среды.

7. Процессы функционирования системы (в широком смысле) - совокупность процессов основной деятельности в разных по масштабам процессов развития и усовершенствование систем.

8. Математическое описание процессов функционирования системы - математическая модель, но при действии нестационарных случайных сигналов процессы функционирования часто нельзя описать математически, т.е. формализовать.

9. Процессы функционирования систем нуждаются в управлении, которое реализуется за счет целенаправленных действий и обратных связей.

10. Процесс управления: сбор информации; ее анализ и контроль; изготовление управляющего действия; ее реализация.

Совокупность органов управления системы и подсистем всех уровней вместе с информационными связями - иерархическая система управления.

## ТЕМА №2. СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД

### 2.1 Системные исследования

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

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

#### *Основные методологические особенности системных исследований:*

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

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

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

В системных исследованиях выделяют *три аспекта*:

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

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

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

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

2. Фиксация проблемной ситуации в виде некоторого описания.

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

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

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

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

7. Действия субъекта по практическому осуществлению этих изменений.

Согласно П.Чекленду наиболее важные в методологическом плане стадии – третья и четвертая. Адекватное «основное определение» системы должно включать, как минимум, шесть элементов, обозначаемых символом CATWOE (Рис. 1).

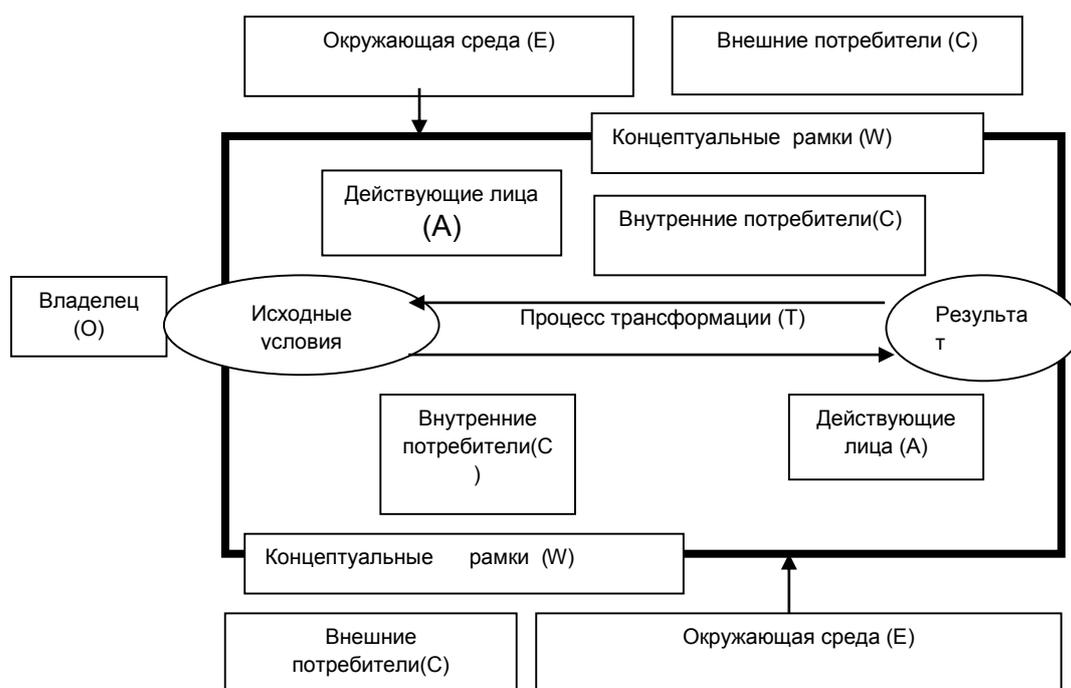


Рисунок 1 - Элементы «основного определения»

Центральным элементом является процесс трансформации (Т), посредством которого заданные исходные условия преобразуются в заданный результат. Следующий элемент – владелец системы (О). Внутри самой системы выделяют действующие лица (А), осуществляющие основные виды деятельности данной системы. Внутри и вне системы находятся внутренние и внешние потребители (С) системы, на которых осуществляемая системой и в системе деятельность оказывает влияние. Пятый элемент – ограничения со

стороны окружающей среды – Е. Шестой элемент – это концептуальные рамки, позиции, предпосылки, которые делают осмысленными вырабатываемые «основные определения».

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

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

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

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

## **2.2 Системный подход**

*Системный подход* представляет собой совокупность методов и средств, позволяющих исследовать свойства, структуру и функции объектов и процессов в целом, представив их в качестве систем со сложными

межэлементными взаимосвязями, взаимовлиянием самой системы на ее структурные элементы.

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

***Основные преимущества системного подхода:***

- Высвечивается то общее в различных объектах и процессах, что затеняется различными деталями и трудно обнаруживается, пока не отброшены частности.

- Методы принятия решений переносятся из одних функциональных областей в другие;

- Не допускается переоценка возможностей отдельных методов при принятии решений, например, только математического моделирования в ущерб экспертным оценкам. Другими словами, исключается «снятие» всех проблем с использованием одного инструмента;

- Осуществляется синтез знаний из различных наук;

- В проекты вводится информационное описание системы(виды, объемы, назначение и пути прохождения информации) и разрабатывается процесс сбора и обработки данных и информации;

- Возникает объективная основа для выбора необходимых направлений дальнейшего развития исследований в области, к которой относится проектируемая система.

***Принципы системного подхода:***

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

- ***Развитие*** – учет изменяемости системы, ее способности к развитию, накапливанию информации с учетом динамики среды;

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

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

- ***Сочетание децентрализации и централизации;***

- ***Иерархия*** – учет соподчинения и ранжирования частей;

- ***Неопределенность*** – учет вероятностного наступления событий;

- ***Организованность*** - степень выполнения решений и выводов.

### ***Этапы системного подхода:***

1. Выделение объекта исследования из общей совокупности процессов, очертание контура и границ системы, ее элементов, связей со средой; установление цели исследования, выяснение структуры и функций системы; выделение главных свойств элементов и системы в целом, установление их соответствий;
2. Определение основных критериев эффективного функционирования системы, а также основных ограничений и условий функционирования;
3. Определение вариантов структур и элементов, учет основных факторов, влияющих на систему;
4. Составление модели системы;
5. Оптимизация функционирования системы по достижению цели;
6. Определение оптимальной схемы управления системой;
7. Установление надежной обратной связи по результатам функционирования, определение работоспособности и надежности функционирования систем.

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

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

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

***Системология*** понимается как наука:

- о методах системного исследования окружающего нас мира (объектов, процессов, явлений);
- о системах различной природы и различного назначения, изучаемых с позиции целостного (интегрированного) восприятия происходящих процессов;
- о выявлении присущих системам общих и частных закономерностей и использовании их для анализа и познания существующих систем и для создания более совершенных систем, обеспечивающих более эффективное достижение поставленных целей.

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

Системотехника вызвана к жизни появлением больших технических систем, которые могут иметь огромное количество разнообразных

составляющих, часто разбросанных по обширной территории и объединенных в одно целое средствами автоматизированного управления, что требует высокой скорости переработки информации.

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

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

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

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

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

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

### **2.3 Применение методологии системного подхода к созданию сложных систем управления.**

**Методология** – это совокупность приемов исследования в науке. Системный подход при создании сложных структур управления проявляется в таких подходах:

1. Любая система на первом этапе рассматривается с учетом лишь формальных связей между разными факторами и оценки характера их изменения под влиянием внешних условий.

2. Система всегда исследуется в условиях неопределенности (цели, характеристик внешней среды и поведения оператора). Важно обеспечить в системе адаптацию и возможность развития.

3. Сложность систем управления, их информационная мощность требует привлечения некоторых специальных приемов, например, декомпозиции и агрегирование.

4. В сложных системах управления (ССУ) всегда используются структурные преобразования.

5. В общей теории систем должны использоваться определения, методы и приемы, которые являются понятными для других научных дисциплин (например, информатика и автоматика).

6. В теории систем применяются унифицированные понятия, которые дают возможность охарактеризовать как систему любой сложности, так и любую ее часть.

7. Для этих систем анализируется организационная, функциональная, техническая структура. Эти структуры можно рассматривать, как определенные модели, которые отображают функции и цели, стоящие перед системой. В первую очередь учитывают иерархичность системы, поэтому их структуры всегда будут многоуровневыми. Эта многоуровневая структура помогает на разных уровнях рассматривать с разной детализацией свойства системы и ее составные. Таким образом, структура - совокупность элементов и связей между ними, которые определяются соответственно функциям и целям системы.

8. Для каждой системы можно поставить в соответствие множество структур с разным количеством уровней детализации, которая определяется назначением структуры, так и самой системой. При перемещении на нижние уровне детализация всегда увеличивается, но назначение системы становится понятным при перемещении на верхний уровень. Существуют системы структурированные, слабо структурированные и неструктурированные. В соответствии с этим для каждого класса систем разрабатываются соответствующие математические модели. В структурном анализе выделяют приемы декомпозиции и агрегирование. Прием декомпозиции разрешает выделить подсистемы, а второй прием - агрегирование - разрешает объединить некоторые подсистемы, чтобы образовать технологический объект управления с заданными свойствами. В результате структурного анализа принимается решение относительно архитектуры системного управления, расположение терминальных точек (датчики, регулирующие органы, рабочие места).

## **2.4 Функциональная, организационная и техническая структура на примере предприятия**

*Организационная структура* предназначена для решения таких задач:

- описание состава подсистем и связей между ними;
- определение функций подсистем и при необходимости раскрытия их внутренней структуры;
- описание материальных и информационных потоков;
- построение общей информационной структуры и соответствующих моделей.

**Функциональная структура** дает возможность:

- определить функции управления в структурных подразделах существующей системы;
- избрать функции, которые автоматизируются;
- определить связи между автоматизированными функциями;
- разработать иерархию задач управления и соответствующих моделей.

**Техническая структура** отображает основные технические средства для получения информации и ее обработки, а также устройства для связи между элементами, в том числе сети.

При анализе технической структуры:

- определяются основные элементы, которые обеспечивают информационные процессы: регистрацию и подготовку, хранение и выдачу информации;
- составляется формальная структурная модель системы технических средств с учетом топологии расположения элементов, их информационного и энергетического взаимодействия между собой и внешней средой.

Общая задача структурного анализа состоит в определении структурных свойств системы и ее подсистем на основе описания элементов и связей между ними.

При решении практических задач структурного анализа сложных систем управления принимаются три уровня описания связей между элементами:

- наличие связи;
- направление связи;
- вид и направление сигналов, которые определяют взаимодействие элементов.

На первом уровне основными задачами структурного анализа являются:

- определение связности (целостности) системы и выделение связанных подсистем со своими элементами;
- выделение циклов;
- определение минимальных и максимальных последовательностей элементов (цепей), которые разделяют элементы.

Результаты структурного анализа на втором уровне более содержательные, а задачами структурного анализа являются:

- определение связности системы;
- топологическая декомпозиция с выделением сильно связанных подсистем;

- выделение узлов приема и выдачи информации;
- выделение уровней в структуре и определение их взаимосвязи;
- определение минимальных и максимальных путей;
- определение характеристик топологической значимости элементов;
- получение информации о слабых местах структуры и т.д.

На третьем уровне описания связей между элементами системы учитывается не только направленность связи, а и раскрываются состав и характер сигналов взаимодействия элементов (входные, исходные, управление).

Кроме того, при структурном анализе решаются такие задачи:

- выделение местных и общих контуров управления;
- определение необходимых конфигураций при багаторежимному характере работы;
- оценка путей непосредственной передачи сигналов.

При незначительной начальной информации о структуре системы, когда учитываются лишь наличие и направление связи, удобно использовать аппарат теории графов.

Теория графов - раздел математики, который исследует свойствообразных геометрических схем (графов), образованных множеством точек и соединительных линий. При структурном анализе систем элементам ставят в соответствие вершины графа, а связям - ребра (вершинный граф).

## ТЕМА №3. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

### 3.1 Сущность и задачи системного анализа

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

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

*Суть системного анализа* заключается в следующем:

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

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

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

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

*Задача анализа* состоит в нахождении различного рода свойств системы или среды, окружающей систему. Целью анализа может быть определение закона преобразования информации, задающего поведение системы. В последнем случае речь идет об агрегации (композиции) системы в единственный элемент.

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

### 3.2 Основные принципы системного анализа

Принципы системного анализа – это некоторые положения общего характера, являющиеся обобщением опыта работы человека со сложными системами.

Наиболее часто к системным причисляют следующие принципы:

**Принцип конечной цели.** Это абсолютный приоритет конечной (глобальной) цели. Принцип имеет несколько правил:

- для проведения системного анализа необходимо в первую очередь сформулировать цель исследования. Расплывчатые, не полностью определенные цели влекут за собой неверные выводы;
- анализ следует вести на базе первоочередного уяснения основной цели (функции, основного назначения) исследуемой системы, что позволит определить ее основные существенные свойства, показатели качества и критерии оценки;
- при синтезе систем любая попытка изменения или совершенствования должна оцениваться относительно того, помогает или мешает она достижению конечной цели;
- цель функционирования искусственной системы задается, как правило, системой, в которой исследуемая система является составной частью.

**Принцип измерения.** О качестве функционирования какой-либо системы можно судить только применительно к системе более высокого порядка. Другими словами, для определения эффективности функционирования системы надо представить ее как часть более общей и проводить оценку внешних свойств исследуемой системы относительно целей и задач суперсистемы.

**Принцип эквифинальности.** Система может достигнуть требуемого конечного состояния, не зависящего от времени и определяемого исключительно собственными характеристиками системы при различных начальных условиях и различными путями. Это форма устойчивости по отношению к начальным и граничным условиям.

**Принцип единства.** Это совместное рассмотрение системы как целого и как совокупности частей (элементов). Принцип ориентирован на «взгляд

внутри» системы, на расчленение ее с сохранением целостных представлений о системе.

**Принцип связности.** Рассмотрение любой части совместно с ее окружением подразумевает проведение процедуры выявления связей между элементами системы и выявление связей с внешней средой (учет внешней среды). В соответствии с этим принципом систему в первую очередь следует рассматривать как часть (элемент, подсистему) другой системы, называемой суперсистемой или старшей системой.

**Принцип модульного построения.** Полезно выделение модулей в системе и рассмотрение ее как совокупности модулей. Принцип указывает на возможность вместо части системы исследовать совокупность ее входных и выходных воздействий (абстрагирование от излишней детализации).

**Принцип иерархии.** Полезно введение частей и их ранжирование, что упрощает разработку системы и устанавливает порядок рассмотрения частей.

**Принцип функциональности.** Это совместное рассмотрение структуры и функции с приоритетом функции над структурой. Принцип утверждает, что любая система тесно связана с функцией системы и ее частей. В случае придания системе новых функций полезно пересматривать ее структуру, а не пытаться втиснуть новую функцию в старую схему. Поскольку выполняемые функции составляют процессы, то целесообразно рассматривать отдельно процессы, функции, структуры. В свою очередь, процессы сводятся к анализу потоков различных видов:

- материальный поток;
- поток энергии;
- поток информации;
- смена состояний.

С этой точки зрения структура есть множество ограничений на потоки в пространстве и во времени.

**Принцип развития (адаптации).** Это учет изменяемости системы, ее способности к развитию, адаптации, расширению, замене частей, накоплению информации. В основу синтезируемой системы требуется закладывать возможность развития, наращивания, усовершенствования. Обычно расширение функций предусматривается за счет обеспечения возможности включения новых модулей, совместимых с уже имеющимися. С другой стороны, при анализе принцип развития ориентирует на необходимость учета предыстории развития системы и тенденций, имеющих в настоящее время, для вскрытия закономерностей ее функционирования.

Одним из способов учета этого принципа является рассмотрение системы относительно ее жизненного цикла. Условными фазами жизненного цикла исследуемой системы являются проектирование, изготовление, ввод в эксплуатацию, эксплуатация, наращивание возможностей (модернизация), вывод из эксплуатации (замена), уничтожение.

**Принцип историчности или открытости.** Для того, чтобы система функционировала во времени и пространстве, она должна изменяться и, обязательное условие, она должна взаимодействовать с внешней средой.

**Принцип децентрализации.** Это сочетание в сложных системах централизованного и децентрализованного управления, которое, как правило, заключается в том, что степень централизации должна быть минимальной, обеспечивающей выполнение поставленной цели. Недостаток децентрализованного управления – увеличение времени адаптации системы. Он существенно влияет на функционирование системы в быстро меняющихся средах. То, что в централизованных системах можно сделать за короткое время, в децентрализованной системе будет осуществляться весьма медленно. Например, общее время для синхронизации принятого решения в системе  $N$  с централизованным управлением составляет 1 такт, а для (системы с децентрализованным управлением) взаимодействующих только с непосредственными соседями составляет  $\sim 3N$  такта.

Недостатком централизованного управления является сложность управления из-за огромного потока информации, подлежащей переработке в старшей системе управления. Поэтому в сложной системе обычно присутствуют два уровня управления. В медленно меняющейся обстановке децентрализованная часть системы успешно справляется с адаптацией поведения системы к среде и с достижением глобальной цели системы за счет оперативного управления, а при резких изменениях среды осуществляется централизованное управление по переводу системы в новое состояние.

**Принцип неопределенности.** Это учет неопределенностей и случайностей в системе. Принцип утверждает, что можно иметь дело с системой, в которой структура, функционирование или внешние воздействия не полностью определены.

Сложные открытые системы не подчиняются вероятностным законам. В таких системах можно оценивать «наихудшие» ситуации и рассмотрение проводить для них. Этот способ обычно называют методом гарантируемого результата. Он применим, когда неопределенность не описывается аппаратом теории вероятностей.

При наличии информации о вероятностных характеристиках случайностей (математическое ожидание, дисперсия и т.д.) можно определять вероятностные характеристики выходов в системе.

Перечисленные принципы обладают высокой степенью общности. Для непосредственного применения исследователь должен наполнить их конкретным содержанием применительно к предмету исследования. Такая интерпретация может привести к обоснованному выводу о незначительности какого-либо принципа. Однако знание и учет принципов позволяют лучше увидеть существенные стороны решаемой проблемы, учесть весь комплекс взаимосвязей, обеспечить системную интеграцию.

### 3.3 Структура системного анализа

Структура системного анализа		
Декомпозиция	Анализ	Синтез
Определение и декомпозиция общей цели, основной функции	Функционально-структурный анализ	Разработка модели системы
Выделение системы из среды	Морфологический анализ	Структурный анализ
Описание воздействующих факторов	Генетический анализ	Параметрический анализ
Описание тенденций развития, неопределенностей	Анализ аналогов	Оценивание системы
Описание как «черного ящика»	Анализ эффективности	
Функциональная, компонентная и структурная декомпозиция	Формирование требований к создаваемой системе	

На этапе *декомпозиции*, обеспечивающем общее представление системы, осуществляются:

1. Определение и декомпозиция общей цели исследования и основной функции системы как ограничение траектории в пространстве состояний системы или в области допустимых ситуаций. Наиболее часто декомпозиция проводится путем построения дерева целей и дерева функций.

2. Выделение системы из среды (разделение на систему/несистему) по критерию участия каждого рассматриваемого элемента в процессе, приводящем к результату на основе рассмотрения системы как составной части надсистемы.

3. Описание воздействующих факторов.

4. Описание тенденций развития, неопределенностей разного рода.

5. Описание системы как «черного ящика».

6. Функциональная (по функциям), компонентная (по виду элементов) и структурная (по виду отношений между элементами) декомпозиция системы.

Глубина декомпозиции ограничивается. Декомпозиция должна прекращаться, если необходимо изменить уровень абстракции – представить элемент как подсистему. Это означает выход за пределы цели исследования системы. В методиках типичной является декомпозиция модели на глубину 5-6 уровней. На такую глубину декомпозируется обычно одна из подсистем. Функции, которые требуют такого уровня детализации, часто очень важны, и их детальное описание дает ключ к секретам работы всей системы.

Проблема проведения декомпозиции состоит в том, что в сложных системах отсутствует однозначное соответствие между законом функционирования подсистем и алгоритмом, его реализующим. Поэтому осуществляется формирование нескольких вариантов декомпозиции системы:

**Функциональная декомпозиция.** Декомпозиция базируется на анализе функций системы. При этом ставится вопрос, *что* делает система, независимо от того, *как* она работает. Основанием разбиения на функциональные подсистемы служит общность функций, выполняемых группами элементов.

**Декомпозиция по жизненному циклу.** Признак выделения подсистем – изменение закона функционирования подсистем на разных этапах цикла существования системы «от рождения до гибели». Рекомендуется применять эту стратегию, когда целью системы является оптимизация процессов и когда можно определить последовательные стадии преобразования входов в выходы.

**Декомпозиция по физическому процессу.** Признак выделения подсистем – шаги выполнения алгоритма функционирования подсистемы, стадии смены состояний. Хотя эта стратегия полезна при описании существующих процессов, результатом ее часто может стать слишком последовательное описание системы, которое не будет в полной мере учитывать ограничения, диктуемые функциями друг другу. Применять эту стратегию следует, только если целью модели является описание физического процесса как такового.

**Декомпозиция по подсистемам (структурная декомпозиция).** Признак выделения подсистем – сильная связь между элементами по одному из типов

отношений (связей), существующих в системе (информационных, логических, иерархических, энергетических и т.п.). Для описания всей системы должна быть построена составная модель, объединяющая все отдельные модели. Рекомендуется использовать разложение на подсистемы, только когда такое разделение на основные части системы не изменяется. Нестабильность границ подсистем быстро обесценит как отдельные модели, так и их объединение.

На этапе *анализа*, обеспечивающем формирование детального представления системы, осуществляются:

1. Функционально-структурный анализ существующей системы, позволяющий сформулировать требования к создаваемой системе. Он включает уточнение состава и законов функционирования элементов, алгоритмов функционирования и взаимовлияний подсистем, разделение управляемых и неуправляемых характеристик, задание пространства состояний  $Z$ , задание параметрического пространства  $T$ , в котором задано поведение системы, анализ целостности системы, формулирование требований к создаваемой системе.

2. Морфологический анализ – анализ взаимосвязи компонентов.

3. Генетический анализ – анализ предыстории, причин развития ситуации, имеющихся тенденций, построение прогнозов.

4. Анализ аналогов.

5. Анализ эффективности (по результативности, ресурсоемкости, оперативности). Он включает выбор шкалы измерения, формирование показателей эффективности, обоснование и формирование критериев эффективности, непосредственно оценивание и анализ полученных оценок.

6. Формирование требований к создаваемой системе, включая выбор критериев оценки и ограничений.

На этапе *синтеза* осуществляются:

1. Разработка модели требуемой системы (выбор математического аппарата, моделирование, оценка модели по критериям адекватности, простоты, соответствия между точностью и сложностью, баланса погрешностей, многовариантности реализаций, блочности построения).

2. Синтез альтернативных структур системы, снимающей проблему.

3. Синтез параметров системы, снимающей проблему.

4. Оценивание вариантов синтезированной системы (обоснование схемы оценивания, реализации модели, проведение эксперимента по оценке, обработка результатов оценивания, анализ результатов, выбор наилучшего варианта).

Наиболее сложными в исполнении являются этапы декомпозиции и анализа. Это связано с высокой степенью неопределенности, которую требуется преодолеть в ходе исследования.

### 3.4 Элементы системного анализа

Иногда может быть достаточно серьезного размышления над проблемой, чтобы найти верное в данный момент времени решение. Но существуют определенные компоненты, которые участвуют в принятии решения и их качество отражает действия лица принимающего решение (ЛПР). Независимо от того как принимается решение и в какой форме, следует, что в любом системном анализе присутствуют пять обязательных элементов:

- цель или ряд целей;
- альтернативные средства, с помощью которых может быть достигнута цель;
- затраты ресурсов, требуемых для каждой системы;
- логическая и математическая модели, т.е. система связей между целями, альтернативными средствами их достижения, окружающей средой и требованиями на ресурсы;
- критерий выбора предпочтительных альтернатив; с его помощью сопоставляются цели и затраты

Всякая деятельность (движение, изменение, развитие и т.д.) является **целенаправленной** – направлена на достижение определенной цели.

*Пример.* Студент учится, чтобы получить профессию. Турист едет в другую страну с целью увидеть новые интересные места. Человек приобретает автомобиль для удобства передвижения. Коллекционер стремится приобрести раритет, которого ни у кого нет.

**Цель** – это субъективный образ желаемого состояния объекта.

Цели имеют либо конкретную, либо расплывчатую формулировку. Поэтому различают два типа целей:

- цель-результат – конкретная, измеримая цель;
- цель-направление – идеальная качественная цель.

*Пример.* Увеличение продаж путевок в туристской фирме в два раза – цель-результат, а повышение образовательного уровня менеджеров – цель-направление.

Правильно сформулированные цели должны удовлетворять следующим основным **требованиям**:

**Конкретность** – при определении цели необходима точность отражения ее содержания, объема и времени. Удовлетворение цели может принести только конкретный результат, полученный с помощью конкретных средств в конкретных условиях.

**Измеримость** – цель должна быть представлена количественно или каким-либо другим способом для оценки степени ее достижения.

**Достижимость** – цели должны быть реальными, не выходящими за рамки возможностей исполнителей.

**Согласованность** – цели следует рассматривать не изолированно, а во взаимосвязи.

**Приемлемость** – необходимо учитывать потребности, желания, традиции, сложившиеся в обществе ценности.

**Гибкость** – возможность внесения корректировки по мере происходящих в среде изменений.

**Альтернативы.** Генерирование альтернатив является очень трудным и творческим этапом системного анализа. Его сущность заключается в поиске идей, подходов, предложений и рекомендаций, на множестве которых будет формироваться базовый перечень допустимых вариантов решения исходной проблемы, или перечень допустимых альтернатив. И если в этот перечень не попала наилучшая альтернатива, то никакие методы выбора, процедуры сравнения альтернатив не смогут ее «вычислить». В этой связи очень важно сгенерировать как можно больше альтернатив, большее число альтернатив обеспечит большую вероятность попадания наилучшей альтернативы в исходный перечень.

Этому требованию способствует:

- поиск идей в сети Интернет, патентных фондах, научной литературе и других информационных ресурсах;
- интервьюирование и анкетные опросы заинтересованных лиц;
- привлечение квалифицированных экспертов, имеющих различную подготовку, обладающих различным опытом и работающих в различных предметных областях;
- комбинирование имеющихся альтернатив и образование промежуточных вариантов (то есть не «либо-либо», а «кроме того, еще»);
- модификация альтернатив, то есть формирование альтернатив, лишь частично отличающихся от первоначальных;
- включение альтернатив, противоположных предложенным, в том числе и «нулевой» альтернативы, предлагающей естественное развитие событий без участия человека (не делать ничего);
- включение в рассмотрение альтернатив, которые на первый взгляд кажутся глупыми и надуманными;
- генерирование альтернатив, рассчитанных на различные интервалы времени (долгосрочные, краткосрочные, экстерные).

Альтернативы бывают зависимые и независимые.

**Независимые** – любые действия, с которыми (удаления из рассмотрения, выявления в качестве единственно лучшей) не влияет на качество других альтернатив.

При **зависимых** – оценки одних из них оказывают влияние на качество других.

Наиболее простыми и очевидными являются непосредственная групповая зависимость. Если решено рассматривать хотя бы одну альтернативу из группы, то надо рассматривать и всю группу. Бывает альтернативы уже заданы – замкнутое нерасширяющееся множество альтернатив. Другой вариант – где все альтернативы или их значительная часть появляются после принятия основных решений. Хорошо зарекомендовали себя способы организационной поддержки процесса генерации альтернатив «мозговой штурм», морфологический метод и др.

**Ресурсы** принято делить на природные, трудовые (человеческий капитал), капитальные (физический капитал), оборотные средства (материалы), информационные ресурсы, финансовые ресурсы (денежный капитал).

Для реализации выбранного пути достижения поставленной цели необходимы определенные ресурсы:

- рабочая сила;
- машины и оборудование;
- материалы, энергия и т.д.;
- деньги;
- информация.

Иногда помимо этих ресурсов в качестве самостоятельного ресурса выделяют время. Время связано с другими видами ресурсов и часто бывает производным от них.

Одним из основных условий распределения ресурсов является факт их ограниченности, что вызывает необходимость определения приоритетности выделения и использования ресурсов. Кроме того, необходимо учитывать дополнительные ограничения на особо дефицитные виды ресурсов.

Вопросы, которые необходимо решить при определении потребных ресурсов, можно сформулировать следующим образом:

- какой объем каждого вида ресурсов, в какой момент времени потребуется при заданных целях и выбранных стратегиях;
- кто будет потребителем этих ресурсов;
- каков оптимальный способ их создания или приобретения.

Если исследование показывает, что потребности в ресурсах удовлетворить невозможно, то приходится пересматривать цели и стратегии (альтернативы) до тех пор, пока не будет достигнута их обеспеченность

ресурсами. Таким образом, задание целей, выбор стратегий и определение потребных ресурсов всегда взаимосвязаны. Пересмотр стратегий возможен и в случае, если обнаружится недоиспользование ресурсов.

**Модель.** При решении задач создания, проектирования, фиксации объекта возникает потребность зафиксировать полученную информацию в виде некоторого образа (словесного, графического, образа и т.д.) В связи с этим очень важную роль играют модели и моделирование. Модель в широком понимании – это образ (в том числе условный или мысленный) какого-либо объекта или системы объектов, используемый при определенных условиях в качестве их «заместителя» или «представителя».

*Пример. 1. Устав организации - это его модель. 2. Модель человека – его паспорт. 3. Модель автомобиля – технический паспорт. 4. Модель Земли – глобус.*

Почему необходимо использовать модели вместо объектов реального мира? Есть несколько причин:

**1. Сложность реальных объектов.** Число факторов, относящихся к решаемой проблеме, велико и анализ этой совокупности выходит за пределы возможностей специалиста, решающего эту проблему. Поэтому особенно на начальной стадии и возникает потребность в упрощении ситуации с помощью модели, которая уменьшает число факторов до уровня восприимчивости специалиста.

**2. Необходимость проведения экспериментов.** Существует много ситуаций, когда экспериментальное исследование объектов невозможно в силу ряда причин: опасно, вредно, ограниченность науки и техники.

**3. Необходимость прогнозирования.** Модели, в отличие от оригиналов, позволяют с меньшими затратами дать прогноз развития ситуации в будущем и определить последствия принимаемых решений, когда есть возможность скорректировать действия.

**4. Исследуемый объект** либо очень велик (модель Солнечной системы), либо очень мал (модель атома).

**5. Процесс** протекает очень быстро (модель двигателя внутреннего сгорания), или очень медленно (геологические модели).

**6. Исследование объекта** может привести к его разрушению (исследование поведения самолета в грозовом облаке, состояние человека в момент аварии автомобиля).

Но в свою очередь существует ряд субъективных факторов, влияющих на качество создаваемых моделей, которые необходимо учитывать.

**Избирательность.** Модель строится на основании наблюдений за объектом, но специалист, даже самый лучший, замечает свойства объекта избирательно. На это влияет множество причин, как-то образование,

мировоззрение, опыт, настроение, самочувствие и т.д. В результате формируется не только искаженная модель, но и не отвечающая целям моделирования.

**Конструирование** – обратный аналог избирательности: мы начинаем видеть то, чего нет. Мы заполняем пробелы в информации о мире, чтобы он имел смысл, потому что мы мыслим конкретными образами, если мы видим из-за дерева голову собаки, то мысленно дорисовываем туловище и хвост. Длительная эволюция, из чувства безопасности, воспитала нас дополнять увиденные фрагменты до полного образа, поэтому получая неполную информацию об исследуемом объекте, мы заполняем информационные пробелы до полного образа, исходя из своего опыта. В результате может получиться модель, несоответствующая объекту-оригиналу.

**Искажение.** Мы строим модели окружающего мира, выделяя одни стороны за счет замалчивания других. Это лежит в основе творческих способностей и хорошо видно в творчестве поэтов, художников, композиторов, а также в болезнях, например паранойи. В меньшей мере, но это присуще и работникам не творческих профессий.

**Обобщения.** Используя обобщения субъект, взяв за основу один случай, стремится перенести эти данные на остальные похожие случаи, причем, если возникают противоречия, то, как правило, он стремится модель втиснуть в рамки предлагаемых обстоятельств. И только видя, очевидные противоречия, через время, начинает выстраивать другую модель. То есть вначале всегда любую ситуацию человек рассматривает как типичную и распространяет извлеченные из нее выводы на все сходные, по его мнению, ситуации.

Хочется отметить **парадоксы** в моделировании.

**Модель заведомо проще оригинала.** Всегда присутствует цель в работе, и эта целевая избирательность отсекает ненужные на данный момент времени качества объекта. Но в процессе исследовательской работы нет уверенности, что отброшенные данные могут не понадобиться, или их отсутствие не исказит расчеты.

Другой парадокс называется парадоксом «одноразовой посуды» и связан с тем, что каждая модель создается под определенную исследовательскую задачу и не всегда применима к решению других, какой бы привлекательной она ни была. Но здесь действует не только субъективные факторы, о которых сказано выше, но и экономическая составляющая, то есть стремление меньшими затратами добиться больших результатов, но это в науке не всегда оправдано и обосновано.

**Критерии.** Для того чтобы правильно сделать выбор в пользу того или иного способа разрешения проблемы, необходимо иметь средства для

сравнения допустимых альтернатив. В качестве такого средства выступают критерии. В данном случае под критерием понимают любой способ сравнения альтернатив. Это значит, что критерием качества альтернативы может служить любой ее признак, значение которого можно зафиксировать как минимум в порядковой шкале. После того как такая характеристика будет найдена (критерий определен), появляется возможность ставить задачи выбора и оптимизации.

Критерии бывают *зависимые* и *независимые*.

Зависимые, если предпочтения ЛПР при сравнении альтернатив меняются в зависимости от значений одинаковых оценок по второй группе критериев. При покупке автомобиля- 3 критерия: цена, размер и коробка передач. По 3-ему одинаковы, - зависимые. Определение значения критерия для данной альтернативы, по существу, является косвенным измерением степени ее пригодности как средства достижения цели.

На сложность задач при принятии решений влияет количество критериев. Многокритериальность реальных задач связана не только с множественностью целей, но и с тем, что одну цель редко удается выразить одним критерием. Поскольку, с одной стороны, многокритериальность является способом повышения адекватности описания цели, а с другой – повышает сложность решения задачи, то необходимо заботиться о минимизации числа используемых критериев при достаточно полном «покрытии» цели. Это означает, что критерии должны описывать все важные аспекты цели, но при этом критериев должно быть немного. Это условие выполняется в том случае, если критерии являются независимыми и не связанными друг с другом. Их объединяют в группы, имеющие смысловые значения и названия ( стоимость и эффективность) и выделяют их «+» «-». Группы, как правило, независимы.

Для обеспечения полноты цели полезной является представление формальной модели проблемной ситуации, включающей три взаимодействующие компоненты:

- проблемосодержащую систему, в которой существующая ситуация воспринимается как проблема;
- проблеморазрешающую систему, которая может так повлиять на ход событий, что проблема исчезнет полностью или ослабеет;
- окружающую среду, в которой существуют и с которой взаимодействуют обе системы.

Характер целей для трех составных компонентов проблемной ситуации различен: для проблемосодержащей системы это *цели достижения*(главное разрешить проблему); цели проблеморазрешающей системы связаны с

**рациональным расходом ресурсов** на решение проблемы (главное – экономично решить проблему); а цели внешней среды носят пассивный, но **обязательный** характер (главное – не предпринимать ничего, что противоречило бы законам природы). Так возникает **структуризация критериев**:

- критерии эффективности (целевые критерии), подлежащие оптимизации;
- критерии ограничения и;
- критерии сохранения, требующие соблюдения постоянства.

Целевые критерии предоставляют возможности для выдвижения все новых и новых альтернатив в поисках наилучшей, а критерии-ограничения и критерии-сохранения, запрещая некоторые из альтернатив, заведомо уменьшают их число.

*Пример.* Перед предприятием стоит задача: внедрять новые технологии при имеющихся ресурсах, но эти технологии обязательно должны быть энергосберегающими.

Одними целевыми критериями можно жертвовать ради других, а критерии-ограничения и критерии-сохранения исключить нельзя – они должны строго соблюдаться. Расширение спектра целевых критериев усложняет работу специалиста, а расширение спектра критериев-ограничений и критериев-сохранений упрощает его работу.

Для упорядочения критериев в системном анализе используют **измерение**, которое формируется в виде **измерительных шкал**.

Измерительные шкалы в зависимости от допустимых на них операций различаются по их силе. Самые слабые – номинальные шкалы, а самые сильные – абсолютные. Три основных атрибута измерительных шкал, определяющих принадлежность шкалы к той или иной категории:

- **упорядоченность** данных означает, что один пункт шкалы, соответствующий измеряемому свойству, больше, меньше или равен другому пункту;
- **интервальность** данных означает, что интервал между любой парой чисел, соответствующих измеряемым свойствам, больше, меньше или равен интервалу между другой парой чисел;
- **нулевая точка** (или точка отсчета) означает, что набор чисел, соответствующих измеряемым свойствам, имеет точку отсчета, обозначенную за нуль, что соответствует полному отсутствию измеряемого свойства.

Выделяют следующие группы шкал:

1) неметрические или качественные шкалы, в которых отсутствуют единицы измерений (номинальная и порядковая шкалы);

2) количественные или метрические (шкала интервалов, шкала отношений и абсолютная шкала).

### **Типы шкал:**

Шкала **наименований** (номинальная или классификационная) представляет собой конечный набор обозначений для никак не связанных между собой состояний (свойств) объекта. Это самая простая шкала, используемая с целью отличить один объект от другого.

*Пример.* 1. Слова естественного языка (географические названия, собственные имена людей и т.д.). 2. Произвольные символы (гербы и флаги государств, эмблемы родовойск, всевозможные значки). 3. Номера (автомобилей, официальных документов, регистрация спортсменов). 4. Их различные комбинации (почтовые адреса, печати, и т.д.).

При обработке данных, зафиксированных в номинальной шкале, непосредственно с самими данными можно выполнять только операцию проверки их совпадения или несовпадения.

Шкала **порядка (ординальная, ранговая)** применяется в тех случаях, когда наблюдаемый (измеряемый) признак состояния имеет природу, не только позволяющую отождествить состояния с одним из классов эквивалентности, но и дающую возможность в каком-то отношении сравнить разные классы. В ней присутствует упорядоченность, но отсутствуют атрибуты интервальности и нулевой точки. Оценки упорядочены по возрастанию или убыванию предпочтений ЛПР: очень чистый, вполне удовлетворительно, экологически загрязнено.

*Пример.* 1. Призовые места в конкурсе. 2. Социальный статус (низший класс, средний класс). 3. Бальная шкала землетрясений и т.д.

Шкала **интервалов (интервальная шкала)** имеет равные расстояния по измерению качества между оценками (доп.прибыль- 1 млн., 2, 3 и т.д.) Шкалы могут иметь произвольные начала отсчета и шаг отсчета тоже.

*Пример.* 1. Температура воздуха, время, и т.д.

Шкала **разностей**. Частным случаем интервальных шкал являются циклические (периодические) шкалы, шкалы, инвариантные к сдвигу. В такой шкале значение не изменяется при любом числе сдвигов (перевод часов на летнее время и обратно на зимнее).

*Пример.* В таких шкалах измеряется направление из одной точки (шкала компаса), время суток (циферблат часов) и т.д.

Шкала **отношений (подобий)** позволяет выполнять с числами любые арифметические действия, здесь присутствуют все атрибуты измерительных шкал: упорядоченность, интервальность, нулевая точка. Величины, измеряемые в шкале отношений, имеют естественный, абсолютный нуль, хотя

остаётся свобода в выборе единиц. Из шкалы видно, во сколько раз свойство одного объекта превосходит такое же свойство другого объекта.

*Пример.1. Вес, длина, деньги, производственные показатели и т.д.*

**Абсолютная** шкала имеет и абсолютный нуль и абсолютную единицу, благодаря этой особенности она в виде числовой оси используется как измерительная шкала в явной форме при счете предметов, а как вспомогательное средство присутствует во всех остальных шкалах.

*Пример.1. Абсолютные шкалы применяются для измерения количества объектов, предметов, событий, решений и т.п. 2. Примером абсолютной шкалы является шкала термометра.*

Чаще используются шкалы интервалов и отношений.

### **3.5 Этапы и последовательность системного анализа**

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

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

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

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

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

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

Системный анализ может выполняться в следующей *последовательности*:

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

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

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

4. **Формирование критериев. Критерий** - это количественное отражение степени достижения системой поставленных перед ней целей. **Критерий**-это правило выбора предпочтительного варианта решения из ряда альтернативных. Критериев может быть несколько. Многокритериальность является способом повышения адекватности описания цели. Критерии должны описать по возможности все важные аспекты цели, но при этом необходимо минимизировать число необходимых критериев.

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

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

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

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

9. **Построение системы**.

10. **Использование результатов** проведенного системного исследования.

Схема алгоритма решения задач системного исследования конкретной проблемы представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 - Алгоритм решения задач системного исследования конкретной проблемы

## ТЕМА №4. МЕТОДЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

### 4.1 Методика проведения системного анализа

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

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

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

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

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

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

разрешить. Поэтому исследования по системному анализу начинают все больше опираться на методологию прикладной диалектики.

## 4.2 Методы системного анализа

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

*Основными методами системного анализа* являются следующие методы:

- **неформальные методы:** методы «мозговой атаки», метод экспертных оценок, метод «Дельфи», диагностические методы, морфологические методы, метод дерева целей;

- **формализованные методы:**

- графические: матричные методы, сетевые методы;
- статистические: математическая статистика, теория вероятностей, теория массового обслуживания;
- аналитические: методы, как классической математики, так и математического программирования.

### 4.2.1. Неформальные методы

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

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

Для соблюдения правил, рекомендуется высказывать и подхватывать любые идеи, даже если они сначала кажутся сомнительными и абсурдными, не допускать критики, высказывать как можно больше идей, стараться создавать как бы цепные реакции идей, оказывать поддержку.

В зависимости от принятых правил и жесткости их выполнения различают:

- Прямую мозговую атаку;
- Метод обмена мнениями;
- Методы типа комиссий;
- Методы судов-создаются две группы:
  - Одна старается внести как можно больше предложений,
  - Вторая старается максимально их раскритиковать.

На практике подобием сессий коллективной генерации идей являются разного рода совещания-конструктораты, директораты, заседания ученых и научных советов, специально создаваемые временные комиссии и т.д.

При всей кажущейся простоте данные обсуждения дают неплохие результаты.

**Методы экспертных оценок.** Основа этих методов - различные формы экспертного опроса с последующим оцениванием и выбором наиболее предпочтительного варианта. Возможность использования экспертных оценок, обоснование их объективности базируется на том, что неизвестная характеристика исследуемого явления трактуется как случайная величина, отражением закона распределения которой является индивидуальная оценка эксперта о достоверности и значимости того или иного события. При этом предполагается, что истинное значение исследуемой характеристики находится внутри диапазона оценок, полученных от группы экспертов, и что обобщенное коллективное мнение является достоверным. Наиболее спорным моментом в данных методиках является установление весовых коэффициентов по высказываемым экспертами оценкам и приведение противоречивых оценок к некоторой средней величине. Данная группа методов находит широкое применение в социально-экономических исследованиях.

Этапы экспертизы:

1. Формирование цели;
2. Разработка процедуры экспертизы;
3. Формирование группы экспертов;
4. Опрос;
5. Анализ и обработка информации.

При обработке материалов коллективной экспертной оценки используются методы теории ранговой корреляции. Для количественной оценки степени согласованности мнений экспертов применяется коэффициент конкордации, который позволяет оценить, насколько согласованы между собой ряды предпочтительности, построенные каждым экспертом. Для наглядности представления степени согласованности мнений двух любых экспертов служит коэффициент парной ранговой корреляции. Тип

используемых процедур экспертизы зависит от задачи оценивания. К наиболее употребительным процедурам экспертных измерений относятся:

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

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

Если характер анализируемой информации таков, что целесообразно получить численные оценки объектов, то можно использовать какой-либо метод численной оценки, начиная от непосредственных численных оценок и кончая более тонкими методами Терстоуна и фон Неймана-Моргенштерна.

**Метод «Дельфи».** Первоначально метод "Дельфи" был предложен как одна из процедур при проведении мозговой атаки и должен помочь снизить влияние психологических факторов и повысить объективность оценок экспертов. Затем метод стал использоваться самостоятельно. Сущность этого метода заключается в проведении экспертного опроса в несколько туров. В отличие от метода сценариев метод «Дельфи» предполагает предварительное ознакомление привлекаемых экспертов с ситуацией с помощью какой-либо модели; такой моделью может быть как строгая математическая модель, например, экономическая модель развития экономики, так и неформальное описание процесса, например, сценарий.

Основные средства повышения объективности результатов при применении «Дельфи»-метода - использование обратной связи, ознакомление экспертов с результатами предшествующего тура опроса и учет этих результатов при оценке значимости мнений экспертов.

Так, в упрощенном виде организуется последовательность итеративных циклов мозговой атаки. В более сложном варианте разрабатывается программа последовательных индивидуальных опросов с использованием методов анкетирования, исключающих контакты между экспертами, но предусматривающих ознакомление их с мнениями друг друга между турами.

В развитых вариантах Дельфи-процедура представляет собой программу последовательных индивидуальных опросов с использованием методов анкетирования. Вопросники от тура к туру уточняются. Для снижения таких

факторов, как внушение или приспособляемость к мнению большинства, иногда требуется, чтобы эксперты обосновывали свою точку зрения, но это не всегда приводит к желаемому результату.

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

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

### **Морфологические методы.**

Суть метода состоит в том, что в системе выделяют несколько характерных (структурных или функциональных признаков). Каждый из них может характеризовать какой-то параметр или характеристику системы, от которых зависит решение проблемы. По каждому выделенному признаку составляют список его различных вариантов-альтернатив. Признаки с альтернативами располагают в таблицу - «морфологический ящик». Перебирая всевозможные сочетания этих альтернатив, можно выявить новые варианты решения. Модификации морфологического метода – матричные методы. Тезаурусный подход- изучение системы снизу, т.е. не определение цели, а перечисление элементов и связей - морфологический.

Морфологический анализ эффективный способ решения системных задач требующих нетрадиционного, оригинального решения. Идеи современного морфологического анализа были впервые опробованы монахом *Раймондом Лулем* (примерно 1235 - 1316 г.г.). Вторую жизнь методу дал известный швейцарский астрофизик, работавший в США в середине XX века *Фриц Цвикки*. Используя свой метод *Ф. Цвикки*, смог генерировать внушительное количество оригинальных решений для задач ракетостроения. Название метода «морфологический» частенько заменяют термином «метод Цвики». Сейчас морфологический анализ широко применяется в различных областях человеческой деятельности. Развитие метода сформировало отдельное его направление – Теорию Решения Изобретательских Задач (ТРИЗ *Г.С. Альтшуллера*).

Основной идеей морфологического анализа является упорядочение процесса выдвижения и рассмотрения различных вариантов решения задачи. Расчет строится на том, что в поле зрения могут попасть варианты, которые

ранее не рассматривались. Принцип морфологического анализа легко реализуется с помощью компьютерных средств.

Морфологический анализ основан следующих последовательных действиях-шагах:

1. Формулируется проблема;
2. Выделяются все ключевые элементы системы;
3. Определяется как можно большее число варианты решения;
4. Занесение вариантов в таблицу;
5. Оценивание всех вариантов и их комбинирование;
6. Выбор наиболее оптимального решения.

Таблица для анализа вариантов и выбора оптимального приведена ниже.

Таблица1 - Морфологический анализ для попарного сочетания вариантов

	Вариант1	Вариант2	Вариант3	Вариант4
Вариант1				
Вариант2				
Вариант3				
Вариант4				

Принцип морфологического анализа рационален для достаточно простых систем – рекламы, дизайна и т.д. Для объектов имеющих большое количество элементов и множество вариантов, таблица становится громоздкой и метод становится трудоемким.

Основными преимуществами морфологического анализа считаются:

- равноценность всех элементов анализируемого объекта;
- максимальная четкость формулировки поставленной задачи;
- снятие ограничений в анализе элементов исследуемого объекта;
- возможность получения новых и/или развития уже имеющихся идей.

Основные схемы морфологического анализа:

- **метод выделения опорных элементов** исследуемой системы и работа с комбинациями вариантов решения;

- **метод отрицания и конструирования**. В основе этого метода морфологического анализа - замена сформулированных идей на противоположные и анализ несоответствий;

- **метод морфологического ящика** (наиболее приемлем для больших и сложных объектов). Состоит в определении всех возможных параметров

решения задачи, формирования матрицы и анализ различных сочетаний до выбора наилучшего варианта сочетания.

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

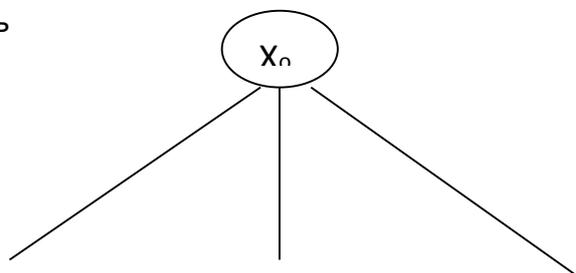
Дерево целей представляет собой упорядоченную иерархию целей, характеризующую их соподчиненность и внутренние взаимосвязи. Процесс конкретизации целей от высших уровней к низшим напоминает процесс разрастания дерева (только растет оно сверху вниз). Структура целей изображается в виде ветвящегося рисунка, называемого «деревом целей».

При построении «дерева целей» исходят из следующих положений:

- все «дерево целей» есть не что иное, как единая, но детализированная цель рассматриваемой системы;
- цель каждого уровня иерархии определяется целями вышестоящего уровня;
- по мере перехода от целей к подцелям они приобретают все более конкретный и детальный характер; требуемые для реализации целей ресурсы можно рассматривать лишь на нижних звеньях, «дерева целей»;
- подцели являются средствами к достижению непосредственно связанной с ними вышестоящей цели и в то же время сами выступают как цели по отношению к следующей, более низкой ступени иерархии;
- цель высшего уровня иерархии достигается лишь в результате реализации подцелей, на которые она распадается в «дереве целей».

Принципиальная схема «дерева целей» выглядит следующим образом.

О – й уровень



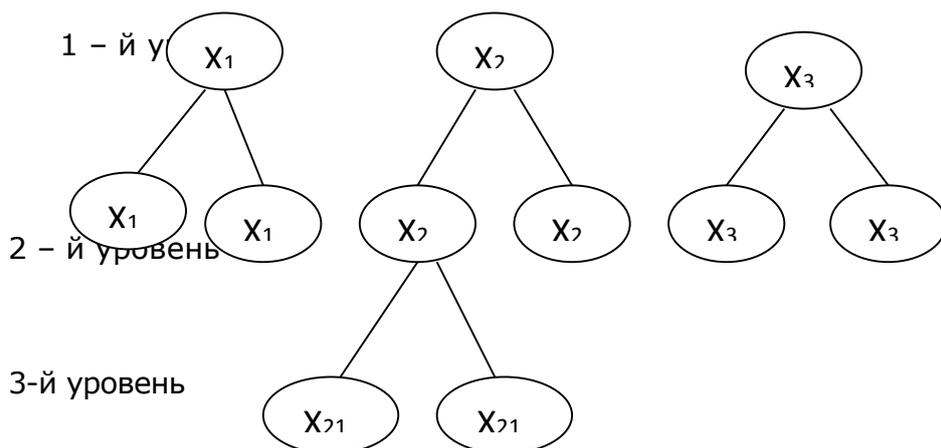


Рисунок3 - Схема построения «дерева целей»

Возможны различные принципы детализации «дерева целей»:

- предметный принцип(цели разбиваются на подцели той же природы, только более дробные),
- функциональный принцип (выявляются отдельные функции, совокупность которых определяет содержание детализируемой цели),
- принцип детализации по этапам производственного цикла (производство, распределение, обмен и прочее) потребление),
- принцип детализации по этапам принятия решения,
- принцип адресности,
- принцип детализации по составным элементам процесса производства (подцели конкретизируются по месту исполнения).

При построении «дерева целей» необходимо обеспечить:

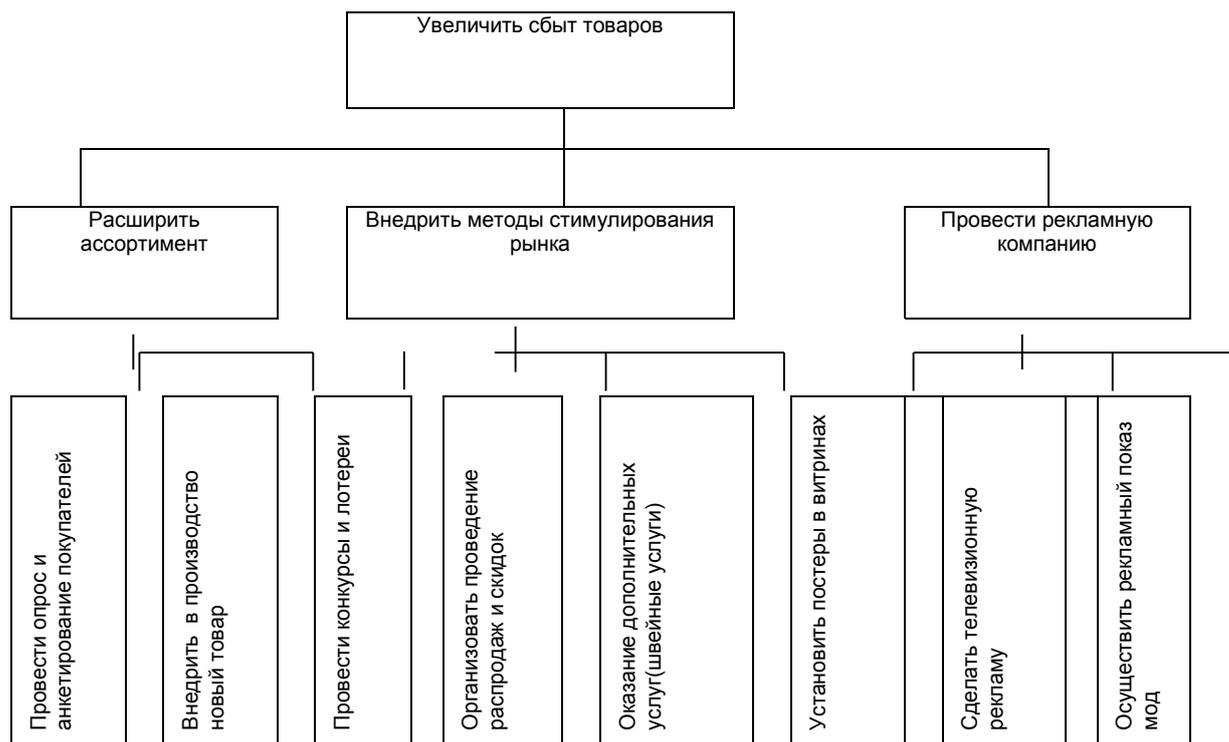
- 1) конкретность формулировок;
- 2) сопоставимость целей каждого уровня по масштабу и значению;
- 3) измеримость целей;
- 4) конъюнктивность (объединение понятий подцелей полностью определяет понятие соответствующей цели).
- 5) в правильной ли последовательности размещены цели производства, совершенствование, развитие системы;
- 6) все ли аспекты учтены при формировании целей данного уровня;
- 7) правильно ли сгруппированы цели по характеру деятельности;
- 8) правильно ли учтена логическая схема данного производственного, управленческого или иного процесса;
- 9) правильно ли учтена конструкция у данного вида машин, изделий;

10) правильно ли учтены организационная структура предприятия, органов управления и других предприятий, не упущены ли какие-либо функции, фактически осуществляющими ими;

11) правильно ли осуществлены переходы от высших к низшим экономическим или техническим системам, переходы от производственных процессов к подпроцессам и операциям и так далее;

12) правильно ли сформулирована цель, является ли она полной.

*Пример. 1. Перед руководителем производственно-сбытового предприятия одежды стоит проблема увеличения сбыта.*



#### 4.2.2. Формализованные методы

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

*Пример. Таблица Менделеева.*

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

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

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

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

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

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

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

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

В ряде ситуаций приходится иметь дело с *непрерывно распределенными* случайными величинами - весами, расстояниями и т. п. Для них идея оценки среднего значения (математического ожидания) и меры рассеяния (дисперсии) остается той же, что и для дискретных случайных величин. Приходится только вместо соответствующих сумм вычислять интегралы. Второе отличие - для непрерывной случайной величины вопрос о том, какова вероятность принятия ею конкретного значения обычно не имеет смысла - как проверить, что вес товара составляет точно 242 кг - не больше и не меньше?

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

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

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

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

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

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

В том случае, если в задаче математического программирования имеется переменная времени и целевая функция выражается не в явном виде, как функция переменных, а косвенно, через уравнение, описывающее протекание

операции во времени, то такая задача является задачей ***динамического программирования***.

Если целевая функция и система ограничений задаются формулами вида:  $C * X^{\alpha_1} * X^{\alpha_2} * \dots * X^{\alpha_n}$ , то это задача ***геометрического программирования***.

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

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

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

## **ТЕМА №5. СЛОЖНЫЕ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

### **5.1 Оценка сложных систем в условиях неопределенности**

Напомним, что под сложными понимаются системы, которые можно расчленить на конечное количество подсистем. Подсистемы в свою очередь могут быть разбиты на еще более мелкие подсистемы и т.д. до элементарных составляющих. Таким образом, любая сложная система имеет древовидную, иерархическую структуру. Все элементы сложных систем находятся во взаимодействии друг с другом (внутренняя среда) и с элементами и факторами внешней среды.

Результатом жизнедеятельности системы может быть совершенно определенный (детерминированный) исход. Так, например, изменения количества сотрудников детерминировано отразится на величине налогов, начисляемых на выплачиваемую заработную плату; увеличение НДС коррелирует с серыми схемами расчетов; продолжительный период морозов вызывает увеличение потребления энергоресурсов; наступление летнего сезона увеличивает спрос на вентиляторы и кондиционеры и т.п. Зависимости такого рода связаны с функциями системы или ее элементов, поэтому ее логично называют функциональной.

Определенность имеет место в большинстве математических задач, а также во многих моделях линейного и нелинейного программирования. Это могут быть модели поиска вариантов распределения ресурсов, дающих, наибольшую отдачу по определенному показателю (такому, как прибыль или стоимость), или наименьшему значению некоторого другого критерия (такого, как затраты) в условиях заданных ограничений.

Взаимодействия между объектами внутренней или внешней среды сложной системы, вызывающие определенные (детерминированные) последствия могут быть исследованы следующими методами системного анализа:

- **методы математического программирования** (например, метод теории поля, рассматривающий зависимость функций элементов от параметров сложной системы);
- **методы структурного анализа сложных систем**, позволяющие выделить в сложных системах подсистемы с их функциональными и количественными зависимостями;
- **методы качественной теории сложных систем** - исследование устойчивости систем.

Рассмотрим более подробно данные методы.

Многочисленная группа методов математического программирования исследователями обычно разбивается на несколько подгрупп-классов. Например, *по характеру области допустимых значений и виду целевой функции* эти методы можно разделить на следующие классы задач:

- линейного программирования – целевая функция и функция-ограничения имеют прямую зависимость, линейны;
- нелинейного программирования – зависимость целевой функции и функции-ограничения не имеют прямой, линейной зависимости.

**По способу решения:**

- аналитические;
- графические;
- численные.

По другим критериям – на статические и динамические (*по фактору времени*), дискретные и непрерывные (*по характеру процесса*), одномерные и многомерные (*по типу и количеству переменных*) и т.д.

Задачи математического программирования достаточно хорошо изучены и используются достаточно широко не только для информационно-аналитических систем, например, для разработки прикладных компьютерных программ системного анализа, но и для практических задач управления хозяйственно-экономических систем.

Приведем пример задачи производства и поставок, предлагаемой в качестве классического примера математического программирования в условиях определенности *Г.И.Корниловым* в «*Основах теории систем и системного анализа*»:

**Пример.** Пусть некоторая фирма должна производить и поставлять продукцию клиентам равномерными партиями в количестве  $N = 24000$  единиц в год. Срыв поставок недопустим, так как штраф за это можно считать бесконечно большим. Запускать в производство приходится сразу всю партию, таковы условия технологии. Стоимость хранения единицы продукции  $C_x = 10$  копеек в месяц, а стоимость запуска одной партии в производство (независимо от ее объема) составляет  $C_p = 400$  руб.

Таким образом, запускать в год много партий явно невыгодно, но невыгодно и выпустить всего 2 партии в год — слишком велики затраты на хранение! Где же “золотая середина”, сколько партий в год лучше всего выпускать?

Будем строить модель такой системы. Обозначим через  $n$  размер партии и найдем количество партий за год

$$p = \frac{N}{n} = 24000/n.$$

Получается, что интервал времени между партиями составляет  $t = 12/p$  (месяцев), а средний запас изделий на складе —  $n/2$  штук.

Сколько же нам будет стоить выпуск партии в  $n$  штук за один раз?

Сосчитать нетрудно:

$$0.1 * 12 * \frac{n}{2} \text{руб.}$$

на складские расходы в год и  $400 * p$  руб. за запуск партий по  $n$  штук изделий в каждой.

В общем виде годовые затраты составляют:

$$E = C_x * T * \frac{n}{2} + C_p * N/n$$

где  $T = 12$  — полное время наблюдения в месяцах.

Перед нами типичная вариационная задача: найти такое  $n_0$ , при котором сумма  $E$  достигает минимума.

Решение этой задачи найти совсем просто — надо взять производную по  $n$  и приравнять эту производную нулю. Это дает

$$n_0 = \sqrt{\frac{2 * N * C_p}{T * C_x}}$$

что для нашего примера составляет 4000 единиц в одной партии и соответствует интервалу выпуска партий величиной в 2 месяца.

Затраты при этом минимальны и определяются как

$$E_0 = \sqrt{2 * N * T * C_x * C_p}$$

что для нашего примера составляет 4800 руб. в год.

С помощью алгоритмов линейного программирования решаются задачи управления запасами, распределения ресурсов. Кстати, первые задачи такого характера были исследованы еще задолго до появления собственно кибернетики и компьютерных технологий — в 1915 году. Это была задача минимизации затрат на заказ и хранение запасов при заданном спросе на продукцию и заданным уровнем цен. Основателем теоретического и практического исследования задач линейного программирования были положены Д.Данцингом и Л.В.Канторовичем. В 60-х годах XX века способы построения математических моделей сложных систем и методы их исследования выделились в самостоятельную научную дисциплину — теорию сложных систем.

В самом общем виде задача линейного программирования может быть представлена в следующем виде: требуется обеспечить минимум выражения (целевой функции):

$$E(X) = C_1 * X_1 + C_2 * X_2 + \dots + C_i * X_i + \dots + C_n * X_n$$

при следующих условиях: все  $X_i$  положительны и, кроме того, на все  $X_i$  налагаются  $m$  ограничений ( $m < n$ )

$$\left. \begin{aligned} A_{11} * X_1 + A_{12} * X_2 + \dots + A_{ij} * X_j + \dots + A_{1n} * X_n &= B_1 \\ A_{i1} * X_1 + A_{i2} * X_2 + \dots + A_{ij} * X_j + \dots + A_{in} * X_n &= B_i \\ A_{m1} * X_1 + A_{m2} * X_2 + \dots + A_{mj} * X_j + \dots + A_{mn} * X_n &= B_m \end{aligned} \right\}$$

На практике только немногие ситуации могут оставаться определенными в достаточно длительном интервале времени. Поэтому, чаще всего мы встречаемся с ситуациями, имеющими два и более вероятных исхода, т.е. с факторами неопределенности.

Неопределенность возникает в том случае, когда ситуация имеет несколько исходов и вероятность каждого исхода неизвестна. Если можно оценить вероятность каждого исхода, то говорят об условиях риска. Некоторые исследователи рассматривают риск и неопределенность – как равные категории. Однако при логическом анализе становится понятно, что эти понятия взаимосвязаны, легко переходят одна в другую, но существенно различаются друг от друга. В ситуации риска человек может не знать, что точно произойдет, но имеет представление о вероятности будущих событий, в отличие от ситуаций неопределенности, когда нет достаточной информации о будущих событиях. Поэтому, прежде чем оценить ситуацию, необходимо продумать возможные варианты развития событий, провести анализ множества предположений и гипотез. Конкретный выбор варианта решения может привести к нескольким исходам с неизвестной вероятностью. Невозможность определения вероятности при таких случаях могут быть обусловлены двумя причинами:

- вероятности не могут быть рассчитаны в силу отсутствия необходимой статистической информации;
- ситуация не статистическая и об объективных вероятностях говорить вообще не имеет смысла. В этом случае говорят о ситуации «чистой неопределённости».

Природа неопределенности – во всеобщей стохастичности и случайности событий. **Неопределенность** - это объективно существующая реальность пронизывающая все уровни организации материи и, в этом смысле, фатально неистребима. В то же время надо осознавать, что неопределенность является силой порождающей новое, следовательно, является реальным компонентом развития.

Неопределенность может рассматриваться в двух вариантах – как явление и как процесс. Этот взгляд хорошо обоснован в работах *В.Ф.Капустина*: «Как явление, неопределенность – это набор нечетких или размытых ситуаций, взаимоисключающей или недостаточной информации. К явлению относятся и форс-мажорные события, которые могут возникнуть помимо воли и сознания конкретного работника и изменить намеченный ход событий. Как процесс, неопределенность – это деятельность некомпетентного работника, принимающего ошибочные решения и т.д.»

Неопределенность как явление проявляется в различных сферах бытия и может обнаруживаться на уровне индивидуумов - неожиданными столкновениями сил, интересов, стремлений, на уровне социума - изменениями хода исторических событий, бессистемностью движения масс, на уровне биосферы - проявлением непреднамеренных действий и побочных продуктов деятельности человека.

## 5.2 Виды неопределенностей

Так как природа неопределенности весьма разнообразна, правомерно говорить о разных подходах к систематизации различных видов неопределенности в зависимости от критериев положенных в основу систематизации. Рассмотрим наиболее устоявшиеся *классификации видов* неопределенности.

1. Одна из наиболее распространенных классификаций видов неопределенности охватывает максимально возможную для логических умозаключений человека область. Эта классификация основывается на факторах порождаемых деятельностью человека и имеет четыре вида:

а) неопределенность целей - связана с неоднозначностью, а иногда и невозможностью выбора одной цели при принятии оптимального решения. Подразделяется на критериальные, ресурсные, модельные и экспертные неопределенности;

б) неопределенность природы – т.е. неопределенность наших знаний об окружающем мире и факторах действующих в данном явлении. В зависимости от возможности исследования и анализа подразделяется на статистические, интервальные и произвольные неопределенности;

в) неопределенности взаимодействия – определяются характером взаимодействий людей и могут быть структурированы в зависимости от психологических особенностей этих взаимодействий на неопределенности конфликтов, противодействия и кооперации (сотрудничества);

г) экспертные неопределенности - основываются на субъективных представлениях и суждениях экспертов.

2. В зависимости от возможности наступления ситуации неопределенности различают первичную и производную неопределенности.

а) Первичная неопределенность определяется природой событий и их возможных результатов. Одни события обуславливают, определяют одни результаты, другие - совершенно другие результаты. Соответственно, неопределенности связанные с одним и другим событием будут различны.

б) Произвольная неопределенность некоторого события обусловлена случайностью осуществления события из многообразия возможных.

3. В зависимости от направленности вектора времени можно также говорить о ретроспективной и перспективной неопределенности.

а) неопределенность прошлого (ретроспективная), порождающей причины настоящего и будущего;

б) перспективная неопределенность связанной с неоднозначностью взаимодействия причины и следствия, с тем, что последующее состояние системы не является единственным, а связано с необходимостью выбора из некоторого множества возможных состояний.

4. Полагая, что каждый исход имеет известную вероятность наступления и в зависимости от степени вероятности возможности наступления тех или других событий, потенциальная неопределенность может быть статистической и прогнозной.

а) Статистическая неопределенность задается характером действий системы и имеет достаточно высокую потенциальную возможность ее возникновения.

б) Прогнозная неопределенность возникает тогда, когда невозможно оценить вероятность потенциальных результатов.

5. В отношении социально-экономических систем целесообразно рассматривать следующие виды неопределенности:

а) Неопределенности макросреды

- неопределенности, связанные с недостаточными знаниями о природе;

- неопределенности природных явлений;

- неопределенности, связанные с осуществлением действующих (неожиданные аварии) и проектируемых (возможные ошибки разработчиков или физическая невозможность осуществления процесса, которую заранее не удалось предсказать) технологических процессов;

- неопределенности, связанные с колебаниями цен, ставки процента, валютных курсов и других макроэкономических показателей;

- неопределенности, порожденные нестабильностью законодательства и текущей экономической политики, с политикой, экологическими проблемами в масштабе страны;

- внешнеэкономические неопределенности, связанные с ситуацией в зарубежных странах и международных организациях.

б) Неопределенности микросреды (неопределенности, связанные с ближайшим окружением сложной системы):

- неопределенности, связанные с деятельностью участников экономической жизни, с их деловой активностью, финансовым положением, соблюдением обязательств;

- неопределенность будущей рыночной ситуации, в том числе отсутствие достоверной информации о будущих действиях поставщиков в связи с меняющимися предпочтениями потребителей;

- неопределенности, связанные с социальными и административными факторами в конкретных регионах, в которых наша фирма имеет деловые интересы.

6. В зависимости от области исследования, понятие неопределенности приобретает специфические характеристики и виды. Так, например, в исследованиях социальной природы действий человека неопределенность может быть представлена двумя видами – имманентной и гетерономной.

а) Имманентная неопределенность порождается внутренней природой человека (Имманентный - филос. Внутренне присущий какому-нибудь предмету, явлению, проистекающий из его природы) и имеет место, когда горизонт предпочтений меняется, но типологическая узнаваемость событий и процессов сохраняется. Например, человек, избравший ту или иную профессию, может достичь в рамках своей профессии мастерства и высших ступеней, а может остаться на первоначально квалификационном уровне. Выбор вариантов и, соответственно, рождаемых этими вариантами неопределенностей, определяется характером самого человека.

б) Гетерономная неопределенность, в противоположность имманентной, приобретает принципиально другое качество. Выбор вариантов не во власти действий человека – обстоятельства определяют события и связанные с ними неопределенности. Примером могут служить исторические повороты судеб известных людей, которые при стечении обстоятельств менялись кардинальным образом и не могли быть прогнозируемыми.

Каждый из перечисленных видов неопределенности может быть детализирован более глубоко. Так, неопределенности связанные с авариями могут быть декомпозированы на ситуации при технологических авариях, в частности, на химических производствах и на атомных электростанциях и т.д.

Следует учитывать, что данная классификация видов неполная. В силу динамичного процесса познания и исследования природы неопределенностей стоит ожидать и новых интерпретаций, и новых классификаций.

## **ТЕМА №6. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

В практике деятельности сложных систем, неопределенности более всего встречаются в политической, социокультурной и научной средах. В социально-экономических сферах, например, в деятельности коммерческого предприятия, условия неопределенности часто нивелируются на административном уровне. Как правило, всегда есть возможность получить дополнительную информацию, проанализировать ситуацию еще раз, и уже на основе суждений, интуиции, накопленного опыта лица принимающего решения (ЛПР) принять решения уменьшающие действия факторов неопределенности или переводя проблему в разряд определенных ситуаций.

Любая сложная система характеризуется множеством факторов неопределенности: неопределенность внешней среды, неопределенность, связанная с характером, вариантами и моделью развития, неопределенностью характеристик элементов составляющих данную систему их взаимоотношений и т.д. Факторы неопределенности социально-экономических систем определяют опасность потери ресурсов, упущения выгоды, появления дополнительных расходов. Следовательно, при проведении прогнозов развития таких систем необходимо учитывать факторы неопределенности, обуславливающие риск по различным показателям эффективности. В связи с этим, мы неминуемо сталкиваемся с проблемой исследования, оценки неопределенных составляющих и перевода их в формализованные показатели. Этот процесс может быть проведен на основе применения математических методов, позволяющих анализировать различные виды неопределенности.

Для оценки сложных систем в условиях неопределенности используются самые различные методы качественного и количественного анализа. К наиболее известным методам оценки в мировой практике следует мировой практике отнести такие методы как:

- метод сценариев;
- методы теории игр;
- метод Дерева решений;
- имитационное моделирование по методу Монте-Карло;

**Методы сценариев.** Уделим внимание только одному из вариантов этой группы— методу гарантированного прогноза. В его основе - определение верхнего, положительно влияющего на развитие исследуемой системы предела параметров и нижнего, препятствующего положительным

изменениям предела показателей объекта. Полученный коридор сценариев и подвергается анализу. Исследование можно разделить на два этапа:

- предсценарный – работа с фактическими данными, формализация параметров, описание процессов, подготовка всей необходимой информации.
- сценарный этап – проведение расчетов по основным сценариям и составление подробного описания предлагаемых вариантов, а так же рекомендации для наиболее эффективного внедрения того или другого прогноза.

Стоит отметить, что недостатки этой группы методов - множество вариантов сценариев развития - субъективны и не дают достоверной вероятности и, следовательно, сложные системы не могут быть достоверно оценены.

**Методы теории игр.** В настоящее время нет универсального критерия по выбору решения для задач неопределенных статически. Разработаны лишь общие требования к критериям и процедурам оценки и выбора оптимальных систем.

Обычно задачи записываются в матрице вида:

$a \setminus n$	$n_1$	...	$n_k$	$K(a_j)$
$a_1$	$k_{11}$	...		
·				
·				
$a_m$			$K_{mk}$	

$a = (a_1 \dots a_m)$  – вектор управляемых параметров, определяющий свойства систем

$n = (n_1 \dots n_k)$  – вектор неуправляемых параметров, определяющий состояние обстановки.

$K_{ij}$  – значение эффективности системы  $a_i$  для состояния обстановки  $n_j$

Наиболее часто в неопределенной ситуации используются **критерии**:

1. Среднего выигрыша
2. Достаточного основания (критерий Лапласа)
3. Осторожного наблюдателя (критерий Вальда)
4. Пессимизма-оптимизма (критерий Гурвица)
5. Минимального риска (критерий Севиджа)

Рассмотрим некоторые из них:

**Критерий MAXIMAX** – дает общую потенциальную характеристику развития системы, но не учитывает риска, связанного с неблагоприятным развитием внешней среды.

**Критерий MAXIMIN** (критерий Вальда) – позволяет минимизировать риски, но в то же время занижает эффективность, поэтому могут быть

вычеркнуты высокоэффективные меры. Использование данного критерия целесообразно при условии необходимости достижения гарантированного результата.

**Критерий MINIMAX** (критерий Сэвиджа), в отличие от критерия MAXIMIN, минимизирует показатели высокой прибыли, таким образом, допускает получение дополнительной прибыли при разумном риске. В ситуации неопределенности этот критерий следует использовать в том случае, когда есть уверенность в том, что случайный убыток не приведет фирму к полному краху.

**Критерий пессимизма-оптимизма Гурвица** устанавливает два сценария развития событий, при которых возможно достижение минимальной и максимальной эффективности.

Рассмотренных критерии метода теории игр имеют один существенный общий недостаток – все они дают ограничения по выбору вариантов принятия решений по тому или иному показателю.

**Пример.** Необходимо оценить один из трех программных продуктов  $a_i$  для борьбы с одним из четырех программных воздействий  $k_j$ . Матрица эффективности выглядит следующим образом:

$a \backslash k$	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$
$a_1$	0,1	0,5	0,1	0,2
$a_2$	0,2	0,3	0,2	0,4
$a_3$	0,1	0,4	0,4	0,3

#### **Критерий среднего выигрыша.**

Предполагает задание вероятностей состояния обстановки  $P_i$ . Эффективность систем оценивается как **среднее ожидание** (мат. ожидание) оценок эффективности по всем состояниям обстановки. Оптимальной системе будет соответствовать максимальная оценка.

$$K = \sum P_i K_{ij}$$

Предположим, что вероятность применения противником программных воздействий  $P_1 = 0,4$ ;  $P_2 = 0,2$ ;  $P_3 = 0,1$ ;  $P_4 = 0,3$

$$K(a_1) = 0,4 * 0,1 + 0,2 * 0,5 + 0,1 * 0,1 + 0,3 * 0,2 = 0,21$$

$$K(a_2) = 0,4 * 0,2 + 0,2 * 0,3 + 0,1 * 0,2 + 0,3 * 0,4 = 0,28$$

$$K(a_3) = 0,4 * 0,1 + 0,2 * 0,4 + 0,1 * 0,4 + 0,3 * 0,3 = 0,25$$

Оптимальное решение по данному критерию - программный продукт  $a_2$ .

#### **Критерий Лапласа (достаточного основания).**

Предполагается, что состояние обстановки равновероятно, так как нет достаточных оснований предполагать иное.

$$K = 1/k \sum K_{ij}$$

для каждого  $i$ , а оптимальное значение указывает максимальную сумму  $K$ .

$$P1=0,25; P2=0,25; P3=0,25; P4=0,25$$

$$K(a_1)=0,25*(0,1+0,5+0,1+0,2)=0,225$$

$$K(a_2)=0,25*(0,2+0,3+0,2+0,4)=0,275$$

$$K(a_3)=0,25*(0,1+0,4+0,4+0,3)=0,3$$

Оптимальное решение - программа **а3**

Замечание – критерий Лапласа – это частный случай критерия среднего выигрыша.

### **Критерий осторожного наблюдателя (критерий Вальда).**

Это максимальный критерий (максимальные доходы, минимальные потери). Он гарантирует определенный выигрыш при худших условиях. Критерий использует то, что при неизвестной обстановке нужно поступать самым осторожным образом, ориентируясь на минимальное значение эффекта каждой системы.

Для этого в каждой строке матрицы находится минимальная из оценок систем

$$K(a_i) \min_{j} K_{ij}$$

Оптимальной считается система из строки с максимальным значением эффективности

$$K_{\text{опт}} = \max_{ij} (\min K_{ij})$$

для всех **ij**

$$K(a_1) = \min(0,1; 0,5; 0,1; 0,2) = 0,1$$

$$K(a_2) = \min(0,2; 0,3; 0,2; 0,4) = 0,2$$

$$K(a_3) = \min(0,1; 0,4; 0,4; 0,3) = 0,1$$

Оптимальное решение – продукт **а2**

В любом состоянии обстановки выбранная система покажет результат не хуже найденного максимина. Однако такая осторожность является в ряде случаев недостатком критерия.

### **Критерий пессимизма-оптимизма (критерий Гурвица).**

Критерий обобщенного максимина. Согласно данному критерию при оценке и выборе систем не разумно проявлять как осторожность, так и азарт. Следует принимать во внимание самое высокое и самое низкое значение эффективности занимать промежуточную позицию. Эффективность находится как взвешенная с помощью коэффициента  $\alpha$  суммы максимальных и минимальных оценок.

$$K(a_i) = \alpha \max_{jj} K_{ij} + (1 - \alpha) * \min_{jj} K_{ij}$$

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

$$K_{\text{опт}} = \max_{ijj} \{ \alpha \max_{jj} K_{ij} + (1 - \alpha) * \min_{jj} K_{ij} \}$$

$$\alpha = 0,6$$

$$K(a_1) = 0,6 * 0,5 + (1 - 0,6) * 0,1 = 0,34$$

$$K(a_2) = 0,6 * 0,4 + (1 - 0,6) * 0,2 = 0,32$$

$$K(a_3) = 0,6 * 0,4 + (1 - 0,6) * 0,1 = 0,28$$

Оптимальное решение – продукт **а1**

При  $\alpha = 0$  критерий Гурвица сводится к критерию максимина. На практике используются значения  $\alpha$  из интервала  $(0,3 \div 0,7)$ .

**Критерий минимального риска (критерий Севиджа).**

Минимизирует потери эффективности при наихудших условиях. В этом случае матрица эффективности должна быть преобразована в матрицу потерь. Каждый элемент определяется как разность между максимальным и текущим значениями оценок эффективности в столбце.

$$\Delta K_{ij} = \max K_{ij} - K_{ij}$$

После преобразования матрицы используется критерий **минимакса**, т.е. оптимального решения критерия.

$$K(a_i) = \max_j \Delta K_{ij}$$

$$K_{\text{опт}} = \min_{ij} (\max \Delta K_{ij})$$

Таблица «Матрица потерь»

а\к	к1	к2	к3	к4	к(аi)
а1	0,1	0	0,3	0,2	0,3
а2	0	0,2	0,2	0	0,2
а3	0,1	0,1	0	0,1	0,1

Итоговые результаты выписываем в таблицу «Форма записи результатов».

Таблица «Форма записи результатов»

а\к	к1	к2	к3	к4	Ср. выигрыш	Лапласа	Вальда	Гурвица	Севиджа
а1	0,1	0,5	0,1	0,2	0,21	0,225	0,1	<u>0,34</u>	0,3
а2	0,2	0,3	0,2	0,4	<u>0,28</u>	0,275	<u>0,2</u>	0,32	0,2
а3	0,1	0,4	0,4	0,3	0,25	<u>0,300</u>	0,1	0,28	<u>0,1</u>

Тип критерия для выбора рационального варианта выбирается на аналитической стадии рассмотрения сложных систем.

**Метод Деревя решений** предлагает графическое отображение различных вариантов возможных будущих сценариев развития системы. Сходен с методом Деревя целей. От одного метода – четкие построения и структуризация проблем, от другого – вариативность возможных событий. Данный метод удобен в ситуациях, когда существует зависимость более поздних решений от решений, принятых ранее, и в свою очередь, определяющих сценарии дальнейшего дальнейшего событий. Основными недостатками данного метода являются, во-первых, его субъективизм, во-вторых, громоздкость и техническая сложность обработки данных.

Последовательность действий при построении дерева решений.

1. Структуризация проблемы - установление причинно-следственных связей в анализируемой проблеме. А именно, выбор предпочтительного варианта разрешения проблемы и менее предпочтительного (что можно отложить), а так же круг вопросов, информации необходимой для принятия решения, источников ее получения и возможных сроков, необходимых для решения. Итогом этого этапа должна стать модель процесса принятия решений, в которой должны быть учтены следующие элементы:

- действия необходимые для принятия решений;
- события, которые не зависят от ЛПР и являются результатом действия факторов неопределенности.

2. Построение диаграммы дерева решений

3. Оценка вариантов решений

4. Оценка вероятностей наступления событий и анализ неопределенности.

**Имитационное моделирование по методу Монте-Карло** некоторые исследователи считают эволюционным развитием метода сценариев, прежде всего потому, что в процессе реализации этого метода проигрываются достаточно большое количество вариантов. Это сложный и одновременно самый эффективный метод оценки систем.

Кроме рассмотренных выше методов для оценки эффективности сложных систем в условиях неопределенности могут быть применены и другие. Большинство этих методов строятся на субъективных и вероятностных оценках, и, следовательно, не могут быть идеальными с точки зрения точности и адекватности. Ограничения и недостатки формальных методов, многие специалисты чаще всего полагаются на свой личный опыт и интуицию, используя, в лучшем случае, только некоторые элементы расчетов прогнозных методов. Это объясняет продолжающийся поиск более эффективных и надежных методов зарубежными и отечественными исследователями. Одно из направлений этих работ – теория нечетких множеств в оценке экономической эффективности и риска в условиях неопределенности.

## **ТЕМА № 7. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В УПРАВЛЕНИИ**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Игнорирование общесистемного подхода может быть преднамеренным из-за того, что руководители подчас склонны преувеличивать значение своих собственных действий для достижения результатов общего дела. Более вероятно, однако, что такое игнорирование возникает не преднамеренно, а в

результате неспособности человека, принимающего решение по отдельным вопросам, представить себе последствия принятых им решений в других направлениях деятельности предприятия. Главное в системном подходе к управлению заключается в получении более целостной картины сети подсистем и взаимосвязанных частей, которые образуют единое целое.

Понятие управление не формализовано настолько, чтобы можно было дать его точное и при этом достаточно широкое определение. Более того, всякое определение управления оперирует понятиями, которые также строго не определены (система, среда, цель, программа и др.).

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

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

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

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

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

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

**Организация.** Организационная функция направлена на объединение людей и материальных, финансовых и других ресурсов в систему таким образом, чтобы совместная деятельность производственного персонала обеспечивала решение задач, стоящих перед организацией. Эта функция руководства включает в себя определение тех видов административной деятельности, которые необходимы для достижения целей предприятия, распределение этих видов деятельности по подразделениям, предоставление прав и установление ответственности за их использование. Таким образом, функция организации обеспечивает взаимосвязь, или взаимозависимость, между различными подсистемами и всей системой в целом.

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

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

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

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

значение придается планированию как средству преодоления неопределенности.

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

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

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

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

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

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

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

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

План включает три основных момента:

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

Процессы планирования и принятия решений неотделимы друг от друга.

*Решение* - это выбор одного из альтернативных путей, но само по себе оно не является планом, так как не всегда связано с действием или сроком его исполнения. Решения необходимы на любом уровне процесса планирования, поэтому они неразрывно связаны с планированием.

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

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

В планирование входят следующие, логически увязанные этапы:

1. Оценка экономической и политической обстановки.
2. Определение предполагаемой роли и места хозяйственной единицы во внешней среде.
3. Изучение спроса потребителей.
4. Анализ конкурентов.
5. Определение возможных изменений в других заинтересованных группах (смежников, поставщиков, конкурентов и т.д.).
6. Определение главных целей и задач, разработка общих планов, которые будут направлять деятельность всей организации.

7. Создание системы связей и формирование потоков информации, с помощью которых члены организации могут принимать участие в процессе планирования.

8. Преобразование общих планов в цели и задачи отдельных функциональных подсистем на более конкретной основе (исследование, проектирование и разработка, производство, распределение и обслуживание).

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

- система внешней среды определяет политические и экономические условия, в которых протекает деятельность организации;
- система внешних отношений отражает отраслевую структуру, взаимоотношения между конкурентами, отношения между производителями и потребителями, характерные для отдельной отрасли, в которой данная организация конкурирует с другими;
- система внутренней организации предприятия характеризует организационную структуру, цели и политику, а также функциональные отношения между подразделениями.

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

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

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

- организации - это социальные системы, т.е. люди, объединенные в группы;
- деятельность людей носит совместный характер (люди работают сообща);
- действия людей целенаправленны.

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

1. организация - процесс;
2. организация - учреждение;
3. организация как уровень исполнения (отделяющий от неорганизованного действия).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Современная теория организации и теория систем тесно взаимосвязаны, причем теория организации является самостоятельным элементом общей теории систем. Как теория систем, теория организации изучает общие свойства организации как единого целого. Современная теория организации в различных аспектах рассматривает как каждую подсистему отдельно, так и их взаимоотношения. При этом главное внимание уделяется иерархической пирамиде работ и задач, подчеркиваются вертикальные связи в этой пирамиде, но не оставляются без внимания и горизонтальные связи. В современной

теории организации именно эти горизонтальные связи считаются наиболее важными. Функция горизонтальных связей состоит в упрощении решения проблем, возникающих вследствие разделения труда. Их природа и особенности определяются членами организации, которые имеют различные организационные подцели, но взаимозависимая деятельность которых требует взаимодействия.

Традиционный подход к административной власти уделяет большое внимание некоторым видам отношений внутри организации, не учитывая других, не менее важных. По современным представлениям о сущности административной власти взаимоотношения между руководителями и подчиненными являются результатом интеграции формальной структуры и процессов изменения. Таким образом, современная теория организации рассматривает систему и ее компоненты с различных точек зрения, уделяя особое внимание интеграции подсистем и процессов изменения.

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

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

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

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

В человеческом обществе встречаются три типа связи:

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

Нет эффективного управления, если нет хорошо налаженной связи. Связь и управление в организациях имеют решающее значение. *Связь* - это то, что объединяет организацию в единое целое; *управление* - это то, что регулирует ее поведение.

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

Системный подход, таким образом, - это не простейший алгоритм, механическое применение которого якобы гарантирует успех. Он не представляет собой также четко определенного набора методов, и его применение не ограничивается отдельными сферами человеческой деятельности.

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

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

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

В число основных направлений применения методов системного анализа входят:

- совершенствование методов управления;
- разработка организационных структур управления;
- совершенствование методов оценки социально-экономической эффективности мероприятий;
- повышение адекватности формализованного описания социально-экономических систем;

- расширение возможности более широкого использования многокритериальных и других человеко-машинных процедур при подготовке и принятии перспективных и оперативных решений.

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

## **ТЕМА №8. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ПРОБЛЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ**

### **8.1 Виды организационных структур**

*Организационная структура (оргструктура)*, или структура организационного управления предприятием, представляет собой состав и взаимосвязь структурных управленческих звеньев.

*Виды организационных структур.* Исходными организационными формами управления являются линейная и функциональная, которые соответствуют древовидной иерархической структуре и предельному случаю иерархии со «слабыми» связями, т.е. структуре, в которой любой элемент нижележащего уровня подчинен только одному элементу вышестоящего, что позволяет реализовать в системе управления только отношения «руководство - подчинение».

В настоящее время в чистом виде эти исходные формы орг.структур не применяются. Однако принципы линейного и функционального управления используются в любой организационной структуре.

*Линейное* руководство строится на основе производственной структуры предприятия.

Линейная структура- исторически самый простой вид организационной структуры предприятия.

Такая организационная структура представляет собой древовидную иерархическую структуру

В линейной структуре руководитель выполняет все функции по управлению подразделениями - от управления собственно производственным процессом до управления всеми видами обеспечивающей деятельности (материально-техническое снабжение, распределение финансов, учет труда и заработной платы сотрудников, вплоть до подбора кадров). Поэтому он должен обладать разнообразными знаниями и опытом управления, а структура создает реальные условия для единоначалия, обеспечивает единство распорядительства в системе управления. Такие свойства линейной структуры ориентируют руководителей в основном на решение оперативных задач.

Линейное управление строится на основе производственной структуры предприятия и используется для управления организацией в целом (предприятие - цех - участок), а также его подразделениями (начальник цеха - начальник участка - мастер).

Отношение «руководство - подчинение» строится на основе линейной структуры и в подразделениях функционального управления

**Функциональные** подразделения обеспечивают единую политику и централизацию управления по основным укрупненным функциям организации производственного процесса (техническая и технологическая подготовка производства, материально-техническое обеспечение процесса производства, финансовое, кадровое и другие виды обеспечения предприятия). В то же время отношения внутри функциональных подразделений также строятся по линейному принципу (заместитель директора по соответствующему виду деятельности - отдел - бюро).

В **линейно-функциональной структуре** принято такое разделение труда, при котором линейные звенья управления наделены принципами единоначалия и выполняют функции распорядительства, а функциональные - оказывают помощь линейным, но свое непосредственное воздействие на нижележащие звенья осуществляют только после согласования технической, экономической и т. п. видов политики и планов ремонта помещений, техники, распределения ресурсов (финансовых, кадровых, ЭВМ и т. д.) на Директорате (научно-техническом совете) предприятия (или организации).

## 8.2 Классификация управленческих решений

**Управление** – целенаправленное воздействие на организованную систему, обеспечивающее сохранение ее определенных структур, поддержание режима и цели деятельности.

**Управленческое решение** – основной элемент воздействия управляющей системы на управляемую.

Разработка и принятие управленческого решения представляют собой вид человеческой деятельности.

**Лицо, принимающее решение** (ЛПР) - человек, осуществляющий выбор наилучшего варианта действий – лицо принимающее решение. **Владелец проблемы** - лицо по своему положению несущее ответственность за принятие управленческого решения, но не принимающее это решение, и ЛПР не всегда одно и то же лицо. ЛПР может быть и руководителем активной группы – группы людей имеющих общие интересы и стремящимся оказать влияние на процесс выбора решения.

**Эксперт**- профессионал в той или иной области, к которому обращаются за оценками и рекомендациями.

Одно из основных допущений- человек делает рациональный выбор, т.е. решение человека являются результатом упорядоченного процесса мышления (в строго математической форме). Вводится ряд предположений о поведении человека-аксиомы рационального поведения. Если аксиомы справедливы, то поведение рационально, полезно. Полезность-величина, которую в процессе

выбора максимизирует личность с рациональным экономическим мышлением.

Задачи принятия решений с рассмотрением полезностей и вероятностей событий были первыми, которые привлекли внимание исследователей. Постановка задач: человек выбирает какие-то действия в мире, где на получаемый результат действия влияют случайные события, неподвластные человеку, но, имея некоторые знания о вероятностях этих событий, человек может рассчитывать наиболее выгодную совокупность и очередность своих действий (последовательность действий – деревья решения). Следовать рациональному выбору – быть рациональным. Последовательность правильных решений, ведущих к максимально ожидаемой полезности.

#### ***Классификация управленческих решений:***

1. По уровням управления – решения высшего уровня (федерального, муниципального, республиканского и др.);
2. По масштабу управления – отраслевые, макро- и микрорегиональные, внутрипроизводственные;
3. По сфере деятельности – экономические, социальные, технические и др.;
4. По функциональному содержанию – организационные, координирующие, контрольные и др.;
5. По объекту управления – производственные, коммерческие, социальные и др.;
6. По способу принятия решений – формализованные или неформализованные, разовые и др.;
7. По субъекту управления – законодательных, исполнительных органов, фондов, общественных организаций и др.;
8. По цели – стратегические, тактические, оперативные.
9. По продолжительности реализации – долгосрочные, срочные, плановые и др.;
10. По степени обязательности – жесткие, гибкие;
11. По степени самостоятельности – по собственной инициативе, исполнение решений вышестоящих организаций;
12. По организации разработки – коллективные, единоличные;
13. По форме – письменные, устные, графические и др.;
14. По сроку действия – на определенный срок, без ограничения срока, временные;
15. По возникновению ситуации – экстренные, текущие.

### **8.3 Структура процесса принятия решений**

Процесс принятия решений управленческого решения – представляет собой преобразование входной информации, о состоянии управляемого объекта, в выходную результирующую информацию, на основе которой формируется решение.

Всю совокупность решений можно представить в виде последовательного решения регулярных и нерегулярных задач.

*Регулярные задачи (стандартные)* решаются в заданные моменты времени и с заданной периодичностью, по заранее установленным процедурам и алгоритмам.

*Нерегулярные задачи (нестандартные)* связаны с возникновением конкретных непредвиденных ситуаций в силу многообразия внешних и внутренних воздействий.

#### **8.4 Процесс принятия управленческих решений**

Процесс управления в любой организации заключается в том, что соответствующие работники выполняют определенную совокупность работ, обусловленную конкретными сферами производственно–хозяйственной деятельности данной организации.

Функция каждого конкретного работника определяется совокупностью работ, цель которых обеспечить в организации процесс управления, а именно:

1. Планирование;
2. Организация;
3. Координация;
4. Стимулирование;
5. Контроль.

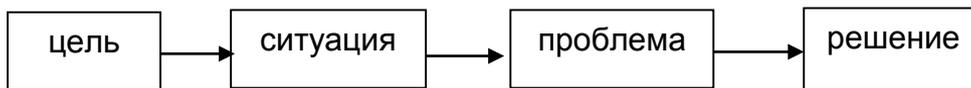
Процесс разработки управленческого решения представляет собой определенную последовательность этапов:

1. Целеполагание;
2. Оценка ситуации;
3. Определение проблемы;
4. Принятие решения.

Два этих процесса должны быть тесно взаимосвязаны, так как чем лучше осуществляется разработка решений, тем более успешным будет управление.

#### **8.5 Типы управленческих решений**

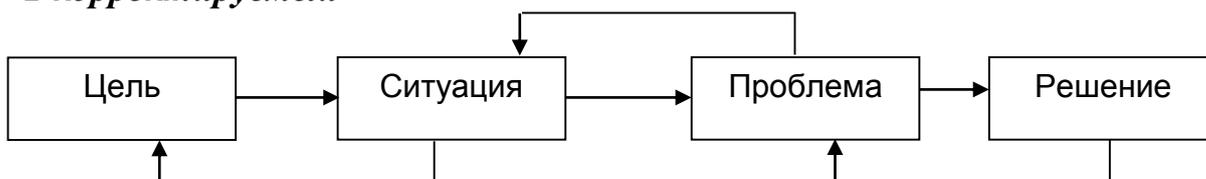
##### *1 линейный*



Данный тип характеризуется неизменной последовательностью этапов. Он используется, когда есть четкая определенность целей, ситуации, проблемы и условия принятия решений.

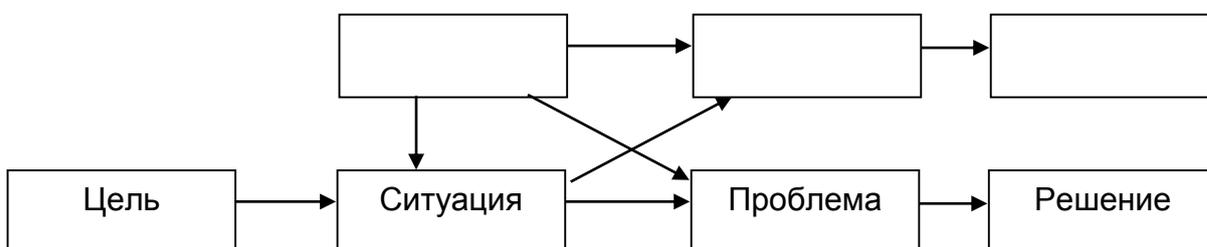
Используется в типовых, повторяющихся ситуациях (бюрократический аппарат).

### **2 корректируемый**



Характеризуется необходимостью корректировки предыдущих этапов каждого или некоторых (например, сформулирована определенная цель, но в результате оценки ситуации установлено, что достигнуть эту цель невозможно. В этом случае придется скорректировать цель).

### **3 разветвленная**



Этот тип используется в случае возникновения сложных комплексных проблем, требующих детальной проработки различных аспектов и принятия серии решений, взаимосвязанных между собой.

**Пример.** В организации поставлена цель – освоить выпуск нового продукта. Очевидно, в этом случае необходимо знать:

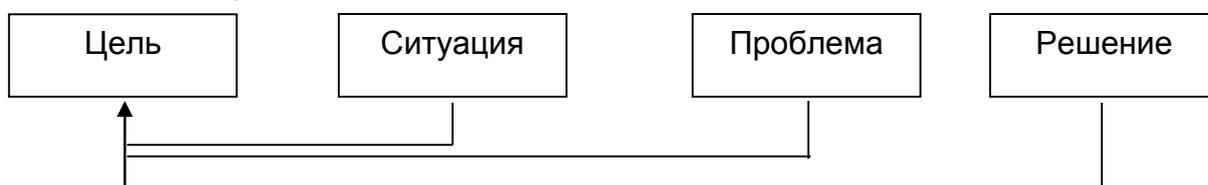
- Тип продукции;
- Поставщиков сырья и материалов;
- Технологию;
- Оборудование;
- Финансовые источники;
- Квалифицированные кадры;
- Систему сбыта и т. д..

По каждому из этих направлений предстоит принять соответствующие решения.

#### ***4 ситуационный.***

За основу управления принято понятие «ситуация» как основной объект описания, анализа и принятия решений. Следовательно, необходимы соответствующие средства - описания, классификации, обучения и трансформации ситуаций в соответствии с принимаемыми решениями.

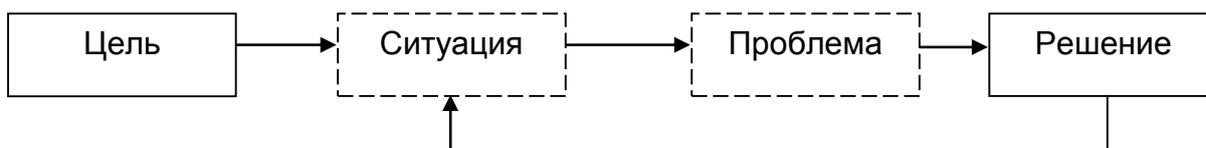
Классификации ситуаций обосновывалась существованием, исходя из анализа структуры задач управления в больших системах, на каждом уровне управления множества ситуаций, число которых несоизмеримо велико по сравнению с множеством возможных решений по управлению. Задача принятия решений трактовалась как задача поиска такого разбиения множества ситуаций на классы.



Данный тип используется в том случае, когда цель существует априори, а принять решение необходимо исходя только из сложившейся ситуации.

*Пример.* Число жалоб на качество обслуживания со стороны клиентов организации увеличилось. Лица, принимающие решения сразу должны определить причину этого и принять соответствующее решение, ибо цель организации – обеспечить высокое качество обслуживания клиентов.

#### ***5 поисковый***



Данный тип эффективен в том случае, когда цель абсолютно ясна, но в силу ряда причин точно оценить ситуацию и определить проблему не представляется возможным, Поэтому решение принимается в условиях неопределенности, а ситуация оценивается после принятия, иногда после реализации решения.

*Пример.* Производители самолета «Конкор» приняли решение о его выпуске не зная твердо о намерениях потенциальных покупателей этого типа лайнеров, ибо связывали свои решения с результатами испытаний и неизвестной реакции различных стран на пролет и использование этих типов самолетов. Таким образом, решение о производстве данного типа самолетов было принято лишь на основе цели – занять доминирующее положение на рынке без четкой оценки ситуации и определения проблемы. В результате самолет не был закуплен другими компаниями, а страна-производитель понесла

*финансовые убытки.*

## **8.6 Типовой процесс разработки управленческих решений**

1. Предварительная формулировка задач (целей) – процесс решения должен всегда начинаться с формулировки задачи. В процессе формулировки задачи необходимо установить:

- чем вызвана постановка задачи, к какому типу задач она может быть отнесена, срочность ее решения;
- какая ситуация связанная с решением поставленной задачи существует в организации;
- какие факторы влияют на существующую ситуацию и как данная ситуация влияет на всю организацию в целом;
- цели, которые должны быть достигнуты при решении задач.

2. Выбор критериев оценки эффективности решения – критерии оценки необходим:

- для объективного сопоставления различных вариантов решения и выбора наиболее оптимального из них;
- для определения степени достижения цели.

Существует качественная и количественная оценки критериев.

\* качественная – влияние решения на авторитет руководителя; оценка решения со стороны подчиненных и вышестоящих руководителей.

3. Сбор информации и данных для уточнения поставленных задач.

Информация обладает двумя свойствами:

- отображает события, процессы, явления;
- может преобразовываться, обрабатываться, храниться, многократно использоваться.

Качественные характеристики информации:

- полнота;
- полезность;
- избыточность;
- достоверность;
- точность;
- ценность;
- возраст;
- старение

4. Точное формулирование задачи должно содержать:

- достаточно полную объективную характеристику создавшейся ситуации, в том числе основные факторы, влияющие на принятие решения; конкретные причины возникновения нежелательных тенденций или явлений;

реально имеющиеся или привлекаемые средства для реализации решения; условия разработки решения; (\* определенность, неопределенность, риск);

- роль и значение решаемой задачи для организации в целом и ее отдельной части;

- сроки разработки и принятие решения;

- цель решения;

- количественные и качественные критерии оценки эффективности решения.

5. Разработка возможных вариантов (альтернатив) решения задачи. Существует определенная градация решений по числу альтернатив.

При этом выделяют:

- бинарное решение, когда существуют две альтернативы: «да» и «нет»;

- стандартное решение, когда рассматривается незначительный набор альтернатив;

- многоальтернативное решение – существует значительное, но конечное число альтернатив;

- непрерывное решение – выбор делается из бесконечного числа альтернатив, возникающих вследствие постоянного изменения среды.

6. Сравнение вариантов решения по критериям эффективности.

7. Принятие решения.

### **8.7 Задачи и проблемы принятия решений**

Главной целью системного анализа является оказание помощи в понимании и решении имеющейся проблемы путем перевода проблемы, которая возникает при проектировании или управлении, в задачу принятия решения (задачу выбора), то есть ведет к постановке задачи. Поставить задачу означает, прежде всего, понять ее условия, что достигается путем выбора соответствующего представления (описания), то есть модели. При этом стремятся к наибольшей формализации представления, что уменьшает неполноту, избыточность и неоднозначность в понимании объекта.

Если удастся формализовать исходную проблему, то есть свести ее к задаче, решение которой базируется на законах физики, химии и других фундаментальных областей знаний, или когда задача может быть поставлена в терминах конкретного класса прикладных задач, для которого разработан соответствующий математический аппарат, применять термин «проблема принятия решения» нет необходимости.

Задача принятия решения становится *проблемой*, когда для постановки задачи и ее решения не может быть сразу определен подходящий аппарат

формализации – требуется разработка специальных подходов, приемов и методов. При этом процесс постановки задачи часто требует участия специалистов различных областей знаний.

В таких случаях возникает необходимость:

- определить область проблемы принятия решения (границы системы);
- выявить факторы, влияющие на ее решение (входы системы и внутренние факторы, влияющие на целевой выход);
- подобрать приемы и методы, которые позволяют сформулировать или поставить задачу таким образом, чтобы решение было принято.

*Пример.* Дана задача по перемещению груза из одного пункта в другой.

- Задана цель – переместить груз из пункта А в пункт В
- Средства достижения цели – транспортные средства, маршруты
- Необходимо найти такое решение, которое обеспечит выполнение цели.

Если не известен набор средств для достижения цели, то имеет место задача с неопределенностью, и задачи принятия решения нет. Ее также нет, если нет дополнительных требований, то есть безразлично, какой маршрут и какие транспортные средства выбирать. Она возникает, когда появляется критерий или критерии, отражающие требования к достижению цели. В качестве критерия в рассматриваемом примере можно принять время. И тогда возможны следующие критерии:

- достичь пункта А за заданное время;
- достичь пункта А до заданного времени;
- достичь пункта А за минимальное время.

Для решения задачи нужно определить взаимосвязь цели со средствами ее достижения. В данной задаче критерием достижения цели является время в пути, а средствами ее достижения:

- маршрут – оценивается длиной пути;
- транспорт – оценивается скоростью транспортного средства, в простейшем случае – средней скоростью.

В данном выражении, связывающего цель со средствами можно использовать закон движения: время в пути есть произведение расстояния на скорость. Если такое выражение получено, то проблема сведена к задаче принятия решения и варьируя показателями длины пути и скорости, можно получить и выбрать оптимальные варианты достижения цели. При постановке рассматриваемой задачи могут быть учтены не только основные требования, отражаемые с помощью критерия, но и дополнительные, которые могут выступать в качестве ограничений. В данной задаче это могут быть затраты на создание, аренду или приобретение средств транспортировки грузов, особые требования к перевозке бьющихся грузов и т.д.

Иногда могут варьироваться не только **средства** достижения цели, **критерии** и **ограничения**, но и сами **цели**, если результат их достижения не приводит к удовлетворению потребностей лица, принимающего решения.

Кроме того, в числе критериев могут быть и принципиально неформализуемые, например комфорт для пассажиров.

*Пример.* Если целью является комфорт, то можно выбрать такси вместо общественного транспорта, а при передвижении между населенными пунктами лучше выбрать более длинную, но асфальтированную дорогу, чем более короткую, но ухабистую.

При решении задач проектирования, реорганизации или управления сложными системами требуется учитывать большое число факторов различной природы, являющихся предметом исследования различных областей знаний. В этих условиях один человек не способен ни поставить задачу, ни решить ее – проблема принятия решений становится проблемой коллективного выбора целей, критериев, средств и вариантов достижения цели, то есть ***проблемой коллективного принятия решения.***

Принятие решений в системах управления (политике, экономике, военной и других областях) часто связано с дефицитом времени: «лучше принять не самое хорошее решение, но в требуемый срок, так как в противном случае лучшее решение может уже и не понадобиться». Поэтому решение часто приходится принимать при не полностью определенной постановке задачи, в условиях дефицита информации о системе, ресурсах (средствах), ограничениях и целях.

Вот в этих проблемных ситуациях на помощь приходят ***системные представления, системный подход и методы системного анализа.***

## ТЕМА №9. МОДЕЛИРОВАНИЕ – ОСНОВНОЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ

### 9.1 Абстрактная модель системы произвольной природы

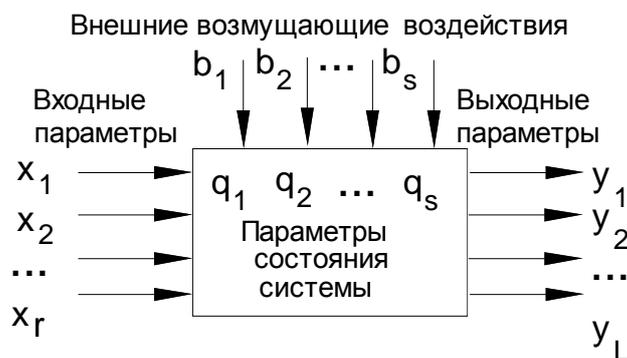
Так как общая теория систем рассматривает не некоторые конкретные системы, а то общее, что есть в различных системах независимо от их природы, предметом ее изучения являются абстрактные модели соответствующих реальных систем.

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

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

Для большинства случаев абстрактная модель системы произвольной природы может быть представлена с помощью схемы, изображенной на рисунке 4, которая является, по сути, иллюстрацией к введенным понятиям.

Рисунок 4- Абстрактная модель системы произвольной природы



Система не существует сама по себе, а выделяется из окружающей среды по какому-либо системообразующему признаку, в качестве которого чаще всего выступает цель системы. Взаимодействие системы с внешней средой осуществляется через вход и выход системы (множество входных и выходных параметров).

Под *входными параметрами системы* понимается комплекс параметров внешней среды (в том числе выходные параметры систем,

внешних по отношению к рассматриваемой, например, систем управления), оказывающих значительное влияние на состояние и значение выходных параметров рассматриваемой системы и поддающихся учету и анализу средствами, имеющимися в распоряжении исследователя.

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

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

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

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

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

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

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

Таким образом, система характеризуется тремя группами переменных:

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

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

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

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

3. Параметры состояния, характеризующие динамическое поведение исследуемой системы

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

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

## 9.2 Модель и моделирование

### **Классификация моделей:**

- по целевому назначению
- по характеру выполняемых функций
- по форме

**Целевое назначение.** Человек в практической деятельности обычно решает две задачи – экспертную и конструктивную.

В **экспертной задаче** на основании имеющейся информации описывается прошлое, настоящее и предсказывается будущее. Суть **конструктивной задачи** заключается в том, чтобы создать нечто с заданными свойствами.

Для решения экспертных задач применяют так называемые **описательные** модели, а для конструктивных – **нормативные**.

**Описательные модели (дескриптивные, познавательные)** предназначены для описания свойств или поведения реальных существующих объектов. Они являются формой представления знаний о действительности.

**Пример.** План города, отчет о деятельности фирмы, характеристика.

Можно выделить цели описательного моделирования в зависимости от решаемых задач:

- **изучение объекта** (научные исследования) – наиболее полно и точно отразить свойства объекта;
- **управление** – наиболее точно отразить свойства объекта в рабочем диапазоне изменения его параметров;
- **прогнозирование** – построить модель, способную наиболее точно прогнозировать поведение объекта в будущем;
- **обучение** – отразить в модели изучаемые свойства объекта.

Построение описательной модели происходит по схеме: **наблюдение** за объектом, **кодирование** наблюдений с помощью слов, символов, графических образов и **фиксации** закодированных результатов в виде модели.

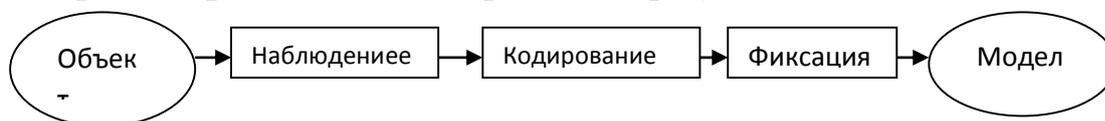


Рисунок 5 - Последовательность построения описательной модели

**Нормативные модели (прагматические)** предназначены для указания целей деятельности и определенного порядка (алгоритма) действий для их достижения. Они решают задачи *приближения реальности к модели*, поскольку модель играет роль стандарта или образца, под который подгоняется сама действительность, ее результаты.

**Примеры.** Законы, уставы организаций, планы застройки, бизнес-

планы, программы действий, управленческие решения, проекты зданий, машин и т.д.

**Функции моделей.** Можно выделить следующие функции, выполняемые моделями:

- **исследовательская** – применяется в научном познании;
- **практическая** – применяется в практической деятельности (проектировании, управлении и т.д.);

- **тренинговая** – используется для тренировки практических умений и навыков специалистов в различных областях;

- **обучения** – для формирования у обучаемых знаний, умений и навыков.

**Формы представления моделей.** Модели по форме бывают:

- **физические** – материальные объекты, имеющие сходство с оригиналом (модель самолета, которая исследуется в аэродинамической трубе; модель плотины);

- **словесные** (вербальные) – словесное описание чего-либо (структура предприятия, принцип работы устройства, внешность человека);

- **графические** – описание в виде графических изображений (схемы, карты, графики, диаграммы);

- **знаковые** – описание в виде символов и знаков (дорожные знаки, условные обозначения на схемах, математические соотношения. Разновидностью знаковых моделей являются **математические модели** (или **математическое описание**).

**Классификация видов моделирования.** Применительно к социально-экономическим системам можно предложить такую классификацию видов моделирования:

- **концептуальное моделирование**, при котором с помощью некоторых специальных знаков, символов, операций над ними или с помощью естественного или искусственного языков истолковывается основная мысль (концепция) относительно исследуемого объекта;

- **интуитивное моделирование**, которое сводится к мысленному эксперименту на основе практического опыта работников (широко применяется в экономике);

- **физическое моделирование**, при котором модель и моделируемый объект представляют собой реальные объекты или процессы единой или различной физической природы, причем между процессами в объекте-оригинале и в модели выполняются некоторые соотношения подобия, вытекающие из схожести физических явлений;

- **структурно-функциональное моделирование**, при котором моделями являются схемы (блок-схемы), графики, чертежи, диаграммы, таблицы,

рисунки, дополненные специальными правилами их объединения и преобразования;

- **математическое (логико-математическое) моделирование**, при котором моделирование, включая построение модели, осуществляется средствами математики и логики;

- **имитационное (программное) моделирование**, при котором логико-математическая модель исследуемого объекта представляет собой алгоритм функционирования объекта, реализуемый в виде программного комплекса для компьютера. Следует добавить несколько слов о *компьютерном моделировании*, являющемся развитием имитационного моделирования. Компьютер может быть полезен при всех видах моделирования (за исключением физического моделирования, где компьютер тоже может использоваться, но, скорее, для целей управления процессом моделирования). Предметом компьютерного моделирования могут быть: экономическая деятельность фирмы или банка, промышленное предприятие, информационно-вычислительная сеть, технологический процесс, любой реальный объект или процесс, например процесс инфляции. Цели компьютерного моделирования могут быть различными, однако наиболее часто моделирование является центральной процедурой системного анализа.

### **9.3 Физическое и математическое моделирование**

В наиболее общей форме выделяются две группы различных подходов к моделированию, определяемых понятиями «физическое моделирование» и «идеальное моделирование».

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

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

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

**Математическое моделирование** - это процесс создания математической модели и оперирования ею с целью получения новой

информации об объекте исследования.

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

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

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

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

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

Результатом этого этапа исследования должен явиться вывод зависимостей, определяющих связь между множествами входных параметров, параметров состояния и выходных параметров системы. Переход от внешнего

описания системы к ее внутреннему описанию называют задачей реализации.

Задача реализации заключается в переходе от внешнего описания системы к ее внутреннему описанию. Задача реализации представляет собой одну из важнейших задач в исследовании систем и, по существу, отражает абстрактную формулировку научного подхода к построению математической модели. В такой постановке задача моделирования заключается в построении множества состояний и вход-выходного отображения исследуемой системы на основе экспериментальных данных. В настоящее время задача реализации решена в общем виде для систем, у которых отображение вход-выход линейно. Для нелинейных систем общего решения задачи реализации пока не найдено.

#### 9.4 Обобщенный алгоритм построения математической модели

Процедуру построения математической модели реальной системы, процесса или явления можно представить в виде алгоритма. Блок-схема, иллюстрирующая алгоритм построения математической модели, приведена на рисунке 6.

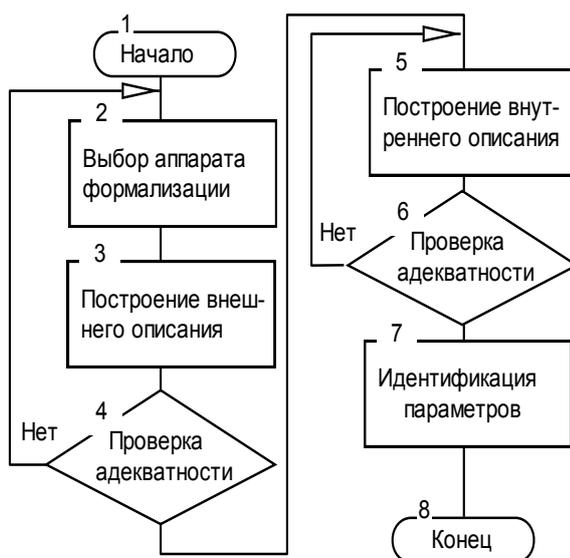


Рисунок 6 - Алгоритм построения модели системы

Основные этапы построения математической модели.

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

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

3. Построение внешнего описания сводится к поиску области определения (в пространстве входных воздействий) и области значений (в

пространстве выхода), размерность которых была определена на этапе 1, и определении соответствия между входными и выходными параметрами.

4,6. Если проверка адекватности показывает, что построенная модель не удовлетворяет предъявляемым к ней требованиям и причиной этого является более сложный характер поведения системы, то производится выбор нового метода математического описания.

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

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

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

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

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. Решение логических задач

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

### Краткие теоретические сведения.

Для решения логических задач применяется алгебра логики или булева алгебра.

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

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

Основные функции (логические операции) алгебры логики следующие:

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

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

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

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

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

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

### Контрольные примеры.

#### Задача 1. «Пять офицеров»

В одной из горячих точек служили 5 офицеров: генерал, полковник, майор, капитан и лейтенант. Один из них сапер, другой – пехотинец, третий – танкист, четвертый – связист, пятый – артиллерист. У каждого из них есть сестра. И каждый из них женат на сестре своего однополчанина. Вот что еще известно об этих офицерах:

- По меньшей мере, один из родственников связиста старше его по званию.
- Капитан никогда не служил в Хабаровске.

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

### Решение задачи:

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

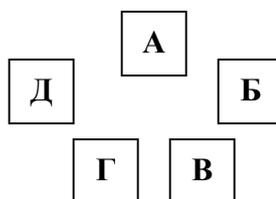


Рисунок 1.1 - Расположение по порядку

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

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

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

### Задача 2. «Финальный забег»

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

Главной новостью дня был состоявшийся накануне финал эстафеты 4x100 м. для мужчин. В финал после упорной борьбы вышли команды шести стран: европейские команды А и В, африканские команды С и D, и 2 команды-представительницы американского континента Е и F.

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

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

1. Команда А одержала победу над командой В.
2. Африканская команда получила золотые медали.
3. Команда В одержала победу над командой D.
4. По всему было видно, что первое и второе места достанутся американским командам, и вдруг в последний момент между ними вклинилась европейская команда.
5. Африканская команда отстала от всех остальных участников финала.
6. Первыми финишировали 3 африканских бегуна.
7. Команда F одержала победу над командой В.
8. Команда Е одержала победу над командой F.
9. В составе европейских команд не было африканских спортсменов.

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

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

Все остальные послышки истинны.

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

### **Решение задачи:**

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

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

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

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

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

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

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

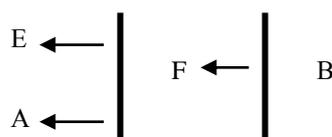


Рисунок 1.2 - Распределение мест между четырьмя явно не лидирующими командами

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

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

## **Индивидуальные задания.**

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

### **Вариант 1.**

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

Ответьте, был ли слуга молодцом или же лгуном.

### **Вариант 2.**

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

Какие марки купил каждый из мальчиков?

### **Вариант 3.**

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

Кто и какую работу будет выполнять?

### **Вариант 4.**

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

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

### **Вариант 5.**

Вернувшись домой, Мегре позвонил на набережную Орфевр.

Говорит Мегре. Есть новости?

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

убийство произошло после полуночи, то либо Этьен убийца, либо Франсуа лжет. Затем позвонила...

Все. Спасибо. Этого достаточно.

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

Опишите, что знает Мегре?

#### **Вариант 6.**

Семья состоит из пяти человек: Алексея, Веры, 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?

#### **Вариант 7.**

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

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

Какого цвета и какой марки был автомобиль?

#### **Вариант 8.**

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

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

Кого мог пригласить Николай?

#### **Вариант 9.**

В составе экспедиции должно быть шесть специалистов: биолог, врач, синоптик, гидролог, механик и радист. Имеется восемь кандидатов, из которых

нужно выбрать шесть участников экспедиции. Имена претендентов: Андрей, Виктор, Сергей, Дмитрий, Евгений, Федор, Григорий, Николай.

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

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

#### **Вариант 10.**

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

- Если Андрей приходит вместе 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?

#### **Вариант 11.**

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

- Если я люблю Таню, то я люблю Лену или Аню.

- Если я люблю Лену, то я люблю Аню и Катю.

- Если я люблю Аню или Катю, то я не люблю Марину.

- Если я не люблю Катю, то я люблю Таню и Марину.

Кого любит лицеист?

#### **Вариант 12.**

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

Наблюдательная соседка заметила, что:

- 1 июня Бетти была в голубом платье, Барбара и Беатрис в красных, Берта в зеленом, а Белла в желтом.

- 11 июня две девушки были одеты в красные платья, одна в зеленое, одна в голубое и одна в белое.

- 19 июня Берта была в зеленом, а Белла в желтом, остальные в красных.

- Берта была одета в желтое платье 22 июня и в белое 23 июня.

- 1 июля все девушки были одеты точно также как и 1 июня.

Кто был в зеленом платье 11 июня?

### **Вариант 13.**

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

Кроме того, о них известно следующее:

- Все кроме Антонова и Глебова уже женаты.

- Невесте Егора очень не нравится фамилия жениха.

- Фамилия Глеба совпадает с именем Иванова.

- Жены Дмитриева и Ивана - родные сестры.

- Тот, чье имя совпадает с фамилией Бориса, женат, и его фамилия совпадает с именем Егорова.

- Иван, Егор, Василий - брюнеты.

- Остальные четверо, в числе которых Иванов, Егоров и Васильев, - блондины.

Какая фамилия у Василия?

### **Вариант 14.**

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

Назовите профессии каждого.

### **Вариант 15.**

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

Кто заказывал утку и что ела Бриджит?

### **Контрольные вопросы.**

1. Что такое конъюнкция?
2. Что такое дизъюнкция?
3. Что такое инверсия?

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

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Классификация систем

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

### **Краткие теоретические сведения.**

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

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

Классификации всегда относительны.

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

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

### **Контрольный пример.**

Техническая система – легковой автомобиль. Классификация системы по признакам приведена в таблице 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 таблицу 2.2. Варианты систем взять из таблицы 2.3.

Таблица 2.2 - Наименование объекта классификации

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

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

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

Таблица 2.3 - Примеры систем для индивидуального выполнения

Вариант	Техническая система	Социально-экономическая система
1	САПР	Бутик
2	Грузовик	Птицеферма
3	Вентилятор	Швейный цех
4	Кондиционер	Гостиница

5	Пианино	Музей
6	Телевизор	Ректорат
7	Телефон	Химчистка
8	Фотоаппарат	Частный предприниматель
9	Трамвай	Кооператив
10	Кофемолка	Суд
11	Микрофон	ВУЗ
12	Осциллограф	Зоопарк
13	Телескоп	Трикотажная фабрика
14	Самолет	Салон красоты
15	Огнетушитель	Милиция
16	Система программирования	Деканат
17	Автомобиль	Конструкторское бюро
18	Ракета	Поликлиника
19	Компьютер	Больница
20	Сканер	Дом культуры
21	Текстовый редактор	Школа
22	Космический аппарат	Спортивная школа
23	Монитор	Магазин
24	Поезд	Завод
25	Терминал	Аэропорт

### **Контрольные вопросы:**

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

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Принятие решений в условиях недостатка информации

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

### Краткие теоретические сведения.

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

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

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

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

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

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

*Этап 2. Построение дерева решений.*

*Этап 3. Оценка вероятностей состояний среды,* т.е. сопоставление шансов возникновения каждого конкретного события. Следует отметить, что

указанные вероятности определяются либо на основании имеющейся статистики, либо экспертным путем.

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

Этап 5. *Решение задачи.*

### Простые задачи.

#### Контрольный пример.

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

Таблица 3.1

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

Вероятность благоприятного и неблагоприятного состояний экономической среды равна 0,5.

На основе таблицы 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.

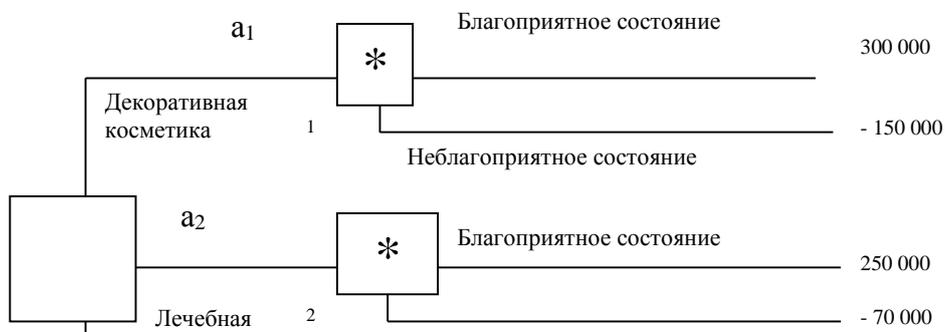


Рисунок 3.1 - Дерево решений без дополнительного обследования рынка

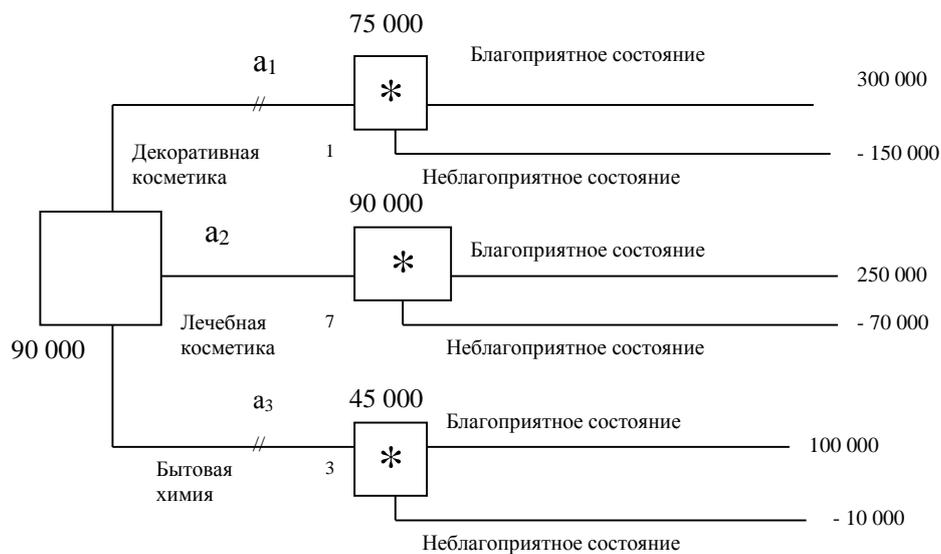


Рисунок 3.2.-Итоговое дерево решений

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

### Индивидуальные задания.

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

#### **Вариант 1.**

Молодой российский бизнесмен предполагает построить ночную дискотеку неподалеку от университета. По одному из допустимых проектов предприниматель может в дневное время открыть в здании дискотеки столовую для студентов. Другой вариант не связан с дневным обслуживанием клиентов. Представленные бизнес-планы показывают, что план, связанный со столовой,

может принести доход в 250 тыс. рублей. Без открытия столовой бизнесмен может заработать 175 тыс. рублей. Потери в случае открытия дискотеки со столовой составят 55 тыс. рублей, а без столовой - 20 тыс. рублей. Определите наиболее эффективную альтернативу на основе средней стоимостной ценности в качестве критерия. Вероятность наступления благоприятного состояния равен 0,5; неблагоприятного – 0,5.

#### **Вариант 2.**

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

#### **Вариант 3.**

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

#### **Вариант 4.**

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

#### **Вариант 5.**

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

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

Таблица 3.2

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

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

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

### Вариант 6.

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

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

### Вариант 7.

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

### Вариант 8.

"Фото КОЛОР" - небольшой производитель химических реактивов и оборудования, которые используются некоторыми фотостудиями при изготовлении 35-мм фильмов. Один из продуктов, который предлагает "Фото

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

Сколько ящиков закупать фирме для продажи еженедельно?

#### **Вариант 9.**

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

Сколько ящиков следует производить в течение месяца?

Какова ожидаемая стоимостная ценность этого решения?

#### **Вариант 10.**

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

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

Следует ли открыть большую секцию?

Какова ожидаемая стоимостная ценность наилучшего решения?

#### **Вариант 11.**

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

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

## Вариант 12.

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

## Усложненные задачи.

### Контрольный пример.

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

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

Таблица 3.3

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

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

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

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

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

Определим средний ожидаемый выигрыш:

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

### **Выводы:**

• Необходимо проводить дополнительно, исследование конъюнктуры рынка, поскольку это позволяет существенно уточнить принимаемое решение.

• Если фирма прогнозирует благоприятную ситуацию на рынке, то целесообразно производить декоративную косметику (ожидаемая максимальная прибыль 201 000 рублей), если прогноз неблагоприятный – бытовую химию (ожидаемая максимальная прибыль 19 700 рублей).

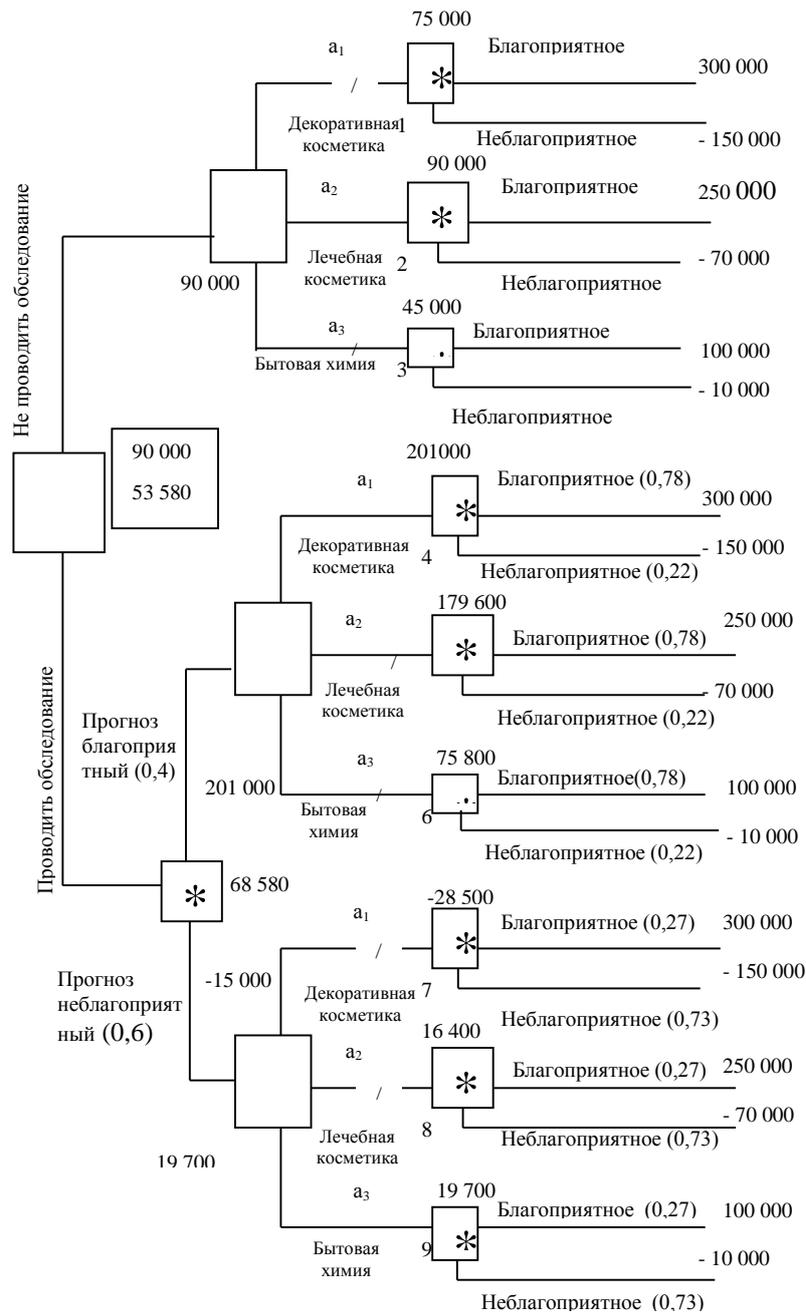


Рисунок 3.3 - Дерево решений при дополнительном обследовании рынка

**Индивидуальные задания.**

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

**Вариант 1.**

Молодой российский бизнесмен предполагает построить ночную дискотеку неподалеку от университета. По одному из допустимых проектов предприниматель может в дневное время открыть в здании дискотеки столовую для студентов. Другой вариант не связан с дневным обслуживанием клиентов. Представленные бизнес-планы показывают, что план, связанный со столовой,

может принести доход в 250 тыс. руб. Без открытия столовой бизнесмен может заработать 175 тыс. руб. Потери в случае открытия дискотеки со столовой составят 55 тыс. руб., а без столовой - 20 тыс. руб. Определите наиболее эффективную альтернативу на основе средней стоимостной ценности в качестве критерия.

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

Таблица 3.4

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

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

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

### Вариант 2.

Директор лицея, обучение в котором осуществляется на платной основе, решает, следует ли расширять здание лицея на 250 мест, на 50 мест или не проводить строительных работ вообще. Если население небольшого города, в котором организован платный лицей, будет расти, то большая реконструкция могла бы принести прибыль 250 тыс. руб. в год, незначительное расширение учебных помещений могло бы приносить 90 тыс. руб. прибыли. Если население города увеличиваться не будет, то крупное расширение обойдется лицейю в 120 тыс. руб. убытка, а малое - 45 тыс. руб.

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

### Вариант 3.

При крупном автомобильном магазине планируется открыть мастерскую по предпродажному обслуживанию и гарантийному ремонту автомобилей. Консультационная фирма готова предоставить дополнительную информацию о том, будет ли рынок благоприятным или нет. Эти сведения обойдутся магазину в 13 000 рублей. Администрация магазина считает, что

эта информация гарантирует благоприятный рынок с вероятностью 0,5. Если рынок будет благоприятным, то большая мастерская принесет прибыль в 60 тыс. руб. а маленькая - 30 тыс. руб. При неблагоприятном рынке магазин потеряет 65 тыс. руб., если будет открыта большая мастерская, и 30 тыс. руб. - если откроется маленькая. Не имея дополнительной информации, директор оценивает вероятность благоприятного рынка 0,6. Положительный результат обследования гарантирует благоприятный рынок с вероятностью 0,8. При отрицательном результате рынок может оказаться благоприятным с вероятностью 0,3. Постройте дерево решений и определите:

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

Какую мастерскую следует открыть при магазине: большую или маленькую?

Какова ожидаемая денежная оценка наилучшего решения?

#### **Вариант 4.**

Фирма, производящая вычислительную технику, провела анализ рынка нового высокопроизводительного персонального компьютера. Если будет выпущена крупная партия компьютеров, то при благоприятном рынке прибыль составит 250 тыс. руб., а при неблагоприятных условиях фирма понесет убытки в 185 тыс. руб. Небольшая партия техники в случае ее успешной реализации принесет фирме 50 тыс. руб. прибыли и 10 тыс. руб. убытков - при неблагоприятных условиях. Возможность благоприятного и неблагоприятного исходов фирма оценивает одинаково. Исследование рынка, которое провел эксперт, обошлось фирме в 15 тыс. руб. Эксперт считает, что с вероятностью 0,6 рынок окажется благоприятным. В то же время при положительном заключении благоприятные условия ожидаются лишь с вероятностью 0,8. При отрицательном заключении с вероятностью 0,15 рынок также может оказаться благоприятным. Используйте дерево решений, для того чтобы помочь фирме выбрать правильную технико-экономическую стратегию. Ответьте на следующие вопросы:

Следует ли заказывать эксперту дополнительное обследование рынка?

Какова ожидаемая денежная оценка наилучшего решения?

#### **Вариант 5.**

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

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

Таблица 3.5

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

3	С	270 000	80 000
---	---	---------	--------

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

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

Таблица 3.6

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

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

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

#### Вариант 6.

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

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

Таблица 3.7

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

Фирма, которой заказали прогноз состояния рынка, утверждает:

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

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

### Вариант 7.

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

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

Таблица 3.8

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

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

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

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

### Вариант 8.

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

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

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

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

#### **Вариант 9.**

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

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

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

#### **Вариант 10.**

Дмитрий может открыть в своем магазине большую секцию проката видеокассет или маленькую секцию. Он может получить дополнительную информацию о том, будет рынок видеопроката благоприятным или нет. Эта информация обойдется в 3 млн. рублей. Дмитрий считает, что информация окажется благоприятной с вероятностью 0,5. Если рынок будет благоприятным, то большая секция проката принесет прибыль 15 млн. рублей, а маленькая - 5 млн. рублей. В случае неблагоприятного рынка Дмитрий потеряет 20 млн. рублей, если он откроет большую секцию, и 10 млн. рублей - если маленькую. Не имея дополнительной информации, Дмитрий оценивает вероятность благоприятного рынка как 0,7. Положительный результат обследования гарантирует благоприятный рынок с вероятностью 0,9. При отрицательном результате рынок может оказаться благоприятным с вероятностью 0,4.

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

#### **Вариант 11.**

Павел Спицын провел анализ, связанный с открытием магазина велосипедов. Если он откроет большой магазин, то при благоприятном рынке получит 60 млн. рублей, при неблагоприятном же рынке понесет убытки 40 млн. рублей. Маленький магазин принесет ему 30 млн. рублей прибыли при

благоприятном рынке и 10 млн. рублей убытков при неблагоприятном. Возможность благоприятного и неблагоприятного рынков он оценивает одинаково. Исследование рынка, которое может провести профессор, обойдется Спицыну в 5 млн. рублей. Профессор считает, что с вероятностью 0,6 рынок окажется благоприятным. В то же время при положительном заключении рынок окажется благоприятным лишь с вероятностью 0,9. При отрицательном заключении с вероятностью 0,12 рынок может оказаться благоприятным. Используйте дерево решений для того, чтобы помочь Павлу принять решение.

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

### **Вариант 12.**

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

Можно создать экспериментальную установку, а затем уже решать, монтировать или нет производственную линию. Эксперимент обойдется в 10 млн. рублей. Леонид считает, что существует 50% шансов, что экспериментальная установка будет работать. Если экспериментальная установка будет работать, то 90% шансов за то, что производственная линия, если ее смонтировать, также будет работать. Если же экспериментальная установка не будет работать, то только 20% шансов за то, что производственная линия будет работать.

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

### **Контрольные вопросы.**

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

10. Чем позиция «субъективиста» отличается от позиции «объективиста»?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. Принятие решений в условиях неопределенности. Игры с природой

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

### Краткие теоретические сведения.

Отличительная особенность игры с природой состоит в том, что в ней сознательно действует только один из участников, в большинстве случаев называемый игроком 1. 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):  $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ , тогда условия игры с природой задаются матрицей  $A$  выигрышей (потерь) игрока 1:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

В соответствии с критерием Вальда из всех самых неудачных результатов выбирается лучший. 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  $R$ :

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

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:

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

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

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:

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

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

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

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

### **Контрольный пример.**

Транспортное предприятие должно определить уровень своих производственных возможностей так, чтобы удовлетворить спрос клиентов на транспортные услуги на планируемый период. Спрос на транспортные услуги не известен, но прогнозируется, что он может принять одно из четырех значений: 10, 15, 20 или 25 тыс. т. Для каждого уровня спроса существует наилучший уровень провозных возможностей транспортного предприятия. Отклонения от этих уровней приводят к дополнительным затратам либо из-за превышения провозных возможностей над спросом (из-за простоя подвижного состава), либо из-за неполного удовлетворения спроса на транспортные услуги. Возможные прогнозируемые затраты на развитие провозных возможностей представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

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

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

### **Решение:**

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

$$A = \begin{pmatrix} & П1 & П2 & П3 & П4 \\ A1 & 6 & 12 & 20 & 24 \\ A2 & 9 & 7 & 9 & 28 \\ A3 & 23 & 18 & 15 & 19 \\ A4 & 27 & 24 & 21 & 15 \end{pmatrix}$$

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

Для П1:  $\beta_j = 6$

Для П2:  $\beta_j = 7$

Для П3:  $\beta_j = 9$

Для П4:  $\beta_j = 15$

Матрица рисков имеет следующий вид:

$$R = \begin{pmatrix} & П1 & П2 & П3 & П4 \\ A1 & 0 & 5 & 11 & 9 \\ A2 & 3 & 0 & 0 & 13 \\ A3 & 17 & 11 & 6 & 4 \\ A4 & 21 & 17 & 12 & 0 \end{pmatrix}$$

### 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.

### Индивидуальные задания.

Решите задачу, согласно вашему индивидуальному варианту.

#### **Вариант 1.**

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

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

#### **Вариант 2.**

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

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

Требуется: проанализировать оптимальные стратегии игрока, используя критерии пессимизма-оптимизма Гурвица применительно к платежной

матрице А и матрице рисков R при коэффициенте пессимизма  $p = 0; 0,5; 1$ . При этом выделить критерии максимакса, Вальда и Сэвиджа.

### Вариант 3.

Дана следующая матрица выигрышей:

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

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

### Вариант 4.

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

$$C_i = P_i + c_i * Q$$

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

Таблица 4.2

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

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

### Вариант 5.

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

Таблица 4.3

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

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

### Вариант 6.

Намечается крупномасштабное производство легковых автомобилей. Имеются четыре варианта проекта автомобиля  $R_j$ . Определена экономическая эффективность  $V_{ji}$  каждого проекта в зависимости от рентабельности производства. По истечении трех сроков  $S_i$  рассматриваются как некоторые

состояния среды (природы). Значения экономической эффективности для различных проектов и состояний природы приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4

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

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

#### Вариант 7.

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

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

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

Результаты расчета экономической эффективности приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

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

#### Вариант 8.

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

Таблица 4.6

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

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

### Вариант 9.

Магазин может завести один из трех типов товара  $A_i$ ; их реализация и прибыль магазина зависит от типа товара и состояния спроса. Предполагается, что спрос может иметь три состояния  $B_i$  (табл. 4.7). Гарантированная прибыль представлена в матрице прибыли:

Таблица 4.7

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

Определить какой товар закупать магазину.

### Вариант 10.

Дана следующая матрица выигрышей:

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

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

### Вариант 11.

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

Таблица 4.8

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

Ожидается, что 40% зрителей купят программки.

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

2. Допустим, что рекламодатели увеличат сумму с 300 до 400 ф. ст. число посетителей будет больше 5250, к тому же спрос на программки будет полностью удовлетворен. Как это повлияет на рекомендации в п.1?

### Вариант 12.

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

Таблица 4.9

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

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

### Вариант 13.

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

Таблица 4.10

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

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

### Вариант 14.

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

Таблица 4.11

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

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

### **Вариант 15.**

Компания "Kilroy" выпускает очень специфичный безалкогольный напиток, который упаковывается в 40-пинтовые бочки. Напиток готовится в течение недели, и каждый понедельник очередная партия готова к употреблению. Однако в одно из воскресений всю готовую к продаже партию пришлось выбросить. Секретный компонент, используемый для приготовления напитка, покупается в небольшой лаборатории, которая может производить каждую неделю в течение 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?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5. Метод анализа иерархий

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

### Краткие теоретические сведения

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

*Этапы МАИ:*

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

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

Таблица 5.1

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

### **Контрольный пример.**

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

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

Собеседование прошли пять девушек:

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

После собеседования получились следующее описание девушек:

#### **1. Ольга.**

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

#### **2. Елена.**

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

#### **3. Светлана.**

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

#### **4. Галина.**

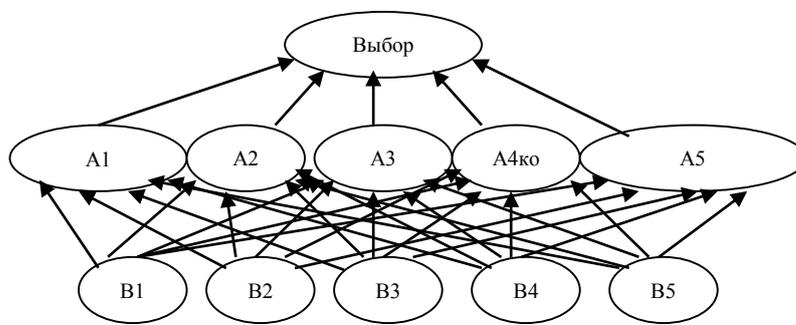
Достаточно хорошо знает делопроизводство, неплохие навыки работы на компьютере, по телефону общается на высоком уровне. Плохое знание английского языка, не приятная внешность.

#### **5. Жанна.**

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

### **Решение:**

1. Строим иерархию (рис.5.1):



## Рисунок 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 таблицу 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 таблицу 5.3.

Таблица 5.3

КРИТЕРИИ	Внешность	Язык	Делопроизводство	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.

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

$$I_c = (L_{max} - n) / (n - 1)$$

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

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

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

3. Строим матрицу парных сравнений для альтернатив (девушек) по каждому критерию и рассчитываем оценки. Для этого строим матрицы размерностью 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 таблицах 5.5 – 5.14.

### Критерий «Внешность».

Таблица 5.5

	Ольга	Елена	Светлана	Галина	Жанна	Оценки компонент собственного вектора	Нормализо- ванные 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

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

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

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

### Критерий «Знание языка».

Таблица 5.7

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

Рассчитаем  $L_{max}$ :

Таблица 5.8

<b>Сумма по столбцам</b>	1,7873	25,0302	16,3603	9,5603	4,6729	
<b>Произведение суммы по столбцам и нормализованной оценки вектора приоритета</b>	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 Lmax:

Таблица 5.10

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

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

ОС = 0,07639 / 1,12 = 6,82% Величина ОС < 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

### 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 таблицу 5.15.

Таблица 5.15

Альтернативы	Критерии					Глобальные приоритеты
	Внешность	Язык	Делопроизводство	Компьютер	Телефон	
	Численное значение вектора приоритета					
	0,040142	0,111453	0,268950	0,368060	0,211395	
Ольга	0,150519	0,509802	0,265887	0,029162	0,084998	0,163073
Елена	0,444264	0,032837	0,064260	0,058705	0,247942	0,112797
Светлана	0,063472	0,063607	0,493552	0,526838	0,149204	0,367827
Галина	0,038239	0,129514	0,144919	0,155251	0,478543	0,213249
Жанна	0,303506	0,264241	0,031382	0,230043	0,039312	0,143054

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

### Индивидуальные задания.

Выберите тему исследования по своему индивидуальному варианту.

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

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

Таблица 5.16

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

**Контрольные вопросы:**

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

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. Модели управления запасами

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

### **Краткие теоретические сведения.**

#### **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 упущенною 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.**

*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.

*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.

*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.

*Модель с учетом производства.*

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).

*Модель с количественными скидками.*

Появляется возможность количественных скидок в зависимости от размера заказа. Рассматривается зависимость издержек хранения от цены товара. Оптимальный уровень заказа определяется исходя из условия минимизации общих издержек для каждого вида скидок.

*Модели типа 1-5 с вероятностным распределением спроса и времени выполнения заказа.*

Вместо предпосылки о постоянстве и детерминированности спроса на товар используется более реалистичный подход о предполагаемой известности распределения темпа спроса и времени выполнения заказа.

Рассмотрим подробнее модели с фиксированным размером заказа.

*Модель 1. Наиболее экономичного размера заказа.* Заказ, пополняющий запасы, поступает как одна партия. Уровень запасов убывает с постоянной интенсивностью пока не достигает нуля. В этой точке поступает заказ, размер которого равен  $Q$ , и уровень запасов восстанавливается до максимального значения. При этом оптимальным решением задачи будет тот размер заказа, при котором минимизируются общие издержки за период (рис.6.1).

Пусть  $Q$  - размер заказа;  $T$  - протяженность периода планирования;  $D$  - величина спроса за период планирования;  $d$  - величина спроса в единицу времени;  $K$  - издержки заказа;  $H$  - удельные издержки хранения за период;  $h$  - удельные издержки хранения в единицу времени. Тогда:

$(D/Q)K$  - совокупные издержки заказа;

$(Q/2)h$  - совокупные издержки хранения;

$d = D/T$ ;  $h = H/T$ ;

$Q^* = (2dK/h)^{1/2} = (2DK/H)^{1/2}$  - оптимальный размер заказа;

$N = D/Q^*$  - оптимальное число заказов за период;

$t^* = Q^*/d = T/N$  - время цикла (оптимальное время между заказами).

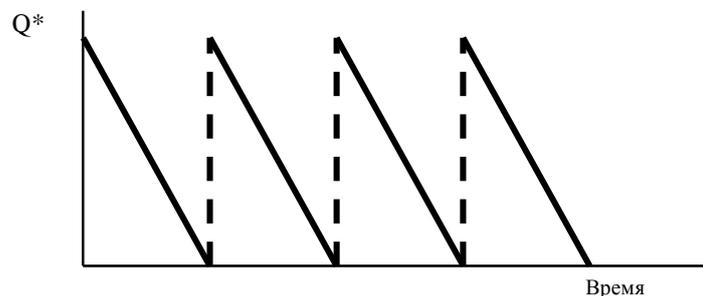


Рисунок 6.1. - Модель 1. Наиболее экономичного размера заказа

*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 рисунком 6.2.

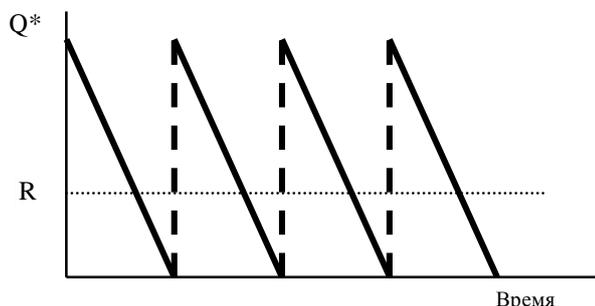


Рисунок 6.2. - Модель 2

### **Контрольный пример 1.**

Андрей является торговым агентом компании VOLVO и занимается продажей последней модели этой марки автомобиля.

Годовой спрос оценивается в 4000 ед. Цена каждого автомобиля равна 90 млн. р., а годовые издержки хранения составляют 10% от цены самого автомобиля.

Андрей произвел анализ издержек заказа и понял, что средние издержки заказа составляют 25 млн. р. на заказ. Время выполнения заказа равно восьми дням. В течение этого времени ежедневный спрос на автомобили равен 20.

Необходимо в процессе решения данного примера ответить на следующие вопросы:

1. Чему равен оптимальный размер заказа?
2. Чему равна точка восстановления?
3. Каковы совокупные издержки?
4. Каково оптимальное количество заказов в год?
5. Каково оптимальное время между двумя заказами, если предположить, что количество рабочих дней в году равно 200?

Ниже приведено описание исходных данных и результаты решения контрольного примера с использованием условных обозначений:

#### **Исходные данные:**

величина спроса за год  $D=4000$ ;  
издержки заказа  $K = 25$ ;  
издержки хранения =  $9/200$ ;  
цена за единицу  $c = 90$ ;  
время выполнения заказа  $L=8$ ;  
ежедневный спрос  $d= 20$ ;  
число рабочих дней  $T = 200$ .

#### **Решение:**

оптимальный размер заказа  $Q^* = 149$ ;  
точка восстановления  $R = 160 - 149 = 11$ ;

число заказов за год  $N = 26,83$ ;  
 совокупные издержки  $C = 1341$ ;  
 стоимость продаж = 360000;  
 число дней между заказами  $t = 7,45$ .

*Модель 3* оптимального размера заказа в предположении, что допускается дефицит продукта и связанная с ним упущенная прибыль (рис. 6.3).

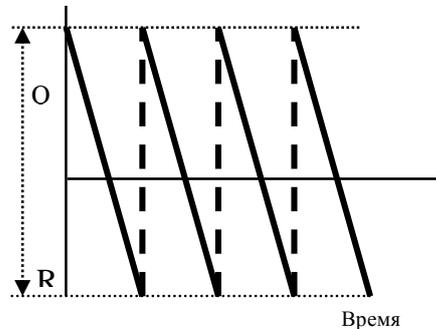


Рисунок 6.3. – Модель 3

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 рисунке 6.4.

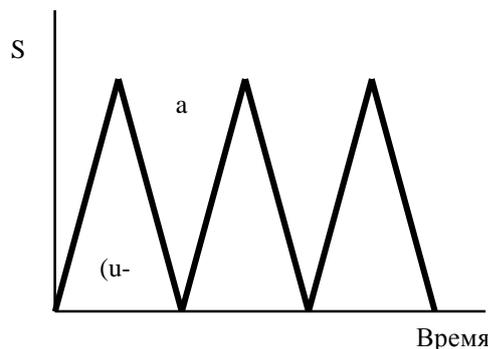


Рисунок 6.4. – Модель 4

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) x 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.6.1.

Таблица 6.1

Варианты скидок	1	2	3
Количество, при котором делается скидка	от 0 до 999	от 1000 до 1999	от 2000 и выше
Размер скидки, %	0	3	5
Цена со скидкой	5	4,8	4,75

Пусть I - доля издержек хранения в цене продукта с.

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

### **Контрольный пример 2.**

Рассмотрим пример, объясняющий принцип принятия решения в условиях скидки. Магазин "Медвежонок" продает игрушечные гоночные машинки. Эта фирма имеет таблицу скидок на машинки в случае покупок их в определенном количестве (табл. 6.1). Издержки заказа составляют 49 тыс. р. Годовой спрос на машинки равен 5000. Годовые издержки хранения в отношении к цене составляют 20%, или 0,2. Необходимо найти размер заказа, минимизирующий общие издержки.

#### **Решение:**

Рассчитаем оптимальный размер заказа для каждого вида скидок, т.е.  $Q1^*$ ,  $Q2^*$  и  $Q3^*$ . и получим  $Q1^* = 700$ ;  $Q2^* = 714$ ;  $Q3^* = 718$ .

Так как  $Q1^*$  - величина между 0 и 999, то ее можно оставить прежней.  $Q2^*$  меньше количества, необходимого для получения скидки, следовательно, его значение необходимо принять равным 1000 единиц. Аналогично  $Q3^*$  берем равным 2000 единиц. Получим  $Q1^* = 700$ ;  $Q2^* = 1000$ ;  $Q3^* = 2000$ .

Далее необходимо рассчитать общие издержки для каждого размера заказа и вида скидок, а затем выбрать наименьшее значение.

Рассмотрим следующую таблицу:

Таблица 6.2

<b>Вид скидки</b>	1	1	3
<b>Цена</b>	5	4,8	4,75
<b>Размер заказа</b>	700	1000	2000
<b>Цена на товар за год</b>	25000	24000	23750
<b>Годовые издержки заказа</b>	350	245	122,5
<b>Годовые издержки хранения</b>	350	480	950
<b>Общие годовые издержки</b>	25700	24725	24822,5

Выберем тот размер заказа, который минимизирует общие годовые издержки. Из таблицы видно, что заказ в размере 1000 игрушечных гоночных машинок будет минимизировать совокупные издержки.

### Индивидуальное задание.

Решить задачу, согласно вашему варианту, используя модели управления запасами.

#### **Вариант 1.**

Господин Бобров приобретает в течение года 1500 телевизоров для розничной продажи в своем магазине. Издержки хранения каждого телевизора равны 45 тыс. р. в год. Издержки заказа - 150 тыс. р. Количество рабочих дней в году равно 300, время выполнения заказа - 6 дней. Необходимо найти:

- оптимальный размер заказа;
- годовые издержки заказа;
- точку восстановления запаса.

#### **Вариант 2.**

Анна Васильева из компании "Сюрприз" продает 400 водяных кроватей в год, причем издержки хранения равны 1 тыс. р. за кровать в день и издержки заказа - 40 тыс. р. Количество рабочих дней равно 250 и время выполнения заказа - 6 дней. Каков оптимальный размер заказа? Чему равна точка восстановления запаса? Каков оптимальный размер заказа, если издержки хранения равны 1,5 тыс. р.?

#### **Вариант 3.**

Мекки Мессер является владельцем маленькой компании, которая выпускает электрические ножи. В среднем Мекки может производить 150 ножей в день. Дневной спрос на ножи примерно равен 40. Фиксированные издержки производства равны 100 тыс. р., издержки хранения - 8 тыс. р. за нож в год. Какой максимальный заказ следует иметь на складе?

#### **Вариант 4.**

Компания "Веселые ребята" закупает у завода-изготовителя лобовые стекла грузовых автомобилей "Урал" для розничной продажи. В год, за 200 рабочих дней, реализуется около 10 000 стекол. Издержки заказа для компании составляют 400 тыс. р., ежедневные издержки хранения одного стекла - 6 тыс. р. Чему равен оптимальный размер заказа? Каковы минимальные годовые совокупные издержки?

#### **Вариант 5.**

Годовой заказ на тостер "Слава" для салона Марии Мягковой равен 3000 единиц, или 10 в день. Издержки заказа равны 25 тыс. р. издержки хранения - 0,4 тыс. р. в день. Так как тостер "Слава" является очень популярным среди покупателей, то в случае отсутствия товара покупатели обычно согласны подождать, пока не подойдет следующий заказ. Однако издержки, связанные с дефицитом, равны 0,75 тыс. р. за тостер в день. Сколько тостеров будет оказывать Мария? Каков максимальный дефицит? Чему равны совокупные издержки?

### **Вариант 6.**

Магазин "Природа" пользуется популярностью у покупателей благодаря широкому ассортименту экологически чистых продуктов. Большинство покупателей не отказываются от услуг магазина даже в том случае, когда интересующий их товар отсутствует в продаже. Они оставляют заказ на товар и ждут, когда поступит новая партия.

Сыр "Витаум" - не самый популярный из всего набора товаров, но администратор магазина регулярно заказывает этот продукт. Годовой спрос на "Витаум" составляет 500 головок сыра. Издержки заказа - 40 тыс. р. за заказ. Издержки хранения - 5 тыс. р. в год. Упущенная прибыль вследствие дефицита составляет 100 тыс. р. за год на одну головку сыра.

Сколько головок сыра следует заказывать, чтобы не допустить дефицита и иметь при этом минимальные общие издержки?

Сколько сыра следует заказывать, если допустить возможность дефицита?

Чему равна точка восстановления запаса, если время выполнения заказа 10 дней и число рабочих дней в году 250?

Чему равен максимальный размер дефицита?

### **Вариант 7.**

Компания "Химпласт" предлагает следующие скидки для линолеума размером 2x3 м (табл. 6.3).

Таблица 6.3

<b>Размер заказа</b>	9 кусков или менее	10-50 кусков	50 кусков и более
<b>Цена 1 куска</b>	18 тыс. р.	17,5 тыс. р.	17,25 тыс. р.

Магазин "Все для дома" заказывает у компании линолеум. Издержки заказа равны 45 тыс. р. Годовые издержки хранения равны 50% от цены. Годовой спрос на линолеум в магазине составляет 100 кусков. Какое количество необходимо приобрести?

### **Вариант 8.**

Мебельный салон "Антика" продает в год около 1000 спальных гарнитуров по цене 50 млн. р. Размещение одного заказа на поставку гарнитуров обходится в 40 млн. р. Годовая стоимость хранения гарнитура составляет 25% его цены. Салон может получить 3%-ю скидку у поставщика, если размер заказа составит не менее 200 гарнитуров. Следует ли салону заказывать 200 или более гарнитуров и пользоваться скидкой?

### **Вариант 9.**

Обычная оптовая цена аудиоколонок для автомагнитолы - 20 тыс. р. В случае заказа от 75 до 90 колонок цена сокращается до 18,5 тыс. р. При заказе более 100 колонок цена снижается до 15,75 тыс. р. Издержки заказа для компании "Эхо", являющейся производителем колонок, равны 10 тыс. р., годовые издержки хранения - 5% от стоимости колонки. Ежедневная величина спроса в течение 250 дней реализации в году - 25 колонок. Каков оптимальный размер заказа и чему равны минимальные средние ежедневные издержки?

### **Вариант 10.**

Компания «Интегро» продает в год около 2000 шкафов-купе по цене 40 тыс. р. Размещение одного заказа на поставку шкафов-купе обходится в 30 тыс. р. Годовая стоимость хранения гарнитура составляет 20% его цены. Компания может получить 5%-ю скидку у поставщика, если размер заказа составит не менее 300 гарнитуров. Следует ли салону заказывать 300 или более гарнитуров и пользоваться скидкой?

### **Вариант 11.**

Компания "Люкс" предлагает следующие скидки для обоев (табл.6.4).

Таблица 6.4

Размер заказа	10 метров и менее	10-100 метров	Более 100 метров
Цена 1 метра	300 р.	250 р.	210 р.

Магазин "Уют" заказывает у компании обои. Издержки заказа равны 50 тыс. р. Годовые издержки хранения равны 40% от цены. Годовой спрос на линолеум в магазине составляет 2000 метров. Какое количество необходимо приобрести?

### **Вариант 12.**

Петр Иванович из компании "Уют" продает 600 спален в год, причем издержки хранения равны 500 р. за кровать в день и издержки заказа - 50 тыс. р. Количество рабочих дней равно 250 и время выполнения заказа - 5 дней. Каков оптимальный размер заказа? Чему равна точка восстановления запаса? Каков оптимальный размер заказа, если издержки хранения равны 1 тыс. р.?

### **Вариант 13.**

Иванов Иван является владельцем компании, которая изготавливает игрушки. В среднем компания может производить 50 игрушек в день. Дневной спрос на игрушки примерно равен 40. Фиксированные издержки производства равны 100 тыс. р., издержки хранения - 20 тыс. р. за игрушку в год. Какой максимальный заказ следует иметь на складе?

### **Вариант 14.**

Иван Федорович приобретает в течение года 300 видеомagneтофонов для розничной продажи в своем магазине. Издержки хранения каждого магнетофона равны 20 тыс. р. в год. Издержки заказа - 100 тыс. р. Количество рабочих дней в году равно 300, время выполнения заказа - 5 дней. Необходимо найти:

- оптимальный размер заказа;
- годовые издержки заказа;
- точку восстановления запаса.

### **Вариант 15.**

Фирма приобретает в течение года 1000 компьютеров для розничной продажи. Издержки хранения каждого компьютера равны 25 тыс. р. в год. Издержки заказа - 300 тыс. р. Количество рабочих дней в году равно 290, время выполнения заказа - 10 дней. Необходимо найти:

- оптимальный размер заказа;
- годовые издержки заказа;
- точку восстановления запаса.

### **Контрольные вопросы.**

1. Что такое время выполнения заказа?
2. Что такое время цикла?
3. Что такое запас?
4. Что такое издержки заказа?
5. Что такое издержки хранения?
6. Что такое точка восстановления?
7. Что такое упущенная прибыль?
8. Какие модели управления запасами Вы знаете?
3. Опишите модель оптимального размера заказа.
4. Опишите модель заказа с количественными ссылками.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. Календарное планирование

**Цель работы:** освоить и закрепить практические навыки по составлению календарного плана работ.

### **Краткие теоретические сведения.**

*Календарное планирование* предусматривает построение календарного графика, определяющего моменты начала и окончания каждой работы и другие временные характеристики сетевого графика. Это позволяет, в частности, выявлять критические операции, которым необходимо уделять особое внимание, чтобы закончить проект в директивных срок. Во время календарного планирования определяются временные характеристики всех работ с целью проведения оптимизации сетевой модели, которая улучшает эффективность использования какого-либо ресурса.

Календарное планирование производит увязку во времени всех действий, которые нужно выполнить и при этом минимизирует время выполнения плана.

Есть различные типы задач календарного планирования. Рассмотрим два типа задач.

### **Контрольный пример 1.**

#### **Задача С. Джонсона для двух станков**

Есть два станка А и В. Каждая деталь должна быть сначала обработана на станке А, затем на станке В. Известны время обработки каждой детали на каждом станке:

$t_{iA}$ ,  $t_{iB}$  – время обработки на станке А, В.

Для разных деталей это время различно. На каждом из станков одновременно можно обрабатывать только одну деталь, каждая деталь может обрабатываться только на одном станке; процесс обработки детали не может прерываться. Надо определить вариант плана запуска деталей, при котором общее время их обработки будет минимальным.

#### **Решение:**

Записывается время обработки каждой детали (табл.7.1).

Таблица 7.1

Номер детали	1	2	3	4	5
Станок А	3	4	2	3	1
Станок В	2	1	3	5	4

Просматриваются все времена обработки и находится минимальное из них  $t_{2B} = 1$ ,  $t_{5A} = 1$ . Если минимальное время относится к первому станку, то деталь ставится на обработку первой. Если минимальное время относится ко второму станку, то деталь ставится на обработку последней. Если время обработки двух разных деталей на одном станке совпадает и это время меньше времени обработки на другом станке, то порядок обработки этих деталей произволен.

Действия повторяются с остальными деталями.

Для контрольного примера 1 последовательность обработки следующая:

5, 3, 4, 1, 2.

Посчитать общее время обработки в полученной последовательности и в последовательности 1,2,3,4,5 и сравним.

Время обработки в полученной последовательности (табл.7.2).

Таблица 7.2

№ детали	5	3	4	1	2											
Станок А	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Станок В																
№ детали		5		3		4			1		2					
t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Время обработки равно 16 единиц.

Время обработки в последовательности 1,2,3,4,5 (табл.7.3).

Таблица 7.3

№ детали	1	2	3	4	5																
Станок А	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Станок В																					
№ детали		1		2		3			4				5								
t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1

Время обработки равно 21 единица.

**Контрольный пример 2.**

**Задача распределения заказов.**

Надо выполнить четыре заказа:

Заказ1 – 100 изделий, Заказ2 – 200 изделий, Заказ3 – 50 изделий, заказ4 – 75 изделий.

Изделия любого заказа можно обработать на любом из четырех станков А, В, С, Д. Время выполнения заказов разное. Каждый станок обладает ограниченным ресурсом времени выполнения заказов. Заказ должен быть выполнен на одном станке.

**Решение:**

Введем следующие обозначения:

N – номер заказа;  
V – объем заказа;  
tik – норматив обработки изделия i-го заказа на k-ом станке;  
Tik – общие затраты времени на i-го заказ при его выполнении на k-ом станке;

Rk – ресурс времени k-го станка;

Pk – использованное время k-го станка.

Строим таблицу в которую заносим данные (табл. 7.4).

Таблица 7.4

№	V	tiA	TiA	IiA	tiB	TiB	IiB	tiC	TiC	IiC	tiД	TiД	IiД
1	100	1			0,67			0,8			1,33		
2	200	2			1			0,9			1,7		
3	50	2			1,33			1			2,5		
4	75	1			0,8			0,67			1,25		
Rk			80			150			250			100	
Pk													

Рассчитываем общие затраты времени на заказ Tik.

$$Tik = \frac{V}{tik}$$

Рассчитываем индикатор Iik следующим образом: станку имеющему наибольший норматив tik присваивается значение индикатора равное 1, для остальных станков индикатор рассчитывается по формуле:

$$Iik = \frac{Tik}{Tik_{\max tik}}$$

Данные заносим в таблицу 7.5.

Таблица 7.5

№	V	tiA	TiA	IiA	tiB	TiB	IiB	tiC	TiC	IiC	tiД	TiД	IiД
1	100	1	100	1,33	0,67	149,3	1,99	0,8	125,0	1,66	1,33	75,2	1
2	200	2	100	1	1	200,0	2,00	0,9	222,2	2,22	1,7	117,6	1,18
3	50	2	25	1,25	1,33	37,6	1,88	1	50,0	2,50	2,5	20,0	1
4	75	1	75	1,25	0,8	93,8	1,56	0,67	111,9	1,87	1,25	60,0	1
Rk			80			150			250			100	
Pk			75			0			222			95,2	

Распределение заказов по станкам происходит следующим образом: заказ отдается станку с минимальным значением индикатора при условии, что станок имеет достаточный ресурс времени.

В контрольном примере заказы распределились следующим образом: Заказ1 на станке Д, Заказ2 на станке С, Заказ3 на станке Д, Заказ4 на станке А. Определяем время работы станка и заносим в табл. 7.5.

### Индивидуальные задания.

Решить задачу планирования, согласно вашему варианту.

#### **Вариант 1.**

Есть шесть деталей для обработки и два станка А и В. Каждая деталь должна быть обработана в первую очередь на станке А, во вторую на станке В. Время обработки деталей приведено в табл.7.6. На каждом из станков можно одновременно обрабатывать только одну деталь, каждая деталь может обрабатываться только на одном станке, процесс обработки детали не может прерываться.

Определить вариант плана запуска деталей, при котором общее время их обработки будет минимальным. Посчитать общее время обработки деталей в порядке 1,2,3,4,5,6 и общее время обработки деталей в полученном варианте плана запуска деталей.

Таблица 7.6

Номер детали	1	2	3	4	5	6
Станок А	4	2	1	3	3	2
Станок Б	1	3	4	5	3	2

#### **Вариант 2.**

Надо выполнить четыре заказа:

заказ 1 – 200 изделий,

заказ 2 – 100 изделий,

заказ 3 – 150 изделий,

заказ 4 – 80 изделий.

Изделия любого заказа можно обрабатывать на любом из четырех станков А, Б, В, Г. Норматив обработки изделия каждого заказа (штук/час) -  $t_{ik}$ , ресурс времени каждого станка –  $R_k$ , заданы в таблице 7.7. Составьте план распределения заказов по станкам, чтобы минимизировать затраты на все производство. Заказ должен быть выполнен на одном станке.

Таблица 7.7

Номер заказа	Объем заказа	$t_{iA}$	$t_{iB}$	$t_{iB}$	$t_{iГ}$
1	200	1	2	0,75	1,2
2	100	1,6	1	0,9	1,5
3	150	1,7	1,2	1	2
4	80	1	0,6	1	1,25
$R_k$		100	150	200	100

#### **Вариант 3.**

Есть шесть деталей для обработки и два станка А и В. Каждая деталь должна быть обработана в первую очередь на станке А, во вторую на станке В. Время обработки деталей приведено в таблице 7.8. На каждом из станков можно одновременно обрабатывать только одну деталь, каждая деталь может обрабатываться только на одном станке, процесс обработки детали не может прерываться.

Определить вариант плана запуска деталей, при котором общее время их обработки будет минимальным. Посчитать общее время обработки деталей в порядке 1,2,3,4,5,6 и общее время обработки деталей в полученном варианте плана запуска деталей.

Таблица 7.8

<b>Номер детали</b>	1	2	3	4	5	6
<b>Станок А</b>	5	3	4	2	3	1
<b>Станок Б</b>	2	1	3	2	4	5

#### Вариант 4.

Надо выполнить четыре заказа:

заказ 1 – 300 изделий,

заказ 2 – 150 изделий,

заказ 3 – 200 изделий,

заказ 4 – 50 изделий.

Изделия любого заказа можно обрабатывать на любом из четырех станков А, Б, В, Г. Норматив обработки изделия каждого заказа (штук/час) -  $t_{ik}$ , ресурс времени каждого станка –  $R_k$ , заданы в таблице 7.9. Составьте план распределения заказов по станкам, чтобы минимизировать затраты на все производство. Заказ должен быть выполнен на одном станке.

Таблица 7.9

<b>Номер заказа</b>	<b>Объем заказа</b>	<b><math>t_{iA}</math></b>	<b><math>t_{iB}</math></b>	<b><math>t_{iB}</math></b>	<b><math>t_{iГ}</math></b>
1	300	3	1,5	2	1,3
2	150	1,5	0,65	3	2
3	200	2	0,5	1,5	0,9
4	50	1	1,2	0,89	0,56
$R_k$		200	250	200	100

#### Вариант 5.

Есть шесть деталей для обработки и два станка А и В. Каждая деталь должна быть обработана в первую очередь на станке А, во вторую на станке В. Время обработки деталей приведено в табл.7.10. На каждом из станков можно одновременно обрабатывать только одну деталь, каждая деталь может обрабатываться только на одном станке, процесс обработки детали не может прерываться.

Определить вариант плана запуска деталей, при котором общее время их обработки будет минимальным. Посчитать общее время обработки деталей в

порядке 1,2,3,4,5,6 и общее время обработки деталей в полученном варианте плана запуска деталей.

Таблица 7.10

<b>Номер детали</b>	1	2	3	4	5	6
<b>Станок А</b>	1	3	2	4	5	2
<b>Станок Б</b>	3	2	1	6	3	4

### Вариант 6.

Надо выполнить четыре заказа:

заказ 1 – 50 изделий,

заказ 2 – 80 изделий,

заказ 3 – 100 изделий,

заказ 4 – 45 изделий.

Изделия любого заказа можно обрабатывать на любом из четырех станков А, Б, В, Г. Норматив обработки изделия каждого заказа (штук/час) -  $t_{ik}$ , ресурс времени каждого станка –  $R_k$ , заданы в таблице 7.11. Составьте план распределения заказов по станкам, чтобы минимизировать затраты на все производство. Заказ должен быть выполнен на одном станке.

Таблица 7.11

<b>Номер заказа</b>	<b>Объем заказа</b>	<b><math>t_{iA}</math></b>	<b><math>t_{iB}</math></b>	<b><math>t_{iB}</math></b>	<b><math>t_{iГ}</math></b>
1	50	0,5	1,2	1,5	1,5
2	80	1	0,5	2	1,5
3	100	3	2	0,8	0,8
4	45	1,6	1,5	2	1,2
$R_k$		100	50	30	150

### Вариант 7.

Есть шесть деталей для обработки и два станка А и В. Каждая деталь должна быть обработана в первую очередь на станке А, во вторую на станке В. Время обработки деталей приведено в табл.7.12. На каждом из станков можно одновременно обрабатывать только одну деталь, каждая деталь может обрабатываться только на одном станке, процесс обработки детали не может прерываться.

Определить вариант плана запуска деталей, при котором общее время их обработки будет минимальным. Посчитать общее время обработки деталей в порядке 1,2,3,4,5,6 и общее время обработки деталей в полученном варианте плана запуска деталей.

Таблица 7.12

<b>Номер детали</b>	1	2	3	4	5	6
<b>Станок А</b>	3	5	6	1	4	8
<b>Станок Б</b>	5	1	3	6	2	7

### Вариант 8.

Надо выполнить четыре заказа:

заказ 1 – 20 изделий,

заказ 2 – 30 изделий,

заказ 3 – 15 изделий,

заказ 4 – 50 изделий.

Изделия любого заказа можно обрабатывать на любом из четырех станков А, Б, В, Г. Норматив обработки изделия каждого заказа (штук/час) -  $t_{ik}$ , ресурс времени каждого станка –  $R_k$ , заданы в табл.7.13. Составьте план распределения заказов по станкам, чтобы минимизировать затраты на все производство. Заказ должен быть выполнен на одном станке.

Таблица 7.13

Номер заказа	Объем заказа	$t_{iA}$	$t_{iB}$	$t_{iВ}$	$t_{iГ}$
1	20	1	0,5	2	1,8
2	30	2	1	0,9	0,9
3	15	0,5	2	1,5	1,5
4	50	0,6	0,9	0,8	1,2
$R_k$		50	45	100	20

### Вариант 9.

Есть шесть деталей для обработки и два станка А и В. Каждая деталь должна быть обработана в первую очередь на станке А, во вторую на станке В. Время обработки деталей приведено в таблице 7.14. На каждом из станков можно одновременно обрабатывать только одну деталь, каждая деталь может обрабатываться только на одном станке, процесс обработки детали не может прерываться.

Определить вариант плана запуска деталей, при котором общее время их обработки будет минимальным. Посчитать общее время обработки деталей в порядке 1,2,3,4,5,6 и общее время обработки деталей в полученном варианте плана запуска деталей.

Таблица 7.14

Номер детали	1	2	3	4	5	6
Станок А	2	4	6	1	3	5
Станок В	1	6	2	2	4	3

### Вариант 10.

Надо выполнить четыре заказа:

заказ 1 – 45 изделий,

заказ 2 – 100 изделий,

заказ 3 – 250 изделий,

заказ 4 – 30 изделий.

Изделия любого заказа можно обрабатывать на любом из четырех станков А, Б, В, Г. Норматив обработки изделия каждого заказа (штук/час) -  $t_{ik}$ , ресурс времени каждого станка –  $R_k$ , заданы в таблице 7.15. Составьте план

распределения заказов по станкам, чтобы минимизировать затраты на все производство. Заказ должен быть выполнен на одном станке.

Таблица 7.15

Номер заказа	Объем заказа	$t_{iA}$	$t_{iB}$	$t_{iB}$	$t_{iГ}$
1	45	1	1	2	1,95
2	100	3	2	1	2
3	250	0,9	0,9	1,5	1,6
4	300	2	1,2	1,3	1,2
Rk		100	250	200	100

### **Контрольные вопросы**

1. Что строится в процессе календарного планирования?
2. Что определяется в процессе календарного планирования?
3. В чем назначение календарного планирования?
4. Опишите задачу С. Джонсона для двух станков.
5. Опишите задачу распределения заказов.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8. Решение задач по оптимизации

**Цель работы:** закрепить навыки постановки типовых задач линейного программирования и освоить методику их решения на основе использования табличного процессора MSExcel.

### Краткие теоретические сведения.

Ежедневно специалисты в области экономики и менеджмента сталкиваются с задачами оптимизации. Это и премирование штатного расписания, и расчет фонда заработной платы, и планирование рекламной компании, и еще множество задач, решаемых с помощью методов оптимизации. Наиболее легкими и показательными являются задачи линейной оптимизации.

*Линейное программирование* – это раздел высшей математики, занимающийся разработкой методов отыскания экстремальных значений линейной функции, на неизвестные которой наложены линейные ограничения.

Задачи линейного программирования относятся к задачам на условный экстремум функции. Однако для исследования линейной функции многих переменных на условный экстремум нельзя применить хорошо разработанные методы математического анализа.

Действительно, пусть необходимо исследовать на экстремум линейную функцию  $Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$  при линейных ограничениях  $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i (i = \overline{1, m})$ .

Необходимым условием экстремума является  $\partial Z / \partial x_j = 0 (j = \overline{1, n})$ . Но  $\partial Z / \partial x_j = c_j$ . Отсюда  $c_j = 0 (j = \overline{1, n})$ . Так как все коэффициенты линейной функции не могут быть равны нулю, то внутри области, образованной системой ограничений, экстремальные точки не существуют. Они могут быть только на границе области.

Для решения таких задач разработаны специальные методы линейного программирования, которые особенно широко применяются в экономике.

### **Линейная оптимизационная задача.**

#### Контрольный пример.

Для производства столов и шкафов мебельная фабрика использует необходимые ресурсы. Нормы затрат ресурсов на одно изделие данного вида, прибыль от реализации одного изделия и общее количество имеющихся ресурсов каждого вида приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Ресурсы	Нормы затрат ресурсов на одно изделие		Общее количество ресурсов
	стол	шкаф	
Древесина 1 вида	0,2	0,1	40

Древесина 2 вида	0,1	0,3	60
Трудоемкость (человеко-часов)	1,2	1,5	371,4
Прибыль от реализации одного изделия (руб.)	6	8	

Определить, сколько столов и шкафов фабрике следует изготавливать, чтобы прибыль от их реализации была максимальной.

**Решение:**

Для решения этой задачи необходимо построить математическую модель. Процесс построения модели можно начать с ответа на следующие три вопроса:

1. Для определения каких величин строится модель?
2. В чем состоит цель, для достижения которой из множества всех допустимых значений переменных выбираются оптимальные?
3. Каким ограничениям должны удовлетворять неизвестные?

В данном случае мебельной фабрике необходимо спланировать объем производства столов и шкафов так, чтобы максимизировать прибыль. Поэтому переменными являются:  $x_1$  - количество столов,  $x_2$  - количество шкафов

Суммарная прибыль от производства столов и шкафов равна  $z=6*x_1+8*x_2$ . Целью фабрики является определение среди всех допустимых значений  $x_1$  и  $x_2$  таких, которые максимизируют суммарную прибыль, т.е. целевую функцию  $z$

Ограничения, которые налагаются на  $x_1$  и  $x_2$ :

- объем производства шкафов и столов не может быть отрицательным, следовательно:  $x_1, x_2 \geq 0$ .

- нормы затрат древесины на столы и шкафы не может превосходить максимально возможный запас данного исходного продукта, следовательно:

$$0,2x_1 + 0,1x_2 \leq 40,$$

$$0,1x_1 + 0,3x_2 \leq 60.$$

Кроме того, ограничение на трудоемкость не превышает количества затрачиваемых ресурсов

$$1,2x_1 + 1,5x_2 \leq 371,4.$$

Таким образом, математическая модель данной задачи имеет следующий вид:

Максимизировать функции.

$$z = 6x_1 + 8x_2$$

при следующих ограничениях:

$$0,2x_1 + 0,1x_2 \leq 40$$

$$0,1x_1 + 0,3x_2 \leq 60$$

$$1,2x_1 + 1,5x_2 \leq 371,4$$

Данная модель является линейной, т.к. целевая функция и ограничения линейно зависят от переменных.

## Решение задачи с помощью MSExcel.

1. Отвести ячейки А3 и В3 под значения переменных  $x_1$  и  $x_2$  (рис. 8.1).

	A	B	C	D
1	Переменные			
2	x1	x2		
3				
4	Функция цели:		=6*A3+8*B3	
5				
6				
7	=0,2*A3+0,1*B3	40		
8	=0,1*A3+0,3*B3	60		
9	=1,2*A3+1,5*B3	371,4		
10				

Рисунок 8.1. - Диапазоны, отведенные под переменные, целевую функцию и ограничения

2. В ячейку С4 ввести функцию цели:  $=6*A3+8*B3$ , в ячейки А7:А9 ввести левые части ограничений:

$$=0,2*A3+0,1*B3$$

$$=0,1*A3+0,3*B3$$

$$=1,2*A3+1,5*B3,$$

а в ячейки В7:В9 - правые части ограничений. (рис.8.1.)

3. Выбрать команды **Сервис/Поиск решения** (Tools/Solver) и заполнить открывшееся диалоговое окно **Поиск решения** (Solver) как показано на рисунке 8.2. Средство поиска решений является одной из надстроек Excel. Если в меню **Сервис** (Tools) отсутствует команда **Поиск решения** (Solver), то для ее установки необходимо выполнить команду **Сервис/Надстройки/Поиск решения** (Tools/Add-ins/Solver). Для ввода ограничений нажмите кнопку **Добавить**.

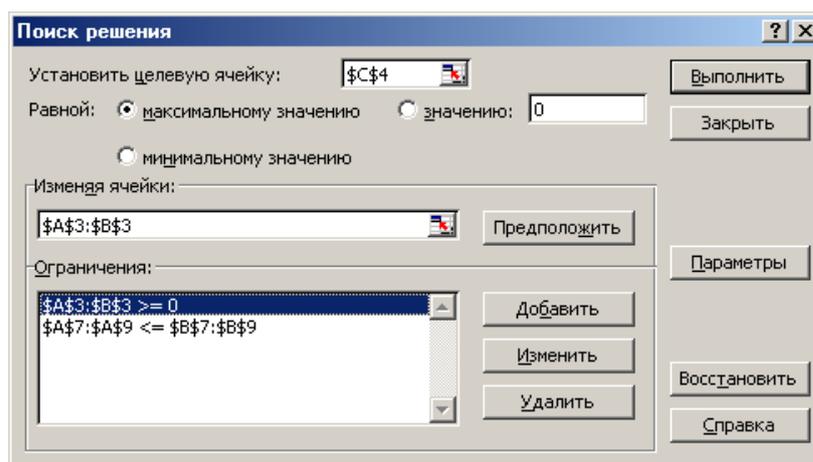


Рисунок 8.2 - Диалоговое окно **Поиск решения** задачи о максимизации прибыли на фабрике

**Внимание!** В диалоговом окне **Параметры поиска решения** (SolverOptions) необходимо установить флажок **Линейная модель** (AssumeLinearModel) (рис.8.3).

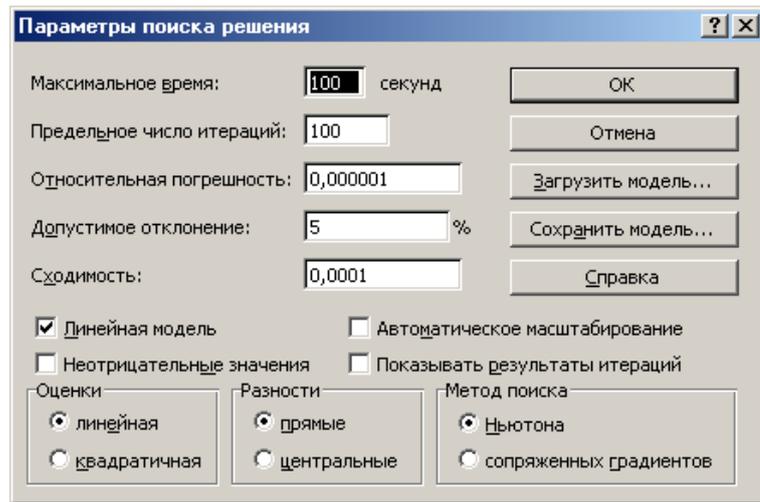


Рисунок 8.3 - Диалоговое окно **Параметры поиска решения**

4. После нажатия кнопки **Выполнить** (Solve) открывается окно **Результаты поиска решения** (SolverResults), которое сообщает, что решение найдено (рис. 8.4).

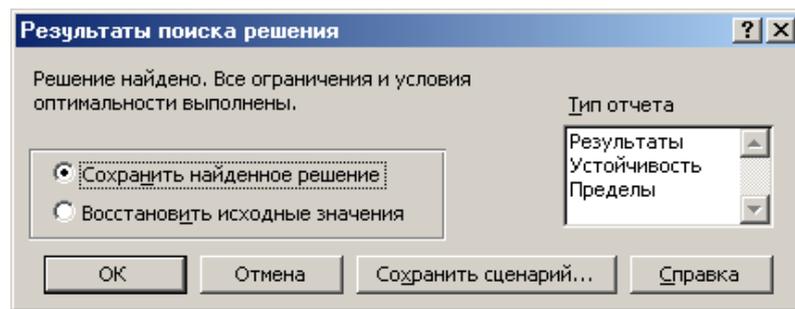


Рисунок 8.4 - Диалоговое окно **Результаты поиска решения**

5. Результаты расчета задачи представлены на рисунке 8.5, из которого видно, что оптимальным является производство 102 столов и 166 шкафов. Этот объем производства принесет фабрике 1940 руб. прибыли.

	A	B	C	D
1	Переменные			
2	x1	x2		
3	102	166		
4	Функция цели:		1940,00	
5				
6				
7	37,00	40		
8	60,00	60		
9	371,40	371,4		
10				

Рисунок 8.5 - Результаты расчета с помощью средства поиска решений для задачи максимизации выпуска столов и шкафов

### Индивидуальное задание.

1. Построить математическую модель задачи, согласно вашему варианту.
2. Решить задачу с помощью средства MSExcel **Поиск решения**.
3. Сделать соответствующие выводы.

### Вариант 1.

Для производства двух видов изделий А и В используется токарное, фрезерное и шлифовальное оборудование. Нормы затрат времени для каждого из типов оборудования на одно изделие данного вида приведены в табл.8.2. В ней же указан общий фонд рабочего времени каждого из типов оборудования, а также прибыль от реализации одного изделия.

Таблица 8.2

Тип оборудования	Затраты времени (станко-часов) на обработку одного изделия		Общий фонд полезного рабочего времени
	А	В	
Фрезерное	10	8	168
Токарное	5	10	180
Шлифовальное	6	12	144
Прибыль от реализации одного изделия (руб.)	14	18	

Найти план выпуска изделий вида А и В, обеспечивающий максимальную прибыль от их реализации.

### Вариант 2.

На звероферме могут выращиваться черно-бурые лисицы и песцы. Для обеспечения нормальных условий их выращивания используется три вида кормов. Количество корма каждого вида, которое должны ежедневно получать лисицы и песцы, приведено в таблице 8.3. В ней же указаны общее количество корма каждого вида, которое может быть использовано зверофермой, и прибыль от реализации одной шкурки лисицы и песца.

Найти оптимальное соотношение количества кормов и численности поголовья лис и песцов.

Таблица 8.3

Вид корма	Количество единиц корма, которое ежедневно должны получать		Общее количество корма
	А	В	
Вид 1	2	3	180
Вид 2	4	1	240
Вид 3	6	7	126
Прибыль от реализации одной шкурки (руб.)	16	12	

### Вариант 3.

Для изготовления различных изделий А, В и С предприятие использует три различных вида сырья. Нормы расхода сырья на производство одного изделия каждого вида, цена одного изделия А, В и С, а также общее количество сырья каждого вида, которое может быть использовано предприятием, приведены в таблице 8.4.

Таблица 8.4

Вид сырья	Норма затрат сырья (кг) на одно изделие			Общее количество сырья (кг)
	А	В	С	
Вид 1	18	15	12	360
Вид 2	6	4	8	192
Вид 3	5	3	3	180
Цена одного изделия(руб.)	9	10	16	

Изделия А, В и С могут производиться в любых соотношениях (сбыт обеспечен), но производство ограничено выделенным предприятию сырьем каждого вида.

Составить план производства изделий, при котором общая стоимость всей произведенной предприятием продукции является максимальной.

### Вариант 4.

На швейной фабрике для изготовления четырех видов изделий может быть использована ткань трех артикулов. Нормы расхода тканей всех артикулов на пошив одного изделия приведены в таблице 8.5. В ней же указаны имеющиеся в распоряжении фабрики общее количество тканей каждого артикула и цена одного изделия данного вида. Определить, сколько изделий каждого вида должна произвести фабрика, чтобы стоимость изготовленной продукции была максимальной.

Таблица 8.5

Артикул ткани	Норма расхода ткани (м) на одно изделие вида				Общее количество ткани (м)
	Вид 1	Вид 2	Вид 3	Вид 4	
Артикул 1	1	-	2	1	180
Артикул 2	-	1	3	2	210
Артикул 3	4	2	-	4	800
Цена одного изделия (руб.)	9	6	4	7	

### Вариант 5.

Фабрика "GRMpie" выпускает два вида каш для завтрака - "Crunchy" и "Chewy". Используемые для производства обоих продуктов ингредиенты в основном одинаковы и, как правило, не являются дефицитными.

Основным ограничением, накладываемым на объем выпуска, является наличие фонда рабочего времени в каждом из трех цехов фабрики.

Управляющему производством Джою Дисону необходимо разработать план производства на месяц. В таблице 8.6 указаны общий фонд рабочего времени и число человеко-часов, требуемое для производства 1 т продукта.

Таблица 8.6

Цех	Необходимый фонд рабочего времени, ч ед. -ч/г		Общий фонд рабочего времени, чел. -ч. в месяц
	"Crunchy"	"Chewy"	
А. Производство	10	4	1000
В. Добавка приправ	3	2	360
С. Упаковка	2	5	600

Доход от производства 1 т "Crunchy" составляет 150 ф. ст., а от производства "Chewy" - 75 ф. ст. На настоящий момент нет никаких ограничений на возможные объемы продаж. Имеется возможность продать всю произведенную продукцию.

Требуется: сформулировать модель линейного программирования, максимизирующую общий доход фабрики за месяц и реализовать решение этой модели.

### Вариант 6.

Оливер А. Петере скоро выйдет на пенсию, и ему предстоит решить, как поступить с единовременным пособием, которое в соответствии с пенсионной программой будет предоставлено ему фирмой. М-р Петере и его супруга намерены предпринять длительный визит в Австралию к своей дочери сроком на два года, поэтому любые сделанные в настоящий момент инвестиции будут свободны для использования на данный период. Очевидно, цель м-ра Петерса состоит в максимизации общего дохода от вложений, полученного за двухлетний период.

Мистера Петерса проконсультировали, что наилучшим вариантом вложения инвестиций был бы инвестиционный фонд, и в настоящее время он рассматривает возможность помещения инвестиций в один из таких фондов, состоящий из инвестиций трех типов - А, В и С. Сумма единовременного пособия составит 25000 ф. ст., однако, мистер Петере считает, что нет необходимости вкладывать в данный инвестиционный фонд все деньги; часть из них он намерен перевести на свой счет жилищно-строительного кооператива, который гарантирует ему 9% годовых.

По мнению бухгалтера фирмы, мистеру Петерсу следует попытаться распределить свои инвестиции таким образом, чтобы обеспечить как получение дохода, так и рост капитала. Поэтому ему посоветовали не менее 40% от общей суммы вложить в вариант А и перевести на свой счет. Для

обеспечения значительного роста капитала не менее 25% общей суммы денежных средств, вложенных в инвестиционный фонд, необходимо поместить в проект В, однако, вложения в В не должны превышать 35% общего объема вложений в инвестиционный фонд ввиду высокой вероятности риска, соответствующей проекту В. Кроме того, для сохранности капитала в проекты А и С следует вложить не менее 50% средств, помещаемых в инвестиционный фонд.

В настоящее время проект А позволяет получать 10 % годовых и обеспечивает 1% роста капитала, проект В предполагает рост капитала в 15%; проект С дает 4% годовых и 5%-ный рост капитала.

Требуется: учитывая цель м-ра Петерса, сформулировать модель линейного программирования, показывающую, как следует распределить сумму единовременного пособия между различными проектами инвестиций.

### Вариант 7.

Общество с ограниченной ответственностью по производству гусеничных механизмов выпускает пять сходных друг с другом товаров - А, В, С, D и Е. В таблице 8.7 представлены расходы ресурсов, необходимых для выпуска единицы каждого товара, а также недельные запасы каждого ресурса и цены продажи единицы каждого продукта.

Таблица 8.7

Ресурсы	Товар					Недельный запас ресурсов
	А	В	С	Д	Е	
Сырье, кг	6,00	6,50	6,10	6,10	6,40	35000
Сборка, ч	1,00	0,75	1,25	1,00	1,00	6000
Обжиг, ч	3	4,50	6	6	4,50	30000
Упаковка, ч	0,50	0,50	0,50	0,75	1,00	4000
Цена продажи, ф.ст	40	42	44	48	52	

Известны также издержки, связанные с использованием каждого вида ресурсов:

- сырье - 2,10 ф. ст. за 1 кг;
- сборка - 3,00 ф. ст. за 1 ч;
- обжиг- 1,30 ф. ст. за 1 ч;
- упаковка - 8,00 ф. ст. за 1 ч.

Требуется сформулировать задачу линейного программирования таким образом, чтобы в качестве переменных как целевой функции, так и ограничений выступали ресурсы. Кратко сформулировать предпосылки применения модели. Для максимизации элементов, составляющих прибыль за неделю, следует использовать компьютерный пакет прикладных программ.

### Вариант 8.

Нефтяная компания "РТ" для улучшения эксплуатационных качеств и снижения точки замораживания дизельного топлива, которое она производит, добавляет в него определенные химикаты. В каждом бензобаке

объемом 1000 л должно содержаться не менее 40 мг химической добавки X, не менее 14 мг химической добавки Y и не менее 18 мг химической добавки Z. Необходимые химические добавки в форме готовых смесей поставляют "РТ" две химические компании А и В. В таблице 8.8 приведено содержание химических добавок в каждом продукте, поставляемом указанными компаниями.

Таблица 8.8

Продукт	Химические добавки, мг/л		
	X	Y	Z
A	4	2	3
B	5	1	1

Стоимость продукта А - 1,50 ф. ст. за 1 л, а продукта В - 3,00 ф. ст. за 1 л. Требуется: найти ассортиментный набор продуктов А и В, минимизирующий общую стоимость добавленных в топливо химикатов.

#### Вариант 9.

Администрация компании "NemesisCompany", осуществляя рационализаторскую программу корпорации, приняла решение о слиянии двух своих заводов в Аббатсфилде и Берчвуде. Предусматривается закрытие завода в Аббатсфилде и за счет этого - расширение производственных мощностей предприятия в Берчвуде. На настоящий момент распределение рабочих высокой и низкой квалификации, занятых на обоих заводах, является следующим (табл. 8.9).

Таблица 8.9

Квалификация	Аббатсфилд	Берчвуд
Высокая	200	100
Низкая	300	200
Итого	500	300

В то же время после слияния завод в Берчвуде должен насчитывать 240 рабочих высокой и 320 рабочих низкой квалификации.

После проведения всесторонних переговоров с привлечением руководителей профсоюзов были выработаны следующие финансовые соглашения:

1. Все рабочие, которые попали под сокращение штатов, получают выходные пособия следующих размеров:

Квалифицированные рабочие - 2000 ф. ст.;

Неквалифицированные рабочие - 1500 ф. ст.

2. Рабочие завода в Аббатсфилде, которые должны будут переехать, получают пособие по переезду в размере 2000 ф. ст.

3. Во избежание каких-либо преимуществ для рабочих Берчвудского завода доля бывших рабочих завода в Аббатсфилде на новом предприятии должна совпадать с долей бывших рабочих Берчвудского завода.

Требуется: Построить модель линейного программирования, в которой определяется, как осуществить выбор работников нового предприятия из числа рабочих двух бывших заводов таким образом, чтобы минимизировать общие издержки, связанные с увольнением и переменой места жительства части рабочих. В процессе формализации следует использовать следующие переменные:

S1- число квалифицированных рабочих, переведенных на новую работу с завода в Аббатсфилде,

S2 - число квалифицированных рабочих, переведенных на новую работу с завода в Берчвуде;

U1 - число неквалифицированных рабочих, переведенных на новую работу с завода в Аббатсфилде;

U2 - число неквалифицированных рабочих, переведенных на новую работу с завода в Берчвуде.

### Вариант 10.

Компания "BermudaPaint" - частная промышленная фирма, специализирующаяся на производстве технических лаков. Представленная ниже таблица 8.10 содержит информацию о ценах продажи и соответствующих издержках производства единицы полировочного и матового лаков.

Таблица 8.10

Лак	Цена продажи 1 галлона, ф.ст	Издержки производства 1 галлона, ср. ст.
Матовый	13,0	9,0
Полировочный	16,0	10,0

Для производства 1 галлона матового лака необходимо затратить 6 мин трудозатрат, а для производства одного галлона полировочного лака - 12 мин. Резерв фонда рабочего времени составляет 400 чел.-ч в день. Размер ежедневного запаса необходимой химической смеси равен 100 унциям, тогда как ее расход на один галлон матового и полировочного лаков составляет 0,05 и 0,02 унции соответственно. Технологические возможности завода позволяют выпустить не более 3000 галлонов лака в день.

В соответствии с соглашением с основным оптовым покупателем компания должна поставлять ему 5000 галлонов матового лака и 2500 Галлонов полировочного лака за каждую рабочую неделю (состоящую из 5 дней). Кроме того, существует профсоюзное соглашение, в котором оговаривается минимальный объем производства в день, равный 2000 галлонов. Администрации данной компании необходимо определить ежедневные объемы производства каждого вида лаков, которые позволяют получать максимальный общий доход.

Требуется: Построить и решить линейную модель для производственной проблемы, с которой столкнулась компания. Для исходной задачи (не учитывающей сверхурочные работы) определить промежуток

изменении показателя единичного дохода за 1 галлон полировочного лака, в котором исходное оптимальное решение остается прежним.

### Вариант 11.

Членов Ассоциации ученых Мидленда недавно уведомили, что их ассоциация получит государственные гранты на проведение исследований в соответствии с четырьмя основными исследовательскими проектами. Исполнительный директор ассоциации должен по каждому проекту назначить научного руководителя. В настоящее время эти обязанности можно возложить на одного из пяти исследователей - Адаме, Браун, Карр, Дэй и Иване. Время, требуемое для завершения каждого из исследовательских проектов, зависит от опыта и способностей исследователя, которому будет поручено руководство выполнением проекта. Исполнительному директору были представлены оценки времени выполнения проекта каждым из ученых (в днях).

Поскольку все четыре проекта обладают равным приоритетом в выполнении, исполнительный директор заинтересован в таком назначении научных руководителей, которое бы позволило свести к минимуму общее время (в днях), требуемое для завершения всех четырех проектов.

Таблица 8.11

Ученый-исследователь	Проект			
	1	2	3	4
Адаме	80	120	60	104
Браун	72	144	48	110
Карр	96	148	72	120
Дэй	60	108	52	92
Иване	64	140	60	96

Используя данные таблицы 8.11, определить оптимальный вариант назначения научных руководителей проектов и, следовательно, общее число дней, необходимое для завершения четырех проектов. Найти какие-либо другие варианты назначения, которые привели бы к тому же результату. Учитывая, что ученые Браун, Карр и Дэй отдадут предпочтение проектам 2 и 3, а ученые Адаме и Иване - проектам 1 и 4, какой из имеющихся оптимальных вариантов назначения, принятый исполнительным директором, был бы наиболее разумным?

### Вариант 12.

Собственные средства банка вместе с депозитами в сумме составляют 100 млн. долл. Часть этих средств, но не менее 35 млн. долл., должна быть размещена в кредитах. Кредиты являются неликвидными активами банка, так как в случае непредвиденной потребности в наличности обратить кредиты в деньги без существенных потерь невозможно.

Ценные бумаги, особенно государственные можно в любой момент продать. Поэтому существует правило, согласно которому коммерческие банки должны покупать в определенной пропорции ликвидные активы -

ценные бумаги, чтобы компенсировать неликвидность кредитов. В нашем примере ликвидное ограничение таково: ценные бумаги должны составлять не менее 30% средств, размещенных в кредитах и ценных бумагах.

Найти оптимальный план работы банка с ценными бумагами и собственными средствами.

### Вариант 13.

Фабрика имеет в своем распоряжении определенное количество ресурсов: рабочую силу, деньги, сырье, оборудование, производственные площади и т.п. Допустим, ресурсы трех видов: рабочая сила, сырье и оборудование – имеются в количестве соответственно 80 (чел/дней), 480 (кг) и 130 (станко/час). Фабрика может выпускать ковры четырех видов. Информация о количестве единиц каждого ресурса, необходимых для производства одного ковра каждого вида, и доходах, получаемых предприятием от единицы каждого вида товаров, приведена в таблице 8.12.

Таблица 8.12

Вид ресурса	Норма ресурсов на одно изделие				Ресурсы
	Ковер «Лужайка»	Ковер «Силуэт»	Ковер «Детский»	Ковер «Дымка»	
Труд	7	2	2	6	80
Сырье	5	8	4	3	480
Оборудование	2	4	1	8	130
Цена (тыс. руб.)	3	4	3	1	

Найти оптимальный план выпуска продукции.

### Вариант 14.

Рацион для питания животных на ферме состоит из двух видов кормов 1 и 2. Один килограмм корма 1 стоит 80 ден. ед. и содержит: 1 ед. жиров, 3 ед. белков, 1 ед. углеводов, 2 ед. нитратов. Один килограмм корма 2 стоит 10 ден. ед. и содержит 3 ед. жиров, 1 ед. белков, 8 ед. углеводов, 4 ед. нитратов.

Составить наиболее дешевый рацион питания, обеспечивающий жиров не менее 6 ед., белков не менее 9 ед., углеводов не менее 8 ед., нитратов не более 16 ед.

### Вариант 15.

На двух автоматических линиях выпускают аппараты трех типов. Другие условия задачи приведены в таблице 8.13.

Таблица 8.13

Тип аппарата	Производительность работы линии, шт. в сутки	Затраты на работу линий, ден. ед. в сутки	План, шт.

	1	2	1	2	
A	4	3	400	300	50
B	6	5	100	200	40
C	8	2	300	400	50

### Транспортная задача.

#### Контрольный пример.

Фирма имеет 4 фабрики и 5 центров распределения ее товаров. Фабрики фирмы располагаются в Денвере, Бостоне, Новом Орлеане и Далласе с производственными возможностями 200, 150, 225 и 175 единиц продукции ежедневно, соответственно. Центры распределения товаров фирмы располагаются в Лос-Анджелесе, Далласе, Сент-Луисе, Вашингтоне и Атланте с потребностями в 100, 200, 50, 250 и 150 единиц продукции ежедневно, соответственно. Хранение на фабрике единицы продукции, не поставленной в центр распределения, обходится в \$0,75 в день, а штраф за просроченную поставку единицы продукции, заказанной потребителем в центре распределения, но там не находящейся, равен \$2,5 в день. Стоимость перевозки единицы продукции с фабрик в пункты распределения приведена в таблице 8.14.

Таблица 8.14

		1	2	3	4	5
		Лос-Анджелес	Даллас	Сен-Луис	Вашингтон	Атланта
1	Денвер	1,50	2,00	1,75	2,25	2,25
2	Бостон	2,50	2,00	1,75	1,00	1,50
3	Новый Орлеан	2,00	1,50	1,50	1,75	1,75
4	Даллас	2,00	0,50	1,75	1,75	1,75

Необходимо так спланировать перевозки, чтобы минимизировать суммарные транспортные расходы.

Поскольку данная модель сбалансирована (суммарный объем произведенной продукции равен суммарному объему потребностей в ней), то в этой модели не надо учитывать издержки, связанные как со складированием, так и с недопоставками продукции. В противном случае в модель нужно было бы ввести:

- в случае перепроизводства - фиктивный пункт распределения, стоимость перевозок единицы продукции в который полагается равной стоимости складирования, а объемы перевозок объемам складирования излишков продукции на фабриках;

- в случае дефицита - фиктивную фабрику, стоимость перевозок единицы продукции с которой полагается равной стоимости штрафов за недопоставку продукции, а объемы перевозок - объемам недопоставок продукции в пункты распределения.

Для решения данной задачи построим ее математическую модель:

$$Z = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^5 c_{ij} x_{ij}$$

Неизвестными в данной задаче являются объемы перевозок. Пусть  $x_{ij}$  - объем перевозок с  $i$ -ой фабрики в  $j$ -й центр распределения. Функция цели - это суммарные транспортные расходы, т. е. где  $c_{ij}$  - стоимость перевозки единицы продукции с  $i$ -и фабрики  $j$ -й центр распределения.

Неизвестные в данной задаче должны удовлетворять следующим ограничениям:

- Объемы перевозок не могут быть отрицательными.
- Так как модель сбалансирована, то вся продукция должна быть вывезена с фабрик, а потребности всех центров распределения должны быть полностью удовлетворены.

В результате имеем следующую модель:

$$Z = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^5 c_{ij} x_{ij} \text{ - минимизировать при ограничениях:}$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^4 x_{ij} &= b_j, j \in [1,5], \\ x_{ij} &\geq 0, i \in [1,4], j \in [1,5], \\ \sum_{j=1}^5 x_{ij} &= a_i, i \in [1,4], \end{aligned}$$

где  $a_i$  - объем производства на  $i$ -й фабрике,  $b_j$  - спрос в  $j$ -м центре распределения.

### Решение задачи с помощью MSExcel.

1. Ввести данные, как показано на рисунке 8.6.

В ячейки A1:E4 введены стоимости перевозок. Ячейки A6:E9 отведены под значения неизвестных (объемы перевозок). В ячейки G6:G9 введены объемы производства на фабриках, а в ячейки A11:E11 введена потребность в продукции в пунктах распределения. В ячейку F10 введена целевая функция =СУММПРОИЗВ(A1:E4;A6:E9).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1,5	2	1,75	2,25	2,25			
2	2,5	2	1,75	1	1,5			
3	2	1,5	1,5	1,75	1,75			
4	2	0,5	1,75	1,75	1,75			
5								
6						0	200	
7						0	150	
8						0	225	
9						0	175	
10	0	0	0	0	0	0		
11	100	200	50	250	150			
12								

Рисунок 8.6. - Исходные данные транспортной задачи

В ячейки A10:E10 введены формулы

=СУММ(A6:A9)

=СУММ(B6:B9)

=СУММ(C6:C9)

=СУММ(D6:D9)

=СУММ(E6:E9) определяющие объем продукции, ввозимой в центры распределения.

В ячейки F6:F9 введены формулы

=СУММ(A6:E6)

=СУММ(A7:E7)

=СУММ(A8:E8)

=СУММ(A9:E9) вычисляющие объем продукции, вывозимой с фабрик.

2. Выбрать команду **Сервис/Поиск решения** (Tools/Solver) и заполнить открывшееся диалоговое окно **Поиск решения** (Solver), как показано на рисунке 8.7.

Внимание! В диалоговом окне **Параметры поиска решения** (SolverOptions) необходимо установить флажок **Линейная модель** (AssumeLinearModel).

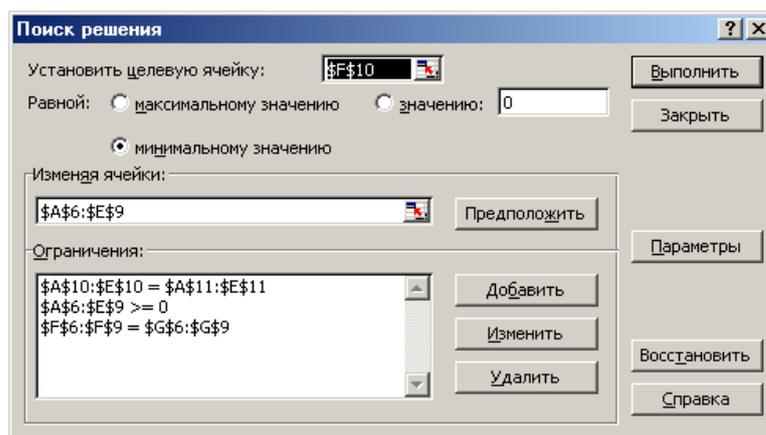


Рисунок 8.7 - Диалоговое окно **Поиск решения** для транспортной задачи

3. После нажатия кнопки **Выполнить** (Solve) средство поиска решений находит оптимальный план поставок продукции и соответствующие ему транспортные расходы (рис. 8.8).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1,5	2	1,75	2,25	2,25			
2	2,5	2	1,75	1	1,5			
3	2	1,5	1,5	1,75	1,75			
4	2	0,5	1,75	1,75	1,75			
5								
6	100	0	50	50	0	200	200	
7	0	0	0	150	0	150	150	
8	0	25	0	50	150	225	225	
9	0	175	0	0	0	175	175	
10	100	200	50	250	150	975		
11	100	200	50	250	150			
12								
13								

Рисунок 8.8 - Оптимальное решение транспортной задачи

### Индивидуальное задание.

1. Построить математическую модель задачи, согласно вашему варианту.
2. Решить задачу с помощью средства MSExcel **Поиск решения**.
3. Сделать соответствующие выводы.

#### **Вариант 1.**

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл.8.15):

Таблица 8.15

Пункты отправления	Пункты назначения				Запасы
	B1	B2	B3	B4	
A1	3	4	6	1	460
A2	5	1	2	3	340
A3	4	5	8	1	300
Потребности	350	200	450	100	

#### **Вариант 2.**

Для строительства трех объектов используется кирпич, изготавливаемый на трех заводах. Ежедневно каждый из заводов может изготавливать 100, 150 и 50 усл. ед. кирпича. Ежедневные потребности в кирпиче на каждом из строящихся объектах соответственно равны 75, 80, 60 и 85 усл. ед. Известны также тарифы перевозок 1 усл. ед. кирпича с каждого с заводов к каждому из строящихся объектов:

$$C = \begin{pmatrix} 6 & 7 & 3 & 5 \\ 1 & 2 & 5 & 6 \\ 8 & 10 & 20 & 1 \end{pmatrix}$$

Составить такой план перевозок кирпича к строящимся объектам, при котором общая стоимость перевозок является минимальной.

#### **Вариант 3.**

На трех железнодорожных станциях скопилось 120, 110 и 130 незагруженных вагонов. Эти вагоны необходимо перегнать на железнодорожные станции B1, B2, B3, B4 и B5. На каждой из этих станций потребность в вагонах соответственно равна 80, 60, 70, 100 и 50. Тарифы перевозок задаются матрицей

$$C = \begin{pmatrix} 2 & 4 & 1 & 6 & 7 \\ 3 & 3 & 5 & 4 & 2 \\ 8 & 9 & 6 & 3 & 4 \end{pmatrix}$$

Составить такой план перегонки вагонов, при котором общая стоимость была минимальной.

#### **Вариант 4.**

Компания "RoyalWedgetounPottery" получила заказы на три вида выпускаемой ею продукции (бокалы, чашки и вазы), которые необходимо удовлетворить в течение следующей недели. Размеры заказов следующие:

Продукт	Размер заказа, единиц
Бокалы	4000
Чашки	2400
Вазы	1000

В распоряжении компании имеются три станка, на каждом из которых можно производить любой из указанных видов продукции с одинаковой производительностью. Однако единичные затраты по каждому виду продукции варьируют в зависимости от используемого станка. В таблице 8.16 приведены единичные издержки (ф. ст.) по каждому станку.

Таблица 8.16

Станок	Бокалы	Чашки	Вазы
А	1,20	1,30	1,10
В	1,40	1,30	1,50
С	1,10	1,00	1,30

Кроме того, известно, что производственные мощности станков В и С на следующую неделю составят 3000 единиц, а станка А - 2000 единиц.

Требуется, используя транспортную модель, найти план производства для видов продукции и станков, минимизирующий общую стоимость производства. Определить значение минимальной стоимости.

Если найденное оптимальное решение не единственное, нужно привести другие варианты решений, которым соответствует минимальная стоимость производства. Если бы менеджер по производству захотел, чтобы в производственном плане было как можно меньше изменений в производстве изделий на различных станках, то какое оптимальное решение вы бы порекомендовали?

### Вариант 5.

Компания "OrangeComputer" производит только один вид продукции - матричные печатающие устройства, которые в настоящее время являются дефицитом. Четыре основных покупателя - это крупные специализированные компьютерные универмаги, расположенные в Аббатстауне, Бесвиче, Карлике и Денстоуне, уже подали заявки, общий размер которых превышает общие производственные мощности трех заводов компании в Рексфорде, Сидоне и Тристроне. Компания должна принять решение о том, как распределить производственные мощности, чтобы получить максимальную прибыль. После того, как каждый принтер тщательно упакован в мягкую упаковку, предохраняющую его от каких-либо повреждений, его помещают в отдельную коробку. В таблице 8.17 приведены значения стоимости транспортировки одной единицы от каждого завода-производителя в каждый специализированный универмаг (ф. ст.):

Таблица 8.17

	"Аббатстаун"	"Бесвич"	"Карлик"	"Денстоун"
Рексфорд	22	24	22	30
Сидон	24	20	18	28
Тристрон	26	20	26	24

Поскольку все четыре специализированных универмага расположены в различных частях страны и, следовательно, стоимость транспортировки продукции между заводами-производителями и универмагами различна, а также ввиду некоторых различий и в издержках производства каждого из четырех заводов, существующая структура цен предусматривает возможность установления различных цен для каждого из четырех универмагов. В настоящее время установлены следующие цены за единицу продукции: 230 ф. ст. в Аббатстауне, 235 ф. ст. в Бесвиче, 225 ф. ст. в Карлике и 240 ф. ст. в Денстоуне. Издержки производства на единицу продукции составляют 150 ф. ст. на заводах в Рексфорде и Тристроне и 155 ф. ст. на заводе в Сидоне.

Требуется сформировать матрицу, состоящую из входящих в прибыль единичных доходов, соответствующих каждой паре перевозок с заводов-производителей в универмаги.

Значения спроса в Аббатстауне, Бесвиче, Карлике и Денстоуне равны 850, 640, 380 и 230 единицам соответственно. Производственные мощности позволяют производить на заводе в Рексфорде 625, в Сидоне - 825, а в Тристроне - 450 принтеров. Используя алгоритм решения транспортной задачи, определить оптимальное распределение перевозок. Определить соответствующую оптимальному решению прибыль.

#### Вариант 6.

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл.8.18).

Таблица 8.18

Мощности поставщиков	Мощности потребителей			
	250	100	150	50
80	6	6	1	4
320	8	30	6	5
100	5	4	3	30
50	9	9	9	9

#### Вариант 7.

Решить транспортную задачу. А – вектор мощностей поставщиков, В- вектор мощностей потребителей, С- матрица транспортных издержек на единицу груза:

$$A = (300; 350; 150; 200)$$

$$B = (400; 400; 200)$$

$$C = \begin{pmatrix} 4 & 1 & 2 \\ 3 & 4 & 2 \\ 1 & 3 & 1 \\ 1 & 4 & 3 \end{pmatrix}$$

### Вариант 8.

Решить транспортную задачу. А – вектор мощностей поставщиков, В- вектор мощностей потребителей, С- матрица транспортных издержек на единицу груза:

$$A = (20; 30; 40; 20)$$

$$B = (40; 40; 20)$$

$$C = \begin{pmatrix} 2 & 3 & 4 \\ 1 & 2 & 3 \\ 4 & 1 & 2 \\ 3 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

### Вариант 9.

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл. 8.19).

Таблица 8.19

Поставщики	Мощность поставщиков	Потребители и их спрос			
		1	2	3	4
		20	110	40	110
1	60	1	2	5	3
2	120	1	6	5	2
3	100	6	3	7	4

### Вариант 10.

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл. 8.20).

Таблица 8.20

Поставщики	Мощность поставщиков	Потребители и их спрос		
		1	2	3
		60	60	50
1	50	2	3	2
2	70	2	4	5
3	60	6	5	7

### Вариант 11.

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл. 8.21).

Таблица 8.21

Поставщики	Мощность поставщиков	Потребители и их спрос			
		1	2	3	4
		450	250	100	100
1	200	6	4	4	5
2	300	6	9	5	8

3	100	8	2	10	6
---	-----	---	---	----	---

### Вариант 12.

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл. 8.22).

Таблица 8.22

Мощности поставщиков	Мощности потребителей			
	15	25	8	12
25	2	4	3	6
18	3	5	7	5
12	1	8	4	5
15	4	3	2	8

### Вариант 13.

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл. 8.23).

Таблица 8.23

Поставщики	Мощность поставщиков	Потребители и их спрос			
		1	2	3	4
		50	50	40	60
1	30	5	4	6	3
2	70	4	5	5	8
3	70	7	3	4	7

### Вариант 14.

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл. 8.24).

Таблица 8.24

Мощности поставщиков	Мощности потребителей			
	15	25	8	12
95	5	4	13	9
35	2	7	9	8
55	9	7	11	7
75	1	6	1	1

### Вариант 15.

Решить транспортную задачу с условиями (табл. 8.25).

Таблица 8.25

Мощности поставщиков	Мощности потребителей			
	50	10	20	40
30	5	6	1	2
50	3	1	5	2
20	8	4	2	5
20	6	5	2	4

### Контрольные вопросы:

1. Какого типа задачи могут быть решены с помощью линейного программирования?
2. Что понимается под оптимальным решением?
3. Что такое условный экстремум функции?
4. Что такое целевая функция?
5. При каких условиях математическую модель можно назвать линейной?
6. Опишите процесс решения задачи линейного программирования средствами MSExcel.
7. Опишите процесс решения средствами транспортной задачи при использовании Поиск решения MSExcel.
8. В чем отличие функций минимизации и максимизации при их задании в Поиске решения MSExcel?
9. Перечислите отличительные особенности решения транспортной задачи.
10. Опишите процесс формирования системы ограничений при решении задач линейного программирования.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8. Решение задач по оптимизации**

**Цель работы:** закрепить навыки постановки типовых задач линейного программирования и освоить методику их решения на основе использования табличного процессора MSExcel.

#### **Краткие теоретические сведения.**

Ежедневно специалисты в области экономики и менеджмента сталкиваются с задачами оптимизации. Это и премирование штатного расписания, и расчет фонда заработной платы, и планирование рекламной компании, и еще множество задач, решаемых с помощью методов оптимизации. Наиболее легкими и показательными являются задачи линейной оптимизации.

*Линейное программирование* – это раздел высшей математики, занимающийся разработкой методов отыскания экстремальных значений линейной функции, на неизвестные которой наложены линейные ограничения.

Задачи линейного программирования относятся к задачам на условный экстремум функции. Однако для исследования линейной функции многих переменных на условный экстремум нельзя применить хорошо разработанные методы математического анализа.

Действительно, пусть необходимо исследовать на экстремум линейную функцию  $Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$  при линейных ограничениях  $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \ (i = \overline{1, m})$  .

Необходимым условием экстремума является  $\partial Z / \partial x_j = 0 \ (j = \overline{1, n})$  . Но  $\partial Z / \partial x_j = c_j$  . Отсюда  $c_j = 0 \ (j = \overline{1, n})$  . Так как все коэффициенты линейной функции не могут быть равны нулю, то внутри области, образованной системой ограничений, экстремальные точки не существуют. Они могут быть только на границе области.

Для решения таких задач разработаны специальные методы линейного программирования, которые особенно широко применяются в экономике.

### Линейная оптимизационная задача.

#### Контрольный пример.

Для производства столов и шкафов мебельная фабрика использует необходимые ресурсы. Нормы затрат ресурсов на одно изделие данного вида, прибыль от реализации одного изделия и общее количество имеющихся ресурсов каждого вида приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Ресурсы	Нормы затрат ресурсов на одно изделие		Общее количество ресурсов
	стол	шкаф	
Древесина 1 вида	0,2	0,1	40
Древесина 2 вида	0,1	0,3	60
Трудоемкость (человеко-часов)	1,2	1,5	371,4
Прибыль от реализации одного изделия (руб.)	6	8	

Определить, сколько столов и шкафов фабрике следует изготавливать, чтобы прибыль от их реализации была максимальной.

#### **Решение:**

Для решения этой задачи необходимо построить математическую модель. Процесс построения модели можно начать с ответа на следующие три вопроса:

4. Для определения каких величин строится модель?
5. В чем состоит цель, для достижения которой из множества всех допустимых значений переменных выбираются оптимальные?
6. Каким ограничениям должны удовлетворять неизвестные?

В данном случае мебельной фабрике необходимо спланировать объем производства столов и шкафов так, чтобы максимизировать прибыль. Поэтому переменными являются:  $x_1$  - количество столов,  $x_2$  - количество шкафов

Суммарная прибыль от производства столов и шкафов равна  $z=6*x_1+8*x_2$ . Целью фабрики является определение среди всех допустимых значений  $x_1$  и  $x_2$  таких, которые максимизируют суммарную прибыль, т.е. целевую функцию  $z$

Ограничения, которые налагаются на  $x_1$  и  $x_2$ :

- объем производства шкафов и столов не может быть отрицательным, следовательно:  $x_1, x_2 \geq 0$ .

- нормы затрат древесины на столы и шкафы не может превосходить максимально возможный запас данного исходного продукта, следовательно:

$$0,2x_1 + 0,1x_2 \leq 40,$$

$$0,1x_1 + 0,3x_2 \leq 60.$$

Кроме того, ограничение на трудоемкость не превышает количества затрачиваемых ресурсов

$$1,2x_1 + 1,5x_2 \leq 371,4.$$

Таким образом, математическая модель данной задачи имеет следующий вид:

Максимизировать функции.

$$z = 6x_1 + 8x_2$$

при следующих ограничениях:

$$0,2x_1 + 0,1x_2 \leq 40$$

$$0,1x_1 + 0,3x_2 \leq 60$$

$$1,2x_1 + 1,5x_2 \leq 371,4$$

Данная модель является линейной, т.к. целевая функция и ограничения линейно зависят от переменных.

### Решение задачи с помощью MSExcel.

1. Отвести ячейки A3 и B3 под значения переменных  $x_1$  и  $x_2$  (рис. 8.1).

	A	B	C	D
1	Переменные			
2	x1	x2		
3				
4	Функция цели:		=6*A3+8*B3	
5				
6				
7	=0,2*A3+0,1*B3		40	
8	=0,1*A3+0,3*B3		60	
9	=1,2*A3+1,5*B3		371,4	
10				

Рисунок 8.1. - Диапазоны, отведенные под переменные, целевую функцию и ограничения

2. В ячейку C4 ввести функцию цели:  $=6*A3+8*B3$ , в ячейки A7:A9 ввести левые части ограничений:

$$=0,2*A3+0,1*B3$$

$$=0,1*A3+0,3*B3$$

$$=1,2*A3+1,5*B3,$$

а в ячейки B7:B9 - правые части ограничений. (рис.8.1.)

3. Выбрать команды **Сервис/Поиск решения** (Tools/Solver) и заполнить открывшееся диалоговое окно **Поиск решения** (Solver) как показано на рисунке 8.2. Средство поиска решений является одной из надстроек Excel. Если в меню **Сервис** (Tools) отсутствует команда **Поиск решения** (Solver), то для ее установки необходимо выполнить команду **Сервис/Надстройки/Поиск решения** (Tools/Add-ins/Solver). Для ввода ограничений нажмите кнопку **Добавить**.

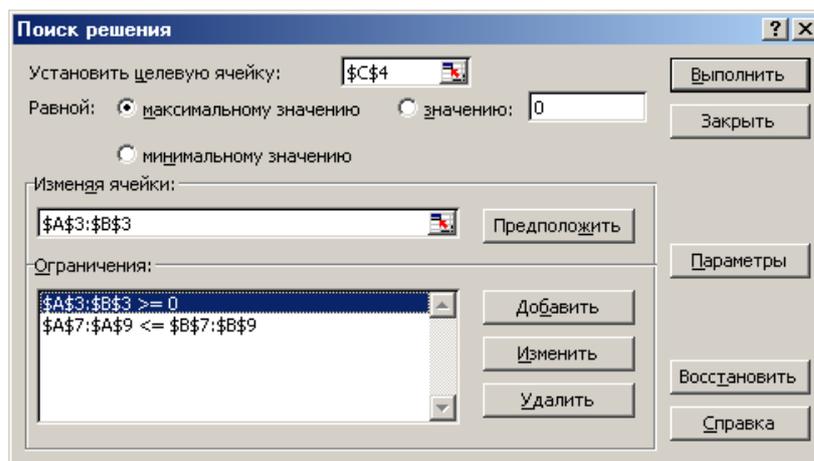


Рисунок 8.2 - Диалоговое окно **Поиск решения** задачи о максимизации прибыли на фабрике

**Внимание!** В диалоговом окне **Параметры поиска решения** (SolverOptions) необходимо установить флажок **Линейная модель** (AssumeLinearModel) (рис.8.3).

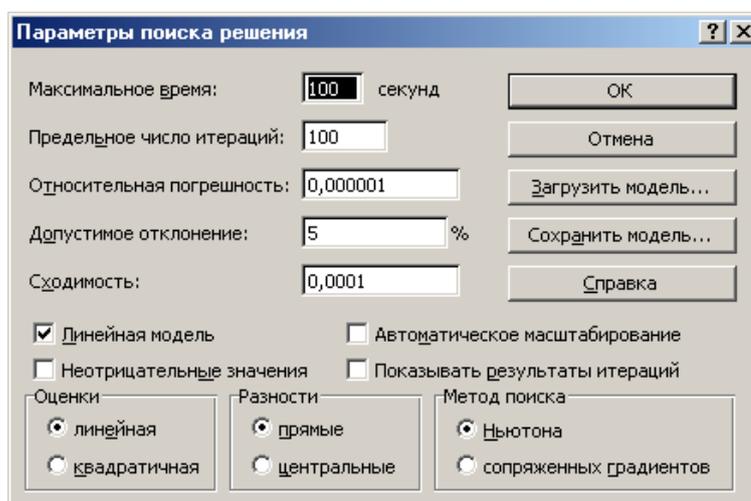


Рисунок 8.3 - Диалоговое окно **Параметры поиска решения**

4. После нажатия кнопки **Выполнить** (Solve) открывается окно **Результаты поиска решения** (SolverResults), которое сообщает, что решение найдено (рис. 8.4).

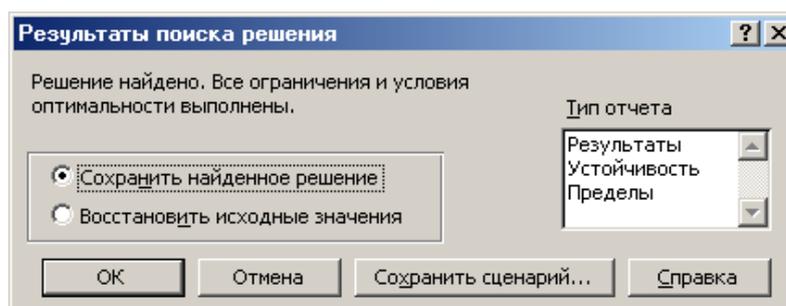


Рисунок 8.4 - Диалоговое окно **Результаты поиска решения**

5. Результаты расчета задачи представлены на рисунке 8.5, из которого видно, что оптимальным является производство 102 столов и 166 шкафов. Этот объем производства принесет фабрике 1940 руб. прибыли.

	A	B	C	D
1	Переменные			
2	x1	x2		
3	102	166		
4	Функция цели:		1940,00	
5				
6				
7	37,00	40		
8	60,00	60		
9	371,40	371,4		
10				

Рисунок 8.5 - Результаты расчета с помощью средства поиска решений для задачи максимизации выпуска столов и шкафов

### Индивидуальное задание.

4. Построить математическую модель задачи, согласно вашему варианту.
5. Решить задачу с помощью средства MSExcel **Поиск решения**.
6. Сделать соответствующие выводы.

### **Вариант 1.**

Для производства двух видов изделий А и В используется токарное, фрезерное и шлифовальное оборудование. Нормы затрат времени для каждого из типов оборудования на одно изделие данного вида приведены в табл.8.2. В ней же указан общий фонд рабочего времени каждого из типов оборудования, а также прибыль от реализации одного изделия.

Таблица 8.2

Тип оборудования	Затраты времени (станко-часов) на обработку одного изделия		Общий фонд полезного рабочего времени
	А	В	
Фрезерное	10	8	168
Токарное	5	10	180
Шлифовальное	6	12	144
Прибыль от реализации одного изделия (руб.)	14	18	

Найти план выпуска изделий вида А и В, обеспечивающий максимальную прибыль от их реализации.

### **Вариант 2.**

На звероферме могут выращиваться черно-бурые лисицы и песцы. Для обеспечения нормальных условий их выращивания используется три вида кормов. Количество корма каждого вида, которое должны ежедневно получать лисицы и песцы, приведено в таблице 8.3. В ней же указаны общее количество корма каждого вида, которое может быть использовано зверофермой, и прибыль от реализации одной шкурки лисицы и песца.

Найти оптимальное соотношение количества кормов и численности поголовья лис и песцов.

Таблица 8.3

Вид корма	Количество единиц корма, которое ежедневно должны получать		Общее количество корма
	А	В	
Вид 1	2	3	180
Вид 2	4	1	240
Вид 3	6	7	426
Прибыль от реализации одной шкурки (руб.)	16	12	

### Вариант 3.

Для изготовления различных изделий А, В и С предприятие использует три различных вида сырья. Нормы расхода сырья на производство одного изделия каждого вида, цена одного изделия А, В и С, а также общее количество сырья каждого вида, которое может быть использовано предприятием, приведены в таблице 8.4.

Таблица 8.4

Вид сырья	Норма затрат сырья (кг) на одно изделие			Общее количество сырья (кг)
	А	В	С	
Вид 1	18	15	12	360
Вид 2	6	4	8	192
Вид 3	5	3	3	180
Цена одного изделия(руб.)	9	10	16	

Изделия А, В и С могут производиться в любых соотношениях (сбыт обеспечен), но производство ограничено выделенным предприятию сырьем каждого вида.

Составить план производства изделий, при котором общая стоимость всей произведенной предприятием продукции является максимальной.

### Вариант 4.

На швейной фабрике для изготовления четырех видов изделий может быть использована ткань трех артикулов. Нормы расхода тканей всех артикулов на пошив одного изделия приведены в таблице 8.5. В ней же указаны имеющиеся в распоряжении фабрики общее количество тканей каждого артикула и цена одного изделия данного вида. Определить, сколько изделий каждого вида должна произвести фабрика, чтобы стоимость изготовленной продукции была максимальной.

Таблица 8.5

Артикул ткани	Норма расхода ткани (м) на одно изделие вида				Общее количество ткани (м)
	Вид 1	Вид 2	Вид 3	Вид 4	
Артикул 1	1	-	2	1	180
Артикул 2	-	1	3	2	210
Артикул 3	4	2	-	4	800
Цена одного изделия (руб.)	9	6	4	7	

### Вариант 5.

Фабрика "GRMpie" выпускает два вида каш для завтрака - "Crunchy" и "Chewy". Используемые для производства обоих продуктов ингредиенты в основном одинаковы и, как правило, не являются дефицитными.

Основным ограничением, накладываемым на объем выпуска, является наличие фонда рабочего времени в каждом из трех цехов фабрики.

Управляющему производством Джою Дисону необходимо разработать план производства на месяц. В таблице 8.6 указаны общий фонд рабочего времени и число человеко-часов, требуемое для производства 1 т продукта.

Таблица 8.6

Цех	Необходимый фонд рабочего времени, ч ед. -ч/г		Общий фонд рабочего времени, чел. -ч. в месяц
	"Crunchy"	"Chewy"	
А. Производство	10	4	1000
В. Добавка приправ	3	2	360
С. Упаковка	2	5	600

Доход от производства 1 т "Crunchy" составляет 150 ф. ст., а от производства "Chewy" - 75 ф. ст. На настоящий момент нет никаких ограничений на возможные объемы продаж. Имеется возможность продать всю произведенную продукцию.

Требуется: сформулировать модель линейного программирования, максимизирующую общий доход фабрики за месяц и реализовать решение этой модели.

### Вариант 6.

Оливер А. Петере скоро выйдет на пенсию, и ему предстоит решить, как поступить с единовременным пособием, которое в соответствии с пенсионной

программой будет предоставлено ему фирмой. М-р Петере и его супруга намерены предпринять длительный визит в Австралию к своей дочери сроком на два года, поэтому любые сделанные в настоящий момент инвестиции будут свободны для использования на данный период. Очевидно, цель м-ра Петерса состоит в максимизации общего дохода от вложений, полученного за двухлетний период.

Мистера Петерса проконсультировали, что наилучшим вариантом вложения инвестиций был бы инвестиционный фонд, и в настоящее время он рассматривает возможность помещения инвестиций в один из таких фондов, состоящий из инвестиций трех типов - А, В и С. Сумма единовременного пособия составит 25000 ф. ст., однако, мистер Петере считает, что нет необходимости вкладывать в данный инвестиционный фонд все деньги; часть из них он намерен перевести на свой счет жилищно-строительного кооператива, который гарантирует ему 9% годовых.

По мнению бухгалтера фирмы, мистеру Петерсу следует попытаться распределить свои инвестиции таким образом, чтобы обеспечить как получение дохода, так и рост капитала. Поэтому ему посоветовали не менее 40% от общей суммы вложить в вариант А и перевести на свой счет. Для обеспечения значительного роста капитала не менее 25% общей суммы денежных средств, вложенных в инвестиционный фонд, необходимо поместить в проект В, однако, вложения в В не должны превышать 35% общего объема вложений в инвестиционный фонд ввиду высокой вероятности риска, соответствующей проекту В. Кроме того, для сохранности капитала в проекты А и С следует вложить не менее 50% средств, помещаемых в инвестиционный фонд.

В настоящее время проект А позволяет получать 10 % годовых и обеспечивает 1% роста капитала, проект В предполагает рост капитала в 15%; проект С дает 4% годовых и 5%-ный рост капитала.

Требуется: учитывая цель м-ра Петерса, сформулировать модель линейного программирования, показывающую, как следует распределить сумму единовременного пособия между различными проектами инвестиций.

### Вариант 7.

Общество с ограниченной ответственностью по производству гусеничных механизмов выпускает пять сходных друг с другом товаров - А, В, С, D и E. В таблице 8.7 представлены расходы ресурсов, необходимых для выпуска единицы каждого товара, а также недельные запасы каждого ресурса и цены продажи единицы каждого продукта.

Таблица 8.7

Ресурсы	Товар					Недельный запас ресурсов
	А	В	С	D	E	
Сырье, кг	6,00	6,50	6,10	6,10	6,40	35000
Сборка, ч	1,00	0,75	1,25	1,00	1,00	6000
Обжиг, ч	3	4,50	6	6	4,50	30000
Упаковка, ч	0,50	0,50	0,50	0,75	1,00	4000

Цена продажи, ф.ст	40	42	44	48	52	
--------------------	----	----	----	----	----	--

Известны также издержки, связанные с использованием каждого вида ресурсов:

- сырье - 2,10 ф. ст. за 1 кг;
- сборка - 3,00 ф. ст. за 1 ч;
- обжиг- 1,30 ф. ст. за 1 ч;
- упаковка - 8,00 ф. ст. за 1 ч.

Требуется сформулировать задачу линейного программирования таким образом, чтобы в качестве переменных как целевой функции, так и ограничений выступали ресурсы. Кратко сформулировать предпосылки применения модели. Для максимизации элементов, составляющих прибыль за неделю, следует использовать компьютерный пакет прикладных программ.

### Вариант 8.

Нефтяная компания "РТ" для улучшения эксплуатационных качеств и снижения точки замораживания дизельного топлива, которое она производит, добавляет в него определенные химикаты. В каждом бензобаке объемом 1000 л должно содержаться не менее 40 мг химической добавки X, не менее 14 мг химической добавки Y и не менее 18 мг химической добавки Z. Необходимые химические добавки в форме готовых смесей поставляют "РТ" две химические компании А и В. В таблице 8.8 приведено содержание химических добавок в каждом продукте, поставляемом указанными компаниями.

Таблица 8.8

Продукт	Химические добавки, мг/л		
	X	Y	Z
A	4	2	3
B	5	1	1

Стоимость продукта А - 1,50 ф. ст. за 1 л, а продукта В - 3,00 ф. ст. за 1 л. Требуется: найти ассортиментный набор продуктов А и В, минимизирующий общую стоимость добавленных в топливо химикатов.

### Вариант 9.

Администрация компании "NemesisCompany", осуществляя рационализаторскую программу корпорации, приняла решение о слиянии двух своих заводов в Аббатсфилде и Берчвуде. Предусматривается закрытие завода в Аббатсфилде и за счет этого - расширение производственных мощностей предприятия в Берчвуде. На настоящий момент распределение рабочих высокой и низкой квалификации, занятых на обоих заводах, является следующим (табл. 8.9).

Таблица 8.9

Квалификация	Аббатсфилд	Берчвуд
--------------	------------	---------

Высокая	200	100
Низкая	300	200
Итого	500	300

В то же время после слияния завод в Берчвуде должен насчитывать 240 рабочих высокой и 320 рабочих низкой квалификации.

После проведения всесторонних переговоров с привлечением руководителей профсоюзов были выработаны следующие финансовые соглашения:

1. Все рабочие, которые попали под сокращение штатов, получат выходные пособия следующих размеров:

Квалифицированные рабочие - 2000 ф. ст.;

Неквалифицированные рабочие - 1500 ф. ст.

2. Рабочие завода в Аббатсфилде, которые должны будут переехать, получают пособие по переезду в размере 2000 ф. ст.

3. Во избежание каких-либо преимуществ для рабочих Берчвудского завода доля бывших рабочих завода в Аббатсфилде на новом предприятии должна совпадать с долей бывших рабочих Берчвудского завода.

Требуется: Построить модель линейного программирования, в которой определяется, как осуществить выбор работников нового предприятия из числа рабочих двух бывших заводов таким образом, чтобы минимизировать общие издержки, связанные с увольнением и переменой места жительства части рабочих. В процессе формализации следует использовать следующие переменные:

S1 - число квалифицированных рабочих, переведенных на новую работу с завода в Аббатсфилде,

S2 - число квалифицированных рабочих, переведенных на новую работу с завода в Берчвуде;

U1 - число неквалифицированных рабочих, переведенных на новую работу с завода в Аббатсфилде;

U2 - число неквалифицированных рабочих, переведенных на новую работу с завода в Берчвуде.

### Вариант 10.

Компания "BermudaPaint" - частная промышленная фирма, специализирующаяся на производстве технических лаков. Представленная ниже таблица 8.10 содержит информацию о ценах продажи и соответствующих издержках производства единицы полировочного и матового лаков.

Таблица 8.10

Лак	Цена продажи 1 галлона, ф.ст	Издержки производства 1 галлона, ср. ст.
Матовый	13,0	9,0
Полировочный	16,0	10,0

Для производства 1 галлона матового лака необходимо затратить 6 мин трудозатрат, а для производства одного галлона полировочного лака - 12 мин.

Резерв фонда рабочего времени составляет 400 чел.-ч в день. Размер ежедневного запаса необходимой химической смеси равен 100 унциям, тогда как ее расход на один галлон матового и полировочного лаков составляет 0,05 и 0,02 унции соответственно. Технологические возможности завода позволяют выпускать не более 3000 галлонов лака в день.

В соответствии с соглашением с основным оптовым покупателем компания должна поставлять ему 5000 галлонов матового лака и 2500 Галлонов полировочного лака за каждую рабочую неделю (состоящую из 5 дней). Кроме того, существует профсоюзное соглашение, в котором оговаривается минимальный объем производства в день, равный 2000 галлонов. Администрации данной компании необходимо определить ежедневные объемы производства каждого вида лаков, которые позволяют получать максимальный общий доход.

Требуется: Построить и решить линейную модель для производственной проблемы, с которой столкнулась компания. Для исходной задачи (не учитывающей сверхурочные работы) определить промежуток изменениипоказателя единичного дохода за 1 галлон полировочного лака, в котором исходное оптимальное решение остается прежним.

#### **Вариант 11.**

Членов Ассоциации ученых Мидленда недавно уведомили, что их ассоциация получит государственные гранты на проведение исследований в соответствии с четырьмя основными исследовательскими проектами. Исполнительный директор ассоциации должен по каждому проекту назначить научного руководителя. В настоящее время эти обязанности можно возложить на одного из пяти исследователей - Адаме, Браун, Карр, Дэй и Иване. Время, требуемое для завершения каждого из исследовательских проектов, зависит от опыта и способностей исследователя, которому будет поручено руководство выполнением проекта. Исполнительному директору были представлены оценки времени выполнения проекта каждым из ученых (в днях).

Поскольку все четыре проекта обладают равным приоритетом в выполнении, исполнительный директор заинтересован в таком назначении научных руководителей, которое бы позволило свести к минимуму общее время (в днях), требуемое для завершения всех четырех проектов.

Таблица 8.11

Ученый-исследователь	Проект			
	1	2	3	4
Адаме	80	120	60	104
Браун	72	144	48	110
Карр	96	148	72	120
Дэй	60	108	52	92
Иване	64	140	60	96

Используя данные таблицы 8.11, определить оптимальный вариант назначения научных руководителей проектов и, следовательно, общее число дней, необходимое для завершения четырех проектов. Найти какие-либо другие варианты назначения, которые привели бы к тому же результату. Учитывая, что ученые Браун, Карр и Дэй отдают предпочтение проектам 2 и 3, а ученые Адаме и Иване - проектам 1 и 4, какой из имеющихся оптимальных вариантов назначения, принятый исполнительным директором, был бы наиболее разумным?

### Вариант 12.

Собственные средства банка вместе с депозитами в сумме составляют 100 млн. долл. Часть этих средств, но не менее 35 млн. долл., должна быть размещена в кредитах. Кредиты являются неликвидными активами банка, так как в случае непредвиденной потребности в наличности обратить кредиты в деньги без существенных потерь невозможно.

Ценные бумаги, особенно государственные можно в любой момент продать. Поэтому существует правило, согласно которому коммерческие банки должны покупать в определенной пропорции ликвидные активы - ценные бумаги, чтобы компенсировать неликвидность кредитов. В нашем примере ликвидное ограничение таково: ценные бумаги должны составлять не менее 30% средств, размещенных в кредитах и ценных бумагах.

Найти оптимальный план работы банка с ценными бумагами и собственными средствами.

### Вариант 13.

Фабрика имеет в своем распоряжении определенное количество ресурсов: рабочую силу, деньги, сырье, оборудование, производственные площади и т.п. Допустим, ресурсы трех видов: рабочая сила, сырье и оборудование – имеются в количестве соответственно 80 (чел/дней), 480 (кг) и 130 (станко/час). Фабрика может выпускать ковры четырех видов. Информация о количестве единиц каждого ресурса, необходимых для производства одного ковра каждого вида, и доходах, получаемых предприятием от единицы каждого вида товаров, приведена в таблице 8.12.

Таблица 8.12

Вид ресурса	Норма ресурсов на одно изделие				Ресурсы
	Ковер «Лужайка»	Ковер «Силуэт»	Ковер «Детский»	Ковер «Дымка»	
Труд	7	2	2	6	80
Сырье	5	8	4	3	480
Оборудование	2	4	1	8	130
Цена (тыс. руб.)	3	4	3	1	

Найти оптимальный план выпуска продукции.

#### Вариант 14.

Рацион для питания животных на ферме состоит из двух видов кормов 1 и 2. Один килограмм корма 1 стоит 80 ден. ед. и содержит: 1 ед. жиров, 3 ед. белков, 1 ед. углеводов, 2 ед. нитратов. Один килограмм корма 2 стоит 10 ден. ед. и содержит 3 ед. жиров, 1 ед. белков, 8 ед. углеводов, 4 ед. нитратов.

Составить наиболее дешевый рацион питания, обеспечивающий жиров не менее 6 ед., белков не менее 9 ед., углеводов не менее 8 ед., нитратов не более 16 ед.

#### Вариант 15.

На двух автоматических линиях выпускают аппараты трех типов. Другие условия задачи приведены в таблице 8.13.

Таблица 8.13

Тип аппарата	Производительность работы линии, шт. в сутки		Затраты на работу линий, ден. ед. в сутки		План, шт.
	1	2	1	2	
A	4	3	400	300	50
B	6	5	100	200	40
C	8	2	300	400	50

#### Транспортная задача.

##### Контрольный пример.

Фирма имеет 4 фабрики и 5 центров распределения ее товаров. Фабрики фирмы располагаются в Денвере, Бостоне, Новом Орлеане и Далласе с производственными возможностями 200, 150, 225 и 175 единиц продукции ежедневно, соответственно. Центры распределения товаров фирмы располагаются в Лос-Анджелесе, Далласе, Сент-Луисе, Вашингтоне и Атланте с потребностями в 100, 200, 50, 250 и 150 единиц продукции ежедневно, соответственно. Хранение на фабрике единицы продукции, не поставленной в центр распределения, обходится в \$0,75 в день, а штраф за просроченную поставку единицы продукции, заказанной потребителем в центре распределения, но там не находящейся, равен \$2,5 в день. Стоимость перевозки единицы продукции с фабрик в пункты распределения приведена в таблице 8.14.

Таблица 8.14

		1	2	3	4	5
		Лос-Анджелес	Даллас	Сен-Луис	Вашингтон	Атланта
1	Денвер	1,50	2,00	1,75	2,25	2,25
2	Бостон	2,50	2,00	1,75	1,00	1,50
3	Новый Орлеан	2,00	1,50	1,50	1,75	1,75

4	Даллас	2,00	0,50	1,75	1,75	1,75
---	--------	------	------	------	------	------

Необходимо так спланировать перевозки, чтобы минимизировать суммарные транспортные расходы.

Поскольку данная модель сбалансирована (суммарный объем произведенной продукции равен суммарному объему потребностей в ней), то в этой модели не надо учитывать издержки, связанные как со складированием, так и с недопоставками продукции. В противном случае в модель нужно было бы ввести:

- в случае перепроизводства - фиктивный пункт распределения, стоимость перевозок единицы продукции в который полагается равной стоимости складирования, а объемы перевозок объемам складирования излишков продукции на фабриках;

- в случае дефицита - фиктивную фабрику, стоимость перевозок единицы продукции с которой полагается равной стоимости штрафов за недопоставку продукции, а объемы перевозок - объемам недопоставок продукции в пункты распределения.

Для решения данной задачи построим ее математическую модель:

$$Z = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^5 c_{ij} x_{ij}$$

Неизвестными в данной задаче являются объемы перевозок. Пусть  $x_{ij}$  - объем перевозок с  $i$ -ой фабрики в  $j$ -й центр распределения. Функция цели - это суммарные транспортные расходы, т. е. где  $c_{ij}$  - стоимость перевозки единицы продукции с  $i$ -и фабрики  $j$ -й центр распределения.

Неизвестные в данной задаче должны удовлетворять следующим ограничениям:

- Объемы перевозок не могут быть отрицательными.
- Так как модель сбалансирована, то вся продукция должна быть вывезена с фабрик, а потребности всех центров распределения должны быть полностью удовлетворены.

В результате имеем следующую модель:

$$Z = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^5 c_{ij} x_{ij} \text{ - минимизировать при ограничениях:}$$

$$\sum_{i=1}^4 x_{ij} = b_j, j \in [1,5],$$

$$x_{ij} \geq 0, i \in [1,4], j \in [1,5],$$

$$\sum_{j=1}^5 x_{ij} = a_i, i \in [1,4],$$

где  $a_i$  - объем производства на  $i$ -й фабрике,  $b_j$  - спрос в  $j$ -м центре распределения.

### Решение задачи с помощью MSExcel.

3. Ввести данные, как показано на рисунке 8.6.

В ячейки A1:E4 введены стоимости перевозок. Ячейки A6:E9 отведены под значения неизвестных (объемы перевозок). В ячейки G6:G9 введены объемы производства на фабриках, а в ячейки A11:E11 введена потребность в продукции в пунктах распределения. В ячейку F10 введена целевая функция =СУММПРОИЗВ(A1:E4;A6:E9).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1,5	2	1,75	2,25	2,25			
2	2,5	2	1,75	1	1,5			
3	2	1,5	1,5	1,75	1,75			
4	2	0,5	1,75	1,75	1,75			
5								
6						0	200	
7						0	150	
8						0	225	
9						0	175	
10	0	0	0	0	0	0		
11	100	200	50	250	150			
12								

Рисунок 8.6. - Исходные данные транспортной задачи

В ячейки A10:E10 введены формулы

=СУММ(A6:A9)

=СУММ(B6:B9)

=СУММ(C6:C9)

=СУММ(D6:D9)

=СУММ(E6:E9) определяющие объем продукции, ввозимой в центры распределения.

В ячейки F6:F9 введены формулы

=СУММ(A6:E6)

=СУММ(A7:E7)

=СУММ(A8:E8)

=СУММ(A9:E9) вычисляющие объем продукции, вывозимой с фабрик.

4. Выбрать команду **Сервис/Поиск решения** (Tools/Solver) и заполнить открывшееся диалоговое окно **Поиск решения** (Solver), как показано на рисунке 8.7.

Внимание! В диалоговом окне **Параметры поиска решения** (SolverOptions) необходимо установить флажок **Линейная модель** (AssumeLinearModel).

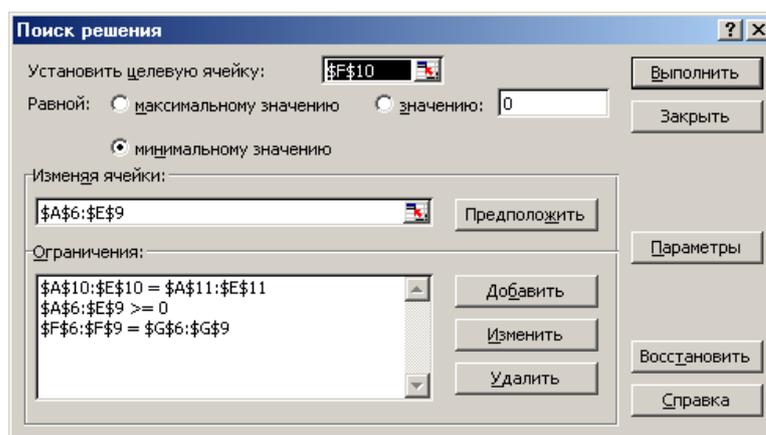


Рисунок 8.7 - Диалоговое окно **Поиск решения** для транспортной задачи

3. После нажатия кнопки **Выполнить** (Solve) средство поиска решений находит оптимальный план поставок продукции и соответствующие ему транспортные расходы (рис. 8.8).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1,5	2	1,75	2,25	2,25			
2	2,5	2	1,75	1	1,5			
3	2	1,5	1,5	1,75	1,75			
4	2	0,5	1,75	1,75	1,75			
5								
6	100	0	50	50	0	200	200	
7	0	0	0	150	0	150	150	
8	0	25	0	50	150	225	225	
9	0	175	0	0	0	175	175	
10	100	200	50	250	150	975		
11	100	200	50	250	150			
12								

Рисунок 8.8 - Оптимальное решение транспортной задачи

### Индивидуальное задание.

4. Построить математическую модель задачи, согласно вашему варианту.
5. Решить задачу с помощью средства MS Excel **Поиск решения**.
6. Сделать соответствующие выводы.

#### **Вариант 1.**

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл.8.15):

Таблица 8.15

Пункты отправления	Пункты назначения				Запасы
	B1	B2	B3	B4	
A1	3	4	6	1	460
A2	5	1	2	3	340
A3	4	5	8	1	300
Потребности	350	200	450	100	

#### **Вариант 2.**

Для строительства трех объектов используется кирпич, изготавливаемый на трех заводах. Ежедневно каждый из заводов может изготавливать 100, 150 и 50 усл. ед. кирпича. Ежедневные потребности в кирпиче на каждом из строящихся объектах соответственно равны 75, 80, 60 и 85 усл. ед. Известны также тарифы перевозок 1 усл. ед. кирпича с каждого с заводов к каждому из строящихся объектов:

$$C = \begin{pmatrix} 6 & 7 & 3 & 5 \\ 1 & 2 & 5 & 6 \\ 8 & 10 & 20 & 1 \end{pmatrix}$$

Составить такой план перевозок кирпича к строящимся объектам, при котором общая стоимость перевозок является минимальной.

### Вариант 3.

На трех железнодорожных станциях скопилось 120, 110 и 130 незагруженных вагонов. Эти вагоны необходимо перегнать на железнодорожные станции В1, В2, В3, В4 и В5. На каждой из этих станций потребность в вагонах соответственно равна 80, 60, 70, 100 и 50. Тарифы перевозок задаются матрицей

$$C = \begin{pmatrix} 2 & 4 & 1 & 6 & 7 \\ 3 & 3 & 5 & 4 & 2 \\ 8 & 9 & 6 & 3 & 4 \end{pmatrix}$$

Составить такой план перегонки вагонов, при котором общая стоимость была минимальной.

### Вариант 4.

Компания "RoyalWedgetounPottery" получила заказы на три вида выпускаемой ею продукции (бокалы, чашки и вазы), которые необходимо удовлетворить в течение следующей недели. Размеры заказов следующие:

Продукт	Размер заказа, единиц
Бокалы	4000
Чашки	2400
Вазы	1000

В распоряжении компании имеются три станка, на каждом из которых можно производить любой из указанных видов продукции с одинаковой производительностью. Однако единичные затраты по каждому виду продукции варьируют в зависимости от используемого станка. В таблице 8.16 приведены единичные издержки (ф. ст.) по каждому станку.

Таблица 8.16

Станок	Бокалы	Чашки	Вазы
А	1,20	1,30	1,10
В	1,40	1,30	1,50
С	1,10	1,00	1,30

Кроме того, известно, что производственные мощности станков В и С на следующую неделю составят 3000 единиц, а станка А - 2000 единиц.

Требуется, используя транспортную модель, найти план производства для видов продукции и станков, минимизирующий общую стоимость производства. Определить значение минимальной стоимости.

Если найденное оптимальное решение не единственное, нужно привести другие варианты решений, которым соответствует минимальная стоимость производства. Если бы менеджер по производству захотел, чтобы в производственном плане было как можно меньше изменений в производстве изделий на различных станках, то какое оптимальное решение вы бы порекомендовали?

### Вариант 5.

Компания "OrangeComputer" производит только один вид продукции - матричные печатающие устройства, которые в настоящее время являются дефицитом. Четыре основных покупателя - это крупные специализированные компьютерные универмаги, расположенные в Аббатстауне, Бесвиче, Карлике и Денстоуне, уже подали заявки, общий размер которых превышает общие производственные мощности трех заводов компании в Рексфорде, Сидоне и Тристроне. Компания должна принять решение о том, как распределить производственные мощности, чтобы получить максимальную прибыль. После того, как каждый принтер тщательно упакован в мягкую упаковку, предохраняющую его от каких-либо повреждений, его помещают в отдельную коробку. В таблице 8.17 приведены значения стоимости транспортировки одной единицы от каждого завода-производителя в каждый специализированный универмаг (ф. ст.):

Таблица 8.17

	"Аббатстаун"	"Бесвич"	"Карлик"	"Денстоун"
Рексфорд	22	24	22	30
Сидон	24	20	18	28
Тристрон	26	20	26	24

Поскольку все четыре специализированных универмага расположены в различных частях страны и, следовательно, стоимость транспортировки продукции между заводами-производителями и универмагами различна, а также ввиду некоторых различий и в издержках производства каждого из четырех заводов, существующая структура цен предусматривает возможность установления различных цен для каждого из четырех универмагов. В настоящее время установлены следующие цены за единицу продукции: 230 ф. ст. в Аббатстауне, 235 ф. ст. в Бесвиче, 225 ф. ст. в Карлике и 240 ф. ст. в Денстоуне. Издержки производства на единицу продукции составляют 150 ф. ст. на заводах в Рексфорде и Тристроне и 155 ф. ст. на заводе в Сидоне.

Требуется сформировать матрицу, состоящую из входящих в прибыль единичных доходов, соответствующих каждой паре перевозок с заводов-производителей в универмаги.

Значения спроса в Аббатстауне, Бесвиче, Карлике и Денстоуне равны 850, 640, 380 и 230 единицам соответственно. Производственные мощности позволяют производить на заводе в Рексфорде 625, в Сидоне - 825, а в Тристроне - 450 принтеров. Используя алгоритм решения транспортной задачи, определить оптимальное распределение перевозок. Определить соответствующую оптимальному решению прибыль.

### Вариант 6.

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл.8.18).

Таблица 8.18

Мощности поставщиков	Мощности потребителей			
	250	100	150	50
80	6	6	1	4
320	8	30	6	5
100	5	4	3	30
50	9	9	9	9

### Вариант 7.

Решить транспортную задачу. А – вектор мощностей поставщиков, В- вектор мощностей потребителей, С- матрица транспортных издержек на единицу груза:

$$A = (300; 350; 150; 200)$$

$$B = (400; 400; 200)$$

$$C = \begin{pmatrix} 4 & 1 & 2 \\ 3 & 4 & 2 \\ 1 & 3 & 1 \\ 1 & 4 & 3 \end{pmatrix}$$

### Вариант 8.

Решить транспортную задачу. А – вектор мощностей поставщиков, В- вектор мощностей потребителей, С- матрица транспортных издержек на единицу груза:

$$A = (20; 30; 40; 20)$$

$$B = (40; 40; 20)$$

$$C = \begin{pmatrix} 2 & 3 & 4 \\ 1 & 2 & 3 \\ 4 & 1 & 2 \\ 3 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

### Вариант 9.

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл. 8.19).

Таблица 8.19

Поставщики	Мощность поставщиков	Потребители и их спрос			
		1	2	3	4
		20	110	40	110
1	60	1	2	5	3
2	120	1	6	5	2
3	100	6	3	7	4

### Вариант 10.

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл. 8.20).

Таблица 8.20

Поставщики	Мощность поставщиков	Потребители и их спрос		
		1	2	3

		<b>60</b>	<b>60</b>	<b>50</b>
1	50	2	3	2
2	70	2	4	5
3	60	6	5	7

**Вариант 11.**

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл. 8.21).

Таблица 8.21

Поставщики	Мощность поставщиков	Потребители и их спрос			
		1	2	3	4
		450	250	100	100
1	200	6	4	4	5
2	300	6	9	5	8
3	100	8	2	10	6

**Вариант 12.**

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл. 8.22).

Таблица 8.22

Мощности поставщиков	Мощности потребителей			
	15	25	8	12
25	2	4	3	6
18	3	5	7	5
12	1	8	4	5
15	4	3	2	8

**Вариант 13.**

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл. 8.23).

Таблица 8.23

Поставщики	Мощность поставщиков	Потребители и их спрос			
		1	2	3	4
		50	50	40	60
1	30	5	4	6	3
2	70	4	5	5	8
3	70	7	3	4	7

**Вариант 14.**

Решить транспортную задачу со следующими условиями (табл. 8.24).

Таблица 8.24

Мощности поставщиков	Мощности потребителей			
	15	25	8	12
95	5	4	13	9
35	2	7	9	8
55	9	7	11	7

75	1	6	1	1
----	---	---	---	---

### Вариант 15.

Решить транспортную задачу с условиями (табл. 8.25).

Таблица 8.25

Мощности поставщиков	Мощности потребителей			
	50	10	20	40
30	5	6	1	2
50	3	1	5	2
20	8	4	2	5
20	6	5	2	4

#### Контрольные вопросы:

11. Какого типа задачи могут быть решены с помощью линейного программирования?
12. Что понимается под оптимальным решением?
13. Что такое условный экстремум функции?
14. Что такое целевая функция?
15. При каких условиях математическую модель можно назвать линейной?
16. Опишите процесс решения задачи линейного программирования средствами MSExcel.
17. Опишите процесс решения средствами транспортной задачи при использовании Поиск решения MSExcel.
18. В чем отличие функций минимизации и максимизации при их задании в Поиске решения MSExcel?
19. Перечислите отличительные особенности решения транспортной задачи.
20. Опишите процесс формирования системы ограничений при решении задач линейного программирования.

## **ТЕМА: «Системы и закономерности их функционирования и развития»**

1. Совокупность всех объектов, изменение свойств которых влияет на системы, а также тех объектов, чьи свойства меняются в результате поведения системы, это:

- a) среда;
- b) подсистема;
- c) компоненты.

2. Простейшая, неделимая часть системы, определяемая в зависимости от цели построения и анализа системы:

- a) компонент;
- b) наблюдатель;
- c) элемент;
- d) атом.

3. Компонент системы - это:

- a) часть системы, обладающая свойствами системы и имеющая собственную подцель;
- b) предел членения системы с точки зрения аспекта рассмотрения;
- c) средство достижения цели;
- d) совокупность однородных элементов системы.

4. Ограничение системы свободы элементов определяют понятием

- a) критерий;
- b) цель;
- c) связь;
- d) страта.

5. Способность системы в отсутствии внешних воздействий сохранять своё состояние сколь угодно долго определяется понятием

- a) устойчивость;
- b) развитие;
- c) равновесие;
- d) поведение.

6. Объединение некоторых параметров системы в параметре более высокого уровня - это

- a) синергия;

- b) агрегирование;
- c) иерархия.

7. Сетевая структура представляет собой

- a) декомпозицию системы во времени;
- b) декомпозицию системы в пространстве;
- c) относительно независимые, взаимодействующие между собой подсистемы;
- d) взаимоотношения элементов в пределах определённого уровня;

8. Уровень иерархической структуры, при которой система представлена в виде взаимодействующих подсистем, называется

- a) стратой;
- b) эшеленом;
- c) слоем.

9. Какого вида структуры систем не существует

- a) с произвольными связями;
- b) горизонтальной;
- c) смешанной;
- d) матричной.

10. При представлении объекта в виде диффузной системы

- a) удаётся определить все элементы системы и их взаимосвязи;
- b) не ставится задача определить все компоненты и их связи;
- c) исследуются наименее изученные объекты и процессы.

11. Какая из особенностей не является характеристикой развивающихся систем

- a) однонаправленность;
- b) нестационарность отдельных параметров;
- c) целеобразование;
- d) уникальность поведения системы.

12. Какая закономерность проявляется в системе в появлении у неё новых свойств, отсутствующих у элементов

- a) интегративность;
- b) аддитивность;
- c) целостность;
- d) обособленность.

13. Коммуникативность относится к группе закономерностей

- a) осуществимости систем;
- b) иерархической упорядоченности систем;
- c) взаимодействия части и целого;
- d) развитие систем.

14. Одной из характеристик функционирования системы, определяющейся как способность системы возвращаться в состояние равновесия после того, как она была выведена из этого состояния под влиянием возмущающих воздействий, является

- a) равновесие;
- b) устойчивость;
- c) развитие;
- d) самоорганизация.

## **ТЕМА: «Методы и модели теории систем и системного анализа»**

1. Какие из перечисленных методов не относятся к специальным методам моделирования
  - a) топология;
  - b) комбинаторика;
  - c) метод решающих матриц;
  - d) имитационное моделирование.
  
2. Составляющими ситуационного моделирования являются:
  - a) теоретико- множественный, логический и лингвистический методы;
  - b) аналитический и логический;
  - c) математический;
  - d) нет правильного ответа.
  
3. Метод «прогнозного графа» характерен для:
  - a) имитационного моделирования;
  - b) метода постепенной формализации задач;
  - c) ситуационного подхода;
  - d) структурно- лингвистического моделирования.
  
4. Кто впервые для активизации интуиции предложил использовать законы диалектики и выдвинул теорию поля (целей):
  - a) Д.А. Поспелов;
  - b) Ю.А. Клыков;
  - c) А.А. Денисов;
  - d) А.А. Ивин.
  
5. Какой из перечисленных методов основывается на применении специализированного языка, разрабатываемого с помощью выразительных средств теории множеств:
  - a) теория информационных целей;
  - b) имитационное моделирование
  - c) метод типа «Дельфи»;
  - d) ситуационное моделирование.
  
6. С помощью какого формализованного языка можно организовать исследование полученных моделей на ЭВМ:
  - a) DYNAMO;
  - b) Java;

- c) C++;
- d) Pascal.

7. В каких случаях разрабатывается и применяется методика системного анализа:

- a) известны все данные по проблемной ситуации;
- b) данные известны частично, но составляют необходимый минимум;
- c) нет достаточных сведений;
- d) всегда.

8. В связи, с чем процесс принятия решения делится на подпроцессы:

- a) объединение подэтапов в единую методику не пригодно к практическому применению;
- b) разработка отдельных методик для всех возможных процессов;
- c) оба ответа верны;
- d) нет верного ответа.

9. Кто является автором методики системного анализа содержащей следующие этапы: «постановка задачи – поиск – толкование – рекомендация – подтверждение»

- a) Е.П. Голубков;
- b) Ю.И. Черняков;
- c) С. Оптнер;
- d) Э. Квейд.

10. Какие этапы определяют процесс собственного формирования модели:

- a) поиск – рекомендация;
- b) начальный вариант – оценка варианта;
- c) определение цели – нахождение альтернатив;
- d) нет верного ответа.

11. К вопросам, решаемым при разработке системного анализа не относится:

- a) определение проблемы;
- b) рассмотрение всех областей выделяемой проблемы;
- c) выделение этапов решения;
- d) анализ вариантов.

12. Наиболее удобным способом представления параллельных подэтапов является:

- a) таблица;
- b) аналитическое представление;
- c) сетевая модель;
- d) реляционная модель.

13. Какие методы используются при формировании первоначального варианта решения:

- a) метод «сценариев» и «мозговой атаки»;
- b) методы структуризации;
- c) морфологический подход;
- d) все ответы верны.

14. Наиболее часто методика экспертных оценок применяется на этапе:

- a) анализ первоначальных вариантов;
- b) выбор целей;
- c) разработка рекомендаций;
- d) поиск.

15. Какие из перечисленных ниже задач можно решать с помощью методик системного анализа:

- a) анализ целей;
- b) разработка организационной структуры;
- c) организация процесса принятия решения;
- d) все ответы верны.

16. Какой метод не относится к методам, направленным на активизацию использования интуиции и опыта специалистов (МАИС):

- a) методы «сценариев»;
- b) методы экспертных оценок;
- c) теоретико– множественные методы;
- d) методы решающих матриц.

17. Какие методы относятся к комбинаторике

- a) лингвистические;
- b) аналитические;
- c) логические.

18. Какой метод не относится к специальным методам

- a) метод экспертных оценок;
- b) ситуационное моделирование;
- c) структурно – лингвистическое;
- d) имитационные – динамические.

19. Какой метод базируется на понятиях тезауруса Т:

- a) логический;
- b) аналитический;
- c) лингвистический;
- d) теоретико- множественный.

20. Какой метод можно применять при организации массивов:

- a) аналитический;
- b) статический;
- c) логические;
- d) лингвистические.

21. В каких моделях не используются статистические методы:

- a) модели объектного планирования;
- b) производственные функции;
- c) модели массового обслуживания;
- d) модели износа и замены оборудования.

22. Какой метод отображает реальные объекты и процессы в виде точек, совершающих какие-либо перемещения в пространстве или взаимодействующих между собой:

- a) аналитические;
- b) статические;
- c) логические;
- d) лингвистические.

23. В каких годах началось активное возрождение математической лингвистики:

- a) 50-е – 60-е гг.;
- b) 60-е – 70-е гг.;
- c) 70-е – 80-е гг.;
- d) 80-е – 90-е гг.

24. Кто ввел понятие «граф»:

- a) Н. Хомский;
- b) Л. Эйлер;
- c) О. Хелмер.

25. В каких годах получила широкое распространение концепция «мозговой атаки» или «мозговой штурм»:

- a) 60-е гг.;
- b) 50-е гг.;
- c) 80-е гг.;
- d) 70-е гг.

26. Какой метод впервые предложил У. Черчмен в связи с проблемами принятия решений в промышленности:

- a) метод «сценариев»;
- b) метод «мозгового штурма»;
- c) метод «дерева целей»;
- d) метод экспертных оценок.

27. Какой метод основан на гипотезе, что среди большого числа идей имеется, по меньшей мере, несколько хороших, полезных для решения проблемы, которые нужно выделить:

- a) метод «сценариев»;
- b) метод «мозговой атаки»;
- c) метод «дерева целей»;
- d) метод экспертных оценок.

28. В каком из разновидностей метода «мозговой атаки» создаются две группы: одна группа вносит как можно больше предложений, а другая старается их максимально раскритиковать:

- a) прямая мозговая атака;
- b) метод обмана мнениями;
- c) методы типа комиссий;
- d) методы судов.

29. Какие методы в систематизированном виде были разработаны швейцарским астрономом Ф. Цвики:

- a) морфологические методы;
- b) методы «сценариев»;

- c) методы «мозгового штурма»;
- d) методы структуризации.

## **ТЕМА: «Информационный подход к анализу систем»**

1. Форма существования материи в пространстве и времени:

- a) информационное пространство;
- b) информационный поток;
- c) информационное поле;
- d) информационный барьер.

2. Принцип, в соответствии с которым естественные процессы текут в направлении снижения потенциала материи:

- a) принцип наименьшего действия;
- b) фундаментальный принцип материализма об адекватности отражения;
- c) принцип объективной логики;
- d) принцип конечности скорости распространения информации.

3. Информация, характеризующая структуру материи как распределение ее (материи) в пространстве:

- a) информация в себе;
- b) чувственная информация;
- c) информация для нас;
- d) информация восприятия.

4. Воспроизведение структуры материи на качественно иных носителях или в нашем сознании, есть:

- a) информация в себе;
- b) чувственная информация;
- c) информация для нас;
- d) относительная информация.

5. В соответствии, с каким постулатом информация есть функция материи, которая носит характер пропорциональной зависимости:

- a) об адекватности отражения материи;
- b) относительная информационная проницаемость среды;
- c) закон чувственного отражения;
- d) закон логического отражения.

6. Какое отражение информации протекает во времени и пространстве:

- a) логическое;
- b) чувственное;

- c) относительное;
- d) адекватное.

7. Структура материи, которая окружает объект, являющийся источником поля, и которая сложилась под воздействием структуры самого объекта – это...

- a) отображение материи;
- b) отражение материи;
- c) барьер;
- d) поле.

8. Что численно соответствует той доле информации для нас (т.е. доступной нам информации), которая приходится на единицу поверхности пробного тела:

- a) интенсивность потока;
- b) интенсивность отражения;
- c) интенсивность поля;
- d) интенсивность барьера.

9. Какое поле соответствует полю существования:

- a) информационное;
- b) информостатическое;
- c) информологическое;
- d) информационно – логическое.

10. Напряженность поля является:

- a) точечной величиной;
- b) постоянной величиной;
- c) векторной величиной;
- d) непрерывной величиной.

11. Если содержание системы меньше содержания суммы ее частей, то данная система:

- a) устойчива;
- b) постоянна;
- c) непостоянна;
- d) неустойчива.

12. Мера сопоставления информационных потоков:

- a) информационный потенциал;
- b) информационное сопротивление;
- c) информационный поток;
- d) информационный ток.

13. Ток информации, который образован носителями, способными чувственно воспринимать поле и обладающими запасом энергии для перемещений, это...

- a) чувственный ток;
- b) ток переноса;
- c) ток интуиции;
- d) ток поля.

14. Поле, связанное с фиксацией целей движения, является:

- a) целевой проницаемостью;
- b) целевой вектор;
- c) целевым полем;
- d) целевое пространство.

15. При логическом взаимодействии адаптирующихся объектов ухудшение условий приводит к:

- a) ослаблению логических связей;
- b) усилению логического взаимодействия;
- c) усилению логических связей;
- d) ослаблению логического взаимодействия.

16. Назовите три этапа отражения:

- a) чувственное, логическое, интуитивное;
- b) субъективное, чувственное, прагматическое;
- c) логическое, объективное, прагматическое;
- d) чувственное, логическое, прагматическое.

17. Какая информация (сущность) характеризует класс однородных объектов или свойств:

- a) чувственная;
- b) объективная;
- c) логическая;
- d) прагматическая.

18. Какой из логических законов гласит: "Число суждений должно быть не меньше числа объектов, о которых должно быть получено умозаключение".

- a) закон противоречия;
- b) закон отрицания;
- c) закон тождества;
- d) закон достаточного основания.

19. Элементарный квант информационных отношений ("элементарная частица"), отображающая реальный объект – это...

- a) информатив;
- b) эволюцион;
- c) информация;
- d) информационный бит.

20. Кто сформулировал в информатике Всемирный закон информационного взаимодействия (поля):

- a) А.И. Язвешкин;
- b) А.А. Езвешкин;
- c) И.И. Юзвешин;
- d) И.А. Извешин.

21. Чем является информатив:

- a) великим разумом;
- b) великим пределом;
- c) великим рядом;
- d) великим пространством.

22. Чем может являться любой информационный бит:

- a) точкой модернизации;
- b) точкой модификации;
- c) точкой бифуркации;
- d) точкой синтеза.

## **ТЕМА: «Методика системного анализа целей»**

1. Под принципом фронтальности понимается:

- a) соответствие системы целям, задачам и нормативам;
- b) взаимосвязь и взаимодействие уровней структуры целей для системы;
- c) структуризация каждой ветви ниже лежащего уровня структуры целей для системы с использованием соответствующих системных уровней.

2. Учитывать «пространство инициирования целей и факторов» при выборе косвенных количественных оценок означает:

- a) учитывает зависимость подсистем от законодательных и нормативных актов и инициативы структурных единиц;
- b) учитывает свободу выбора метода оценки системы;
- c) учитывать требования и потребности надсистемой, отраженной в законодательных актах директивных, документах аналогичных предприятий структурной среды, интересы ведомственных подразделений, инициативы структурных единиц системы управления.

3. На каждом шаге структуризации целей оценка производится:

- a) в форме специально организованной экспертной процедуры опроса;
- b) путем исключения из дальнейшего рассмотрения малозначимых составляющих;
- c) оба ответа верны.

4. Сложная система это...

- a) система, которая состоит из элементов разных типов и обладает разнородными связями между ними;
- b) система, состоящая из большого количества элементов и взаимосвязей между ними;
- c) оба ответа верны.

5. В сложных многоаспектных, многоуровневых системах представление их целей и функций должно быть:

- a) стратифицированное;
- b) системное и последовательное;
- c) по степени значимости.

6. Наиболее распространенным способом оценки составляющих структур целей и функций является:

- a) метод эшелонированных представлений;
- b) оценка их относительной важности методом нормирования с использованием нескольких критериев и учетом весовых коэффициентов;
- c) нет верного ответа.

7. Выражением закона материалистической диалектики – перехода количества в качество является:

- a) результат системного анализа объекта, его качеств и свойств;
- b) принцип эммерджентности;
- c) нет верного ответа.

8. Принцип интеграции направлен:

- a) на изучение интегративных свойств и закономерностей;
- b) ранжирование элементов системы по значимости;
- c) на получение количественных и комплексных характеристик.

9. Какие из параметров не содержит сложная система:

- a) уровень и состав;
- b) функции;
- c) жизненный путь;
- d) малое число простых элементов;
- e) все ответы верны.

10. Какой из подходов не является подходом к пониманию сложных систем:

- a) системы представляют собой системы с плохой организацией;
- b) сложные системы – системы, которые не могут быть точно математически описаны;
- c) сложные системы – системы целенаправленного поведения, т.е. социальные;
- d) все ответы верны;
- e) нет верного ответа.

11. Как называются функции свойственные для систем, которые получают из окружающей среды вещество, энергию, информацию:

- a) адаптивные;
- b) обслуживающие;

- c) функции поглощения;
- d) потребительские.

12. Какая из функций содержит в себе закрепление за элементами и подсистемами определенных действий:

- a) целеполагающая;
- b) распорядительная;
- c) адаптивная;
- d) нет верного ответа.

13. По характеру проявления функции систем подразделяются:

- a) внешние, внутренние;
- b) линейные, нелинейные;
- c) явные, латентные (скрытые);
- d) нет верного ответа.

14. Как называются точки, в которых происходит разветвление пути развития системы, на «выбор» которого влияют сложившиеся факторы:

- a) точки бифуркации;
- b) точки адаптации;
- c) точки стратификации;
- d) экстремумы.

15. Динамика системы складывается из составляющих, таких как

a) скорость развития и длительность Ж. Ц.;

b) внешнее движение системы и происходящее в ней внутреннее развитие;

- c) количество элементов и скорость развития;
- d) нет верного ответа.

16. В какие годы возникла общая теория систем

- a) 50-е гг.;
- b) 30-е гг.;
- c) 20-е гг.;
- d) 80-е гг.

17. Какой закономерностью характеризуется предельный уровень в теории систем:

- a) эквифинальность;
- b) иерархичности;

- c) упорядоченности;
- d) эмерджентности.

18. Кто является инициатором создания методики ПАТТЕРН:

- a) Р. Акофф;
- b) Ф. Эмери;
- c) Ч. Дэвис;
- d) Э. Леруа.

19. В каком году появились первые сообщения о методике ПАТТЕРН:

- a) в 1963 году;
- b) в 1961 году;
- c) в 1955 году;
- d) в 1953 году.

20. Укажите два способа представления системы управления:

- a) процедурное;
- b) уровневое;
- c) ситуационное;
- d) факторное.

21. В основе методики, основанной на концепции системы, учитывающей среду и целеполагание лежат какие системы:

- a) системы В.Н. Сагатовского;
- b) системы Кошарского;
- c) системы Уёмова;
- d) системы Черняка.

22. Какие две оценки структуры целей и функций при выполнении второго этапа методики, базирующейся на концепции деятельности:

- a) экспертные;
- b) прямые;
- c) косвенные, количественные;
- d) целевые.

23. Какие два подхода используются при выполнении первого этапа методики, базирующейся на концепции деятельности:

- a) экспертный;
- b) информационный;

- c) целевой;
- d) морфологический, лингвистический, тезаурусный.

24. Какую составляющую для системы на верхнем уровне структуры целей не предложили вынести Р. Акофф и Ф. Эмери:

- a) правда;
- b) добро;
- c) недостаток;
- d) красота;
- e) нет верного ответа.

## **ТЕМА: «Разработка и развитие систем организационного управления»**

1. Система организационного управления (СОУ) предприятием или любой организации должна обеспечивать:

- a) существование организации как самоорганизующейся системы;
- b) адаптацию персонала к изменяющейся среде, к изменению в кадровом составе организации;
- c) свободу выбора организационной культуры субъектам производственной деятельности;
- d) сохранение целостности при свободе развития субъектам производственной деятельности.

2. Расположить уровни абстрагирования в соответствии с их определениями:

- |  |  |
|--|--|
| А. Теоретико-методологический (концептуальный) | 1. Комплекс нормативно-технических и нормативно-методческих документов для принятия управленческих решений       |
| Б. Научно-исследовательский                    | 2. Выбор и предложение теоретических и прикладных моделей, позволяющие провести анализ                           |
| В. Проектный                                   | 3. Завершается разработкой структур, программных средств   |
| Г. Инженерно-конструкторский                   | 4. Завершается разработкой устава предприятия, концепции его развития  |
| Д. Технологический                             | 5. Завершается определением комплекса методов и средств решения проблемы   |
| Е. Реализация системы                          | 6. Разработка организационно-технологических процедур подготовки и реализации проектных и управленческих решений |

- a) 1-б, 2-е, 3- в, 4-а, 5- г, 6-д;
- b) 1-е, 2- в, 3-г, 4-а, 5- б, 6-д;
- c) 1-е, 2-б, 3-г, 4-а, 5-в, 6-д;
- d) 1-е, 2-б, 3-д, 4- в, 5- а, 6- г;

3. Комплекс нормативно-технических и нормативно-методических документов, обеспечивающих реализацию принятых проектных или управленческих решений, т.е. положения, методики, инструкции, стандарты и т.п. нормативные документов – это:

- a) проектный уровень абстрагирования;
- b) реализация системы, материальное воплощение;
- c) научно-исследовательский уровень абстрагирования;
- d) теоретико-методологический (концептуальный) уровень абстрагирования.

4. К какому уровню абстрагирования можно отнести следующие характеристики:

— анализ факторов: создание автоматизированных диалоговых процедур, программ, тестов и проведение анализа;

— анализ целей и функций системы управления предприятием: разработка (адаптация) АДПАЦФ и автоматизированных процедур оценки структуры ЦФ;

— разработка автоматизированных процедур моделирования вариантов оргструктуры;

— разработка автоматизированных баз данных и ИПС АСНМОУ;

— разработка автоматизированных процедур АСУП:

- a) уровень конструкторских разработок (программных процедур);
- b) уровень научно-исследовательских работ;
- c) уровень технологической реализации;
- d) уровень реализации системы.

5. При выборе методов выполнения этапов разрабатываемой методики следует учитывать:

a) особенности объекта, степень осведомленности о нем на начальном этапе проектирования, наличие аналогов и возможность заимствования готовых моделей и автоматизированных процедур;

b) особенности объекта, степень осведомленности о нем на начальном этапе проектирования, степень изменений, влияющих на объект;

c) возможность заимствования готовых моделей и автоматизированных процедур;

d) все выше перечисленное.

6. Система, определяющая требования к проектируемой СОУ, ограничивающая ее деятельность и потребляющая результаты этой деятельности:

- a) подсистема;
- b) надсистема;
- c) подведомственная система;
- d) надведомственная система.

7. Процедура, позволяющая опрашивать экспертов и, обобщая результаты опросов, накапливать все более полный перечень факторов, являющийся основой для дальнейшей их оценки и анализа:

- a) АДПАФ (автоматизированная диалоговая процедура анализа факторов);
- b) АДПАЦФ (автоматизированная диалоговая процедура анализа целей и функций);
- c) АДФИПС (автоматизированная документально-фактографическая информационно-поисковая система);
- d) АСНМОУ (автоматизированная система нормативно-методологического обеспечения управления).

8. При анализе факторов, влияющих на создание и функционирование предприятия применяются:

- a) методы формализованного представления систем, метод решающих матриц;
- b) методы системного анализа, МАИС (методы, направленные на активизацию использования интуиции и опыта специалистов);
- c) экспертные процедуры методики ПАТТЕРН, метод решающих матриц, метод многоуровневых многокритериальных оценок;
- d) морфологический метод, метод многоуровневых многокритериальных оценок.

9. При анализе взаимодействия, с какой системой необходимо выявлять производителей таких же или аналогичных товаров:

- a) актуальная и конкурентная среда;
- b) дружественная и безразличная среда;
- c) подведомственная среда;
- d) безразличная среда.

10. При выполнении, какого этапа разработки и развития систем организационного управления необходимо обеспечить полноту определения целей и функций предприятия, провести оценку функций по критериям их важности, трудоемкости выполнения и т.п. критериям:

- a) анализ факторов, влияющих на создание и функционирование организации;
- b) анализ целей и функций системы управления предприятием;
- c) разработка организационной структуры предприятия.

11. Исходные организационные формы управления, которые соответствуют древовидной иерархической структуре и предельному случаю со «слабыми Связями или матричной структуры, в которой существуют все взаимосвязи между элементами смежных уровней иерархии:

- a) матричная и линейная;
- b) линейно-функциональная и дивизиональная;
- c) матричная и функциональная;
- d) линейная и функциональная.

12. Достоинствами какой структуры управления является единство власти и четкость распорядительства; согласованность действий исполнителей; оперативность в принятии решения; получение исполнителями увязанных между собой распоряжений и заданий, обеспеченных ресурсами; личная ответственность руководителя:

- a) матричная;
- b) линейно-функциональная;
- c) функциональная;
- d) линейная.

13. Форма программно-целевого управления, при котором после разработки и утверждения проекта его руководитель наделяется всеми необходимыми полномочиями для его выполнения и приобретает статус заместителя директора, а иногда и становится над ним:

- a) функциональная координация;
- b) проектное управление;
- c) стратегическое планирование;
- d) определение целей и функций.

14. Подход к формированию организационной структуры, который основан на рационализации потоков информации и технологии ее обработки:

- a) нормативно-функциональный;
- b) функциональный;
- c) системно-целевой.

15. Метод, который предполагает определение задач с помощью обследования системы управления и объединение их в более крупные комплексы на основе вводимых мер близости:

- a) метод задач;
- b) метод структуризации целей;
- c) метод организационного моделирования;
- d) экспертный метод.

16. Этап обобщенной методики проектирования оргструктур, при котором происходит формирование вариантов оргструктур и выбор наилучшего:

- a) обследование и анализ существующей организационной структуры и/или оргструктур аналогичных предприятий;
- b) формирование варианта (или разработка рекомендаций по корректировке существующей) оргструктуры;
- c) формирование первоначального варианта (вариантов) структуры целей и функций системы управления;
- d) разработка концепции создания (развития) объекта управления и системы организационного управления.

17. Сфера, где осуществляется работа службы оперативного управления производством предприятия:

- a) сфера линейного управления;
- b) сфера функционального управления;
- c) сфера программно-целевого управления;
- d) сфера информационного обеспечения.

18. Система нормативно-методического обеспечения управления предприятием (СНМОУ) содержит:

- a) нормативно-справочные, нормативно-методические, организационно-распорядительные документы;
- b) организационно-распорядительные, нормативно-справочные документы;
- c) нормативно-методические, нормативно-технические документы;

d) нормативно-правовые, нормативно- методические, нормативно-технические и организационно-распорядительные документы.

19. Формирование и анализ организационно-технологических процедур (ОТП) является основой одного из наиболее перспективных подходов к проектированию оргструктур - ....

- a) нормативно-функционального подхода
- b) функционально-технологического подхода;
- c) системно- целевого подхода

## **ТЕМА: «Информационные системы»**

1. Взаимосвязанная совокупность средств, методов и персонала, используемых для хранения, обработки и выдачи информации в интересах достижения поставленной цели – это...

- a) информационная система;
- b) сетевая модель данных;
- c) экспертная система.

2. основополагающие, базовые принципы создания АИС (автоматизированной информационной системы):

- a) репрезентативности, содержательности, цикличности;
- b) системности, развития, совместимости;
- c) стандартизации и унификации, эффективности.

3. Принцип ..... позволяет подойти к исследуемому объекту как единому целому; выявить на этой основе многообразные типы связей между структурными элементами, обеспечивающими целостность системы; установить направления производственно-хозяйственной деятельности системы и реализуемые ею конкретные функции.

- a) стандартизации;
- b) системности;
- c) совместимости.

4. Принцип ..... заключается в том, что АИС создается с учетом возможности постоянного пополнения и обновления функций системы и видов ее обеспечений

- a) развития;
- b) стандартизации и унификации;
- c) совместимости.

5. Принцип ..... основан на разделении системы на части, выделении отдельных комплексов работ, создает условия для более эффективного ее анализа и проектирования.

- a) декомпозиции;
- b) совместимости;
- c) системности.

6. Организационно-технологические принципы, без которых невозможна разработка новых АИС:

а) системности, развития, совместимости, стандартизации и унификации, эффективности;

б) абстрагирования, формализации, непротиворечивости и полноты, независимости данных, структурирования данных, доступа конечного пользователя;

с) репрезентативности, содержательности, цикличности, своевременности, доступности.

7. Принцип абстрагирования заключается в .....

а) необходимости строгого методического подхода к решению проблемы, использованию формализованных методов описания и моделирования изучаемых и проектируемых процессов, включая бизнес-процессы, функционирования системы;

б) выделении существенных (с конкретной позиции рассмотрения) аспектов системы и отвлечении от несущественных с целью представления проблемы в более простом общем виде, удобном для анализа и проектирования;

с) необходимости применения типовых, унифицированных и стандартизированных элементов функционирования АИС.

8. Принцип формализации заключается в .....

а) необходимости строгого методического подхода к решению проблемы, использованию формализованных методов описания и моделирования изучаемых и проектируемых процессов, включая бизнес-процессы, функционирования системы;

б) достижении рационального соотношения между затратами на создание АИС и целевым эффектом, получаемым при ее функционировании;

с) обеспечении способности взаимодействия АИС различных видов, уровней в процессе их совместного функционирования.

9. Принцип ..... предполагает, что модели данных должны быть проанализированы и спроектированы независимо от процессов их обработки, а также от их физической структуры и распределения в технической среде

а) структурирования данных;

б) непротиворечивости и полноты;

с) независимости данных.

10. Структуру ИС представляют:

- a) информационное, техническое, программное обеспечение;
- b) математическое, организационное, правовое обеспечение;
- c) БД, база знаний, модель данных, банк данных.

11. .... функция состоит в разработке и реализации планов по выполнению поставленных задач

- a) плановая;
- b) контрольная;
- c) учетная.

12. Функция ..... связывается с изучением итогов выполнения планов и заказов, определением влияющих факторов, выявлением резервов, изучением тенденций развития

- a) контроля;
- b) стимулирования;
- c) анализа.

13. .... уровень управления обеспечивает решение многократно повторяющихся задач и операций и быстрое реагирование на изменения входной текущей информации

- a) аналитический;
- b) операционный;
- c) контрольный.

14. .... уровень управления обеспечивает решение задач, требующих предварительного анализа информации, подготовленной на первом уровне

- a) функциональный;
- b) операционный;
- c) стратегический.

15. Стратегическая ИС – это ...

a) совокупность информационно-программно-технических ресурсов, обеспечивающую конечному пользователю обработку данных и автоматизацию управленческих функций в конкретной предметной области;

b) компьютерная информационная система, обеспечивающая поддержку принятия решений по реализации стратегических перспективных целей развития организации;

с) комплекс аппаратных и программных средств, предназначенных для автоматизации процесса проектирования человеком технических изделий или продуктов интеллектуальной деятельности.

16. Типовыми видами деятельности, которые определяют функциональный признак классификации информационных систем, являются:

- а) финансовая, кадровая;
- б) экономическая, техническая;
- с) производственная, маркетинговая.

17. Основное назначение ..... состоит в отслеживании ежедневных операций в фирме и периодическом формировании строго структурированных сводных типовых отчетов

- а) системы поддержки принятия решений;
- б) ИС специалистов;
- с) управленческой ИС.

18. .... ИС характеризуются отсутствием современных технических средств переработки информации и выполнением всех операций человеком

- а) автоматические;
- б) ручные;
- с) автоматизированные.

19. .... ИС выполняют все операции по переработке информации без участия человека

- а) автоматические;
- б) ручные;
- с) автоматизированные.

20. .... ИС предполагают участие в процессе обработки информации и человека, и технических средств, причем главная роль отводится компьютеру

- а) автоматические;
- б) ручные;
- с) автоматизированные.

21. Человеко-машинная система с автоматизированной технологией получения результатной информации, необходимой для информационного

обслуживания специалистов и оптимизации процесса управления в различных сферах человеческой деятельности

- a) АИС;
- b) ИС;
- c) ЭИС.

22. Совокупность проектных решений по объемам, размещению, формам организации информации, циркулирующей в АИТ – это .....

- a) информационное обеспечение;
- b) техническое обеспечение;
- c) технологическое обеспечение.

23. .... системы производят ввод, систематизацию, хранение, выдачу информации по запросу пользователя без сложных преобразований данных

- a) информационно-решающие;
- b) информационно-поисковые;
- c) управляющие.

24. .... предназначены для автоматизации функций инженеров-проектировщиков, конструкторов, архитекторов, дизайнеров при создании новой техники или технологии

- a) ИС управления технологическими процессами (ТП);
- b) Интегрированные (корпоративные) ИС;
- c) ИС автоматизированного проектирования (САПР).

25. .... используются для автоматизации всех функций фирмы и охватывают весь цикл работ от проектирования до сбыта продукции

- a) ИС управления технологическими процессами (ТП);
- b) Интегрированные (корпоративные) ИС;
- c) ИС автоматизированного проектирования (САПР).

26. Совокупность единой системы классификации и кодирования информации, унифицированных систем документации, схем информационных потоков, циркулирующих в организации, а также методология построения баз данных – это .....

- a) техническое обеспечение;
- b) информационное обеспечение;
- c) программное обеспечение.

27. Комплекс технических средств, предназначенных для работы информационной системы, а также соответствующая документация на эти средства и технологические процессы – это.....

- a) техническое обеспечение;
- b) технологическое обеспечение;
- c) программное обеспечение.

28. Совокупность методов и средств, регламентирующих взаимодействие работников с техническими средствами и между собой в процессе разработки и эксплуатации информационной системы – это.....

- a) организационное обеспечение;
- b) техническое обеспечение;
- c) правовое обеспечение.

29. Совокупность научно-технических терминов и других языковых средств, используемых в информационных системах, а также правил формализации естественного языка, включающих методы сжатия и раскрытия текстовой информации с целью повышения эффективности автоматизированной обработки информации – это .....

- a) математическое обеспечение;
- b) техническое обеспечение;
- c) лингвистическое обеспечение.

30. .... программное обеспечение представляет собой совокупность программ, разработанных при создании конкретной информационной системы

- a) специальное;
- b) общесистемное;
- c) комплексное.

31. К ..... программному обеспечению относятся комплексы программ, ориентированных на пользователей и предназначенных для решения типовых задач обработки информации

- a) специальное;
- b) общесистемное.
- c) комплексное.

32. Языковые средства, включенные в подсистему ....., делятся на две группы: традиционные языки (математические, алгоритмические, языки моделирования) и языки предназначенные для диалога с ЭВМ (информационно-поисковые языки, языки СУБД и др.)

- a) математического обеспечения;
- b) технического обеспечения;
- c) лингвистического обеспечения.

33. Информационные системы, ....., обеспечивают информационную поддержку пользователя, т.е. предоставляют доступ к информации в базе данных и ее частичную обработку

- a) создающие управленческие отчеты;
- b) разрабатывающие альтернативы решений;
- c) претворяющие решения.

34. .... информационные системы предоставляют пользователю математические, статистические, финансовые и другие модели, использование которых облегчает выработку и оценку альтернатив решения

- a) автоматизированные;
- b) экспертные;
- c) модельные.

35. .... информационные системы обеспечивают выработку и оценку возможных альтернатив пользователем за счет создания экспертных систем, связанных с обработкой знаний

- a) автоматизированные;
- b) экспертные;
- c) модельные.

36. Информационные системы, ....., могут быть модельными или экспертными

- a) создающие управленческие отчеты;
- b) разрабатывающие альтернативы решений
- c) претворяющие решения

37. Развитие информационной среды (инфраструктуры) является основой:

- a) развитие технологий и цивилизации в целом;
- b) развитие управленческой деятельности предприятий;

- c) развитие проблемы информационного взрыва;
- d) накопление информационных ресурсов.

38. Информационная система- это ...

- a) совокупность средств информационной техники и людей, объединенных для достижения определённых целей;
- b) программно- аппаратные комплексы, которые обладают свойствами переносимости (мобильности), стандартности, наращиваемости возможностей, совместимости;
- c) система, выделенная по определённому признаку, обладающая некоторой самостоятельностью и допускающая разложение на элементы в рамках данного рассмотрения.

39. Основная характеристика ресурсов – это ...

- a) их потенциальная эффективность;
- b) способы добычи;
- c) их возобновляемость либо невозобновляемость;
- d) область их применения.

40. В состав задач системного анализа в процессе создания ИС входит

- a) задача декомпозиции;
- b) задача анализа;
- c) задача синтеза;
- d) все перечисленные.

41. Свойство переносимости (мобильности), стандартности, наращиваемости возможностей, совместимости присущи

- a) открытым системам;
- b) сложным системам;
- c) замкнутым (закрытым) ИС;
- d) всем перечисленным.

42. Свойствами эмерджентности обладают системы

- a) сложные;
- b) открытые;
- c) закрытые;
- d) все перечисленные.

43. С точки зрения взаимодействия предприятия с окружающей средой информацию делят на:

- a) входящую и исходящую;
- b) постоянную, условно- постоянную и переменную;
- c) внешнюю и внутреннюю;
- d) внутреннюю, внешнюю, исходящую и входящую.

44. Поводом для создания АИС послужили

- a) проблемы информационного взрыва;
- b) научно- технический прогресс;
- c) большая обеспеченность информационными ресурсами;
- d) возможность тиражируемости информации.

45. Для управления развитием информационной инфраструктуры её целесообразно представить в виде

- a) 4- ч страт;
- b) 6- и страт;
- c) 8- ми страт;
- d) зависит от конкретного случая.

46. В понимании принципов построения и организации функционирования АСУ большую роль играет выделение:

- a) функциональной и обеспечивающей частей;
- b) только функциональной части;
- c) только обеспечивающей части;
- d) нет верных ответов.

## **СТАТЬЯ 1**

# **МЕТОДОЛОГИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭТАПОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

В.С.Симанков, д-р техн. наук,  
И.А.Шпехт, канд. техн. наук,  
2011 г.

Ссылка на источник: [http://ics.khstu.ru/media/2011/N30\\_18.pdf](http://ics.khstu.ru/media/2011/N30_18.pdf)

Аннотация: Рассматривается подход к формализации процесса системного анализа сложных систем, который характеризуется наличием этапов и подэтапов, содержащих большое количество формализованных и неформализованных процедур.

Ключевые слова: системный анализ, этапы системного анализа, автоматизация, сложная система, формализованные и неформализованные процедуры

### **Введение**

Системный анализ представляет собой эффективное средство решения сложных, недостаточно четко сформулированных проблем в науке, на производстве и в других областях. При этом любой объект рассматривается не как единое, неразделимое целое, а как система взаимосвязанных составных элементов, их свойств, качеств. Изучаемая система рассматривается комплексно, с учетом ее внешних и внутренних взаимосвязей, существующих ограничений и последствий принимаемых решений. Существуют различные подходы к формулированию этапов системного анализа при исследовании сложных систем (СС). Зарубежные и отечественные ученые в области системного анализа предлагают частично отличающиеся друг от друга определение и трактовку, как основных этапов системного анализа, так и схемы их реализации. При этом ни один из таких подходов не предлагает пути полной формализации всех этапов системного анализа. Как правило, на каждом из этапов существуют определенные подэтапы и шаги, где формализация возможна только с помощью неклассических информационных методов с опорой на мнение специалистов-экспертов.

В представленной работе для дальнейшего изложения материала с целью определения степени формализации каждого из этапов системного анализа, воспользуемся трактовкой, предложенной в [1] виде IDEF0-диаграммы (рис. 1).

Необходимо отметить, что на всех этапах системного анализа приходится сталкиваться с естественными неопределенностями, которые не могут сниматься с помощью классических (формализованных) методов и подходов. Классические методы обработки информации и математического моделирования оказываются непригодными при компьютерном моделировании сложных систем, а использование малых выборок при высокой степени неопределенности и большого набора показателей делает практически невозможным получить в процессе исследования точное описание всех внутренних и внешних количественных взаимосвязей подсистем и элементов.

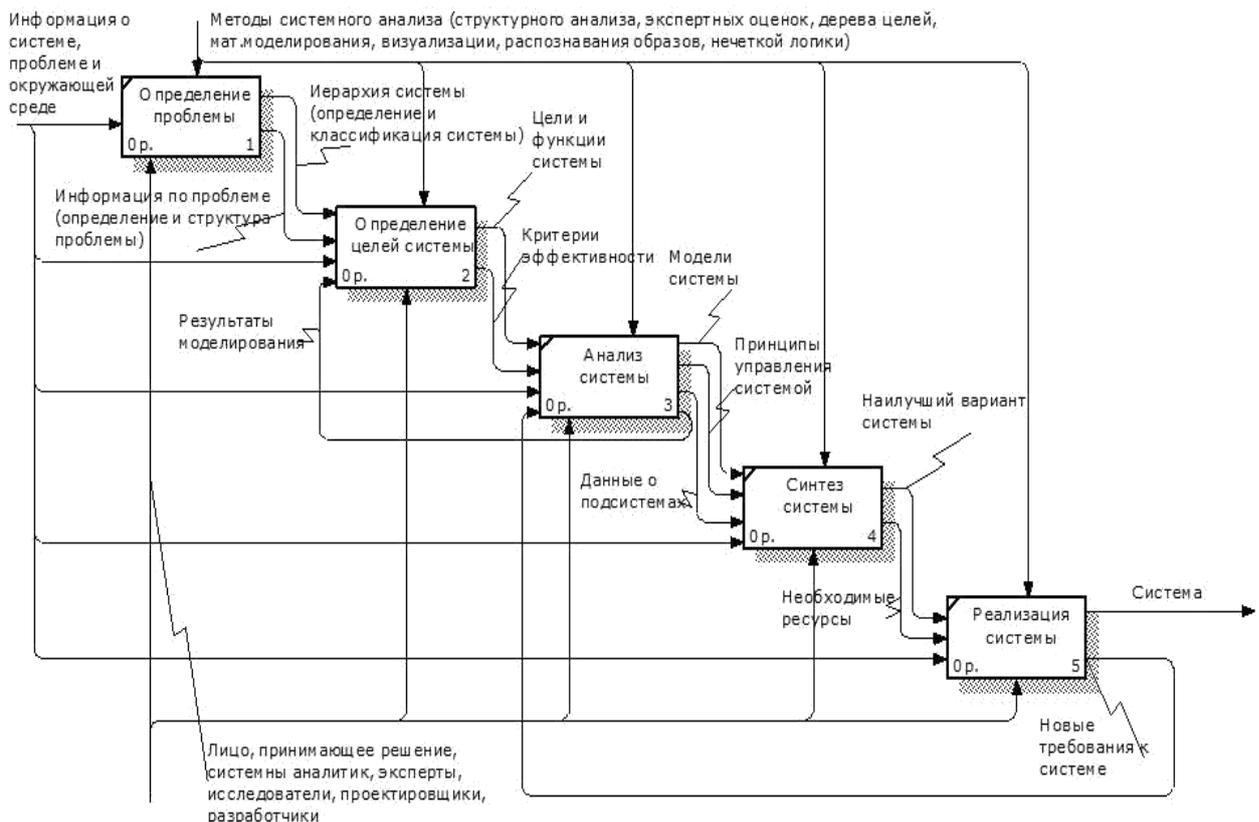


Рис. 1. Этапы системного анализа.

Рис.1. Этапы системного анализа

### Постановка задачи

Как было сказано выше , реализация каждого этапа системного анализа

заключается в выполнении как формализованных, так и неформализованных процедур, которые позволяют снимать естественные неопределенности, возникающие при исследовании СС . В настоящее время процесс использования системного анализа при исследовании сложных систем не формализован, и более того, не несет унифицированный характер, и каждый исследователь решает свои конкретные задачи исходя из собственного опыта и знаний, используя предпочтительные со своей точки зрения подходы, методы и инструментарий системного анализа, иногда игнорируя некоторые этапы и подэтапы системного анализа. Исходя из сказанного, необходимо формализовать процесс системного анализа при исследовании СС с целью повышения качества и сокращения времени исследования.

С этой целью в работе предлагается на каждом этапе системного анализа выделять формализованные и неформализованные процедуры, определять места переходов от одной процедуры к другой, что даст возможность разработать методы частичной формализации процесса исследования сложной системы в целом. При этом неформализованные процедуры требуют для организации окончательной схемы их реализации тщательного изучения роли исследователя, внешнего эксперта, внутреннего аналитика и лица принимающего решение.

Следовательно, выявление, формулировка и реализация неформализованных процедур этапов системного анализа на основе методов и алгоритмов современных неклассических информационных технологий в виде обобщенной методологии позволит автоматизировать реализацию этапов системного анализа, что приведет к последовательному и эффективному результату в исследовании СС.

### **Описание методологии ASSA**

Для многостороннего и эффективного исследования (анализа) и последовательного проектирования (синтеза ) СС в работе предлагается разработанная методология «Автоматизация этапов системного анализа» («Automation of Stages of the System Analysis») – методология ASSA, содержащая технологии и поддерживающий их комплекс согласованных инструментальных средств (CASE-средств), обеспечивающих автоматизацию процессов, выполняемых на этапах системного анализа. Методология ASSA реализована посредством конкретных технологий анализа и моделирования (технологий АМ) каждого этапа системного анализа и поддерживающих их правил и процедур с помощью методов, алгоритмов и инструментальных средств, которые и обеспечивают автоматизацию выполнения этапов

системного анализа. Предложенная методология ASSA содержит в своем составе пять технологий анализа и моделирования (рис. 2) по числу этапов системного анализа (см. рис. 1): технология анализа и моделирования этапа «Определение проблемы»; технология анализа и моделирования этапа «Определение целей системы»; технология анализа и моделирования этапа «Анализ системы»; технология анализа и моделирования этапа «Синтез системы»; технология анализа и моделирования этапа «Реализация системы».

Каждая технология включает в себя модули, представляющие собой технологические операции реализации ограниченных рамками решения общей задачи одного или нескольких шагов соответствующего этапа системного анализа. Мо-

дули данной технологии АМ реализуются участниками процесса исследования СС на основе последовательности унифицированных процедур, использующих для этого выбранные для данного модуля методы и алгоритмы. В свою очередь, методы и алгоритмы реализуются при помощи инструментальных средств, представляющих собой программные средства различной природы, необходимые для анализа и обработки поступающей информации (рис. 2). Технология анализа и моделирования (технология АМ) любого этапа системного анализа представляет собой совокупность трех составляющих: пошаговой процедуры, определяющей последовательность технологических операций исследования СС для выполнения данного модуля технологии АМ этапа системного анализа; критериев и индикаторов, используемых для оценки результатов выполнения модулей технологии АМ; графических и текстовых средств, используемых для описания как самой технологии АМ выполнения этапа системного анализа, так и составляющих ее модулей. Технологические инструкции, составляющие основное содержание технологии АМ, состоят из описания последовательности реализации модулей и условий, в зависимости от которых выполняется та или иная процедура внутри каждого модуля, а также описаний методов и алгоритмов, реализующих процедуры.

Технология АМ выполнения каждого из этапов системного анализа удовлетворяет следующим общим требованиям: технология обеспечивает гарантированное достижение реализации этапа системного анализа с заданным качеством; технология поддерживается комплексом согласованных инструментальных средств, обеспечивающих автоматизацию технологической цепочки; технология обеспечивает независимость выполняемых процедур от предметной области СС. Применение автоматизированной технологии АМ выполнения каждого из этапов системного анализа подчиняется выполнению следующих унифицированных

правил, которые должны соблюдаться на всех этапах исследования СС: стандартное выполнение этапа системного анализа; стандартное оформление отчетной документации; единый пользовательский интерфейс.

Как было сказано выше, каждая технология состоит из модулей, представляющих собой реализацию одного или нескольких шагов данного этапа системного анализа. В свою очередь, модули формируются по признаку однотипности задачи, решаемой с помощью определенного набора процедур. С кибернетической точки зрения каждый модуль представляется в виде «черного ящика», все внутренние связи которого скрыты для остальных модулей, и который связывается с предшествующим и последующим модулями посредством входного и выходного потоков информации соответственно. Модули технологии АМ выполняются последовательно, образуя, таким образом, технологическую цепочку, результатом работы которой является информация, требуемая для выполнения следующего этапа системного анализа.

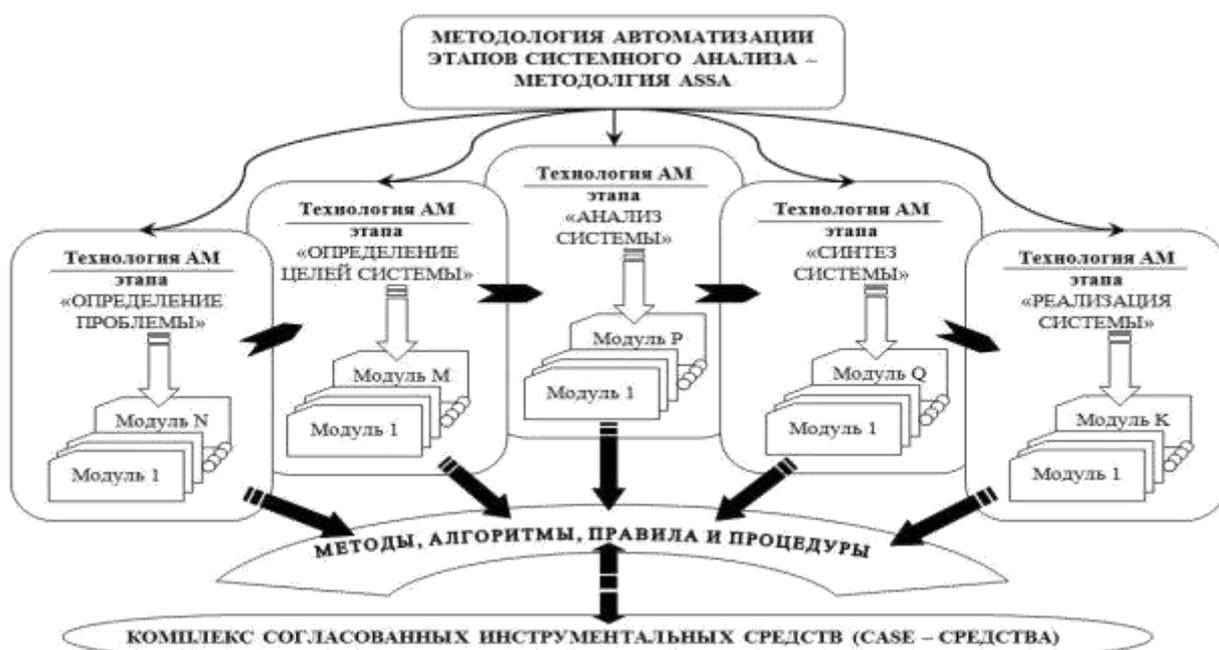


Рис. 2. Методология автоматизации этапов системного анализа.

Рис.2. Методология автоматизации этапов системного анализа

### Процедурно-ролевой алгоритм реализации технологии АМ

Участниками процесса исследования сложной системы с точки зрения выполнения задач моделирования являются исследователь, лицо принимающее решение (ЛПР), внутренний аналитик и внешний эксперт. Каждый из них играет свою роль и выполняет определенные процедуры, связанные с реализацией технологий АМ.

Исследователь играет главную роль в процессе разработки модели (информационной, аналитической и т.д.) с учетом внутренних процедур технологий АМ этапов системного анализа. Роль лица принимающего решение заключается в выполнении процедур пошаговой проверки уровня соответствия разрабатываемого прототипа неформализованного участка технологии АМ предъявленным со стороны заказчика требованиям (рис. 3).

В случае возникновения затруднений с формализацией участка технологии АМ на данном уровне выполнения процедур вследствие наличия сложной степени неопределенности, к исследованию привлекаются внутренние аналитики, роль которых заключается в сборе и обработке дополнительной информации и формировании на их основе требований и критериев (одноконтурная система принятия решений) [3].

Недостатком одноконтурной системы является то, что, как правило, внутренние аналитики не вполне обладают глубокими (экспертными) знаниями по различным аспектам решаемой проблемы. Для устранения указанного недостатка в число аналитиков включаются внешние эксперты, специализирующиеся в требуемых областях знаний.

К первому (внутреннему) контуру подготовки сценариев решения подключается второй (внешний) контур принятия решений, состоящий из внешних экспертов, не входящих в число разработчиков или пользователей СС.

Обобщенный процедурно-ролевой алгоритм реализации участка технологии АМ этапа системного анализа (в рамках методологии ASSA) в работе представлен в виде кроссфункциональной диаграммы (нотация «Процедура»), где графические элементы (события, процессы, решения и потоки предшествования), обозначающие последовательность выполнения процедур, разнесены по вертикальным «дорожкам», отображающим роли исполнителей указанных процедур. Приведенный процедурно-ролевой алгоритм реализации технологии АМ является платформой автоматизации этапов системного анализа на основе методологии ASSA. Результатом реализации исследователем методологии ASSA с учетом внутренних процедур технологий АМ этапов системного анализа является модель (информационная, аналитическая и т.д.) системы-оригинала (прямая задача). Роль лица принимающего решение заключается в использовании методологии ASSA для построения сценариев развития ситуаций на основе разработанной исследователем модели системы-оригинала, поиска вариантов и выбора определенной альтернативы в качестве окончательного решения (обратная задача).

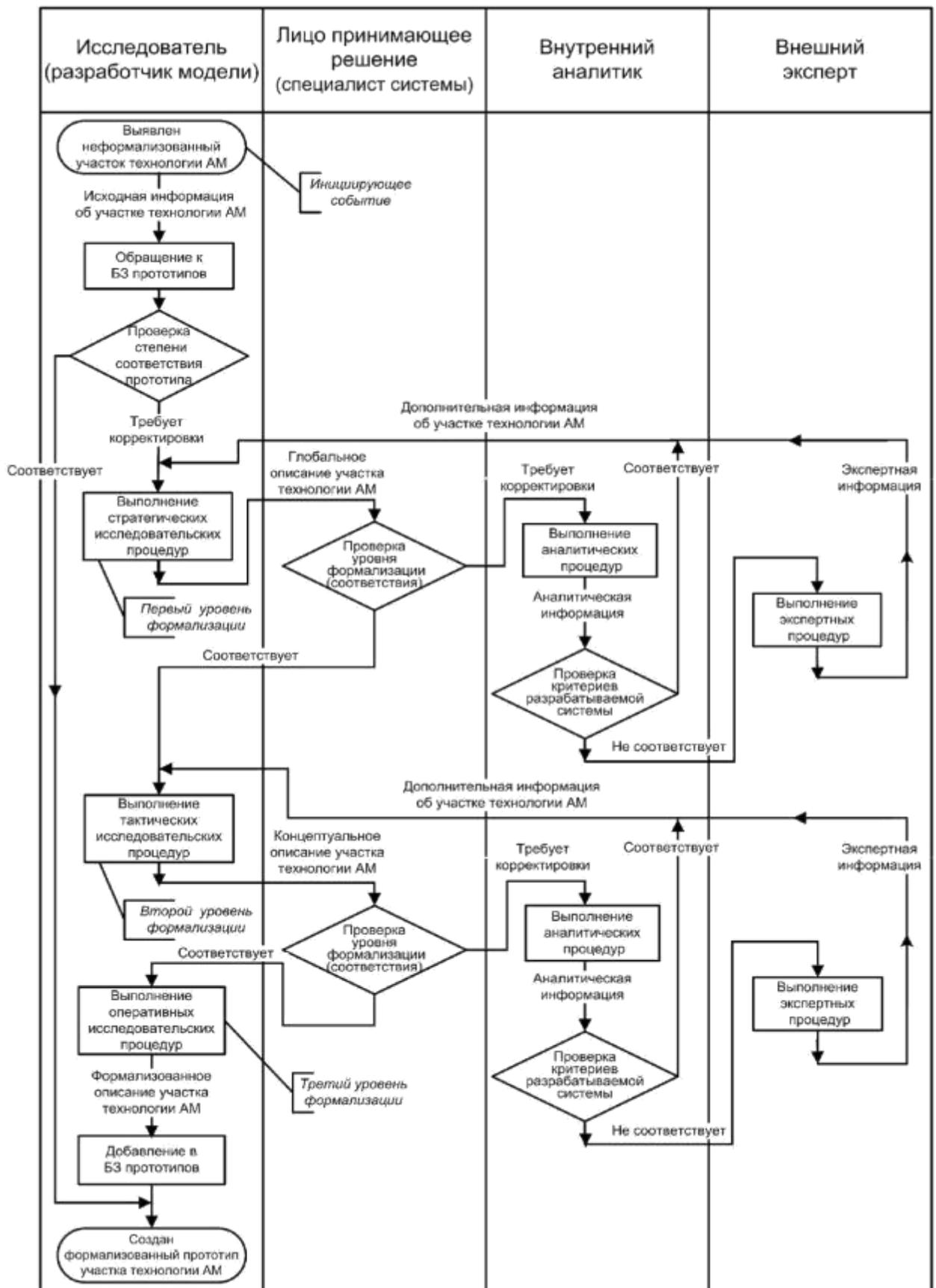


Рис. 3. Кросс-функциональная диаграмма реализации технологии АМ.

## Заключение

Предложенная в работе методология автоматизации этапов системного анализа (методология ASSA) представляет собой универсальный подход для частичной формализации неформализованных участков этапов системного анализа в ходе исследования сложных систем, которая позволяет выявлять, формулировать и реализовывать неформализованные процедуры на основе методов и алгоритмов современных неклассических информационных технологий, организовывать базы знаний для накопления результатов решенных задач, что упрощает задачу автоматизации этапов системного анализа и приводит к повышению эффективности и скорости процесса исследования сложных систем.

Методология ASSA реализована в виде ПО собственной разработки по визуализации (первичная разведка) и классификации многомерных данных, а также в виде фрагментарной реализации платформы сопряжения с известными пакетами Matlab и Statistica с удобным интерфейсом и может использоваться для исследования СС различных предметных областей.

## Литература

1. *Симанков В.С.* Автоматизация системных исследований: Монография (научное издание). КубГТУ. – Краснодар, 2002.
2. *Симанков В.С., Шпехт И.А.* Автоматизация этапов системного анализа и процедур принятия решений в трудноформализуемых экономических информационных процессах на основе неформальных процессов // Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности: Материалы VIII междунар. науч.-практ. конф. – СПб, 2009. – С. 86-88.
3. *Шпехт И.А.* Разработка интеллектуальной системы поддержки принятия решений в трудноформализуемых экономических информационных процессах // Системы управления и информационные технологии. – 2009. – №4.1. – С.151-154.

## СТАТЬЯ 2

# **МОНИТОРИНГ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ НАУКОЕМКОЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ КАК ОСНОВА ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ (НА ПРИМЕРЕ ООО «ПО «ЮРМАШ»)**

К.т.н. Тащиян Григорий Олегович  
Томск 2004

Ссылка на источник:

[http://ucm4.main.tpu.ru/idc/groups/public/documents/document/file\\_004269.pdf](http://ucm4.main.tpu.ru/idc/groups/public/documents/document/file_004269.pdf)

Цель работы. Целью диссертационной работы является создание научно-методических основ разработки и эксплуатации системы автоматизированного мониторинга конкурентоспособности наукоемкой машиностроительной продукции как основы оценки конкурентоспособности предприятия. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

- выполнить системный анализ проблемы конкурентоспособности и раз-работать понятийный (терминологический) аппарат для описания проблемы конкурентоспособности НП и предприятия в целом;
- сформировать образ наукоемкой продукции на основе мониторинга показателей конкурентоспособности;
- в дополнение к существующему комплексу программ разработать программы для определения превосходства среди аналогов продукции, принятия решения о производстве и потреблении наиболее конкурентоспособной наукоемкой машиностроительной продукции.

Методы исследования. Реализация сформулированных цели и задач исследования осуществлялась с использованием методов системного анализа, методов многокритериальной оценки альтернатив, методов технологического прогнозирования (экспертных оценок), CALS-средств разработки программного и информационного обеспечения информационных систем.

## Содержание работы

Во введении обоснована актуальность работы, определена цель и задачи исследования, научная новизна и практическая ценность диссертации.

В первой главе проведен системный анализ проблемы мониторинга конкурентоспособности предприятия и наукоемкой продукции (НП) и жизненный цикл НП, проведен анализ методов определения конкурентоспособности НП, методов принятия решений на их основе и процесса принятия решений о конкурентоспособности НП.

В диссертации предложена система показателей для мониторинга экономического состояния предприятия (рис.1).

Мониторинг конкурентоспособности предприятия определяется как совокупность мониторинговых мероприятий по показателям уровня маркетинговой работы предприятия и его финансового положения. В качестве показателей уровня маркетинговой работы предприятия предлагается использовать мониторинговые мероприятия по определению имиджа организации и конкурентоспособности наукоемкой продукции.

Для определения имиджа организации предлагается проведение анкетирования. Список вопросов (критериев) составляет специалист соответствующего подразделения – маркетолог. Оценки выбираются из 10-бальной шкалы. Вопросы и данные, полученные по итогам анкетирования, представляются в виде табл.1.

Мониторинг конкурентоспособности наукоемкой продукции (МК НП) определяется как система организации сбора, хранения, обработки и распространения информации о наукоемкой продукции предприятия, обеспечивающая непрерывное слежение за ее состоянием и прогнозированием ее развития. МК НП включает в себя весь комплекс процедур, позволяющий выявить динамику этой системы в исторически определенный временной период. В данном отношении мониторинг хорошо вписывается в алгоритм маркетинговых услуг, является его необходимым условием и его неотъемлемым компонентом. Здесь мониторинг, наряду с прогнозом, служит обеспечению информационной стабильности, предотвращения дефицита информации при выработке рекомендаций и принятия управленческих решений, повышению степени их обоснованности.

Объектом мониторинга выступает система показателей конкурентоспособности НП. К настоящему времени разработаны следующие показатели: – «значимость технического решения» (Зтр);

– «значимость экономического события» (Зэс);

– «значимость экологического решения» (Зэр).

Автор диссертации предлагает дополнить эту систему показателей конкурентоспособности НП показателем «значимость социального эффекта» (Зсэ).

Система показателей Зтр, Зэс, Зэр, Зсэ названы критериями первого уровня.

Каждый из них является функцией критериев второго уровня.

Однако для того чтобы определиться с запуском изделия в производство перечисленных показателей конкурентоспособности НП недостаточно. Предприятие должно учитывать свое финансовое состояние, характеризующиеся следующими финансовыми показателями: показатели коммерческой деятельности; чувствительность финансовых результатов коммерческой деятельности к изменениям цены и структуры затрат; рентабельность коммерческой деятельности; предельная прибыль.

В диссертации проведен анализ методов многокритериальной оценки альтернатив и возможности их использования для решения задачи оценки конкурентоспособности наукоемкой продукции. Результаты анализа позволяют выделить пять групп методов: аксиоматические, прямые, компенсации, порогов несравнимости и человеко-машинные (рис.2).

Исходя из специфики критериев оценки наукоемкой продукции, для использования в АМК НП из всех рассмотренных групп методов предпочтение отдано прямым методам оценки в сочетании с некоторыми принципами методов порогов несравнимости.

## **СТАТЬЯ 3**

### **СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ДЕЛОВЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОБЛЕМ. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ: ЭТАП РАЗВИТИЯ МЕТОДОЛОГИИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ В США. ВСТУПИТЕЛЬНАЯ СТАТЬЯ С. П. НИКАНОРОВА**

**Стэнфорд Оптнер**

Ссылка на источник: <http://gtmarket.ru/laboratory/basis/5775/5776>

Проблемы выбора вооружения для армии, авиации и флота США; «вечные» проблемы капиталистических корпораций — выбор наиболее выгодной продукции, выбор направлений развития и другие; проблемы развития городов, в том числе проблемы городского транспорта определение национальной политики в области ресурсов, в частности водных ресурсов, — эти и подобные проблемы США в 1940–1950-х годах начали приобретать существенно новый характер. Масштаб проблем возрос, некоторые проблемы, например связь с помощью спутников, стали проблемами глобального масштаба. Резко возросли комплексность и сложность проблем. Усилилась зависимость между отдельными вопросами, которые раньше казались несвязанными. Актуальность решения проблем значительно возросла. Затраты на реализацию того или иного решения могли достигать многих десятков, сотен миллионов или даже миллиардов долларов, а риск неудачи становился все ощутимее. Требовался учет все большего числа взаимосвязанных обстоятельств, а времени на решение становилось все меньше.

Причины, вызвавшие эти изменения в характере проблем США, многочисленны и разнообразны. Их анализ — предмет специальных исследований. Можно только отметить, что среди них находятся такие, как осложнение внутренних и внешних задач, возникших перед США и американскими корпорациями в социально-политических условиях послевоенного мира, агрессивные и экспансионистские цели США — с одной стороны, бурное развитие науки и техники, предоставившее новые огромные возможности, — с другой стороны.

Основным вопросом при решении любых проблем — независимо от их области, содержания и характера — был вопрос выбора наиболее подходящей альтернативы решения. В свою очередь выбор альтернативы зависел от способности оценить эффективность каждой альтернативы и необходимые для ее реализации затраты. Подобные операции были освоены в области инвестирования капитала и развития промышленности еще до Второй мировой войны. Для их выполнения был предложен ряд методов, которые, однако, почти не использовались для решения вопросов вооружения. Работы по созданию системы оружия начинались без рассмотрения того, как она будет использоваться, сколько будет стоить и оправдывает ли ее вклад в оборону затраты на ее создание<sup>1</sup>. Причина

подобного положения заключалась в том, что в то время относительные затраты на вооружение были невелики, возможностей для выбора было мало, поэтому фактически использовался принцип «ничего, кроме самого лучшего». Во время Второй мировой войны и, особенно, с началом «атомного века» расходы на создание оружия возросли во много раз и этот подход стал неприемлемым. Его постепенно заменял другой: «только то, что необходимо и за минимальную стоимость». Однако для реализации нового принципа нужно было уметь находить, оценивать и сравнивать альтернативы оружия.

Методы, использовавшиеся в промышленности и коммерции, а также разработанные к этому времени модели исследования операций не могли быть использованы из-за свойственных им ограничений. Требовались методы, которые позволили бы анализировать сложные проблемы как целое, обеспечивали рассмотрение многих альтернатив, каждая из которых описывалась большим числом переменных, обеспечивали полноту каждой альтернативы, помогали вносить измеримость, давали возможность отражать неопределенности. Получившаяся в результате развития и обобщения широкая и универсальная методология решения проблем была названа ее авторами «*системный анализ*». Новая методология, созданная для решения военных проблем, и была прежде всего использована в этой области. Однако очень скоро выяснилось, что проблемы гражданские, проблемы компаний, финансовые и многие другие проблемы не только допускают, но и требуют применения этой методологии.

Широкое применение системного анализа способствовало его совершенствованию, а характерное для США стремление придавать всему «товарную» форму помогло его конституированию. Системный анализ быстро впитал в себя достижения многих родственных и смежных областей и различных подходов и превратился в самостоятельную, богатую формами и областями приложений, уникальную по своему назначению и характеру научную и прикладную дисциплину и область профессиональной деятельности.

Поскольку практически действующая методология есть не что иное, как основанная на этой методологии деятельность различных организаций по решению проблемы, системный анализ начал оказывать глубокое влияние на понимание и практику руководства решением проблем и вообще на организацию и руководство.

Советский читатель еще мало знаком с историей и содержанием системного анализа. Между тем знакомство с системным анализом, его приложениями и результатами представляет большой интерес. Изучение объективной основы системного анализа, его общего подхода и его частных методов может быть весьма полезным при разработке вопросов методологии перспективного планирования отраслей народного хозяйства и экономических районов, при выборе направлений развития техники, при решении вопросов совершенствования организации и управления народным хозяйством, в частности, при создании машинных систем управления, при

решении вопросов организации научно-исследовательских работ и разработок новой техники и многих других.

В то же время изучение системного анализа требует от советского читателя определенного внимания для выделения объективных элементов методологии из той социально-обусловленной формы, в которой она заключена в американской литературе и практике. Решение проблем осуществляется при любом типе социально-экономической организации общества. Однако конкретные формы проявления проблем и их содержание, причины их возникновения, формы организации решения проблем и содержание решений всецело зависят от типа общественно-экономической формации. Проблемы «делового мира и промышленности» в конечном счете есть проблемы развитой капиталистической страны. Формы решения проблем определяются организацией руководства государственными учреждениями, например Министерством обороны, и частными предприятиями.

Изучение системного анализа и истории его развития может представить определенный интерес для понимания некоторых сторон научного и общественного развития в США. Чтобы помочь читателю ориентироваться в кругу вопросов, касающихся системного анализа, в статье помимо характеристики книги Оптнера кратко рассматриваются: основные понятия и идеи системного анализа, вклад системного анализа в методологию решения проблем и совершенствование организации, история развития приложений системного анализа в США, литература по системному анализу, границы системного анализа и возможные тенденции его развития.

Проще всего составить представление о системном анализе, перечислив его самые основные понятия и утверждения.

Системный анализ — это методология решения крупных проблем, основанная на концепции систем. Системный анализ может также рассматриваться как методология построения организаций, поскольку организаций могут рассматриваться как то, что реализует методологию решения проблем. Оба эти определения неразрывно связаны, однако мы вначале рассмотрим методологию решения проблем как таковую, а затем ее влияние на организацию. При этом мы будем в основном следовать С. Л. Оптнеру и С. Янгу.

Как уже говорилось, в центре методологии системного анализа находится операция количественного сравнения альтернатив, которая выполняется с целью выбора альтернативы, подлежащей реализации. Если требование равнокачественности альтернатив выполнено, могут быть получены количественные оценки. Но для того, чтобы количественные оценки позволяли вести сравнение альтернатив, они должны отражать участвующие в сравнении свойства альтернатив (выходной результат, эффективность, стоимость и другие). Достичь этого можно, если учтены все элементы альтернативы и даны правильные оценки каждому элементу. Так возникает идея выделения «всех элементов, связанных с данной альтернативой», то есть идея, которая на обыденном языке выражается

как «всесторонний учет всех обстоятельств». Выделяемая этим определением целостность и называется в системном анализе *полной системой* или просто *системой*. Система, таким образом, есть то, что решает проблему.

Но как выделить эту целостность, «систему», как установить, входит данный элемент в данную альтернативу или нет? Единственным критерием может быть участие данного элемента в процессе, приводящем к появлению выходного результата данной альтернативы. Коль скоро это так, понятие *процесса* оказывается центральным понятием системного анализа. Таким образом, то, что прежде всего должно быть выделено, если мы хотим думать и действовать «системно», есть процесс. Не может быть системного мышления без ясного понимания процесса.

Система определяется заданием системных объектов, свойств и связей. Системные объекты — это *вход, процесс, выход, обратная связь и ограничение*.

Входом называется то, что изменяется при протекании данного процесса. Во многих случаях компонентами входа являются «рабочий вход» (то, что «обрабатывается») и процессор (то, что «обрабатывает»). Выходом называется результат или конечное состояние процесса. Процесс переводит вход в выход. Способность переводить данный вход в данный выход называется свойством данного процесса. Связь определяет следование процессов, то есть что выход некоторого процесса является входом определенного процесса. Всякий вход системы, является выходом этой или другой системы, а всякий выход — входом. Выделить систему в реальном мире значит указать все процессы, дающие данный выход. Искусственные системы это такие, элементы которых сделаны людьми то есть являются выходом сознательно выполняемых процессов человека.

Во всякой искусственной системе существуют три различных по своей роли подпроцесса: основной процесс, обратная связь и ограничение. Основной процесс преобразует вход в выход. Обратная связь выполняет ряд операций: сравнивает выборку выхода с моделью выхода и выделяет различие, оценивает содержание и смысл различия, вырабатывает решение, сочлененное с различием, формирует процесс ввода решения (вмешательства в процесс системы) и воздействует на процесс с целью сближения выхода и модели выхода. Процесс ограничения возбуждается потребителем (покупателем) выхода системы, анализирующим ее выход. Этот процесс воздействует на выход и управление системы, обеспечивая соответствие выхода системы целям потребителя. Ограничение системы, принимаемое в результате процесса ограничения, отражается моделью выхода. Ограничение системы состоит из цели (функции) системы и принуждающих связей (качеств функции). Принуждающие связи должны быть совместимы с целью.

Всякая система состоит из подсистем. Всякая система является подсистемой некоторой системы. Постулируется, что любая система может быть описана в терминах системных объектов, свойств и связей. Граница системы определяется совокупностью входов от окружающей среды.

Окружающая среда — это совокупность естественных и искусственных систем, для которых данная система не является функциональной подсистемой.

Проблемой называется ситуация, характеризующаяся различием между необходимым (желаемым) выходом и существующим выходом. Выход является необходимым, если его отсутствие создает угрозу существованию или развитию системы. Существующий выход обеспечивается существующей системой. Желаемый выход обеспечивается желаемой системой. Проблема есть разница между существующей и желаемой системой. Проблема может заключаться в предотвращении уменьшения выхода или же в увеличении выхода. Условие проблемы представляет существующую систему («известное»). Требование представляет желаемую систему. Решение проблемы есть — то, что заполняет промежуток между существующей и желаемой системами. Система, заполняющая промежуток, является объектом конструирования и называется решением проблемы.

Проблемы могут проявляться в симптомах. Систематически проявляющиеся симптомы образуют тенденцию. Обнаружение проблемы есть результат процесса идентификаций симптомов. Идентификация возможна при условии знания нормы или желательного поведения системы. За обнаружением проблемы следует прогнозирование ее развития и оценка актуальности ее решения, то есть состояния системы при нерешенной проблеме. Оценка актуальности решения проблемы позволяет определить необходимость ее решения.

Процесс нахождения решения концентрируется вокруг итеративно выполняемых операций идентификации условия, цели и возможностей для решения проблемы. Результатом идентификации является описание условия, цели и возможностей в терминах системных объектов (входа, процесса, выхода, обратной связи и ограничения), свойств и связей, то есть в терминах структур и входящих в них элементов. Если структуры и элементы условия, цели и возможностей данной проблемы известны, идентификация имеет характер определения количественных отношений, а проблема называется количественной. Если структура и элементы условия, цели и возможностей известны частично, идентификация имеет качественный характер, а проблема называется качественной или слабоструктуризованной.

Как методология решения проблем системный анализ указывает принципиально необходимую последовательность взаимосвязанных операций, которая (в самых общих чертах) состоит из выявления проблемы, конструирования решения проблемы и реализации этого решения. Процесс решения представляет собой конструирование, оценку и отбор альтернатив систем по критериям стоимости, времени, эффективности и риска с учетом отношений между предельными значениями приращений этих величин (маргинальных отношений). Выбор границ этого процесса определяется условием, целью и возможностями его реализации. Наиболее адекватное построение этого процесса предполагает всестороннее использование

эвристических заключений в рамках постулированной структуры системной методологии.

Редуцирование числа переменных производится на основе анализа чувствительности проблемы к изменению отдельных переменных или групп переменных, агрегирования переменных в сводные факторы, выбором подходящей формы критериев, а также применением там, где это возможно, математических способов сокращения перебора (методов математического программирования и так далее). Логическая целостность процесса обеспечивается явными или скрытыми предположениями, каждое из которых может являться источником риска. Постулируется, что структура функций системы и решения проблемы является стандартной для любых систем и любых проблем. Меняться могут только методы выполнения функций. Совершенствование методов при данном состоянии научных знаний имеет предел, определяемый как потенциально достижимый уровень. В результате решения проблемы устанавливаются новые связи и отношения, часть которых обуславливает желаемый выход, а другая часть определяет непредвиденные возможности и ограничения, которые могут стать источником будущих проблем.

Таковы в общих чертах основные представления системного анализа как методологии решения проблем.

Применение системного анализа на практике может происходить в двух ситуациях: когда исходным пунктом является появление новой проблемы и когда исходным пунктом является новая возможность, найденная вне непосредственной связи с данным кругом проблем. Решение проблемы в ситуации новой проблемы проводится по следующим основным этапам: обнаружение проблемы, оценка ее актуальности, определение цели и принуждающих связей, определение критериев, вскрытие структуры существующей системы, определение дефектных элементов существующей системы, ограничивающих получение заданного выхода, оценка веса их влияния на определяемые критериями выходы системы, определение структуры для построения набора альтернатив, построение набора альтернатив, оценка альтернатив, выбор альтернатив для реализации, определение процесса реализации, согласование найденного решения, реализация решения, оценка результатов реализации решения.

Реализация новой возможности проходит другим путем. Использование данной возможности в данной области зависит от наличия в ней или в смежных областях актуальной проблемы, нуждающейся для своего разрешения в такой возможности. Использование возможностей в отсутствие проблем может таить в себе, как минимум, бесполезную растрату ресурсов. Использование возможностей при наличии проблем, но игнорирующее проблемы, превращающееся в самоцель, может способствовать углублению и обострению проблемы. Развитие науки и техники приводит к тому, что возникновение ситуации новой возможности становится заурядным явлением. Это требует серьезного анализа ситуации при появлении новой возможности. Возможность утилизируется, если

лучшая альтернатива включает в себя эту возможность. В противоположном случае возможность может остаться неиспользованной. Внедрение новой техники на основе одного только критерия срока самокупаемости может быть примером подхода, когда утилизация новой технической возможности осуществляется вне анализа проблем.

Большой процент неудач при внедрении машинных систем управления в США на первом этапе их создания является в значительной мере следствием отсутствия в этот период проблемно-ориентированного подхода.

Рассмотрим теперь, каким образом системный анализ представляет организацию. Несвоевременное, расточительное решение или же обострение проблемы и возникающие, как следствие, потери свидетельствуют о том, что механизм контроля состояния системы, в которой возникла проблема, выработки и реализации необходимых решений работает неудовлетворительно. Например, это могло быть при определении перспективной для данного рынка продукции или при принятии на вооружение данной технической системы. Но неудовлетворительная работа этого механизма означает неудовлетворительную работу организации, реализующей этот механизм. Улучшение его работы может быть достигнуто улучшением выполнения функций решения проблем, предусматриваемых системным анализом. Для этого необходимо рассматривать организацию не как структуру подчинения с установленными или сложившимися отношениями, а как процесс решения проблемы. Такой подход позволяет рассматривать организацию как систему, а для ее описания, изучения и улучшения использовать концептуальный аппарат системного анализа.

Для улучшения выполнения функций решения проблем, реализуемых организацией, могут быть использованы разнообразные методы: от рационализации форм документов до применения математических моделей и вычислительных машин. Методы могут, следовательно, иметь альтернативы, их отбор может производиться в соответствии с принципами системного анализа. «Мощность» всех функциональных подсистем от обнаружения (идентификации) проблем до реализации решения должна быть примерно одинаковой. Бессмысленно иметь мощные методы выработки решения, если функция идентификации состояния выполняется неудовлетворительно. Решение о совершенствовании организации должно вырастать из ее проблем и соответствовать им по масштабу и сложности. Таким образом, отдельные методы совершенствования функций могут найти свое место только при конструировании организации как целостной системы. В прошлом роль научных методов выполнения отдельных функций была существенно ограниченной из-за слабости или отсутствия методов. Поэтому вопрос о рассмотрении организации как системы не мог возникнуть.

Сейчас для реализации многих функций решения проблем созданы весьма совершенные методы; их разработка интенсивно и целенаправленно продолжается. Однако применение отдельных методов в рамках существующей организации затруднительно и малоэффективно. Причина

заключается в том, что применение метода требует вычленения функции как целостного процесса из последовательности операций, в которой она традиционно выполняется, что без изменения способа работы существующих организаций невозможно. В существующих организациях, которые складывались, реализуя наличные, по существу эвристические методы, а не конструировались сознательно и в которых вследствие этого исторический элемент преобладает над логическим, функции почти никогда не бывают вычленены так, как это нужно для применения мощных методов. Другая причина может заключаться в бюрократическом характере существующих организаций. Картина существенно усложняется, если имеется в виду не один метод, а целый набор, и не одна частная функция, а целый комплекс связанных между собой функций. Существующая организация может доступными ей средствами решать проблемы, но она не может эффективно использовать для их решения современный научный инструмент.

Когда был изобретен бензиновый двигатель, он был поставлен на деревянную коляску. По мере введения других усовершенствований коляска изменялась, превращаясь в современный автомобиль. Но современный двигатель мощностью в триста сил нельзя поставить на легкую деревянную коляску. Подобным образом обстоит дело и при применении мощных современных методов (правил решения), таких, например, как транспортные модели, модели очереди, сетевые модели в рамках сложившихся организаций.

Организации, следовательно, должны строиться вокруг методов выполнения функций. Операционный смысл любой модели, используемой в организации, тот же, что и обычного совещания, на котором те, кто формулирует правила решения или сами решения, проводят всестороннее обсуждение предполагаемых решений или правил их построения.

Для оценки альтернатив конструкций организационных систем используются критерии измеримости, эффективности, надежности, оптимальности и стабильности. Измеримость — способность системы измерить свои характеристики. Эффективность — возможность решить проблему с помощью данной системы. Если система не имеет измеримости, то нельзя определить, дает ли она улучшение или ухудшение. Эффективность предполагает баланс между частями системы. Недостаточная эффективность будет заставлять руководителя возвращаться к самой примитивной части всей системы, так как в несбалансированной системе она представляет основное ограничение. Иметь решение, которое оптимально, но не измеримо и не эффективно — бессмысленно. Решение должно быть измеримым, эффективным и надежным прежде, чем можно будет рассматривать его оптимальность.

Задача высшего руководства организации — не выработка решений, а конструирование процесса выработки решения и наблюдение за его действием. Способность руководителя среднего звена предлагать хорошие решения не является основанием для выдвижения его в состав

высшего руководства. Это было бы подобно тому, чтобы поручать проектирование грузоподъемной машины штангисту, на основании того, что он хорошо поднимает тяжести. Руководство, занятое решением отдельной проблемы, то есть созданием системы, решающей проблему, называется системным руководством. Комплекс работ по решению отдельной проблемы называется программой. Поэтому системное руководство называется иногда программным руководством.

Сводя решение проблемы к конструированию системы, системный анализ, по существу, перенес в область организации методы, хорошо известные в практике инженерной разработки технических систем, придал решению организационных проблем характер исследовательской и инженерно-конструкторской деятельности. Некоторые ученые считают, что перестройка организаций в соответствии с требованиями системного анализа приведет к «потрясающим переменам в руководстве в ближайшие десять лет». Таковы основные установки системного анализа в области организации.

Как видно, основное содержание системного анализа заключено не в формальном математическом аппарате, описывающем «системы» и «решение проблем» (хотя попытки создания такого аппарата существуют<sup>2)</sup>) и не в специальных математических методах, например, оценки неопределенности (хотя в этом направлении также проделана определенная работа<sup>3)</sup>), а в его концептуальном, то есть понятийном, аппарате, в его идеях, подходе и установках.

Системный анализ — это «нормативная», как принято говорить в США, методология.

В математике и физике широко используются аксиоматические теории, которые иногда называются формальными или дедуктивными. Аксиоматический метод исследования является в настоящее время основным методом теоретического исследования в этих дисциплинах. Этот метод начинает широко использоваться и в других областях знаний. Многие достижения математики, физики и ряда других естественных дисциплин обязаны применению аксиоматического метода. Это становится возможным потому, что он позволяет удерживать как связанное целое и использовать обширные логические структуры. Аксиоматические теории и соответствующие методологии основаны на ряде постулируемых положений — аксиом, являющихся, в конечном счете, отражениями или обобщениями эмпирического опыта.

Нормативная теория аналогична аксиоматической теории. Она не говорит, что будет происходить в данном случае, а говорит, что будет происходить в этом случае, если будут выполнены все условия и предположения теории. Соответственно, нормативная методология не говорит, что следует сделать в таком-то случае, чтобы получить данный результат, а говорит, что надо делать в данном случае для получения данного результата, если все условия и предположения методологии выполнены.

Обычно нормативные теории представляются в строгой математической форме, а нормативные методологии — в форме алгоритмов.

Хотя, как отмечалось, такие формы системному анализу придаются, в большинстве работ прикладного характера дается упрощенная интерпретация строгой нормативной методологии. Однако описательная форма изложения не должна вводить в заблуждение относительно нормативного характера методологии.

Успех в применении нормативной методологии зависит от искусства интерпретации ее требований в практических ситуациях. Чем более «мощной» является нормативная методология, то есть чем более общими являются используемые ей понятия, тем шире круг проблем, для решения которых может быть использована методология. Вместе с тем, выявление границ методологии, устанавливаемых ее нормативным характером, тем труднее, чем больше ее общность, и, следовательно, тем большее искусство требуется при ее практическом применении. Чтобы быть полезной, методология должна строиться на теории, адекватной объекту и задаче. Для сложных объектов и сложных задач должна быть развита методология со сложной структурой. Это обстоятельство также повышает требования к умению использовать нормативную методологию в этих ситуациях.

Применение нормативных теорий к отдельным элементам процесса решения проблемы не является новым. Модели исследования операций, например модели теории игр, суть нормативные теории. Возникновение этих моделей, как известно, обязано переносу аксиоматических методов из математики и физики в область так называемых «операций».

Нормативное определение процесса решения проблемы в целом давалось и раньше, например Д. Пои<sup>4</sup>. Однако широкое практическое применение такого определения, видимо, должно рассматриваться как оригинальное достижение системного анализа. Другим достижением системного анализа, логически связанным с построением методологии, является перенос нормативного подхода в область конструирования организаций.

Применение нормативной методологии такого масштаба и характера, как отмечалось, — дело весьма ответственное. Авторы работ по системному анализу подчеркивают, а не смазывают нормативный характер этой методологии. «Если мы хотим увеличить выход организации, она должна рассматриваться как нормативная полная система. Хотя это требование в общем принимается на веру, тем не менее существуют некоторые эмпирические доказательства (например, в области систем оружия) того, что этот подход позволяет получить лучшие результаты. Мы находимся на первоначальных этапах совершенствования этого подхода, и в настоящее время мы можем только примерно описать основные характеристики полных систем»<sup>5</sup>.

Системный анализ построен на понятиях высокого уровня общности, а отчасти на категориях: связь, свойство, процесс, качество, познание и другие. Логическая структура системного анализа весьма развита: она по необходимости — как и должно быть у методологии решения проблем —

включает и аспекты познания действительности (проблемной ситуации) и аспекты воздействия на нее.

Таким образом, следует ожидать, что применение системного анализа предъявит серьезные требования к руководителям и коллективам, желающим использовать его при решении проблем. Это, по-видимому, так и есть: «Системный анализ может с пользой применяться, вероятно, только там, где существует обстановка зрелого (sophisticated — искусственного) руководства»<sup>6</sup>. Как нормативная методология системный анализ устанавливает базовую номенклатуру функций, которые должны быть выполнены для решения проблемы, то есть постулирует структуру процесса, выполняемого организацией, в отличие от традиционного подхода к организации, который постулирует ее административную структуру.

Постулирование структуры процесса придает системному анализу в высшей степени конструктивный характер.

Вместе с тем, нельзя отделаться от впечатления, что для системного анализа в его нынешнем состоянии, и даже с учетом вполне определенных, проявившихся тенденций, характерна некоторая односторонность: принятие процесса как руководящей идеи оставляет в тени то обстоятельство, что процессы существуют только в относительно обособленных целостностях. Косвенно это признается и учитывается введением понятий границ проблемы и системы, а также понятий открытой и закрытой систем, заимствованных из общей теории систем (General System Theory). Однако это не компенсирует отсутствия нормативно введенного описания относительно обособленной целостности, например, фирмы, хотя, конечно, ограничение методологии делает ее более практичной.

Большое значение имеет характерное изменение стиля мышления лиц, освоивших идеи системного анализа. Идеи системного анализа позволяют отделить форму организации, обязанную своим существованием истории, от содержания, которое остается одним и тем же при любых методах. Владение системной методологией даст также отдельному лицу понимание того, что «должно быть», ясное ощущение необходимости коллективной работы и потребность совершенствования методов работы организации, а также четкое понимание своего места и роли в этой работе. Люди, обладающие «системными» представлениями, получают возможность договориться относительно изменения организации при использовании новых методов.

Дисциплина мышления коллектива людей, диктуемая достаточно мощным и ясным концептуальным аппаратом, возможно, является более важной вещью, чем математический аппарат, позволяющий производить те или иные расчеты, или отдельная модель. В таком интеллектуально дисциплинированном коллективе то, что обычно так или иначе понимается, но не выполняется, становится обязательным требованием, нормой профессионального поведения. Дисциплина поведения лиц и коллективов, устанавливаемая руководством на базе дисциплины мышления, закрепляет в процедурах принципы методологии. Она позволяет весьма эффективно

выявить и устранить предвзятость, некомпетентность, недобросовестность и неаккуратность. Вместе с тем, появляется возможность выяснить причины разногласий, так как все элементы процесса решения, включая принимаемые спорящими сторонами предположения, становятся демонстрируемыми. «Системный анализ: основные правила конструктивных споров» — так назвал свое выступление перед Сенатом США один из ведущих специалистов по системному анализу.

Освоение методологии системного анализа делает практически неизбежным возникновение такой ситуации, когда руководители сознательно требуют разработки усовершенствованных методов для улучшения работы организаций, ученые с пониманием действительного содержания задачи разрабатывают эти методы, руководители и сотрудники всячески способствуют внедрению этих методов и обеспечивают их квалифицированное применение.

На примере системного анализа системная методология впервые продемонстрировала свою практическую силу. Но создание системного анализа имеет также и важное принципиальное значение. Хотя большинство научных и прикладных областей знания призваны помогать в решении проблем, среди них немного таких, которые имели бы предметом само решение проблем. Системный анализ впервые представил обобщенную методологию решения проблем, основанную на концепции систем.

Лидеры системного анализа еще не подвели итогов почти тридцатилетнему развитию своей области (если не считать весьма ограниченного материала лекций Чарлза Хитча). Все же имеющиеся в литературе данные позволяют составить общее представление, возможно, в чем-то спорное, об истории системного анализа. Мы рассмотрим, в основном, развитие приложений и литературу.

Трудно сказать, каково было фактическое начало истории системного анализа. Как сообщают в предисловии к «Системотехнике» ее авторы<sup>7</sup>, «вот уже свыше десяти лет (то есть с середины 1940-х годов) инженеры и руководители предприятий стали свидетелями возникновения все более широкого подхода к проблеме проектирования технологического оборудования. Это явление было плохо понято и описывалось неточно. Его называли системотехникой (system engineering), системным анализом (system analysis) и часто системным подходом (system approach)».

Одна американская газета уточнила, что «командование ВВС США вскоре после начала Второй мировой войны предложило Гарвардским курсам деловой администрации найти способ увеличения в течение года существующего состава военно-воздушных сил с четырех тысяч боевых самолетов и 300 тысяч человек до 80 тысяч самолетов и 2,5 миллионов человек, но так, чтобы это обошлось не дороже 10 миллиардов долларов. Чтобы справиться с этим заданием, при курсах была создана так называемая секция статистического контроля. В ее работе приняли участие Роберт Макнамара и ряд других нынешних руководителей компаний. К концу года проблема, поставленная военно-воздушными

силами, была разрешена и арсенал военного командования обогатился методом «системного анализа».

Считают, что разработка, широкое применение и популяризация системного анализа — заслуга знаменитой РЭНД. Действительно, теоретики и специалисты этой корпорации выполнили ряд основополагающих работ по системному анализу, а также выдвинули из своей среды многих из тех лиц, которым пришлось практически применять эту методологию в Министерстве обороны и других ведомствах и компаниях США. Некоторые считают, что «наибольшее значение среди всех исследований, которые когда-либо осуществляла корпорация, имеют ее работы в области анализа систем».

РЭНД была создана в 1947 году. В 1948 году в составе Министерства ВВС США (через год после создания Объединенного комитета начальников штабов) была организована группа оценки систем оружия (WSEG), которая сыграла важную роль в развитии и применении системного анализа. В 1950 году в составе РЭНД был создан Отдел анализа стоимости оружия, который вел разработки и широко применял стоимостные варианты системного анализа. В начале 1950-х годов понятие «системы оружия» и практика «системного руководства» становятся общеупотребительными. Начавшаяся в 1952 году разработка сверхзвукового бомбардировщика в 1958 году была первой разработкой, которая была поставлена как «система». Большое влияние на формирование идей системного анализа в 1950-х годах оказала разработка стратегических ракетных систем и систем противовоздушной обороны.

По мере того как отдельные специалисты и исследовательские организации выполняли все больше и больше исследований с применением методологии системного анализа, становилось ясно, что эффективное использование этой методологии может быть осуществлено только в рамках официально определенной организационной структуры, узаконивающей ее применение. Сама методология была уже детально разработана и изложена в вышедшей в 1960 году книге группы специалистов РЭНД «Военная экономика в ядерный век»<sup>8</sup>. Вместе с тем, стало ясно, что централизация руководства Министерства обороны, начавшаяся в 1947 году созданием Объединенного комитета начальников штабов, и организация его по военным задачам, а не по родам сил, достигнут своей цели, если будут применены как регулярный инструмент программное руководство и мощные методы анализа и решения проблем вооружения.

Однако реализация этих идей требовала проведения дальнейших серьезных изменений в Министерстве обороны, в особенности, таких сложных, как изменение массовых организационных процедур, а также переподготовки его персонала. Приход в 1961 году к власти президента Кеннеди, расстановка на некоторые важные посты профессоров Гарварда, а также назначение Роберта Макнамары министром обороны создали благоприятные условия для выполнения этой работы.

В 1961 году и отчасти в последующие годы «в острой борьбе», как говорит Ч. Хитч<sup>9</sup>, необходимая реорганизация была проведена. В результате была создана регулярно действующая система планирования и финансирования вооружения (PPBS)<sup>10</sup> и уже военный бюджет 1963 года был подготовлен на основе широкого применения методологии системного анализа.

В 1964 году процедуры, реализующие требования системного анализа в Министерстве обороны, были настолько отработаны, что по многим из них были выпущены руководства и инструкции. Такая же регламентация была проведена в управлениях НАСА. Многие инструкции распространялись на процедуры фирм — подрядчиков<sup>11</sup>. Все эти мероприятия оказали большое влияние на планы вооружений и распределение средств.

В августе 1965 года президент Джонсон своим приказом распространил принципы программного руководства и системного анализа на большинство федеральных ведомств, в том числе, и на государственный департамент.

Освоение системы PPBS проходило не без трудностей: реорганизация Министерства обороны на функциональной основе не удалась, и пришлось распределить новые организационные функции по старым организационным подразделениям. Внедрение новых методов столкнулось с серьезной оппозицией, которая отчасти сохранялась и в период действия системы. В 1968 году дело дошло до расследования Сенатом США обвинений против системы PPBS и, особенно, против системного анализа с его требованием количественного сравнения альтернатив<sup>12</sup>. Причины, по всей видимости, состояли в том, что задевались интересы могущественных военно-промышленных корпораций США; задевались интересы высшего и среднего военного руководства; сказались трудности освоения методологии, которые были подчеркнуты весьма быстрыми темпами внедрения; были и другие причины, однако, несомненно, что трудности, возникающие из нормативного характера методологии, также сыграли свою роль.

С некоторым отставанием от военной области системный анализ применялся и в американской промышленности, и в других областях жизни общества. Хотя Ч. Хитч считал<sup>13</sup>, что применение системного анализа более необходимо в военной области, где в отличие от рынка он является единственным средством поддержания объективности, на самом деле широта и разнообразие приложений системного анализа в гражданской области были вполне сравнимы с размахом приложений в военной области.

Начало применения идей системного анализа для решения проблем в гражданской области может быть отнесено к середине 1950-х годов. Одной из первых была работа Р. Маккина по выработке политики правительства в области водных ресурсов<sup>14</sup>.

В 1959 году были выполнены работы по анализу применения электронной обработки данных в городском планировании. Начиная с 1960 года ведутся исследования сверхзвуковой транспортной авиации как полной системы<sup>15</sup>.

Многочисленные работы с использованием методологии системного анализа выполнила группа ТЕМПО из компании «Дженерал электрик»<sup>16</sup>. Она применила системный анализ для разработки стратегии фирмы на длительный период. При этом проводился анализ будущего рынка, снабжения и эффективности затрат. Позже группа провела исследования развития атомного торгового флота до 1985 года, причем было рассмотрено пять альтернатив с учетом политической и социальной обстановки. ТЕМПО провела также оценку коммерческих систем связи на искусственных спутниках, исследовала потребность Северной Америки, в водных ресурсах и энергии, развитие золотодобывающей промышленности США, исследовала проблемы развития городов. Сотрудник «Дженерал электрик» Зебровский провел в 1966 году анализ стратегии строительства атомных электростанций на плутониевых реакторах в Европе.

РЭНД применяла системный анализ для исследования наземного транспорта. «Систем дивелопмент корпорейшн» исследовала проблемы совершенствования планирования образования. Стэнфордский исследовательский институт приложил системный анализ к проблемам взаимодействия между наукой, техникой и обществом. В 1967 году Мигель выполнил основанное на детальном системном анализе исследование обеспечения человечества пищей. Системный анализ предполагается применить для анализа индустриализации развивающихся стран, а также для получения предостережений развивающимся странам, когда их интересы затрагиваются развитием технологии. Перестройка организации в соответствии с требованиями системного анализа была произведена в большой больнице, отделе сбыта компании, отделе электроники, конструкторском отделе, в химико-фармацевтической компании, на сборочном заводе<sup>17</sup>.

Вслед за США и отчасти под влиянием работ, выполненных в США, но с отставанием на несколько лет, системный анализ начинают использовать в различных, прежде всего в военных, областях государственные учреждения и частные компании Англии, Франции, ФРГ, Японии и других стран. Отмечается, что в Англии применяется менее «жесткая» форма методологии, чем в США. Считают, что Европа еще не выработала позицию по отношению к системному анализу, что ударение, которое там делается на оптимизацию частных проблем, — типичный подход исследования операций — имеет тенденцию затемнять понятие полной системы<sup>18</sup>.

Чтение курса системного анализа становится правилом во многих учебных заведениях США и других стран. Примечательно, что курс анализа систем входит в программу подготовки студентов и руководителей, проводимую Хартумским университетом<sup>19</sup>.

Системный анализ может прилагаться также к области социологии, политики и идеологии, в которых могут существовать свои специфические проблемы. Не вызывает сомнения, что методология системного анализа в надлежащих формах фактически применяется в этих областях. Совершенствование техники политических переворотов и техники контроля

над населением, в частности, с помощью средств массовой информации может быть следствием применения методологии системного анализа.

Представляет большой интерес вопрос о связи развития системного анализа с развитием машинных систем управления. Создание и использование машинных систем управления в США — весьма значительное явление. В весьма ограниченный 6–8-летний период было создано так много разнообразных машинных систем, что, кажется, правильнее говорить о «взрыве» в этой области. Список 1964 года содержит перечисление 133 систем в 98 авиакосмических компаниях. Список 1965 года содержит 65 систем по одному только министерству военно-морских сил<sup>20</sup>. В литературе описаны сотни систем во всех областях жизни общества; многие из этих систем имеют национальный, международный или глобальный характер.

Вопрос о связи развития системного анализа с созданием машинных систем управления довольно сложен. Вряд ли будет справедливо утверждение, что развитие системного анализа обусловило создание машинных систем управления. Отчасти действовали тенденции «рационализации» и «механизации» конторской, учетной и расчетной работы, а также традиции совершенствования «организационных систем и процедур». Отчасти их создание группировалось вокруг применения моделей исследования операций или эконометрических моделей. Лишь на более поздних стадиях, в период господства ЭВМ второго поколения (таких, как IBM 1410, IBM 1440, IBM 7090), стало выясняться, что машинные системы эффективны в том случае, если они решают актуальные проблемы. Это, в свою очередь, оказалось возможным реализовать, если выполнялся системный анализ проблем и если надлежащим образом изменялась организация. В настоящее время место машинных систем или, точнее, машинных элементов систем достаточно определилось. Новейшие системы представляют собой человеко-машинные интегрированные системы, имеющие синергический характер и строго ориентированные на решаемые проблемы.

Следует отметить, что способы изложения и применения системного анализа еще далеко не установились. Некоторые расхождения существуют даже по такому центральному вопросу, как структура решения проблемы. Однако общее направление и тенденции развития системного анализа вполне установились, что и служит основой литературы и преподавания.

Хотя журнальная литература освещала развитие системного анализа почти с момента его возникновения, монографическая или учебная литература начала выходить через 15–20 лет (секретные или внутренние изложения выпускались раньше). Таким образом, литература по системному анализу основывалась на определенном практическом опыте его применения.

Первые публикации работ прикладного и методологического характера относятся к началу 1950-х годов. В 1952 году сотрудник Лаборатории исследования систем РЭНД в издании университета Питтсбурга опубликовал статью «Об использовании и границах математических

моделей, теории игр и системного анализа». Эта лаборатория стремилась применить системную методологию к проблемам организации<sup>21</sup>. В состав лаборатории входили Чепмен, Ньюелл, Байла и Вейнер. Ньюелл позже стал соавтором Саймона в многочисленных и широко известных работах по теории решения проблем, эвристике и машинному «решателю обобщенных проблем». В 1950-х годах появилось также ряд статей Ч. Хитча<sup>22</sup>, содержащих изложение идей системного анализа и способов его использования.

Для оценки этого начального периода следует вспомнить, что в 1948 году вышла «Кибернетика» Винера, в 1950 году — «Исследование операций» Морза и Кимбелла и статья «Теория открытых систем» Берталанфи. В 1951 году Берталанфи опубликовал «Общую теорию систем».

Первая книга по системному анализу вышла в 1956 году. Ее издала РЭНД, а ее авторами были Кан и Манн. В 1957 году вышла «Системотехника» Гуда и Макола. Одна из первых книг по решению проблем вышла в 1955 году — «Искусство решения проблем» Е. Хаднета<sup>23</sup>. Статья К. Боулдинга «Общая теория систем — скелет науки», развивающая идеи Берталанфи, вышла в 1956 году<sup>24</sup>.

До конца 1950-х годов периодическая и отчасти монографическая литература обращает внимание на выяснение различия между системным анализом и исследованием операций<sup>25</sup>, системным анализом и системотехникой<sup>26</sup>, теорией решений и исследованием операций и тому подобное. Широко обсуждаются проблемы применения научной методологии к таким «неточным» областям, как руководство, человеческое решение человеческих проблем, организация<sup>27</sup>. В 1959 году выходит известная книга С. Бира «Кибернетика и руководство», отчасти вдохновленная идеями общей теории систем.

«Солидные» книги по системному анализу начинают выходить с 1958 года. В этом году вышла книга Маккина, содержащая анализ развития водных ресурсов США. В 1960 году вышла фундаментальная книга Ч. Хитча и Р. Маккина по приложению методов количественного сравнения альтернатив для решения проблем вооружения<sup>28</sup>. В том же году выходит первая книга С. Л. Оптнера «Системный анализ для руководителей»<sup>29</sup>. В 1962 году — фундаментальная книга А. Холла и книга Д. О. Эллиса и Р. Д. Людвига. Журнал *Operations Research* в 1960–1962-х годах публикует ряд статей по принципиальным вопросам анализа систем. В 1964 году выходит весьма обстоятельная книга Куэйда<sup>30</sup>. В 1965 году выходит целый ряд книг различного характера и направления: данная книга Оптнера, книга Макмиллана и Гонзалеса «Системный анализ», содержащая формальную трактовку предмета<sup>31</sup>; лекции Ч. Хитча о внедрении программного руководства и системного анализа в Министерстве обороны<sup>32</sup>.

В 1966 году издается книга С. Янга «Системный анализ руководства», которая впервые целиком посвящена системному анализу организации как таковой. Весной 1968 года вышла книга Клиланда и Кинга «Системный

анализ и руководство проектированием» и полностью обновленная книга С. Л. Оптнера.

Одновременно с книгами по системному анализу выходят разнообразные книги по системотехнике, которые часто имеют много точек соприкосновения или перекрывающихся областей. Одна из первых, если не первая, попытка дать формализацию теории решения проблем и общей теории систем была предпринята в 1960 году М. Месаровичем<sup>33</sup>. Затем выходят работы Заде (1962), Месаровича (1964), Заде (1964), Беллмана (1965).

В 1960-х годах выходит ряд книг по теории решения проблем, например, Клейнмунтца<sup>34</sup>, а также по отдельным сторонам процесса решения проблем (например, Рейтман «Познание и мышление» или Миллер, Прибрам и Галантер «Планы и структура поведения»).

Влияние системных идей ясно прослеживается и в нарастающей волне литературы по теории и проблемам организаций (например, сборник «Конструирование организаций» под редакцией Томпсона).

В те же годы, когда возник и развивался системный анализ, в США и других странах появился ряд новых дисциплин с необычными и интригующими названиями: исследование операций, эвристика, теория решений, системотехника, общая теория систем и другие. Совместное существование всех этих дисциплин не могло не породить вопросов об их границах, взаимоотношениях и положении среди всего комплекса наук. Поскольку то или иное решение этих вопросов могло серьезно затронуть интересы сторонников тех или иных направлений, их обсуждение приобрело отчасти характер борьбы с «чужими» направлениями. Дискуссия эта довольно поучительна. Споры, то затихая, то разгораясь, продолжаются и сегодня. Хотя известные основания для них есть, системный анализ уже сказал слово, вносящее в обсуждение известную определенность.

Один из способов определить относительное положение каждой из названных областей знания и деятельности заключается в выяснении различия или сходства в их функциональном назначении. Это, в свою очередь, требует различения функций от используемых для их реализации методов.

«Решение» проблем имеет своим противопоставлением «нерешение», то есть выполнение рутинных операций. Их объединение, возможно, охватывает все области человеческой деятельности. Решение проблем лежит в основе как функции сохранения, так и функции развития. По самой своей природе функция решения проблем близка к высшим уровням функционального представления человеческой деятельности. Поэтому не удивительно, что и сама функция и обслуживающая ее методология являются в высшей степени интегративными, включающими в себя все частные функции, необходимые для ее выполнения. Системный анализ как методология решения проблем претендует на то, чтобы выполнить роль каркаса, объединяющего все необходимые методы, знания и действия для решения проблемы. Именно этим определяется его отношение к таким

областям, как исследование операций, теория статистических решений, теория организации и другим подобным.

Очевидно, что частных функций и соответственно используемых для их реализации классов методов будет ровно столько, сколько установлено априорной структурой системной методологии. Этим не утверждается, что и в действительности их именно столько, однако этим утверждается, что их столько при принятой аксиоматике и данном состоянии развития системной методологии. Определение точного перечня частных функций для данной или другой системной аксиоматики — предмет специальной работы, необходимость и значение которой не могут быть переоценены.

Однако перечень, имеющий наводящий характер, вполне может быть приведен. К числу частных функций относятся: идентификация симптомов, определение актуальности проблемы, определение цели, вскрытие структуры системы и ее дефектных элементов, определение структуры возможностей, нахождение альтернатив, оценка альтернатив, выбор альтернативы, составление решения, признание решения коллективом исполнителей и руководителей, запуск процесса реализации решения, управление процессом реализации решения, оценка реализации и ее последствий.

Соответственно для реализации этих функций могут быть использованы: методы теории поиска и обнаружения, методы теории распознавания образов, методы статистики, в частности, факторного анализа, теории эксперимента, модели исследования операций и смежные модели (очереди, запасов, игровых ситуаций, сохранения и восстановления, роста и других), модели поведения (деостатические, динамические, самоорганизации и другие), методы теории классификации и упорядочения, маргинальный анализ, методы синтеза сложных динамических систем, теория потенциальной достижимости, (одели теории авторегулирования, методы прогнозирования, методы инженерной психологии и смежных с ней дисциплин, методы и модели различных областей теории организации, социальной психологии и социологии.

Исторически дело обстояло так, что за неимением методологии решения проблем и развитых методов, предназначенных специально для выполнения частных функций этого процесса, специалисты, привлекаемые для решения проблем, опирались на свои специальные знания — математику, физику, экономику, социологию и так далее, которые и являлись для них отправным пунктом. Приложение этих знаний в некоторых случаях приводило к успеху в выполнении частной функции решения проблемы и тем самым создавало основу для развития метода, обеспечивающего совершенствование выполнения этой функции. Однако явная недостаточность отдельного метода, хотя бы и мощного, для решения проблемы заставляла окружать его вспомогательными, в общем не вытекающими из самого метода рекомендациями, правилами, предостережениями и так далее, как это ярко проявилось при попытках обобщений в рамках исследования операций.

Трактуемые столь широко тот или иной метод или группа методов начинали, что вполне естественно, претендовать на положение методологии решения проблем. Это давало толчок для развития методологии решения проблем, а также для бесплодных дискуссий о том, что является частью чего и что имеет главное, а что вспомогательное значение. В настоящее время, когда методология системного анализа обусловила, по крайней мере, в каком-то приближении, структуру функций решения проблем, подобные дискуссии теряют основу (хотя, конечно, уточнение границ и отношений отдельных дисциплин должно продолжаться), а внимание сосредоточивается на отождествлении методов и функций решения проблем, а также на разработке методов для тех функций, которые выполняются недостаточно хорошо.

Таким образом, при оценке соотношения системного анализа и родственных ему дисциплин, а также при определении их положения среди других наук следует отказаться от толкования содержания этих дисциплин, исходя из их названий, от попыток исходить из их претензий на положение, которые иногда отражают групповые интересы, а также не поддаваться гипнозу широких движений, форму которых приобрели некоторые из этих дисциплин. Следовало бы разделить действительно сделанное в рамках каждой дисциплины на две части: ее вклад в методологию решения проблем и ее вклад в развитие методов для выполнения частных функций решения проблем. Осуществленная таким образом перегруппировка материала оставила бы место только для чисто терминологических дискуссий.

Другая группа отношений между рассматриваемыми дисциплинами может быть объяснена, если принять во внимание процесс специализации самой системной методологии. Такая специализация в разных формах и по многим направлениям идет почти с самого возникновения системного анализа.

Большая, довольно самостоятельная область — решение проблем с помощью технических систем — оформилась в системотехнику (system engineering), другая, которая еще только формируется, — системное конструирование организаций. Специализация идет также по линии выделения «отраслевых» подсистем системного анализа: собственно методология количественного сравнения альтернатив; подсистема развития возможностей в соответствии с решаемыми проблемами (область, которая представлена такими системами, как ПАТТЕРН, КУЭСТ), подсистема выбора целей и так далее. Различные области приложений, например транспорт, развитие городов, политические и социальные области, также породят свои специализированные формы.

Тенденция изменять отношения между отдельными научными дисциплинами, характерная для системной методологии, будет действовать и в дальнейшем. Она заставляет вспомнить о суждении К. Боулдинга, который предсказывал появление новой, «системной» классификации наук. Одна из важнейших характеристик любой методологии есть ее граница. Это особенно верно применительно к таким мощным методологиям

как системный анализ. Понимание существующих сегодня границ системного анализа столь же необходимо, как и понимание его возможностей.

Границы всякого инструмента, используемого людьми, определяются указанием области применения, выполняемой функции и степенью совершенства методов. Из приведенного ранее описания примеров применения системного анализа видно, что область его применения весьма широка. В принципе эта методология может применяться в любых областях. В настоящее время системный анализ используется в военной области и в области развития фирм. В других областях применение имеет пока характер отдельных попыток. После исключения области как параметра оценки единственными параметрами остаются функции и методы.

Относительно номенклатуры функций, выполняемых системным анализом, в американской литературе существуют различные мнения. Одни, как, например, С. Л. Оптнер, склонны полагать, что системный анализ должен включать в себя все частные функции, необходимые для решения проблем. При этом такие крайние функции, как диагностика и развитие возможностей (посредством надлежащей организации научных исследований), также включаются в число функций системного анализа. Другие, как, например, Р. Кларк, диагностику, определение целей и развитие возможностей отделяют от системного анализа, полагая, что они составляют самостоятельные научные и организационные области.

Эти различия не настолько существенны, чтобы при оценке системного анализа было бы необходимо противопоставлять их друг другу. Позиция «все, что нужно для решения проблемы» является более общей. Во всяком случае в вопросе о границах кажется более последовательным рассматривать общую постановку, чтобы обнаружить более существенные ограничения.

Если считать, что в понятие «решение проблем» входят все функции — от побуждения к обнаружению проблемы до оценки реализации принятого решения — то можно задать вопрос: существуют ли какие-либо функции, выполняемые людьми, помимо определенной таким образом функции решения проблем? Единственной областью, выходящей за пределы этого определения, является огромная область рутинных операций, которая, собственно, и становится носителем проблем. Если это так, то роль системного анализа или, точнее, того, что стоит за ним и во что он выльется в будущем, трудно переоценить.

Правильность и полнота номенклатуры частных функции, а также, их содержания, полнота и правильность структуры подпроцессов решения проблемы может быть определена путем исследования адекватности номенклатуры и содержания применяемых в системном анализе понятий, а также в результате изучения практики применения системного анализа. Можно ожидать, что определенные уточнения будут производиться, однако увеличение масштаба нормативной теории пока еще рассматривается как нежелательное.

Что касается совершенства методов, используемых для выполнения частных функций, то, не вдаваясь в детальный анализ этого вопроса, можно сказать, что системный анализ, несмотря на его внушительные успехи, должен претерпеть еще значительное развитие или что он находится еще в начале своего пути.

Важнейшие недостатки являются следствием прагматического понимания развития: понятие объективного развития заменено понятием «желаемой цели». Ясно, что «желаемая цель» может легко вести к ложным проблемам. Проблемы не идентифицируются как объективные противоречия развития, следовательно, противоречия могут нарастать, несмотря на решение проблем. Прагматическое построение методологии, пренебрежение объективным характером законов диалектики может серьезно ограничить возможности этой методологии.

Ряд частных функций еще не имеет адекватного инструмента. К ним относятся: диагностика существующего состояния системы, в особенности, диагностика организаций; определение дефектных элементов существующей системы; методы определения номенклатуры альтернатив; методы определения тактики и стратегии решения проблемы; идентификация человеческих характеристик для целей решения проблем; конструирование и реализация организаций с заданным типом поведения; оценка последствий решения проблемы. Во многих из этих областей ведутся интенсивные работы, в особенности в области организации и руководства.

Структуры частных функций и соответствующих методов должны измениться после того, как будет операционно введено понятие «целостности»; будет найдено более точное описание отношений вещи, системы, метода и функции; будет более точно отражаться в методологии отношение структуры и свойств элементов.

Особую область составляют методы выбора методов для реализации функций решения проблем. Чем больше масштаб и сложность проблем, тем больше будут сказываться существующие ограничения системной методологии решения проблем. Их устранение требует разработки ряда новых дисциплин и значительного развития многих существующих. Должна быть разработана теория относительно обособленных целостностей (систем), их возникновения, роста и развития, нормы и патологии, качественных преобразований и деградации. Потребуется теория системной среды, в том числе теория иерархически организованной системной среды, и многие другие<sup>35</sup>.

Роль некоторых нормативных теорий в настоящее время сильно преувеличена, одна из задач дальнейшего развития, несомненно, состоит в ограничении их использования в соответствии с той ролью, которую они в состоянии сыграть.

Поскольку структура системной методологии достаточно сложна и имеет тенденцию становиться еще более сложной, ее адекватность реальности может быть установлена, как и всегда в подобных случаях, корректным использованием более или менее сильных формализации.

Вообще говоря, оценка эффективности конкретных форм системной методологии представляет собой серьезную проблему. По этой и другим причинам, видимо, значительная роль будет принадлежать разработке различных видов формальных теорий систем и решения проблем. С. Л. Оптнер является руководителем консультативной организации «S. L. Optner & Associates», находящейся в Лос-Анджелесе.

Первая книга С. Л. Оптнера «Системный анализ для руководителей делового мира» выпущена в 1960 году одним из наиболее солидных американских издательств — «Прентис Холл». Среди немногочисленных книг по системному анализу, вышедших в США до 1960 года, это была единственная книга, излагавшая системный анализ применительно к проблемам промышленности и организации, а не к военным проблемам. Эта книга включена в библиографии книг Старра (1965), Джонсона, Каста, и Розенцвейга (1967).

Представляемая читателю небольшая книга С. Л. Оптнера выпущена в 1965 году также издательством «Прентис Холл» в составе выпускаемой этим издательством международной серии книг по вопросам развития промышленности и науки о руководстве.

К 1969 году в США вышел ряд книг по системному анализу. Однако книга «Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем» во многих отношениях отличается от остальных книг. Если книга Куэйда представляет системный анализ как методологию выбора систем оружия, если книга С. Янга описывает системный анализ как методологию совершенствования организации, то книга Оптнера представляет его как методологию решения проблем без акцента на ту или другую область применения. В этой книге системный анализ предстает как широкая, мощная область, находящаяся на первых этапах своего развития. Хотя в библиографии автор ссылается на ряд основополагающих работ, его книгу вряд ли можно считать компиляцией. Скорее её можно расценить как основанное на большой и разнообразной практике собственное осмысление методологии системного анализа.

Назначение книги, как его определяет автор, помочь участвующим в решении проблем специалистам и объединяющим их «системщикам» одинаково понимать сущность проблем и их решения. Дать возможность заказчику с исполнителем, руководителю с подчиненным, экономистам с инженерами, специалистам между собой говорить на одном и том же языке.

Однако автор ставит перед собой более сложную задачу, ограничивая свою цель следующими принуждающими связями: результат изучения методологии должен быть конструктивным, то есть читатель должен овладеть принципами процедур решения проблем в такой степени, чтобы быть в состоянии применять их на деле; все процедуры должны быть внутренне увязанными; процедуры не должны зависеть от масштаба и характера проблемы; процедуры должны позволять идентифицировать, а следовательно, объединять или расчленять элементы проблем. Кроме того, книга должна быть краткой.

Конструктивизация всякой сложной методологии требует придания ей нормативной (аксиоматизированной) формы. В пределе такой формой может быть запись на языке символов, характерном для математики. Однако представленная в такой строгой форме системная методология станет малодоступной для широкого круга специалистов, а ее изложение — более скованным. Автор использует лаконичное, *описательное* изложение по существу *формальной* методологии, или, как иногда говорят, полуформальное, изложение. В принципе такое изложение предоставляет широкие возможности, делая интерпретацию формальных понятий активным средством разъяснения положений теории.

Аппарат понятий, используемых автором, весьма обширный. Почти каждому понятию дается операционное, то есть системное, определение. Как правило, используются понятия высокого уровня общности. Такое изложение подчеркивает универсальный характер методологии и, на наш взгляд, способствует решению задачи книги. Интерпретация примеров играет большую роль в книге. Автор пользуется примерами из разнообразных областей — науки, транспорта, экономики, материально-технического снабжения, однако почти все примеры служат для пояснения проблем организации.

Характерная черта изложения заключается также в многократном переопределении одного и того же понятия, что заставляет читателя заново осмысливать содержание этого понятия, возвращаться к прежним определениям и выработать общую логическую структуру.

«Плотность» идей в книге чрезвычайно велика, почти каждая фраза наполнена значительным содержанием и требует осмысления. Книга построена в соответствии с принципом системного анализа — соблюдать равномерный уровень огрубления или точности, причем сам уровень определен по принципу «обо всем, но только самое существенное». Поэтому книгу можно рассматривать как миниатюрную энциклопедию по системному анализу.

В книге С. Л. Оптнера делается определенный шаг в сторону систематизации и организации материала. Один из наиболее важных моментов в этом смысле заключается в интерпретации понятия проблемы в терминах состояния системы. Это позволяет автору классифицировать проблемы на качественные, смешанные и количественные. В дальнейшем это позволяет ему естественным образом включить всю «системную» идеологию в рамки методологии решения проблем, как ее представлял еще Пойа.

Трудно установить критерий для оценки недостатков этой книги. Английский рецензент, например, считает недостатками книги отсутствие юмора и чрезмерное стремление к жесткому языку<sup>36</sup>. Определенная категория читателей, видимо, будет согласна с этой критикой. Нам кажется, что более существенным недостатком является выпадение неоднократно упоминающейся идеи «открытой системы» из аппарата методологии. В гл. 4 нет даже упоминания о требованиях, вытекающих из этой идеи.

В этом проявляется, возможно, слабая еще реализация идей общей теории систем, игнорировать которую автор, однако, не хочет.

Книга представляет интерес для разнообразных слоев читателей. Она может быть полезна разработчикам технических систем, а также разработчикам организационных систем в любых областях, в том числе специалистам по машинным системам управления. Большой интерес она может представить для специалистов, занимающихся развитием системной методологии как таковой.

Перевод книги С. Л. Онтпера представил значительные трудности. Незавершенность отечественной терминологии в этой области, отсутствие готовых способов выражения мыслей — словесных оборотов, — с одной стороны, метафоричность, свободное выражение мыслей, несмотря на их строгость, характерное для оригинала стремление только «поддерживать», а не передавать мысль словами — с другой, — вот основные источники затруднений. Работе над переводом способствовало осуществленное в 1967 году ЦЭМИ АН СССР издание промежуточного варианта перевода. Многие специалисты сочли возможным дать свои замечания и пожелания по книге и ее переводу. Отработке перевода способствовало также изложение материала книги на семинаре П. Г. Кузнецова в 1967 году и в 1968 году. Большую помощь оказали при работе над вступительной статьей и переводом В. П. Боголепов, Е. К. Войшвилло, Б. В. Гавриловский и М. М. Лопухин. Я искренне благодарен П. Г. Кузнецову и возглавляемому им коллективу ЛаСУРс, поддержка и внимание которых сделали подготовку перевода возможной. Я также признателен С. С. Волощуку за его многообразную помощь.

## Литература

1. Ч. Хитч. Руководство обороной. Издательство «Советское радио», 1968, стр. 98.
2. См., например, работу М. Месаровича. В сб. «Общая теория систем», Издательство «Мир», 1966.
3. См., например, работу Энтховена в книге Ч. Хитча и Р. Маккина «Военная экономика в ядерный век». Воениздат, 1964.
4. Пойа Д. Как решать задачу. Учпедгиз, 1959.
5. Young S. Organization as a Total System. Calif. Manag. Review, v. X, № 3, 1968, p. 21–32.
6. Jantsch E. Technological Forecasting in Perspective OECD, 1. 1967.
7. Гуд Г. Х., Макол Р. Э. «Системотехника». Издательство «Советское радио», 1962, стр. 13.
8. Хитч Ч. и Маккии Р. Военная экономика в ядерный век. Перевод с англ., Воениздат, 1964.
9. Хитч Ч. Руководство обороной. Издательство «Советское радио», 1968, стр. 90.
10. Там же, стр. 45 и 83.

11. О начальном периоде внедрения этих документов см. Qedles F. Customer closed loopholes in programm management. *Aerospace Management*, 1964, v. 7, № 4, p. 50–53. Процедуры системного руководства инженерной разработкой см. в «*IEEE Trans. on SSC*», v. 3, № 1, June, 1967, p. 610.
12. Stocklill L. Senators Ask if DOD in Avoiding Tilings it Would rather not hear. *J. of the Armed Forces*, 1967, v. 104, № 52.
13. Хитч Ч. Руководство обороной. Издательство «Советское радио», 1968, стр. 78.
14. McKean R. N. Efficiency in government through systems analysis. N. Y., Wiley, Inc., 1958.
15. The Technical, Economic and Social Consequences of the Introduction into Commercial Service of Supersonic Aircraft. Document 8087 — C/925, ICAO, Monreal, Canada.
16. Сведения о ТЕМПО, РЭНД, СДК, Стэнфордском институте см. в книге Jantsch E. *Technological Forecasting in Perspective*. OECD, 1967.
17. Young S. *Management: a Systems Analysis*. Glenview, Illinois, 1966.
18. Jantsch E. *Technological Forecasting in Perspective*. OECD, 1967. p. 239–241.
19. Hanica F. P. Management education and management scieiiii. *Oper. Res. Qurt*, 19, 1968, Spec. Conf. Issue.
20. «Information Systems Acronyms». *Navv Management Reviw*, v. X, № 9, Sept., 1965, p. 13–15.
21. Итоги ее восьмилетней работы по проблемам ПВО см. в журнале «*Manag. Sci.*», v. 5, № 3, 1959.
22. «*Oper. Res. Soc. of Amer.*», v. 1, 1953, p. 87–99; «*Oper. Res.*», v. 3, 1955, p. 466–481; «*Oper. Res.*», v. 5, N 957, p. 718–723.
23. Hadnet E. *The Art of Problem Solving*, N. Y., Harper, 1955. Boulding K. E. *General Systems Theory — the Skeleton of Science*. *Manag. Sci*, 1956, v. 2, IV, № 3, p. 197–208.
24. Sengupta S. S., Ackoff R. L. *Theory of Systems and Operations Research*. *Trans IEEE on SSC*, v. 1, № 1, 1965.
25. Wohlstetter A. J. *Systems Analysis versus System Design*. Publications of the RAND corp., P 1530, 1958.
26. Arrow K. J., *Decision Theory and Operations Research*. *Oper. Res.*, 1957, v. 5, XII, № 6, p. 765.
27. Weinwurt E. H. *Limitations of the Scientific Method in Management Science*. *Manag. Sci.*, 1957, v. 3, IV, № 3, p. 225–233.
28. Хитч Ч. и Маккин Р. *Военная экономика в ядерный век*. Воениздат, 1964.
29. Optner S. L, *Systems Analysis for Business Management* Englewood cliffs, N. Y., Prentice Hall, Inc., 1960
30. Куэйд Э. *Анализ сложных систем для решения военных проблем*. Издательство «Советское радио», 1969.
31. McMillan C., Conalez R. F. *System analysis*. Homewood, Ill., Irwin, 1965.
32. Хитч Ч. *Руководство обороной*. Издательство «Советское радио», 1968.

33. Mesarovic M. D. General Systems Theory. Notes from Clisslectures, deliverplat Case Institute, 160.

34. Kleinmuntz B., ed. Problem Soling: Research, Method and Theory. N. Y., Wiley, 1966.

35. Представление о работах в этом направлении дает сборник «Исследования по общей теории систем». Издательство «Прогресс», 1969.

Neil M. «Operational Research Quarterly», v. 17, № 1, March, 1966, p.103–104.

## СТАТЬЯ 4

### ПРИКЛАДНАЯ МЕТОДИКА АНАЛИЗА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

**Зайцев Кирилл Александрович**

аспирант кафедры экономической теории и регионального развития

Челябинского государственного университета

[zaitsev\\_kirill@mail.ru](mailto:zaitsev_kirill@mail.ru)

Ссылка на источник: [http://www.online-science.ru/m/products/social\\_science/gid213/pg0/](http://www.online-science.ru/m/products/social_science/gid213/pg0/)

**Аннотация.** В статье освещается содержание, основные принципы и отличительные черты системного анализа, как метода исследования систем управления. В качестве практического аспекта, предлагается методика применения системного анализа к исследованию систем управления. В рамках методики представлена схема проведения процедур системного анализа.

**Annotation:** The article highlights the content, principles and distinguishing features of the system analysis as a method of research management systems. As a practical aspect, the technique of the application of systems analysis to the study of control systems. Under the methodology is a diagram of the procedures of systems analysis.

**Ключевые слова.** Системный анализ, методика, система управления, структура, цели и функции.

**Keywords:** System analysis, a technique, a control system, structure, purpose and function.

Исследование систем управления - научное изучение профессиональными исследователями систем с целью определения законов и закономерностей их функционирования, совершенствования и развития, получения и применения новых знаний в теории и практике. Научное исследование обладает основополагающими характеристиками, определяющими и его направленность и результаты. К таким характеристикам в первую очередь относят: потребность в исследовании, цель (объект и предмет исследования), вид исследования (методология, ресурсы исследования), результаты исследования.

Наиболее конструктивным из направлений исследований систем управления в настоящее время считается системный анализ. Системный анализ характеризуется как исследование, проводимое для выбора и обоснования управленческих решений, основанных на изучении целей, оценке эффективности и риска, связанных с осуществлением альтернативных вариантов достижения целей. Системный анализ имеет отличительные особенности.

**Во-первых**, работы этого направления отличаются тем, что в них предлагается методика проведения системного исследования, делается попытка предложить подходы к выполнению этапов методики в конкретных условиях.

**Во-вторых**, отличаются конкретной работой с целями (как собственно системного анализа, так и исследуемой систем), а именно их исследование, формулирование, структуризация или декомпозиция.

Основным приложением системного анализа является разработка методик анализа систем управления (целей и функций систем, методов совершенствования организационных структур, методов организации сложных экспертиз при принятии комплексных решений).

**Основные принципы системного анализа.** Системный анализ применяется в тех случаях когда имеет место большая начальная неопределенность проблемной ситуации; помогает организовать процесс коллективного принятия решения, объединяя специалистов различных областей знаний; уделяет особое внимание процессу постановки целей и задач анализа; требует обязательной разработки методики системного анализа, определяющей последовательность этапов проведения анализа и методы их выполнения; использует формальные методы представления системы (МФПС) и методы качественного анализа, то есть методы активации интуиции специалистов (МАИС).

**Методика применения системного анализа.** Системный анализ характеризуется не столько специфическим научным аппаратом, сколько логически обоснованным подходом к исследованию проблем. Для систем различных классов применяются специализированные методы системного анализа. Это совокупность методов, применяемых при исследовании возможных подходов к решению сложных задач. Одновременно это способ упорядочения и использования знаний, суждений и интуиции специалистов в процессе принятия решений по возникающим проблемам. Основные операции, проводимые в ходе анализа, достаточно универсальны и выполняются в определенной последовательности. Практически всегда применяется представление объекта системного анализа в виде системы. Когда изучается сложная система, вначале рассматривается структура анализируемой системы (одновременно выявляются проблемы) и устанавливаются способы разделения ее на элементы по определенным признакам. Далее осуществляется последовательная структуризация системы, в соответствии с ее строением, функциями, внутренними процессами, с учетом всех важнейших взаимосвязей. На основании вышперечисленного вырабатывается **глубоко структурированная методика системного анализа** конкретного объекта исследования. Далее необходимо организовать следующий процесс. **Во-первых**, определить последовательность этапов; **во-вторых**, рекомендовать методы для их выполнения; **в-третьих**, предусмотреть при необходимости возврат к предыдущим этапам.

Можно рекомендовать при разработке методики **выделить два крупных этапа**, которые отделяют процесс собственно формирования модели (результата обследования существующей системы) от процедуры ее оценки и анализа (непосредственного анализа), так как эти этапы обычно выполняются с использованием разных методов.

*Во-первых*, формирование первоначального варианта модели принятия решения, то есть обследование существующей системы; *во-вторых*, анализ первоначального варианта модели принятия решения и выбор наилучшего варианта, то есть непосредственный анализ, достигающий поставленные цели и решающий существующие задачи.

### Процедуры проведения системного анализа.

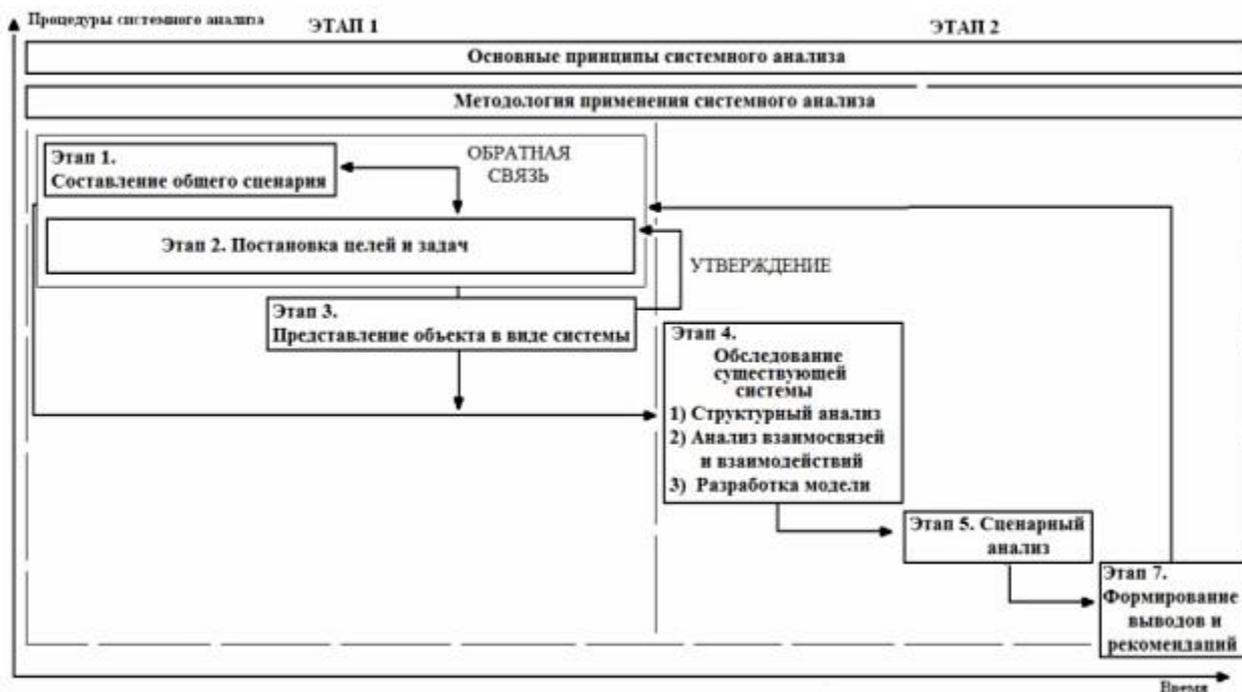


Рис.1.

### Схема процедур проведения системного анализа

**Этап 1. Составление общего сценария анализа.** Процессу формирования целей предшествует этап составления сценария системного анализа. Он ограничивается определением последовательности основных этапов анализа. Сценарий подводит почву под постановку целей и задач анализа. Т.е. это взаимообратный процесс. При составлении сценария и определения целей следует ранжировать цели в соответствии с иерархией системы.

**Этап 2. Постановка целей и задач анализа.** Прежде всего, необходимо очертить хотя бы в первом приближении контуры, границы анализируемой системы, т.е. выявить объект системного анализа. Далее должна быть четко определена суть проблемной ситуации, т.е. предмет системного анализа. Необходимо выявить факторы, влияющие на ее решение/не решение. Необходимо различать цели системы и управления системой и цели системного анализа системы и управления системой. Перед системой непосредственно не стоит задачи изменяться, таким образом, чтоб максимально эффективным способом реализовывать свои цели. Перед системой стоит задача максимально эффективным способом реализовать цели из такого состояния, в котором ее создали. Цель системного анализа –

изменить систему так (стабилизация, трансформация, развитие, обновление), чтобы как можно более эффективным способом добиться непосредственных целей системы и управления системой. Что касается обобщающей цели системного анализа, то в сложных системах ее формулировка должна сводиться к задаче структуризации или декомпозиции цели. Таким образом, будет получена структура целей и задач системного анализа.

При проведении системного анализа очень важно установить достаточно полный набор возможных путей достижения поставленных целей. Постановка задачи системного анализа зависит от ряда факторов, включая следующие: вид, масштабы, уровень анализируемой системы; целевая ориентация деятельности системы; характер проблем, на решение которых направлен анализ; исходное и желаемое конечное состояние; ресурсный потенциал, которым обладает система и способна обладать в будущем; характер среды, окружающей систему и взаимодействующей с ней.

**Этап 3. Представление объекта в виде системы.** В теории управления система чаще всего понимается как объект управления (управляемая система), как субъект управления (система управления, управляющая система) и как совокупность субъекта и объекта управления. Крупномасштабная, подверженная управлению система экономической природы характеризуется следующими признаками: целостность, взаимообусловленность функционирования частей, величина и сложность (блочность и иерархичность), адаптивность, автоматизм, стохастичность, динамизм, способность к развитию. Выбор классификационного признака и вида системы во многом зависит от целей и задач системного анализа. Только на этой основе решается вопрос о выборе методов самого системного анализа.

**Этап 4. Обследование существующей системы.** Обследование существующих систем проводится по методикам, соответствующим целями и задачами системного анализа. Этап обследования существующей системы удобнее предусмотреть при каждом «углублении» от первоначально рассматриваемой системы к подсистеме, поскольку полное обследование существующей системы практически неосуществимо без уточнения целей обследования на каждом этапе проектирования, а соответственно и корректировки методики обследования.

**1) Структурный анализ.** Представляет часть системного анализа, связанную с рассмотрением, изучением, исследованием, формированием состава системы, установлением ее частей, элементов и выполняемых ими функций, выявлением видов взаимосвязей и взаимодействий между отдельными частями, свойственных системе. Системные преобразования чаще всего тем или иным образом связаны с трансформацией структуры системы, состава, функций и связей ее элементов. Зачастую структура определяющим образом влияет на эффективность системы. Анализ призван сформировать суждение о сложившейся структуре и возможных способах ее рационализации для повышения устойчивости, эффективности или в связи с изменением целевой ориентации. Задачи структурного анализа вновь

создаваемых или радикально преобразуемых систем состоят в синтезировании структурных построений новой системы, соответствующих ее назначению и обеспечивающих достижение целей системы наилучшим образом.

На протяжении всей истории развития теории систем предлагались и применялись различные подходы к анализу и проектированию систем. В настоящее время сформировалось два основных подхода: **во-первых**, «сверху»- методы структуризации или декомпозиции, целевой или целенаправленный подход; **во-вторых**, «снизу»- подход реализующий поиск взаимосвязей между элементами, влияние одних переменных на другие без употребления понятий «цель» и «средства достижения цели».

**2) Анализ взаимосвязей и взаимодействий (внешние факторы).** Наряду со структурным анализом системный анализ включает процедуры анализа взаимосвязей и взаимодействий исследуемой системы с другими системами. Эта часть системного анализа объектов и процессов сосредоточена на внешних для системы связях и их влиянии на функционирование системы, целенаправленность ее действия. В ходе анализа взаимосвязей изучается, каким образом они способствуют или препятствуют деятельности системы, в какой мере являются необходимыми или избыточными.

**3) Разработка модели.** Модель- это подобие, аналог действительности, который может быть построен и использован с помощью различных средств, начиная от словесного описания и заканчивая компьютерной имитацией. Постановка любой задачи заключается в том, чтобы перевести ее словесное или вербальное описание в формальное, в форму модели. В случае относительно простых задач такой переход осуществляется в сознании человека, который не всегда может объяснить, как он это сделал. Для решения проблемы перевода вербального описания в формальное в различных областях деятельности стали развиваться специальные приемы и методы. Моделирование сформировалось как своеобразный «механизм» развития системы. Практическая реализация такого «механизма» связана с необходимостью разработки языка моделирования процесса принятия решения. В основу такого языка (знаковой системы) может быть положен один из методов моделирования систем (расчетов, экспертных оценок, позволяющих обозреть широкое поле образов рисующих как потенциально возможные будущие состояния системы, так и экономические и социальные последствия ее намечаемых преобразований).

**Этап 5. Сценарный анализ.** В рамках системного анализа в его комплексном представлении собственно аналитические процедуры есть предмет предварительного анализа, за которым должны следовать уже не чисто аналитические процедуры, а прогнозно-аналитические исследования, охватывающие разные потенциально возможные варианты сценариев функционирования системы, порождающих те или иные результаты ее действия.

Сценарий- это качественное и количественное описание развития системы, ее

состояния в будущем, исходящее из определенных, наиболее вероятных условий внешней среды. В сценарии шаг за шагом изложен наиболее вероятный ход событий. Так что сценарий представляет собой динамическую модель состояния системы в будущем, составленную на основе прогнозов, дающую возможность уточнить, более четко сформулировать цели деятельности системы, пути достижения этих целей. Сценарный анализ, составляющий второй этап системного анализа, который достигает поставленные цели и решает существующие задачи, отличается от процедур первого этапа еще и тем, что система рассматривается в динамике, с учетом изменения протекающих в ней процессов во времени на протяжении значительной части или даже всего жизненного цикла, определенного планового или программного подхода.

**Этап 6. Формирование выводов и рекомендаций.** Так как анализ проводится обычно специалистами- системными аналитиками, а решение о путях и способах действий принимаются руководителями- заказчиками анализа, то лица, проводящие анализ, формируют заключение, выводы, следующие из анализа, вырабатывают рекомендации и представляют их на рассмотрение лицам, заказывающим анализ. Таким образом, системный анализ является итеративным процессом. Поэтому в ходе анализа надо проявлять гибкость и проводить переоценку полученных результатов.

### **Литература**

- 1) В.Н. Волкова, А.А. Денисов. Теория систем: Учеб. пособие. -М.: Высш. шк., 2006.- 511 с.
- 2) В.М. Мишин. Исследование систем управления: Учебник для вузов.- М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005.- 527 с.
- 3) Б.А. Райзберг. Программно-целевое планирование и управление: Учеб. пособие. -М.: Высш. шк., 2006.- 511 с.

**К.т.н. Лисецкий Ю.М.**

[Iurii.Lisetskyi@snt.ua](mailto:Iurii.Lisetskyi@snt.ua)

Ссылка на источник::

<http://www.swsys.ru/index.php?page=article&id=511>

При определении системы основной акцент обычно делается на взаимодействие составляющих ее элементов [1].

Ряд авторов подчеркивает организованность системы, объединение ее элементов в интересах достижения общей цели, единство ее структуры и функций, значимость отношений между объектами и их свойствами и др. [2-4]. Различие определений системы объясняется, на наш взгляд, не столько многообразием объекта исследований, сколько несовпадением подходов исследователей к системе, точнее, к аспектам системы, которые исследует тот или иной автор: структура или функции, отношения между элементами или подсистемами, статика или динамика системы.

Направленность данной работы прагматическая, поэтому в определении системы подчеркнем ее продуктивность, результат ее функционирования.

Итак, под термином система, мы понимаем совокупность взаимодействующих элементов, обладающую производными свойствами.

Принципиально описание системы образует три среза [5]:

- структурный (элементы, связи между ними и их параметры);
- функциональный (работа системы и ее развитие);
- кибернетический (регулирование поведения системы).

В наиболее общем плане система разделяется на структуру и функции. Структура – это взаимосвязь, характеризующая строение системы; ее модель, идеализированный образ.

Функционирование – это деятельность (работа) системы (подсистемы, элемента), а функция – не сама деятельность, а отношение действующего «элемента» ко всей системе [6].

Закономерности поведения системы определяются ее структурой и характеристиками элементов, а также условиями функционирования. Для простых систем, не обладающих свободой выбора поведения, это означает, что изменить поведение системы можно, только изменив ее состав и/или структуру. Для сложных систем связь между структурой и функционированием неоднозначна.

В большинстве источников, описывающих системы, понятие сложности является довольно неопределенным. Так, например, Н. Бусленко считает систему сложной, если велико число взаимодействующих элементов; по сути дела, одно понятие заменяется другим, так же нераскрываемым [7].

Непродуктивным представляется и подход Щедровицкого, который считает сложность системы синонимом ее непознанности [8].

Будем называть сложными те системы, результат функционирования которых не может быть задан заранее хотя бы в вероятностном смысле, независимо от причин этой неопределенности: внешних или внутренних.

Классифицируя системы как сложные и простые, необходимо отметить, что есть безусловно сложные системы по структуре и функционированию. Реже встречаются системы, сложные по структуре, но простые по функционированию. И гораздо чаще встречаются системы, сложность которых состоит в сочетании и чередовании функций. Таким образом, сложна либо структура, либо функционирование (либо то и другое).

Лефевр, исследователь конфликтующих структур, предложил считать сложной систему, для которой трех ее описаний (структурного, функционального и кибернетического) недостаточно, чтобы выявить ее сущность, и возникает необходимость в интегрирующей модели (так называемом конфигураторе), объединяющей все упомянутые срезы [9].

Рассмотрим еще более узкий класс – сложные технические системы. Это человеко-машинные системы, поведение которых в значительной степени зависит от интеллектуально-волевой деятельности людей.

Практически в каждой сложной технической системе можно выделить две подсистемы: управляющую и исполнительную. Исполнительная подсистема реализует основную функцию системы, управляющая регулирует ее поведение с учетом изменяющихся условий среды и требований пользователя.

Сложные технические системы, как правило, характеризуют: осуществление основных и вспомогательных функций; точность функционирования; быстродействие; надежность; адаптивность; модернизируемость; безопасность функционирования; простота и удобство управления; совместимость с другим системами и вспомогательным оборудованием; модульная структура; возможность стандартизации; масштабируемость.

К сложным техническим системам относятся и информационно-вычислительные системы. Современные корпорации и крупные предприятия с филиалами, размещенными на значительной территории, ощущают все большую потребность в корпоративных интегрированных информационных системах (КИИС). Задача такой системы – обеспечить доступность общих баз данных, работу приложений, внутреннюю телефонную связь, видеоконференц-связь, сделать реальностью общую информационную политику и политику в сфере безопасности.

Управление таким географически распределенным предприятием является весьма сложной задачей. Здесь особенно остро ощущается необходимость получения информации в реальном масштабе времени.

Именно поэтому и создаются КИИС, объединяя центральный офис предприятия с подразделениями, расположенными в других районах,

обеспечивая надежное поступление всей оперативной и статистической информации в центр.

Сложность любой системы также определяется набором задач, которые она должна выполнять. Наиболее типовые требования к системе телекоммуникационной сети географически распределенного предприятия включают в себя следующее:

- обеспечение передачи данных от каждого подразделения к центру и между собой со скоростью, не ниже заданной;

- предоставление каждому подразделению телефонной и факсимильной связи с центром и другими подразделениями по нескольким каналам;

- обеспечение возможности селекторных совещаний (голосовой телеконференции) между всеми подразделениями предприятия и центром.

- обеспечение возможности видеоконференций между всеми подразделениями предприятия и центром.

Существуют различные варианты построения КИИС на базе проводных, спутниковых и радиоканалов передачи данных.

#### Кабельные линии

Самое простое и надежное решение – построить КИИС на основе уже имеющихся собственных наземных кабельных линий связи или аренде таковых. Но, как правило, для решения задач, стоящих перед КИИС, существующих проводных каналов связи явно недостаточно, так как волоконно-оптические и медные кабели хорошего качества имеются в основном на магистральных участках сетей крупных операторов связи. А если речь идет о построении КИИС областного или районного масштаба, то во многих местах магистральных линий связи может просто не быть. И все же проводные линии связи – наиболее простой и удобный способ организации каналов КИИС. Поэтому полностью отказываться от проводных линий связи нецелесообразно; наряду с другими типами линий связи они должны быть использованы везде, где это возможно.

Второй вариант – это построение КИИС путем прокладки собственных волоконно-оптических кабелей. Такой подход кажется весьма перспективным: во-первых, это удобно и надежно; во-вторых, позволяет решать целый ряд задач и обеспечивает требуемое качество и количество каналов связи для КИИС; в-третьих, предоставляется возможность предприятию самому оказывать телекоммуникационные услуги.

Есть у такого решения и свои минусы. Во-первых, прокладка волоконно-оптических кабелей – это значительные финансовые и временные затраты. Так, например, прокладка каждого километра такого кабеля (включая его стоимость) обходится не менее чем в 10 000 долларов. Во-вторых, серьезное препятствие представляет все еще существующий вандализм, что серьезно повышает текущие расходы на эксплуатацию канала и его ремонт.

#### Спутниковые линии

Спутниковые системы связи, доступные для коммерческого

использования, появились относительно недавно. Они незаменимы для связи на больших расстояниях (межгосударственные, межконтинентальные коммуникации). Если же связь необходима на сравнительно малом расстоянии (до 400–500 км), то спутниковые коммуникации оправданы только в тех случаях, когда другие виды связи использовать невозможно (в горных условиях, при стихийных бедствиях в удаленных районах или в случае индустриальных катастроф).

Спутниковые линии связи имеют особенности:

высокая мобильность и независимость от местной инфраструктуры;  
требование прямой видимости спутника связи, который может находиться очень низко над горизонтом (20–25 градусов);

большая задержка, особенно для геостационарных систем, при передаче голосового трафика: с учетом времени обработки и кодека при одном скачке составляет свыше 300 мс, при двух скачках («хабовая» технология) – более 600 мс. (В рекомендации ITU-T G.114 One-Way Transmission Time указано требование к величине задержки при передаче голосового трафика: до 150 мс – так называемое «бизнес-качество», приемлемое для большинства пользователей и приложений; до 400 мс – допустимое для специальных приложений, если пользователь извещен о том, что увеличенная задержка отрицательно сказывается на качестве голоса.) При передаче голоса через спутниковый канал (с учетом его специфики и в соответствии с рекомендациями) приемлемое время задержки не должно превышать 400 мс;

· довольно сильное влияние гидрометеорологических условий, засветки Солнца и состояния атмосферы на качество сигнала и коэффициент ошибок, что объясняется особенностями распространения радиоволн на сверхвысоких частотах, используемых для спутниковой связи (порядка десятка гигагерц).

Спутниковые системы связи характеризуются наибольшей стоимостью владения из всех рассмотренных вариантов. Большую часть этой стоимости составляет аренда спутникового транспондера (порядка 2000–4000 евро в месяц за 1 Мбит/с, то есть за передачу из одной точки в другую полудуплексного трафика со скоростью 1 Мбит/с). Следующая по величине расходов статья – мониторинговый сбор за использование спутниковых приемопередающих станций.

Тем не менее, спутниковые системы связи – это мощное современное решение, применяемое при передаче информации на большие расстояния, а также в труднодоступных районах. Именно в таких случаях спутниковые системы практически вне конкуренции, причем не только по техническим, но и по стоимостным показателям. По данным операторов, спутниковая связь может быть выгоднее других видов связи при дальности более 500 км, конечно, с учетом тех особенностей, которые мы рассмотрели выше.

Радиоканалы

Когда на территории, где строится КИИС, не хватает или вообще нет проводных линий связи необходимого качества, а расстояние между двумя

соседними узлами КИИС не более 100 км, построение КИИС может быть реализовано на основе радиоканалов. Рассмотрим особенности, характерные для линий связи на основе радиотехнологий:

- быстрое развертывание подобных сетей;
- малое время задержки при передаче голоса между двумя соседними узлами, которое при использовании кодека G.729 составляет около 13 мс, что удовлетворяет самым жестким требованиям рекомендаций ИТУ-Т G.114;
- между антеннами передатчика и приемника необходимо обеспечить прямую видимость (это общая проблема всех систем связи на базе радиотехнологий в диапазоне СВЧ (радиорелейные, спутниковые, RadioEthernet);
- обязательное получение лицензии на использование радиочастот и разрешения на строительство и эксплуатацию радиоэлектронных средств (общая отличительная особенность всех радиотехнологий как наземных, так и спутниковых).

Сегодня при развертывании КИИС используют такие радиотехнологии, как радиорелейные линии связи и RadioEthernet (IEEE 802.11b). Технические различия между ними значительны, но они не являются предметом данной статьи, поэтому мы рассмотрим только их пользовательские свойства.

Радиорелейные каналы связи обычно имеют пропускную способность от нескольких потоков E1 до STM-1. Работают на частотах от единиц до десятков гигагерц. Стоимость полукомплекта оборудования радиорелейной связи (то есть оборудования, устанавливаемого с одной стороны радиоканала) начинается примерно с десятка тысяч долларов. Дальность связи составляет до 60–80 км.

В свою очередь, оборудование RadioEthernet обеспечивает связь на дальности до 40–45 км при битовой скорости до 11 Мбит/с (IEEE 802.11b) или 54 Мбит/с (IEEE 802.11a); в этом году IEEE планирует выпустить стандарт 802.11g со скоростями до 54 Мбит/с. Такой скорости вполне достаточно для приложений, работающих в КИИС. RadioEthernet (IEEE 802.11b) обладает меньшей чувствительностью к гидрометеорологическим условиям и состоянию атмосферы. Это объясняется тем, что IEEE 802.11b работает на частоте 2,4 ГГц, что намного ниже рабочих частот современных систем фиксированной спутниковой и радиорелейной связи. Но одна из самых привлекательных особенностей технологии RadioEthernet – низкая стоимость полукомплекта оборудования (приблизительно на порядок меньше стоимости полукомплекта радиорелейной системы связи и спутниковой станции TES). Немаловажное преимущество – стоимость владения – самая низкая из всех типов линий связи (за исключением собственных проводных). Фактически она включает лишь оплату лицензий и мониторинговый сбор.

При проектировании КИИС разрабатывается также топология будущей сети, определяется объем, тип и структура данных, строится модель информационных потоков предприятия, анализируются количество и типы используемых прикладных систем.

Именно прикладные системы обеспечивают повышение эффективности работы предприятий и общее требование к ним – это необходимость обеспечения высокой степени готовности и доступности. Чтобы система была эффективной, она должна обеспечивать непрерывность и быстрое восстановление всех бизнес-процессов предприятия.

Одним из наиболее востребованных решений является построение высокодоступных кластерных комплексов и организация серверных групп для приложений, используемых в предприятии.

Еще одна задача, имеющая первостепенное значение для эффективной работы приложений – организация систем и сетей хранения данных (SAN). Все чаще накопление данных и их последующий анализ используется для моделирования и прогнозирования. Как правило, подобные проекты включают в себя также подсистемы резервирования и восстановления данных.

Современный масштаб территориально распределенных предприятий для эффективной работы приложений требует использования систем мониторинга и управления сложными структурами, а внедрение информационно-аналитических систем позволяет принимать обоснованные управленческие решения на основе достоверной информации в реальном масштабе времени.

Анализ понятия сложности и построения корпоративных интегрированных информационных систем для географически распределенных предприятий позволяет сделать вывод о том, что задача поиска эффективных средств исследования, создания и управления системами самой различной природы актуальна.

## Литература

1. Берталанфи Л., История и статус общей теории систем. - М.: Наука, 1973.
2. Квейд Э. Анализ сложных систем. - М.: Сов. радио, 1969.
3. Сегал В.В. Анализ и синтез сложных систем. - К.: ЦЭМИ «Тридента», 1994.
4. Решетников В.Н. Моделирование информационного поиска в информационно-поисковых системах. // Кибернетика.-1979.- №5.
5. Общая теория систем. – М.: Мир, 1966.
6. Сетров М.И. Основы функциональной теории организации. – Л.: Наука, 1972.
7. Бусленко И.В., Калашников В.В., Коваленко И.Н. Лекции по теории сложных систем. – М.: Сов. радио, 1975.
8. Щедровицкий Г.П. Проблемы методологии системного исследования. – М.: Машиностроение, 1954.
9. Лефевр В.А. Конфликтующие структуры. -М.: Сов. радио, 1973.

## СТАТЬЯ 6

# ТЕОРИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ И МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ю.А.Куперин

Ссылка на источник: <http://www.nadprof.ru/library/books/kuperin.shtml>

### **I. Логика и методология сложности**

Основная задача теории сложных систем — построение новой научной картины мира или выработка «нового диалога человека с Природой» (И. Пригожин). В чем же состоит новизна диалога и почему он с необходимостью должен носить междисциплинарный характер? Тому есть несколько причин, и главная из них состоит в том, что многие современные фундаментальные научные проблемы и высокие технологии связаны с явлениями, лежащими на границах разных уровней иерархии теорий. Иными словами, большинство естественных наук (физика в первую очередь) и некоторые из гуманитарных (экономика, социология, психология) разработали концепции и методы для каждого из иерархических уровней, но не обладают универсальными подходами для описания происходящего между этими уровнями иерархии. Нестыковка иерархических уровней различных наук — одно из главных препятствий для развития истинно междисциплинарных исследований (синтеза различных наук) и достижения цели построения целостной картины мира. Переброска мостов между иерархическими уровнями требует, очевидно, нового мировоззрения и нового языка. Теория сложных систем — это одна из удачных попыток (да, по сути, и единственная попытка) построения такого синтеза на основе универсальных подходов и новой методологии. Следует здесь же отметить, что по меткому выражению П. Бака «теория сложности не может объяснить все обо всем, но что-то обо всем может».

Теория сложности, не имеющая до сих пор четкого математического определения, может быть охарактеризована характерными чертами тех систем и типов динамики, которые являются предметом ее изучения. Эти черты (повторяющиеся у различных авторов в различных сочетаниях) таковы:

**Нестабильность:** сложные системы стремятся иметь много возможных мод поведения, между которыми они блуждают в результате малых изменений параметров, управляющих динамикой.

**Неприводимость:** сложные системы должны рассматриваться как целое и не могут быть изучены разбиением их на части, которые рассматриваются изолированно. То есть, поведение системы определяется взаимодействием частей, но редукция системы к ее частям разрушает большинство аспектов, приносящих в систему индивидуальность.

**Адаптивность:** Сложные системы часто состоят из множества агентов, которые принимают решения и действуют исходя из частичной информации о системе в целом и ее окружении. Более того, эти агенты в состоянии изменять правила своего поведения на основе такой частичной информации. Если коротко, то сложные системы обладают способностью извлекать скрытые закономерности из неполной информации, обучаться на этих закономерностях и изменять свое поведение на основе новой поступающей информации.

**Эмерджентность:**(от существующего к возникающему у И. Пригожина): сложные системы продуцируют неожиданное поведение; фактически они продуцируют паттерны и свойства, которые невозможно предсказать на основе знания свойств их частей и взаимодействий между ними, рассматриваемых изолированно.

Эти характерные черты позволяют отделить простое от сложного, присущего наиболее фундаментальным процессам, происходящим, как в естественных, так и в гуманитарных [6, 8, 9, 12, 13, 15, 40] науках, составляя тем самым истинный базис междисциплинарных исследований. Что еще более существенно, это то, что за последние 30-40 лет в теории сложности были разработаны новые научные (т.е. контролируемые и воспроизводимые) методы, позволяющие универсально описывать сложную динамику, будь то в явлениях турбулентности, или в поведении электората накануне выборов.

Многие сложные явления и процессы в таких областях как экология, социология, экономика, политология и др. «не воспроизводимы» в реальном мире, в том же смысле, как воспроизводимы эксперименты в физике. Поэтому лишь появление мощных вычислительных средств и создание компьютерных (виртуальных) моделей этих явлений позволило впервые в истории науки производить эксперименты в этих областях так же, как это всегда делалось в естественных науках. Однако компьютерное моделирование потребовало развитие и новых теоретических подходов: фрактальной геометрии [10, 11, 12, 34, 35], теории хаоса [1, 5, 18, 19, 20, 28, 39], саморганизованной критичности [14, 30], нейроинформатики [21, 22, 23, 24, 25, 26, 27], квантовых алгоритмов [16, 17]. Все вместе, и компьютерное моделирование, и новые теоретические подходы, позволяют говорить о рождении новой междисциплинарной науки — теории сложных систем.

Уместно также отметить, что даже при очень скептическом отношении к теории сложности невозможно отрицать тот факт, что правительства разных стран тратят значительные средства на поддержку и развитие этого направления исследований. Это можно объяснять различными причинами («ерунда, за которую платят деньги, уже не ерунда»), но коль скоро эта тенденция существует и набирает силу, то национальным высшим школам, и российской в том числе, следует, по-видимому, активно приступать к решению проблемы подготовки специалистов в этой области.

## **II. Междисциплинарность как основа образования 21-го века**

В [3] Г. Г. Малинецкий приводит пример ситуации, заимствованной из книги Б. Заходера «Моя вообразиллия», в которой при возникновении затруднительного положения вызывают «академика по котам», потом «академика по китам». Это прекрасный образец специализации и цеховой структуры — главных черт науки прошлого века. Развитие современного общества и появление новых проблем, сопровождающих это развитие, делает ясным, что в 21-м веке потребуются не только эксперты по некоторым аспектам отдельных стадий сложных процессов (профессионалов в старом понимании этого термина). Понадобятся специалисты по решению проблем. Это означает, что истинные междисциплинарные исследования, основанные на теории сложности, будут в цене. А в университетах будут стараться учить не «предметам», а «стилям мышления». Экстраполируя сегодняшние тенденции в развитии науки, можно предвидеть, что начало 21 века будет ознаменовано появлением новых междисциплинарных подходов. Будущее же теории сложных систем будет зависеть от того, насколько она будет востребована и насколько интенсивным будет приток молодых исследователей в эту многообещающую область. В этой связи укажем лишь несколько перспективных на наш взгляд направлений развития теории сложности:

1. Теория риска и безопасности.
2. Историческая механика и стратегическое планирование.
3. Нейронауки.
4. Теория управления хаосом.
5. Квантовые вычисления и квантовые компьютеры.
6. Самоорганизованная критичность.
7. Эконофизика.

По перечисленным направлениям имеется обширная литература (см., напр.: [6, 7, 13, 14, 15, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 29, 31, 32, 33, 37, 38]).

Списки перспективных направлений, отличные от перечисленных выше, можно найти на сайтах ведущих исследовательских учреждений, работающих по соответствующей тематике: Институт сложных систем в Санта — Фе ([www.santafe.edu](http://www.santafe.edu)) и Институт сложных систем Новой Англии ([www.necsi.org](http://www.necsi.org)).

## **III. Краткая характеристика некоторых из перспективных направлений развития теории сложных систем (следуя Г. Г. Малинецкому [1, 3])**

### **Самоорганизованная критичность**

Вероятно, новая парадигма будет опираться на сочетание динамики и статистики. Математические модели, основанные на таком сочетании, предлагаемой теорией самоорганизованной критичности, позволили по-новому взглянуть на множество нелинейных процессов от биржевых крахов и схода снежных лавин до землетрясений и утечки конфиденциальной

информации. Поведение подавляющего большинства естественных и антропогенных систем носит отпечаток стохастичности. Поэтому принципиальным при оценке их безопасности является понимание статистических свойств происходящих в них случайных процессов. Как правило, при определении надежности любой системы явно или неявно предполагается, что происходящие в ней процессы имеют «компактные» законы распределения, например, гауссово распределение, т.е. такие, для которых вероятность выхода случайной величины за пределы некоторого проектного диапазона значений пренебрежимо мала. Несмотря на весьма широкую распространенность этого подхода, можно утверждать, что такая ситуация в сложных системах — скорее исключение, чем правило. Типична же ситуация, когда распределение вероятности имеет длинный, убывающий по степенному закону (т.е. очень медленно), «хвост», и наибольший ущерб приходится на очень крупные и очень редкие события. Классическим примером может служить зависимость численности землетрясений от их энергии (закон Рихтера-Гутенберга). Возникновение «широких» (с «хвостом») распределений обусловлено возможностью лавинообразного роста возмущений в сложных системах. В то время как о свойствах «компактно» распределенной случайной величины минимальную информацию может дать значение ее математического ожидания, для величины с «широким» распределением знания его недостаточно даже для качественных оценок, поскольку оно не дает никакой информации о крупных событиях. Более того, в ряде случаев математическое ожидание таких величин в принципе не может быть определено по экспериментальным данным. По этим причинам для описания таких систем введена новая статистическая характеристика, названная масштабом (Scale), определяющая характерный размер крупных событий.

### **Теория риска и безопасности**

Человечество входит в новое тысячелетие со словами об устойчивости, безопасности, гармонии своего развития. Международные встречи в Рио-де-Жанейро и Токио показали, что политики, ученые, руководители промышленных и финансовых структур искренне озабочены глобальными проблемами. Однако не настолько, чтобы реализовать серьезные, требующие значительных ресурсов программы. К сожалению, переговоры между развитыми и развивающимися странами по этим вопросам все чаще напоминают диалог грабителя и потерпевшего по поводу глобальной проблемы «ограбления». Однако растущее неравенство регионов, государств, социальных групп само превратилось в острую глобальную проблему. Пока человечество не намерено платить настоящую цену за устойчивость своего развития. Но ситуация быстро меняется. На наших глазах рождается новая реальность. Меняются системные свойства нашего мира. Например, Наполеон полагал, что для того, чтобы начать войну, ему надо убедить всех маршалов, 3/4 генералов, половину офицеров. Ситуация радикально изменилась. С одной стороны, чтобы начать войну, сегодня достаточно

решения гораздо более узкого круга лиц. С другой стороны, число людей, локальные действия которых могут иметь глобальные последствия, не относящихся к политическому истеблишменту, резко возросло. Это операторы атомных станций, командиры ядерных ракетноносцев, террористы, готовые играть без правил, и ряд других. Осмысление этой новой реальности требует серьезного междисциплинарного анализа, к которому научное сообщество только начинает подходить. Однако этот важный социальный заказ, непосредственно связанный с нашим будущим, уже осознан. Опыт анализа сложных систем и методы построения упрощенных моделей, концепций, понятийного аппарата могут оказаться здесь очень полезными.

### **Историческая механика и стратегическое планирование**

Принимаемые в настоящее время решения порой настолько важны, что они меняют не только политическую, экономическую, социальную, но и историческую траекторию государства, региона, этноса. При этом, к сожалению, часто приходится выбирать между плохими и очень плохими вариантами. Но для того чтобы выбирать или всерьез заниматься стратегическим планированием, нужно представлять альтернативные возможности, «виртуальные исторические траектории». Надо осознавать, что если идеологические заклинания, вроде «инога не дано», «конца истории» или «отказе от -измов» долго и настойчиво внушаются обществу, то это скорее всего означает, что каким-то социальным группам это очень выгодно. Глубокий кризис чисто гуманитарного знания в этой сфере показывает, что и здесь речь должна идти о междисциплинарном подходе. В самом деле, философия истории от Гегеля до Тейяра де Шардена оперировала такими понятиями как «смысл» или «конечная цель». Но теория сложности показала, что даже в довольно простых системах есть горизонт прогноза, а уж говорить о глобальной предопределенности вообще не приходится. Это заставляет спуститься с небес или из сферы схоластики на землю и взглянуть на историю как на прикладную дисциплину. Первые шаги в разработке такой техники анализа, которую условно можно назвать «исторической механикой» уже сделаны. Без конкретных моделей макроэкономического анализа описание социально-психологических процессов, техники имитационного компьютерного моделирования, которую в этой области предстоит развить, оно будет лишено почвы под ногами.

### **Нейронауки**

«Белым пятном», «слабым звеном», «окном уязвимости» во многих социальных проектах 20 века оказывался человек. Он опять и опять оказывался совсем не таким, каким ему надлежало бы быть по мнению философов и политиков. В свое время Е. Вигнер, обсуждая пределы науки, выделил две «сверхдисциплины», предлагающие универсальную и самосогласованную картину мира. Это физика и психология. Психология, как показало ее развитие в последние 20 лет, не приняла этого вызова. Ей оказалось очень трудно стать по-настоящему естественной наукой.

Биология сообщает множество интересных и важных подробностей о человеке, упуская что-то принципиальное. Все это верные признаки того, что назрела необходимость в междисциплинарном синтезе в этой области. Сейчас центром притяжения для многих дисциплин становится парадигма, называемая нейронаукой. Оказалось, что, исходя из самых общих представлений об архитектуре мозга и принципах его работы, можно строить замечательные компьютерные системы, которые справляются с задачами трудными или недоступными для обычных компьютерных архитектур и алгоритмов. В сфере притяжения этой парадигмы оказывается все больше работ из области когнитивной психологии и нейробиологии, вычислительной техники и физиологии, а также множество исследований, которые можно отнести к теории сложных систем.

#### **IV. Теория сложных систем в Санкт-Петербургском государственном университете**

За последние несколько лет в Санкт-Петербургском государственном университете достигнуты определенные успехи в развитии теории сложных систем, как в плане научных исследований, так и в образовательном процессе. Так, в 1995 г. на физическом факультете СПбГУ была создана первая в России Лаборатория теории сложных систем. Инициаторами ее создания выступили нобелевский лауреат и почетный доктор СПбГУ И. Р. Пригожин и ректор СПбГУ Л. А. Вербицкая. В 1999 г. на базе двух центров — Центра переподготовки и повышения квалификации научно-педагогических кадров по естественнонаучным направлениям (ЦППК ЕН) и Междисциплинарного центра дополнительного профессионального образования (МЦ СПбГУ) утверждена и реализуется программа профессиональной переподготовки «Теория сложных систем в естественнонаучных и междисциплинарных исследованиях». Профессорами и преподавателями университета читаются курсы лекций по различным аспектам теории сложных систем на ряде профильных факультетов: физическом, биолого-почвенном, факультете менеджмента и филологическом факультете. Наконец, в 2004 году в Центре карьер и профессиональной ориентации физического факультета СПбГУ совместно с компанией DataArt была открыта новая образовательная программа «Информационные технологии, эконофизика и менеджмент сложных систем». Упомянутые инициативы, а также ряд других, развиваемых в настоящее время, позволяют надеяться, что Санкт-Петербургский государственный университет станет одним из лидирующих центров России по теории сложных систем как в исследовательской, так и в образовательной перспективе.

#### **Литература**

1. Г.Г.Малинецкий, Хаос.Тупики, парадоксы, надежды, «Компьютерра», № 47, 1998.

2. Г.Хакен, Можем ли мы применять синергетику в науках о человеке?, Синергетика и психология, Тексты. Вып.2. Социальные процессы. Под ред. И. Н. Трофимовой — М., «Янус-К», 1999, с.11-25.
3. Г.Г.Малинецкий, Синергетика. Король умер. Да здравствует король! url: [www.iph.ras/~mifs/malinlr.htm](http://www.iph.ras/~mifs/malinlr.htm)
4. P.L.Bernstein, Against the Gods, The Remarkable Story of Risk, John Wiley&Sons, Inc., 1996, 383 p.
5. J Cohen, I Stewart, The Collapse of Chaos, Penguin Books, USA, 1994, 495 p.
6. Занг В.-Б., Синергетическая экономика. Время и перемены в нелинейной экономической теории: пер. с англ. — М.: Мир, 1999, 335 с.
7. Дойч Д. Структура реальности. — Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001, 400 с.
8. В.В. Василькова, Порядок и хаос в развитии социальных систем, синергетика и теория социальной самоорганизации, СПб, Лань, 1999, 478с.
9. P. Cilliers, Complexity and Postmodernism: Understanding Complex Systems, Routledge, London, New-York, 1998, 156 p.
10. Божокин С.В., Паршин Д. А., Фракталы и мультифракталы. — Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001, 128 с.
11. Р.М.Кроновер, Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. Москва: Постмаркет, 2000, 352 с.
12. Синергетическая парадигма. Многообразие поисков и подходов. — М.: Прогресс-Традиция, 2000, 536 с.
13. Mantegna R.N., Stenley H. E. An introduction to econophysics. Correlations and complexity in finance. Cambridge University Press. 2000, 145 p.
14. В.Эбелинг, А. Энгель, Р. Файстель, Физика процессов эволюции. Синергетический подход, М.: УРСС, 2001, 326.
15. С.П. Капица, С. П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий, Синергетика и прогнозы будущего, М., Наука, 1997, 283 с.
16. Квантовый компьютер и квантовые вычисления, РХД, Ижевск, 1999, 288с.
17. А.Китаев, А. Шень, М. Вялый, Классические и квантовые вычисления, М. МЦНМО, 1999, 192 с.
18. И. Пригожин, Конец определенности, Время, Хаос и Новые законы Природы, РХД, Ижевск, 2000, 205с.
19. И. Пригожин, И Стенгерс, Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой, — М.: Эдиториал УРСС, 2000, 308 с.
20. И. Пригожин, И Стенгерс, Время, хаос, квант, М., Прогресс, 1994, 259 с.
21. Уоссерман Ф., Нейрокомпьютерная техника, М.:Мир, 1992.
22. Горбань А.Н., Обучение нейронных сетей, М.: СП Параграф, 1990.
23. Ежов А.А., Шумский С. А. Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе (серия «Учебники экономико-аналитического института МИФИ» под ред. проф. В. В. Харитонов). М.: МИФИ, 1998. — 224 с., <http://rusnauka.narod.ru/lib/program/shumsky1.htm>

24. Г.Дебок, Т. Кохонен, Анализ финансовых данных с помощью самоорганизующихся карт, М.: Издательский Дом «Альпина, 2001, 317 с.
25. Бэстенс Д.-Э., ван дер Берг В.-М., Вуд Д. Нейронные сети и финансовые рынки: принятие решение в торговых операциях.- Москва: ТВП, 1997.
26. Ю.А.Куперин, Нейросетевые технологии в финансах, Учебн.пособие, СПбГУ, 2001, 84 с.
27. Neural networks in the capital markets, (edited by Apostolos-Paul Refenes), John Wiley&Sons Ltd., 1995, 379 p.
28. S.Wiggings, Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos, Springer-Verlag, 1990, 667 p.
29. R.Vince, The Mathematics of Money Management. Risk Analysis. Techniques for Traders, John Willey&Sons, 1992.
30. Per Bak, How Nature Works: the Science of Self — Organized Criticality, Oxford Univ. Press, 1997.
31. H. Haken, Principles of Brain Functioning: A Synergetic Approach to Brain Activity, Behavior and Cognition, Springer, 1996.
32. K.Dowd, Beyond Value at Risk, The New Science of Risk Management, John Wiley&Sons, 1998, 270 p.
33. Risk Managemant: Problems and Solutions, McGraw-Hill, Inc., 1995, 349 p.
34. Yaneer Bar-Yam, «Significant points» in the study of complex systems, <http://www.necsi.org>
35. Yaneer Bar-Yam, Concepts in Complex Systems, <http://www.necsi.org>
36. M.Gell-Mann, What is Complexity, Complexity, vol.1, № 1, 1995.
37. Control of Oscillations and Chaos, Proc. 2d Intern.Conference, Vol.1-3, July 5-7, St.Petersburg, Russia.
38. P.Embrechts, C. Kluppelberg, T. Mikosch, Modeling Extremal Events, Springer, 1997, 643 p.
39. Г.Г. Малинецкий, А. Б. Потапов. Современные проблемы нелинейной динамики.- М.:Эдиториал УРСС, 2000, 336 с.
40. В.П. Бранский, Искусство и философия, Калининград, Янтарный сказ,1999, 697 с.