

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ

Тяжев А.И.

Учебное пособие по дисциплине

**«Современные проблемы  
теории управления»**

Рекомендовано методическим советом ПГУТИ в  
качестве учебного пособия для магистрантов  
направление подготовки **«Управление в  
технических системах»**

Самара, ПГУТИ - 2019

Рецензент зав. кафедрой программного обеспечения и управления в технических системах ПГУТИ д.т.н., профессор Тарасов В.Н.

Т99 Тяжев А.И. Современные проблемы теории управления. Учебное пособие.

Рассмотрены принципы и методы синергетической теории управления, приведена классификация объектов управления, рассмотрены комплексное моделирование и его технологии, вычислительные методы в моделировании, приведены способы описания сложных систем и их управления, даны характеристики направлений развития сложных систем, рассмотрены вопросы декомпозиции и агрегирования при исследовании систем управления.

В пособии приводятся также сведения об иерархических, сетевых и реляционных моделях представления данных, о роли технологий управления в современном мире и требования к специалистам в области управления.

### Содержание курса по дисциплине «Современные проблемы теории управления»

Список сокращений и обозначений. Глоссарий терминов.....	3
Введение. Принципы и методы синергетической теории управления.....	4
Раздел 1 «Методы и технологии моделирования систем управления».....	6
1.1. Структурная схема системы управления, её состав, назначение и взаимодействие частей схемы. ....	6
1.2. Понятия объекта, субъекта и цели управления.....	6
1.3. Классификация объектов управления.....	7
1.4. Виды и свойства моделей.....	7
1.5. Назначение моделирования. ....	8
1.6. Комплексное моделирование и его технологии. ....	8
1.7. Источники погрешности моделирования. ....	9
1.8. Оценка обусловленности вычислительной задачи. ....	9
1.9. Вычислительные методы в моделировании. ....	9
1.10. Контроль правильности модели. ....	11
1.11. Вопросы для самоконтроля.....	11
Раздел 2 «Способы описания сложных систем и их управления».....	12
2.1. Основные черты сложных систем. ....	12
2.2. Характеристики направлений развития сложных систем.....	12
2.3. Разновидности систем со сложной структурой. ....	13
2.5. Характеристики систем со сложной структурой. ....	14

2.6. Вопросы для самоконтроля.....	14
Раздел 3 «Декомпозиция и агрегирование при исследовании систем управления».....	15
3.1. Понятие системного анализа управления и его процедуры.....	15
3.2. Области применения системного анализа.....	15
3.3. Декомпозиция сложных систем и алгоритм ее применения.....	15
3.4. Агрегирование и эмерджентность систем, агрегаты-операторы и агрегаты-структуры.....	16
3.5. Вопросы для самоконтроля.....	16
Раздел 4 «Распределенные и иерархические системы управления».....	17
4.1. Иерархическая модель представления данных, её достоинства и недостатки, пример.....	17
4.2. Сетевая модель представления данных, её достоинства и недостатки.....	17
4.3. Реляционная модель представления данных, ее достоинства и недостатки.....	17
4.4. Термины реляционной модели.....	18
4.5. Принципы размещения данных в таблицах реляционной модели.....	18
4.6. Вопросы для самоконтроля.....	19
Раздел 5 «Роль технологий управления в современном мире».....	20
5.1. Роль информации в современном мире.....	20
5.2. Роль информационных технологий в управлении сложными системами.....	21
5.3. Требования к специалистам в области управления.....	24
5.4. Вопросы для самоконтроля.....	24
Список литературы.....	25

## Список сокращений и обозначений

СПТУ - современные проблемы теории управления

СТУ - синергетическая теория управления

ОУ - объект управления

АЦП - аналогово-цифровое преобразование

ЦАП - цифро-аналоговое преобразование

СС - сложные системы

АЭС - атомная электростанция

ПК - персональный компьютер

СУБД - система управления базами данных

ЭБ - электронная библиотека

ИТ - информационные технологии

## Глоссарий терминов

**Техносфера** - это искусственная оболочка Земли, воплощающая человеческий труд, организованный научно-техническим разумом.

**Синергетика** - междисциплинарное направление научных исследований, в рамках которого изучаются общие закономерности процессов перехода от хаоса к порядку и обратно (процессов самоорганизации и самопроизвольной дезорганизации) в открытых нелинейных системах физической, химической, биологической, экологической, социальной и другой природы.

**Аттрактор** - множество точек в фазовом пространстве динамической системы, к которым стремятся траектории системы в установившемся режиме.

**Автоматическое управление** - это совокупность действий, направленных на поддержание или улучшение функционирования объекта управления без непосредственного участия человека.

**Модель** - это выраженная в той или иной форме информация о наиболее существенных характеристиках объекта.

**Словесные или вербальные модели** - это модели, представленные в виде словесного описания объектов.

**Физические модели** - это уменьшенные копии реальных объектов, позволяющие исследовать процессы в реальном пространстве.

**Математические модели** - это модели, в которых информация об исследуемом объекте представляется в математических терминах, они подразделяются на графические, табличные, аналитические и алгоритмические.

**Адекватность модели** - это степень соответствия модели реальному исследуемому объекту.

**Потенциальность модели** - это способность модели дать новые знания об исследуемом объекте, спрогнозировать его поведение или свойства.

**Системный анализ** - это разбиение процесса исследования на подпроцессы, моделирование их и выработка алгоритма принятия решения в процессе управления.

**Эмерджентность** - это особенность систем, состоящая в том, что свойство системы не сводится к совокупности свойств частей, из которых она состоит, и не выводится из них.

**Реляционная модель** - это модель представления данных, основанная на логических отношениях между ними, которые представляют собой множество элементов, характеризующих связи между данными.

# Введение. Принципы и методы синергетической теории управления

В настоящее время, когда формируется постиндустриальное информационное общество, кардинальной проблемой становится существенное увеличение удельного веса искусственных регуляторов в единой целостной системе: общество – техносфера – природа. Основное внимание ученых, политиков и общественности все в большей мере концентрируется на фундаментальных проблемах управления, связанных с ресурсосберегающими технологиями, новой организацией социально-экономических систем, экологической и ядерной безопасностью открытого общества. Существенное отличие стратегий технологической деятельности в начале XXI века состоит в освоении принципиально новых типов объектов и процессов, представляющих собой весьма сложные саморазвивающиеся макросистемы. В таких открытых макросистемах возникают, как известно, кооперативные явления, базирующиеся в первую очередь не на силовых, а на информационных взаимодействиях. В результате проявления кооперативных эффектов, развивающиеся системы порождают новые структуры без каких-либо внешних силовых воздействий. Иначе говоря, в сложных макросистемах возникают процессы самоорганизации, изучаемые современной нелинейной динамикой и синергетикой. Такого рода принципиально новые кооперативные явления в сложных макросистемах следует непременно учитывать при разработке эффективных стратегий технологической деятельности человека. Современные сложные системы разнообразной природы представляют собой комплекс различных подсистем, выполняющих определенные технологические функции и связанных между собой процессами интенсивного динамического взаимодействия и обмена энергией, веществом и информацией. Указанные суперсистемы являются нелинейными, многомерными и многосвязными, в них протекают сложные переходные процессы и возникают критические и хаотические режимы. Проблемы автоматического управления такого рода динамическими суперсистемами являются весьма актуальными, чрезвычайно сложными и практически недоступными для существующей теории управления. В качестве инструмента для решения этих проблем предлагается использовать принципы и методы новой синергетической теории управления (СТУ), базирующейся на идее направленной самоорганизации и управляемой динамической декомпозиции нелинейных многомерных систем. Существующая теория управления весьма успешно освоила методы централизованного внешнего воздействия на различные объекты, однако, наступило время пересмотра затратных подходов в задачах управления и перехода на идеи самоорганизации синергетики. Отсюда вытекает насущная потребность поиска путей целевого воздействия на процессы самоорганизации в нелинейных динамических системах. В этой связи возникает фундаментальная проблема поиска общих объективных законов процессов управления, которая сводится к максимальному учету естественных свойств объекта соответствующей физической природы. Эта принципиально новая проблема системного синтеза порождает крупные самостоятельные задачи в тех предметных областях, к которым принадлежит объект управления.

Подчеркнем два фундаментальных свойства синергетических систем: это, во-первых, обязательный обмен с внешней средой энергией, веществом и

информацией и, во-вторых, непереносимое взаимодействие компонентов системы. Представляется весьма перспективным для развития теории системного синтеза осуществить перенос свойств синергетических систем на проектируемые системы управления нелинейными объектами. Разумеется, при этом возникает непростая проблема перехода от естественных синергетических принципов к количественным соотношениям. Такой подход позволил построить новую СТУ, имеющую глубокое естественнонаучное обоснование как приложение принципов самоорганизации в проблемах управления. Основные особенности СТУ применительно к проблеме системного синтеза состоят, во-первых, в кардинальном изменении целей поведения синтезируемых систем; во-вторых, в непосредственном учете в процедурах синтеза естественных свойств нелинейных объектов и, в-третьих, в формировании нового механизма генерации нелинейных обратных связей. При синергетическом подходе к синтезу систем целью их функционирования, в отличие от классической теории автоматического регулирования и теории оптимального управления, является не только выполнение требований к характеру переходного процесса, но и, в первую очередь, обеспечение желаемого асимптотического поведения системы. Это связано с тем обстоятельством, что поведение любой нелинейной системы может быть разделено на этап переходного движения, когда ее траектории устремляются к аттрактору, и этап асимптотического движения на желаемом аттракторе - цели функционирования системы. Такой подход позволяет принципиально разрешить проблему аналитического синтеза объективных законов управления нелинейными многомерными объектами. Целью синтезируемой системы является достижение желаемого аттрактора, т. е. асимптотически устойчивого конечного состояния. Размерность аттрактора - цели системы - обычно существенно меньше размерности ее исходного фазового пространства. Отсюда вытекает идеология процессов обработки информации и управления в сложных нелинейных динамических системах: для этого необходимо, чтобы указанные процессы включали, по меньшей мере, две фазы - фазу расширения и фазу сжатия фазового пространства. Эти фазы реализуются с помощью соответствующей совокупности нелинейных положительных и отрицательных обратных связей. При этом в фазе расширения в системе формируется подмножество различных альтернатив поведения для ее взаимодействия с внешней средой или другими системами. В фазе сжатия система сжимает область притяжения аттракторов, ранее построенных, в один из желаемых аттракторов — цель системы. Существенное отличие развиваемой в настоящее время СТУ от классической теории управления состоит в том, что эта теория базируется на информационно-физических взаимодействиях в управляемых системах различной природы. Обозначенные выше проблемы рассматриваются ниже в соответствующих разделах курса «Современные проблемы теории управления» (СПТУ).

# Раздел 1 «Методы и технологии моделирования систем управления»

## 1.1. Структурная схема системы управления, её состав, назначение и взаимодействие частей схемы.

Автоматическим управлением называется совокупность действий, направленных на поддержание или улучшение функционирования объекта управления (далее – ОУ) без непосредственного участия человека.

Цель управления связывается с изменениями во времени свойств, характеристик или выходной величины ОУ для достижения желаемого результата.

В любом процессе управления существует объект, которым управляют (например, станок, предприятие, коллектив и т. д.), а также орган, который осуществляет управление (техническое средство, человек). В процессе управления этот орган получает информацию об ОУ, а также некоторую информацию о состоянии внешней среды, где находится объект и с которой он связан и зависим от нее. Вся эта информация воспринимается управляющим органом, который вырабатывает на её основе руководящую информацию (принимает решение). На основе принятого решения некоторый исполнительный орган (аппарат управления, руки работающего и др.) совершает управляющее воздействие на объект. Все эти три элемента вместе с информационными связями образуют структурную систему управления:



## 1.2. Понятия объекта, субъекта и цели управления.

В любом процессе управления существует объект, которым управляют (например, станок, предприятие, коллектив и т.д.), его называют объектом управления.

Часто управляющий и исполнительный органы объединяют в одно понятие - субъект управления. В таком случае систему управления можно представить, как совокупность двух подсистем: управляемой и управляющей. Самым сложным на приведенной схеме является управляющий орган, поскольку он должен оперативно перерабатывать большие объемы информации, поступающей на его вход.

Управление всегда осуществляется с определенной целью, которая всегда конкретна и определена для данного ОУ и зависит от состояния объекта и

среды, в которой находится объект. Для достижения заданной цели управления нужна информация не только о состоянии ОУ, а также о состоянии всех элементов системы управления. Управляющие действия, которые поступают из управляющей части в управляемую, могут быть разные по характеру (в зависимости от природы управляемого объекта):

- энергетические,
- материальные,
- информационные (информационные управляющие действия особенно характерны для систем, объектом управления которых являются коллективы людей, такие системы называются системами организационного управления).

### **1.3. Классификация объектов управления.**

В самом общем виде под ОУ понимается часть окружающего нас мира, поведение которой интересует нас и на которую мы можем целенаправленно воздействовать. В зависимости от свойств и характеристик ОУ их разбивают на следующие группы:

- Статические ОУ (параметры которых не зависят от времени);
- Динамические ОУ (параметры которых изменяются во времени);
- Линейные ОУ (параметры которых изменяются по линейным законам);
- Нелинейные ОУ (параметры которых изменяются по нелинейным законам);
- Дискретные ОУ (параметры которых изменяются через некоторый временной интервал - период дискретизации);
- Непрерывные ОУ (период дискретизации у них стремится к нулю);
- Стационарные ОУ (параметры которых изменяются по стационарным законам, их математическое ожидание и дисперсия не изменяются во времени);
- Нестационарные ОУ (математическое ожидание и дисперсия у них изменяются во времени);
- ОУ с сосредоточенными параметрами (управляемые параметры ОУ сосредоточены в ограниченном пространстве);
- ОУ с распределёнными параметрами (управляемые параметры ОУ распределены в пространстве вплоть до бесконечности, поэтому в таких системах существуют проблемы доставки управляющего воздействия до объекта).

Математическое ожидание – это среднее значение случайной величины. Дисперсия случайной величины – это мера разброса данной случайной величины, то есть её отклонение от математического ожидания.

### **1.4. Виды и свойства моделей.**

Человек в своей деятельности использует различные модели, которые применяются либо для выявления механизмов процессов и явлений, происходящих в ОУ, либо для прогнозирования их поведения и функционирования. Под моделью понимается выраженная в той или иной форме информация о наиболее существенных характеристиках объекта. По способам представления этой информации выделяют следующие виды моделей:

- Словесные или вербальные модели (представленные в виде словесного описания объектов);
- Физические модели (уменьшенные копии реальных объектов, позволяющие исследовать процессы в реальном пространстве);
- Математические модели, в которых информация об исследуемом объекте представляется в математических терминах. Математические модели подразделяются на:
  - графические (зависимости в виде графиков);
  - табличные (в виде таблиц);
  - аналитические (математические формулы);
  - алгоритмические (структурные схемы алгоритмов).

Процедуру построения модели называют идентификацией. Этот термин чаще используется для аналитических моделей.

Свойства модели:

Адекватность – это степень соответствия модели реальному исследуемому объекту. Адекватность никогда не может быть полной. На практике модель считают адекватной, если она с удовлетворительной точностью позволяет достичь целей исследования. Степень адекватности конкретной модели может быть различной. Это зависит не только от желания исследователя, но и от соблюдения технологии моделирования.

Простота (сложность) также является одной из характеристик модели. Чем большее количество свойств объекта описывает модель, тем более сложной она оказывается. Но не всегда, чем сложнее модель, тем выше ее адекватность. Надо стремиться найти достаточно простую модель, позволяющую достичь требуемых результатов исследования.

Потенциальность (предсказательность) – способность модели дать новые знания об исследуемом объекте, спрогнозировать его поведение или свойства. На основе изучения математических моделей, описывающих движение планет Солнечной системы с учетом закона всемирного тяготения, теоретически были предсказаны существование и орбиты планет Нептун и Плутон.

### **1.5. Назначение моделирования.**

Человек в своей деятельности использует различные модели, которые применяются либо для выявления механизмов явлений, происходящих в ОУ, либо для прогнозирования их поведения и функционирования. Под моделью понимается выраженная в той или иной форме информация о наиболее существенных характеристиках объекта. Моделирование можно рассматривать как замещение исследуемого объекта (оригинала) его условным образом, описанием или другим объектом, именуемым моделью и обеспечивающим адекватное с оригиналом поведение в рамках некоторых допущений и приемлемых погрешностей. Моделирование обычно выполняется с целью познания свойств оригинала, путем исследования его модели, а не самого объекта. Разумеется, моделирование оправдано в том случае, когда оно проще создания самого оригинала или когда последний по каким-то причинам лучше вообще не создавать.

Исключительно велика роль моделирования в ядерной физике и энергетике. Достаточно сказать, что замена натуральных ядерных испытаний моделированием не только экономит огромные средства, но и благоприятно сказывается на экологии планеты Земля. А такое явление, как «ядерная зима», вообще может исследоваться только на моделях, поскольку произойди оно на самом деле, это означало бы уничтожение жизни на Земле.

Цели моделирования. Существует множество конкретных целей моделирования. Здесь отметим лишь две цели обобщающего значения:

- изучение механизма явлений (познавательная цель);
- управление объектами и системами с целью выработки по модели оптимальных управляемых воздействий и характеристик системы.

В обоих случаях модель создается для определения и прогноза интересующих нас характеристик.

### **1.6. Комплексное моделирование и его технологии.**

Самой распространённой технологией моделирования является комплексное моделирование. Эта технология подразумевает комплексное моделирование на ЭВМ. При этом выполняются следующие действия:

- определение цели моделирования;
- разработка объектов моделей и системы;
- формализация модели
- программная реализация модели;
- планирование модельных экспериментов;
- реализация экспериментов.

Результаты комплексного моделирования используются как основа для дальнейших исследований и разработок, в том числе дорогостоящих натуральных испытаний. Процесс построения моделей с помощью формальных языков называется формализацией. При изучении нового объекта сначала обычно строится его описательная информационная модель на естественном языке, затем она формализуется, т. е. выражается с использованием формальных языков. Математика является наиболее широко используемым формальным языком. С использованием математических понятий и формул строятся математические модели.

### **1.7. Источники погрешности моделирования.**

Получаемое на модели решение почти всегда содержит погрешность. Различают следующие виды погрешностей:

1. Абсолютную погрешность  $\varepsilon = x - x_i$  (разность между приближенным  $x$  и точным или идеальным  $x_i$  значениями результата);
2. Относительную погрешность.  $\Delta = \varepsilon / x_i$

Перечислим основные источники погрешностей:

1. Погрешность модели (математическая модель является лишь приближенным описанием реального процесса);
2. Погрешность данных (исходные данные, как правило, содержат погрешности, поскольку являются результатами приближенных

экспериментов (измерений) или решениями вспомогательных задач);

3. Погрешность метода (применяемые для решения задачи методы в большинстве случаев являются приближенными);
4. Вычислительная погрешность (при вводе исходных данных в ЭВМ и выполнении операций производятся округления).

Погрешности 1,2 принципиально неустранимы (неустранимые на данном этапе решения, для их уменьшения приходится вновь возвращаться к построению математической, а и иногда и концептуальной модели, проводить дополнительное экспериментальное уточнение условий задачи). Погрешности 3,4 могут быть устранены.

### **1.8. Оценка обусловленности вычислительной задачи.**

Оценка обусловленности вычислительной задачи – еще одно обязательное требование при выборе метода решения и построении математической модели. Пусть вычислительная задача корректна. Теоретически устойчивость задачи означает, что ее решение может быть найдено со сколь угодно малой погрешностью, если только гарантировать достаточно малую погрешность входных данных. Однако на практике их точность ограничена.

Как влияют малые, но конечные погрешности входных данных на решение? Насколько сильно они искажают результат? Ответ на это дает понятие обусловленности задачи, то есть чувствительности решения вычислительной задачи к малым погрешностям входных данных. Задачу называют хорошо обусловленной, если малым погрешностям входных данных отвечают малые погрешности решения, и плохо обусловленной, если возможны сильные изменения решения. Часто возможно ввести количественную оценку степени обусловленности – число обусловленности: его можно интерпретировать как коэффициент возможного возрастания погрешности в решении по отношению к вызвавшей их погрешности входных данных.

### **1.9. Вычислительные методы в моделировании.**

Можно выделить следующие классы вычисленных методов:

1. Метод эквивалентных преобразований. При этом исходную задачу заменяют другой, имеющей то же решение, например: нахождение корня нелинейного уравнения  $f(x) = 0$  сводят к поиску точек глобального минимума  $\Phi(x) = (f(x))$ .

Существует множество областей, в которых можно применить метод эквивалентных преобразований.

Например:

- Электрические схемы. Эквивалентные преобразования включают объединение последовательно или параллельно включенных элементов, замену источников тока источниками напряжения и источников напряжения источниками тока, замену части цепи активным двухполюсником. Путем эквивалентных преобразований отдельных частей сложных схем последние можно привести к более простым схемам.
- Алгебраические преобразования. Помимо простейших эквивалентных преобразований (переноса членов, умножения

или деления на число) при исследовании дифференциальных уравнений широко применяют такое преобразование, как почленное дифференцирование.

- АЦП/ЦАП. Возможность эквивалентного преобразования аналоговой величины в дискретную форму и последующего восстановления ее с заданной точностью.

2. Метод аппроксимации. При этом исходную задачу заменяют другой, решение которой близко к решению исходной задачи. Аппроксимация – это научный метод, состоящий в замене одних объектов другими, в том или ином смысле близкими к исходным, но более простыми.

Аппроксимация позволяет исследовать числовые характеристики и качественные свойства объекта, сводя задачу к изучению более простых или более удобных объектов (например, таких, характеристики которых легко вычисляются или свойства которых уже известны). Области применения:

- В геометрии рассматриваются аппроксимации кривых ломаными прямыми (кусочно-линейная аппроксимация);
- Теория приближения функций;
- Численные методы анализа.

3. Методы конечно-разностные, основанные на замене производных конечными разностями, например:

$$f'(x) = \frac{f(x+h) - f(x)}{h};$$

Метод конечных разностей - это численный метод решения дифференциальных уравнений, основанный на замене производных разностными схемами. Области применения:

1. Решение эллиптических задач.
2. Решения дифференциальных уравнений.

4. Итерационные методы - методы последовательных приближений к решению задачи. При этом вначале задается начальное приближение решения, затем строится итерационная последовательность приближений к решению. Если эта последовательность сходится к решению, то говорят, что итерационный процесс сходится. Множество начальных приближений, при которых процесс сходится к решению, называются областью сходимости метода.

Суть метода заключается в нахождении по приближенному значению величины следующего приближения (являющегося более точным). Разновидностью итерационных методов является метод итераций (метод последовательных приближений), он применяется для отыскания корней алгебраических уравнений вида  $x=F(x)$ .

5. Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло). Он основан на моделировании случайных величин и построении статистических оценок решений задач (для моделирования больших систем). Для реализации этого метода используются генераторы случайных чисел. Области применения:

- статистическая физика;
- решение задач теории игр;
- решение задач теории массового обслуживания;
- математическая экономика.

Почему в моделировании прибегают к численным методам? Зачастую традиционные математические методы оказываются малопригодными, требуют больших трудозатрат. К тому же большой объем ручных вычислений может приводить к ошибкам. Численные методы позволяют применять алгоритмы, требующие большого количества вычислений, которые были недоступны до появления высокопроизводительных ЭВМ.

### **1.10. Контроль правильности модели.**

Для контроля правильности модели может использоваться ряд приемов:

- Анализ размерности – величины в левой и правой частях выражения, а также отдельные слагаемые в каждой из частей выражения должны иметь одинаковую размерность;
- Проверка порядков и характеров зависимостей – параметры и переменные, которые в данной задаче выражены величинами большего порядка, могут быть исключены из рассмотрения как несущественные, что часто позволяет значительно упростить модель. Характер изменения значений моделируемых величин должен соответствовать их реальному смыслу и не противоречить наблюдаемым данным;
- Исследование предельных случаев – результаты моделирования при крайних значениях параметров модели, равных, как правило, нулю или бесконечности, не должны противоречить смыслу (например, энергия реальной физической системы не может оказаться бесконечно большой, время процесса – отрицательным и т. п.). Модель в этом случае существенно упрощается и становится легче для понимания;
- Проверка замкнутости и корректности математической задачи – система математических соотношений должна иметь единственное решение.

Задача корректна, если она удовлетворяет следующим требованиям:

- решение существует только при наличии входных данных;
- решение единственное;
- решение непосредственно зависит от исходных данных задачи.

### **1.11. Вопросы для самоконтроля**

1. Дайте понятие объекта управления и дайте их классификацию по группам.
2. Приведите классификацию и перечислите свойства моделей.
3. Перечислите последовательность действий при комплексном моделировании.
4. Назовите три группы методов для решения задач моделирования и дайте их сравнительную характеристику.
5. Расскажите об основных причинах погрешностей моделирования.
6. Расскажите об обусловленности и корректности вычислительных задач.
7. Назовите способы контроля правильности модели.

## Раздел 2 «Способы описания сложных систем и их управления»

### 2.1. Основные черты сложных систем.

Сложные системы характеризуются следующими основными чертами:

1. *Нестабильность*. Сложные системы стремятся иметь много возможных вариантов поведения, видов колебаний, между которыми они блуждают в результате малых изменений параметров системы.
2. *Неприводимость*. Сложные системы должны рассматриваться как целое и не могут быть изучены разбиением их на части, т. к. поведение сложной системы определяется взаимодействием её частей. Рассмотрение системы по частям разрушает большинство свойств и индивидуальностей сложной системы.
3. *Адаптивность (приспособление)*. Сложные системы часто состоят из множества элементов, которые действуют, исходя из информации о системе в целом и её окружении. Более того, эти элементы в состоянии изменять правила своего поведения на основе поступающей к ним информации. Сложные системы обладают способностью извлекать скрытые закономерности из информации, обучаться на этих закономерностях и изменять своё поведение в зависимости от информации.
4. *Эмерджентность* (от имеющегося к возникающему). Сложные системы продуцируют или генерируют неожиданное поведение и свойства, которые невозможно предсказать на основе знания свойств их частей и взаимодействия между ними.

### 2.2. Характеристики направлений развития сложных систем.

Начало XXI века ознаменовано появлением новых междисциплинарных подходов и новых направлений теории сложности. Рассмотрим эти направления и их характеристики:

1. *Самоорганизованная критичность* – это симбиоз динамики и статистики.

Математические модели, основанные на сочетании динамики и статистики, позволили по-новому взглянуть на процессы в сложных системах. Например: биржевые крахи, землетрясения, сходы снежных лавин, утечка конфиденциальной информации и т.д. – все эти процессы и явления представляют собой симбиоз динамики и статистики. Раздел математики теория вероятностей обычно использует компактные законы вероятностного распределения, например, распределение Гаусса. Для сложных систем типичной является ситуация, когда распределение вероятностей имеет длинный, медленно убывающий хвост, при этом наибольший ущерб приносят крупные и редкие события. Возникновение вероятностных распределений с длинными хвостами обусловлено возможностью лавинообразного процесса возмущения. Для сложных систем математическое ожидание и СКО (среднее квадратичное отклонение) процесса не может быть определено экспериментально. Поэтому

для сложных систем вводится новая характеристика: масштаб. Масштаб определяет вероятность появления и размер крупных событий.

## ***2. Теория риска и безопасности***

Количество людей, действия которых может иметь глобальные последствия для человечества, резко возрастает. Это операторы АЭС, командиры ядерных ракетных установок, террористы и ряд других категорий людей. Осмысление этой новой реальности требует применения междисциплинарного анализа. Междисциплинарный анализ - это сочетание психологии, концепций понятийного аппарата, физиологии. Растущее экономическое неравенство регионов, государств и социальных групп населения создаёт глобальную проблему напряжения, которая выливается в острые межнациональные и межгосударственные конфликты. Анализ сложных систем на основе теории риска и безопасности может оказаться полезным и дать полезные рекомендации.

***Виды опасностей.*** *Социальные опасности* – это опасности, вызванные низким духовным и культурным уровнем населения, например, бродяжничество, проституция, пьянство, алкоголизм, преступность и т.д. Источниками этих опасностей являются неудовлетворительное материальное состояние, плохие условия существования, забастовки, восстания, революции, конфликтные ситуации на межнациональной, этнической, расовой или религиозной почве.

*Техногенные опасности* создают элементы техносферы – машины, сооружения, вещества. Перечень техногенных, реально действующих опасностей значителен и включает более 100 видов. К распространенным, имеющим достаточно высокий уровень опасности, относятся производственные опасности: запыленность и загазованность воздуха, шум, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения, недостаточное освещение, монотонность деятельности, тяжелый физический труд и т. д.

К *естественным опасностям* относятся солнечная активность, землетрясения, наводнения, карстовые явления, штормовые ветры, снежные метели и заносы, оползни, метеориты, кометы и т. д. относятся к. Естественные опасности обусловлены природными и климатическими явлениями. Они возникают при изменении погодных условий и естественной освещенности в биосфере, а также в результате стихийных явлений, происходящих в биосфере.

К *политическим опасностям* относятся конфликты на межнациональном и межгосударственном уровнях, духовное притеснение, политический терроризм, идеологические, межпартийные, межконфессиональные и вооруженные конфликты, войны.

***Виды риска.*** *Социальный риск* характеризует масштабы и тяжесть негативных последствий чрезвычайных ситуаций, а также различного рода явлений и преобразований, снижающих качество жизни людей. По существу – это риск для группы или сообщества людей. Наиболее распространенными факторами социального риска являются:

- низкий уровень медицинского обслуживания;
- поселение людей в зонах возможного затопления, образования оползней, селей и т.д.;
- применение оружия массового поражения;
- боевые действия;
- распространение вирусных инфекций;
- безработица;

- голод;
- нищета;

*Экологический риск* выражает вероятность экологического бедствия, катастрофы, нарушения дальнейшего нормального функционирования и существования экологических систем и объектов в результате антропогенного вмешательства в природную среду или стихийного бедствия. Наиболее распространенными факторами экологического риска являются:

- образование искусственных водоемов;
- разрушение ландшафтов при добыче полезных ископаемых;
- интенсивная мелиорация;
- истребление лесных массивов;
- загрязнение водоемов, атмосферного воздуха вредными веществами, почвы – отходами производства;
- изменение газового состава воздуха;
- энергетическое загрязнение биосферы;
- землетрясение, извержение вулканов, наводнение, ураган, ландшафтный пожар, засуха и т. д.

*Технический риск* – комплексный показатель надежности элементов техносферы. Он выражает вероятность аварии или катастрофы при эксплуатации машин, механизмов, реализации технологических процессов, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений. Наиболее распространенными факторами технического риска являются:

- ошибки в определении эксплуатационных нагрузок;
- ошибочный выбор направлений развития техники и технологии по критериям безопасности;
- неправильный выбор конструкционных материалов;
- нарушение регламентов сборки и монтажа конструкций и машин;
- использование техники не по назначению;
- ошибка персонала и т.д.

### **3. Историческая механика и стратегическое планирование.**

Принимаемые в настоящее время стратегические решения порой настолько важны, что они меняют не только политическую, экономическую, социальную, но и историческую траекторию развития государства или региона. При этом часто приходится выбирать между плохими и очень плохими вариантами решений. Но для того, чтобы выбирать или всерьез заниматься стратегическим планированием, нужно представлять альтернативные возможности, «виртуальные исторические траектории». Надо осознавать, если идеологические заклинания, вроде «иного не дано» или «конца истории», долго и настойчиво внушаются обществу, это скорее всего означает, что каким-то социальным группам это очень выгодно. Теория сложности показывает, что даже в простых системах существуют горизонты прогноза, а за этими горизонтами предсказать поведение невозможно. Для сложных систем ситуация с прогнозом усугубляется, и горизонт прогноза сужается. Это заставляет взглянуть на историю, как на прикладную дисциплину. Первые шаги в разработке техники анализа на основе исторической механики уже сделаны: созданы модели макроэкономического анализа. Они позволяют описывать социально-психологические процессы в обществе с помощью компьютерного

имитационного моделирования, которое в настоящее время широко развивается.

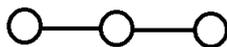
#### 4. *Нейронауки. Самообучающиеся системы.*

Исходя из самых общих представлений об архитектуре мозга и принципах его работы, можно строить компьютерные системы, которые справляются с задачами, решаемыми обученным человеком. Идея построения нейронных сетей состоит в том, чтобы по заданному критерию действий они самостоятельно выбирали порядок этих действий и их параметры. Нейросистемы с каждым новым шагом самообучения улучшают свои характеристики.

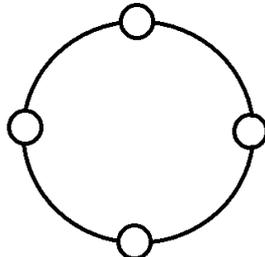
### 2.3. **Разновидности систем со сложной структурой.**

Различают следующие структуры построения сложных систем: линейная, кольцевая, звёздная, сотовая, пирамидальная и комбинированная.

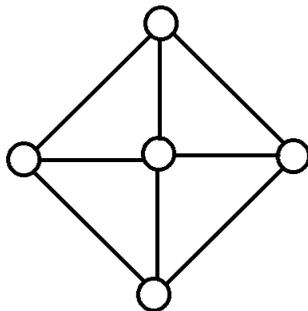
**Линейная структура.** В этой структуре каждый элемент связан с двумя смежными. Проходящая через систему командная информация доступна для всей системы. Все связи равноценны, т.к. никаких других связей, кроме соседей, не предусмотрено. Используется в частности для управления на ж/д транспорте.



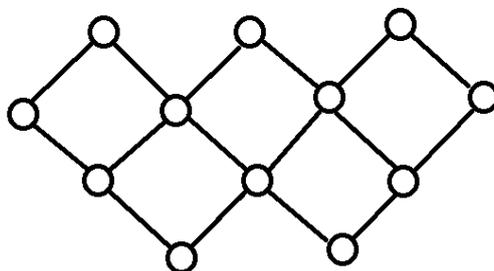
**Кольцевая структура.** Отличается от линейной структуры лишь тем, что крайние элементы связаны в двух противоположных направлениях, что повышает надёжность. Используется в частности в сетях связи.



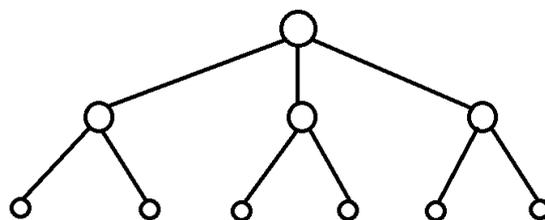
**Звёздная структура.** Представляет собой развитие кольцевой структуры. Здесь появляется центральное подразделение, через которое информация может коммутироваться в любое другое звено. Центральный элемент системы, как правило, является выше остальных по иерархии. Система обеспечивает максимальную надёжность. Используется в частности для управления войсками.



**Сотовая структура.** Создается тогда, когда появляется необходимость передачи информации по ряду различных связанных друг с другом направлений и сохранения при этом высокой надёжности системы. Используется в частности в сетях подвижной радиосвязи



**Пирамидальная структура.** Строится по иерархическому принципу. Каждый элемент – главнее нижних. Такая структура может иметь несколько уровней. Чем выше уровень, тем больше подчинённых. Используется в частности в системе управления крупными предприятиями.



**Комбинированная структура.** Объединяет две и более структуры со всеми её свойствами. Например, комбинацию звёздной и кольцевой структуры называют колесом, в которой возможно равнозначное управление в обе стороны кольца, плюс существует центральный элемент, обеспечивающий иерархию в системе. Используется в частности для управления государством.

#### **Сравнительная характеристика структур управления**

Приведенные выше структуры имеют разную сравнительную эффективность в процессе управления. Более простым и четко поставленным задачам, а также рутинным заданиям, допускающим возможность ошибки, лучше соответствуют звездная и иерархическая структуры, т. к. они обеспечивают быстрые решения. Многосвязная структура лучше в смысле безотказности и правильности решения сложных задач при неполной информации, хотя здесь процесс решения занимает больше времени и осуществление связей обходится дороже. Линейная структура дает неплохие результаты при решении простых задач с малым объемом исходных данных. Кольцевая же предпочтительнее там, где требуется творческий подход к решению, она способствует наибольшей удовлетворенности работников своей деятельностью. Наименьшее влияние на результат решения оказывает квалификация работников в многосвязной и сотовой структурах, а наибольшее - в звездной и иерархической.

При рассмотрении организационной структуры управления (ОСУ) важно понимать, что объектом структуризации управления может быть предприятие, фирма или компания в целом (структура предприятия), производство (структура производства), аппарат управления (структура управления) и каждая подсистема системы производства и системы управления, если ее (систему) рассматривать как элемент соответствующей системы в отдельности (структура технологических средств, структура управленческого персонала, структура

методов управления, структура информационного обеспечения, структура основных фондов, структура основного и вспомогательного рабочего персонала, структура оборотных средств и т. д.). Структура предприятия представляет собой, прежде всего, синтез структуры производства и структуры управления. Система, между элементами которой установлен ряд связей, обеспечивающих направленное на достижение определенных целей взаимодействие этих элементов, является организованной. Структура управления, отражающая состав и соподчиненность различных элементов, звеньев, ступеней и связей управления, функционирующих для достижения определенных целей, называется организационной. ОСУ любой системы связана с достижением ее глобальной цели. Глобальная цель функционирования любого предприятия определяется назначением его основного производственного процесса. По этой причине способ формирования структуры производства базируется на выявлении стадий, этапов и объектов в процессе пространственно-временного преобразования потока ресурсов в конечную продукцию предприятия. При всём этом ОСУ рассматривается как необходимая форма реализации функций управления, обеспечивающих такое преобразование. Функции управления и ОСУ - две неразрывно взаимосвязанные и взаимообусловленные составляющие единого целого - системы управления и соответственно выступают как содержание и форма процесса управления. Взаимообусловленность функций управления и ОСУ предполагает первичность функций управления и вторичность ОСУ. Однако эти первичность и вторичность относительны, а не абсолютны. Формирование ОСУ и ее развитие являются основой всей организации, вне рамок которых исключается возможность эффективной реализации функций управления. Это обуславливает необходимость анализа функционального аспекта понятия ОСУ. Определение данного понятия в таком плане должно удовлетворять единственному требованию: отразить связь функций управления с ОСУ. Отсюда ОСУ с заданными функциями управления есть ее устройство (строение), соответствующее по составу своих элементов назначению системы управления. Процесс формирования ОСУ представляет собой, прежде всего, организационное закрепление тех или иных функций за теми или иными звеньями управления. Смысл взаимосвязи «функции управления - ОСУ», состоит в том, что на практике и в понятийном контексте функции управления и ОСУ органически связаны, существуют лишь в органическом единстве, составляющем суть организации системы управления. Следовательно в основе процесса формирования ОСУ лежит выделение функций управления, необходимых для организации и поддержания нормальной деятельности предприятия. Прочие элементы системы управления - методы, персонал, информация, техника и т. д. - являются средством, необходимым для реализации той или иной функции управления. Функции управления определяют задачи органов управления. Взаимосвязь последних предполагает формирование ОСУ, отражающей линейно-функциональные связи на базе координационно-субординационных отношений. Каждое звено ОСУ расположено на стыке двух различных по характеру форм взаимодействия: координационной и субординационной. ОСУ является комплексной структурой, характеризующей организационные отношения системы управления. Определяющим условием выделения всех элементов организационной структуры управления служит функциональная специфика. Функции управления определяют базис формирования ОСУ, поэтому их

совершенствование превосходит совершенствование ОСУ. Изменение функций, как количественное, так и качественное, порождает возникновение новых свойств элементов (звеньев, ступеней, связей) и редуцирование старых. Следовательно, организационная структура управления — это одна из категорий науки управления (менеджмента), отражающая организационную сторону отношений управления и составляющая единство звеньев и ступеней управления в их взаимосвязи и соподчиненности. Структура - это совокупность взаимосвязанных звеньев, образующих систему. В общем случае она характеризует наиболее существенные и устойчивые свойства системы, отношения между ее элементами. По этой причине под структурой понимается также совокупность упорядоченных связей между системообразующими элементами, обеспечивающими устойчивость системы.

#### **2.4. Характеристики систем со сложной структурой.**

Любая структура может быть оценена с помощью следующих основных характеристик:

1. Объём (число элементов в системе). Количественный состав: число элементов, уровней иерархии, число связей.
2. Размещение элементов. Положение элементов в пространстве и времени, взаимосвязи, подчинённость, отведённые функции (роли).
3. Упорядоченность. Степень формализации построения структуры и функционирования, возможности и механизмы изменения структуры.
4. Централизация. Распределение функций между центром и периферией системы и объемами соответствующих полномочий.
5. Оперативность управления. Возможность реакции системы на изменения обстановки, временные показатели этой реакции.
6. Надёжность. Показывает живучесть структуры и способность выполнять свои функции в различных условиях (при нарушении связей, выходе из строя элементов и т.д.).

#### **2.5. Вопросы для самоконтроля**

1. Расскажите о логике и методологии сложности.
2. Дайте определение теории сложности и назовите черты сложных систем.
3. Сформулируйте понятие междисциплинарности как основы изучения сложных систем.
4. Перечислите направления развития теории сложных систем.
5. Расскажите о системах со сложной структурой и приведите примеры таких систем.

## **Раздел 3 «Декомпозиция и агрегирование при исследовании систем управления»**

### **3.1. Понятие системного анализа управления и его процедуры.**

Системный анализ предусматривает разбиение процесса исследования на подпроцессы, моделирует их и позволяет вырабатывать алгоритм принятия решения в процессе управления. Особенность системного анализа - это использование формальных и неформальных процедур определения целей и функций системы управления. Под анализом понимается процесс исследования систем, основанный на их декомпозиции с последующим определением характеристик элементов системы во взаимосвязи с другими элементами и окружающей средой. По отношению к системам управления задача анализа сводится к следующему:

1. Определение объекта анализа.
2. Структурирование системы.
3. Определение функциональных особенностей системы.
4. Исследование информационных характеристик системы.
5. Определение количественных и качественных показателей.
6. Оценка эффективности системы.
7. Обобщение и оформление результатов анализа.

### **3.2. Области применения системного анализа.**

Выделим основные области применения системного анализа с точки зрения решаемых задач:

- анализ окружения системы;
- анализ внутреннего содержания системы и связей между ее частями;
- анализ социально-экономических параметров системы;
- анализ целей и функций системы;
- повышение эффективности процедур анализа проблем и принятия решений;
- разработка организационной структуры.

### **3.3. Декомпозиция сложных систем и алгоритм ее применения.**

Суть декомпозиции (анализа) состоит в разделении целого на части, в представлении сложного в виде простых составляющих.

Процедуры системного анализа включают методики проведения исследования и организацию процесса принятия решения. Системный анализ предусматривает разбиение процесса исследования на подпроцессы, моделирует процессы целеобразования и позволяет выработать алгоритм принятия решения, направленный на устранение накопившихся проблем.

Процедуры исследования систем приведены в таблице:

<b>Анализ</b>	<b>Синтез</b>
Объект разделяется на части	Объект рассматривается как часть большого целого
Объясняются части	Объединяется целое, содержащее исследуемую часть
Знание о частях агрегируется в знание о целом объекте	Целое декомпозируется для объяснения частей

Вопрос о полноте декомпозиции – это вопрос завершенности модели: частей должно быть столько, сколько элементов содержит модель, взятая в качестве основы. Проблема полноты моделей заключается в том, что содержательная модель строится по образцу формальной модели. Важно отыскать компромисс между полнотой и простотой модели.

Алгоритм декомпозиции как способ упрощения сложного заключается в следующем:

1. Определение объекта анализа (объектом анализа может быть все, что угодно).
2. Определение целевой системы (необходимо определить, зачем нужно то, что мы собираемся делать, в качестве целевой выступает система, в интересах которой осуществляется анализ).
3. Выбор формальных моделей (определяется набор фреймов и правил перебора).
4. Определение модели основы системы (она строится с помощью классификаторов на основании изучения целевой системы).
5. Анализ очередного объекта декомпозиции.
6. Осуществление процедуры декомпозиции.
7. Анализ полученных фрагментов.
8. Проверка очередного фрагмента на элементарность.
9. Проверка использования всех фреймов.
10. Проверка детализированности всех оснований.
11. Отчет по декомпозиции - окончательный результат представляется в форме графа.

Проведите для проверки усвоения этого алгоритма пример декомпозиции системы: скорая медицинская помощь. Целевая система: формирование выездной бригады скорой медицинской помощи.

### **3.4. Агрегирование и эмерджентность систем, агрегаты-операторы и агрегаты-структуры.**

Как противоположность анализу существует понятие синтез (агрегирование). Суть синтеза состоит в соединении (мысленном или реальном) простых составляющих объекта в единое целое. Агрегирование - это процедура объединения частей в целое. Агрегирование как процедура объединения элементов в целое позволяет получить систему, которую принято в этом случае называть агрегатом. Различают агрегаты-операторы и агрегаты-структуры. Все агрегаты обладают одним и тем же свойством – эмерджентностью.

Эмерджентность – это особенность систем, состоящая в том, что свойство системы не сводится к совокупности свойств частей, из которых она состоит, и не выводится из них. Приведенное определение основано на том, что при объединении частей в целое возникает нечто качественно новое, такое, чего не было и не могло быть без этого объединения. Например, осветительная система помещения, состоящая из проводов, осветительных элементов, переключателей, крепежных элементов и т. д., становится системой и приобретает новое качество (освещать помещение) только тогда, когда перечисленные элементы будут объединены и связаны между собой вполне определенным образом. То есть, несмотря на то, что ни один из перечисленных элементов не обладает способностью освещать помещение, вместе они образуют систему освещения. Кратко эмерджентность системы иногда иллюстрируют простым математическим выражением:  $2 + 2 > 4$ .

Агрегаты-операторы. Их можно рассматривать как механизмы уменьшения размерности исследуемой системы. Простейший способ агрегирования состоит в установлении отношения эквивалентности между агрегируемыми элементами, т. е. в образовании классов. Пример: Множество студентов (состоящее, скажем, из 20 человек) можно представить в виде двух агрегатов – девочек (15) и мальчиков (5).

Агрегаты-структуры. Структура является моделью системы и, следовательно, определяется тройственной совокупностью: объектом, целью и средствами моделирования.

### **3.5. Вопросы для самоконтроля**

1. Дайте определения декомпозиции как метода исследования сложных систем.
2. Поясните, почему модели систем являются основой для декомпозиции.
3. Дайте определения агрегирования как метода исследования сложных систем.
4. Дайте определение эмерджентности.

## **Раздел 4 «Распределенные и иерархические системы управления»**

### **4.1. Иерархическая модель представления данных, её достоинства и недостатки.**

Отношения в иерархической модели данных организованы в виде совокупностей деревьев, где дерево - структура данных, в которой тип сегмента потомка связан только с одним типом сегмента предка. Графически это выглядит так: предок – точка на конце стрелки, а потомок – точка на острие

стрелки. В базах данных определено, что точки – это типы записей, а стрелки представляют отношения один – к – одному или один – ко – многим. К ограничениям иерархической модели данных можно отнести:

1. Отсутствует явное разделение логических и физических характеристик модели.
2. Для представления неиерархических отношений данных требуются дополнительные манипуляции и сведения.
3. Непредвиденные запросы могут требовать реорганизации базы данных.

#### **4.2. Сетевая модель представления данных, её достоинства и недостатки.**

Сетевая модель данных – это представление данных сетевыми структурами типов записей и связанных отношениями мощности один-к-одному или один-ко-многим. Сетевая модель – это развитие иерархической модели с произвольным графом.

В сетевой модели существует две основные структуры данных:

1. Тип записей. Это совокупность логически связанных элементов.
2. Набор записей. В сетевой модели этот набор описывает отношения между типами записей «один ко многим».

Различают простую и сложную сеть. В простой сети все отношения данных имеют путь «один ко многим». В сложной сети одно или несколько отношений имеют путь «многие ко многим».

Достоинства:

1. Эффективность использования памяти ПК.
2. Высокая скорость с операциями над данными.
3. Больше, чем у иерархической модели, образование связей.

Недостатки:

1. Высокая сложность и жёсткость схемы, построенная на её основе.
2. Трудности для понимания обработки информации пользователем.

СУБД на сетевой модели также не получили большого распространения.

#### **4.3. Реляционная модель представления данных, её достоинства и недостатки**

В 1970-1971 годах Е.Ф. Кодд опубликовал две статьи, в которых ввел реляционную модель данных и реляционные языки обработки данных – реляционную алгебру и реляционное исчисление. Реляционная модель основана на логических отношениях данных. Отношение представляет собой множество элементов, которое называется кортеж. С помощью одной таблицы удобно описывать простейший вид связи между данными, а именно - деление объекта на множество подобъектов. Каждому объекту соответствует строка или запись. Существует два подхода к проектированию реляционной базы данных.

- Первый подход заключается в том, что на этапе концептуального проектирования создается не концептуальная модель данных, а непосредственно реляционная схема базы данных, состоящая из определений реляционных таблиц, подвергающихся нормализации.

- Второй подход основан на механическом преобразовании функциональной модели, созданной ранее, в нормализованную реляционную модель. Этот подход чаще всего используется при проектировании больших, сложных схем баз данных, необходимых для корпоративных информационных систем.

Недостатки:

- отсутствие стандартных идентификаций записи;
- сложность описания иерархических и сетевых данных.

Достоинства:

- нечувствительность к физическим изменениям;
- удобно описывать простейший вид связи между данными.

#### **4.4. Термины реляционной модели.**

Реляционная модель основана на логических отношениях данных. Основные термины и эквиваленты реляционной модели:

- Отношения. Эквивалент ↔ таблица. (Отношение представляет собой двумерную таблицу, содержащую данные).
- Схема отношения. Эквивалент ↔ заголовок таблицы или её строк или столбцов.
- Кортеж. Эквивалент ↔ строка таблицы, запись.
- Сущность. Эквивалент ↔ описание свойств объекта. (Сущность представляет собой необходимые данные для их поиска в отношениях, т.е. в таблице).
- Атрибут. Эквивалент ↔ столбец, поле таблицы. (Атрибут представляет свойства, характеризующие сущность. В структуре таблицы каждый атрибут именуется, ему соответствует заголовок столбца таблицы).
- Домен. Эквивалент ↔ множество допустимых значений атрибута.
- Первичный ключ. Эквивалент ↔ уникальный идентификатор. (Ключ отношения – совокупность атрибутов, однозначно идентифицирующий каждый из кортежей отношения. Важное свойство ключа – избыточность, т.е. никакое из подмножеств атрибутов не обладает свойством уникальности. Каждое отношение имеет комбинацию атрибутов, которая может служить ключом отношения).
- Кардинальность. Эквивалент ↔ количество строк.
- Степень. Эквивалент ↔ количество столбцов.

#### **4.5. Принципы размещения данных в таблицах реляционной модели.**

Размещение данных в таблицах реляционной модели должно удовлетворять следующим принципам:

1. Значения атрибутов должны быть атомарными, т.е. неделимыми.
2. Значения любого атрибута должны принадлежать одному и тому же типу.
3. Каждая запись в таблице уникальна, т.е. не повторяется.
4. Каждое поле имеет уникальное имя.
5. Последовательность полей и записей в таблицах несущественна.

В реляционной модели важную роль играет понятие отношений. Отношение представляет собой двумерную таблицу, содержащую данные. Сущность представляет собой необходимые данные для их поиска в отношениях, т.е. в таблице. Атрибут представляет свойства, характеризующие сущность. В структуре таблицы каждый атрибут именуется и ему соответствует заголовок столбца таблицы. Ключ отношения – совокупность атрибутов, однозначно идентифицирующий каждый из кортежей отношения. Важное свойство ключа – неизбыточность, т.е. никакое из подмножеств атрибутов не обладает свойством уникальности. Каждое отношение имеет комбинацию атрибутов, которая может служить ключом отношения. Ключи используются для достижения следующих целей:

- Исключение дублирования значений в ключевых атрибутах.
- Упорядочивание кортежей (возможно упорядочивание как по увеличению, так и по уменьшению ключевых атрибутов, а также смешанное упорядочивание).
- Организация связывания таблиц.

С помощью внешних ключей устанавливаются связи между отношениями. Ограничения целостности заключаются в требованиях уникальности кортежей. Ограничение целостности ссылок заключается в том, что для любой записи с внешним ключом должна существовать запись таблицы с первичным ключом. В отношениях можно применять систему операций, позволяющих получить одни отношения из других. Т.е. можно строить новые таблицы. Например, из А и В можно построить новую таблицу С.

Основной единицей в реляционных базах данных являются отношения, а не кортежи. Для быстрого нахождения записи вводят индексирование полей. Как для самих таблиц, так и для индексных массивов применяются линейные и нелинейные структуры. В качестве линейных структур выступают инвертированные списки. Инвертированные списки строятся по схеме таблицы с 2-мя колонками: 1. Значение индексируемого поля. 2. Номер строки.

#### **4.6. Вопросы для самоконтроля**

1. Поясните, что такое распределенные системы и приведите примеры таких систем.
2. Поясните, что такое иерархические системы и приведите примеры таких систем.
3. Поясните, что такое иерархическая, сетевая и реляционная модели.
4. Перечислите термины, используемые в реляционной модели.
5. Расскажите о принципах размещения данных в таблицах реляционной модели

## **Раздел 5 «Роль технологий управления в современном мире»**

### **5.1. Роль и значение информации в современном мире**

Информация всегда являлась немаловажным фактором общественного развития. С ее помощью человечество концентрировало многовековой опыт жизни прежних поколений. Поговорка «Кто владеет информацией – тот владеет миром» подчёркивает социальную роль информации.

Дальнейшее социальное развитие, безусловно, будет в первую очередь связано с информатизацией. Владение информацией открывает новые модели управления, формирует новые социальные структуры общества. Под влиянием быстро развивающейся системы социальных коммуникаций и информации формируется информационный сектор экономики. Возникает новый капитал – знание. Под воздействием этих процессов меняется характер труда: внедряются безлюдные технологии, т.е. исчезает сам труд в непосредственном производстве, расширяется участие работников в управлении производством. Информация как орудие продвижения прогрессивных идей способствует всё большей прозрачности границ между странами и народами. Складывается новая система общественного богатства с использованием информационных технологий, где ценятся, прежде всего, умственные способности человека. По данным ЮНЕСКО, более половины всего занятого населения наиболее развитых стран прямо или косвенно принимает участие в процессе производства, хранения и распространения информации.

Научно-технический прогресс требует государственного вмешательства в информационный обмен и обязательных капиталовложений в информационные сферы деятельности. Технологии обмена информацией должны быть более эффективными: благодаря этому знания и культура людей будут еще более универсальными. Люди станут менее зависимыми от обстоятельств места и времени, сопутствующих их жизни, что должно улучшить качество и уровень жизни общества.

Развитие телекоммуникаций открывает новые возможности в приобретении знаний и самореализации для инвалидов и престарелых граждан, людей домашнего труда, в предоставлении больших возможностей гражданам при исполнении различных ролей в обществе (служащих, студентов, предпринимателей и пр.); содействует развитию творчества, предоставляет более широкие возможности для обучения. Интенсивное использование информационных технологий в различных сферах жизнедеятельности существенно изменило представление о месте и роли информации в современном обществе. При реализации государственной научно-информационной политики основное внимание должно быть уделено созданию телекоммуникационной инфраструктуры для обмена информацией, поддержке существующих информационных сетей и их совместимости с глобальными сетями, обеспечению доступа российских пользователей к мировому богатству научных знаний. Необычайно важно использование информационных технологий в науке. Использование информационных технологий в науке должно, с одной стороны, развиваться в рамках информатизации страны, а с другой – обеспечивать более тесное взаимодействие между наукой, образованием, промышленностью и социальной сферой. Внедрение новых

информационных технологий позволит организовать непрерывный мониторинг научно-технического потенциала, включая такие его аспекты, как статистика науки и инноваций, реструктуризация системы научных организаций, финансирование науки, интеграция высшего образования и науки, оценка результатов проводимых реформ как на федеральном, так и на региональном уровнях. Современные исследования информационных технологий показывают, что наиболее эффективным видом информационной системы, хранящей разнородную информацию и являющейся актуальным средством реализации интеграционных процессов, выступают электронные библиотеки (ЭБ). При создании ЭБ необходимо обязательно учитывать опыт библиотечной и информационной деятельности в целом, а также общие организационные принципы создания, построения и функционирования автоматизированных библиотечно-информационных систем, включая требования действующих в библиотечной области международных и российских стандартов. Электронные библиотеки предназначены для работы с разнородными информационными ресурсами, но для обеспечения взаимодействия пользователя с этими ресурсами необходим единый язык обмена информацией, что открывает большие возможности для студентов, которые участвуют в этом процессе. Ведь ЭБ доступны через Интернет, а современные глобальные информационные сети и включенные в них базы данных предоставляют своим пользователям широчайшие возможности. Поэтому следует всемерно поддерживать новые формы научной деятельности, предусматривающие использование современных информационных технологий, – электронные журналы, дистанционный доступ к базам данных, телеконференции и т.д. Это создаст новые предпосылки для структурной перестройки научных организаций, совершенствования методологии проведения исследований и разработок. В ближайшие годы нам предстоит наблюдать процесс развития мобильных компьютеров, мобильного телевидения, широкополосного беспроводного доступа, онлайн-дневников и других технологий.

## **5.2. Роль и значение информационных технологий в управлении сложными системами**

Жизнь крупного современного предприятия немыслима без применения компьютерных технологий в области управления, автоматизации документооборота, финансового и материального учета, информационной поддержки основной деятельности. Задача построения комплексной информационной системы производственного предприятия, торговой фирмы, финансовой организации, государственного учреждения при ее конкретной реализации всегда имеет свои особенности и требует индивидуального подхода. Актуальность исследования обусловлена тем обстоятельством, что отсутствует определение политики инновационного типа ориентированной на повышение эффективности использования информационных технологий в системе управления (стратегического, тактического и оперативного) предприятием. Технология управления – одна из наиболее сложных и трудно формализуемых областей человеческой деятельности. Реализованные в течение последних десятилетий различные автоматизированные системы управления и системы автоматизированного проектирования сыграли определенную положительную роль при решении задач интенсификации производства и повышения эффективности управления. Были преодолены большие психологические,

организационные и технологические барьеры, связанные с внедрением информационных технологий в систему управления; определены роль и место систем автоматизированного управления, подготовлены специалисты, способные эффективно использовать этот инструмент управления. На многих промышленных предприятиях реализованы и успешно действуют новые информационные технологии, такие как, Интернет, Интранет и Экстранет. Однако, чем сильнее развивается эта область средств управления, тем яснее становится, что эффективность систем организационного управления развивается не пропорционально вкладываемым в эту сферу средствам и затрачиваемым усилиям. Исторически сложилось, что для информационных технологий (ИТ) в управлении предприятием отводилась сервисная, вспомогательная роль. Это было обусловлено, прежде всего, существовавшим к началу 90-х годов уровнем развития теории и практики ИТ. Основные усилия в области ИТ в то время были направлены на автоматизацию отдельных функций на рабочих местах сотрудников предприятий. Соответственно, основная цель этих процессов формулировалась как облегчение работы при выполнении рутинных операций, ускорение выполнения работ и повышение качества конечного результата.

Революционные изменения, произошедшие в последнее десятилетие, связанные в первую очередь с удешевлением вычислительной техники, приближением вычислительных мощностей к рабочим местам сотрудников и развитием программного обеспечения, привели к переосмыслению роли ИТ в деятельности современных предприятий. Информационные технологии в управлении – это комплекс методов переработки разрозненных исходных данных в надежную и оперативную информацию механизма принятия решений с помощью аппаратных и программных средств с целью достижения оптимальных рыночных параметров объекта управления.

Необходимо понимать, что освоение информационной технологии и в дальнейшем ее использование должны свестись к тому, что вы должны сначала хорошо овладеть набором элементарных операций, число которых ограничено. Из этого ограниченного числа элементарных операций в разнообразных комбинациях составляется действие, а из действий, также в разных комбинациях, составляются операции, которые определяют тот или иной технологический этап. Совокупность технологических этапов образует технологический процесс (технологию).

Системы информационного обеспечения решают следующие задачи:

- определение потребителей информации, ее состава, периодичности;
- - циркуляции (обеспечение информационного сопровождения управленческой, производственной и других видов деятельности), форм представления (в виде диаграмм, графиков, текста, таблиц в форме, удобной для руководителей);
- - определение источников информации, обеспечение доступа к ней из внутренних и внешних источников;
- унификация и организация процессов и средств сбора, □ регистрации, обработки, хранения, обновления, передачи и использования информации, распределение этих задач между подразделениями;
- организации потоков информации, формирование комплекса технических средств для организации информационных потоков (информационно-телекоммуникационных систем, систем диспетчеризации и мониторинга);

- развитие и создание новых информационных и телекоммуникационных технологий и поэтапное формирование единого информационного пространства организации, обеспечение управления информацией в разнородных комплексах;
- организация хранения массивов информации □ (разработка системы классификаторов, хранение данных и информации в унифицированных форматах); формирование унифицированной системы □ документации, разработка документооборота и технологических процессов формирования документов, установление порядка их составления, оформления, регистрации, согласования и утверждения;
- формирование и эксплуатация системы взаимодействия информационной системы и менеджеров, организация использования информации для оценки тенденций, альтернатив решений и действий, разработки прогнозов, выработки стратегии;
- организация обратной связи – осуществление коррекции входной информации по информации, переработанной в организации.

Информационная технология, как и любая другая, должна отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать высокую степень расчленения всего □ процесса обработки информации на этапы (фазы), операции, действия и включать весь набор элементов, необходимых для достижения поставленной цели;
- иметь регулярный характер.

Этапы, действия, операции технологического процесса могут быть стандартизованы и унифицированы, что позволит более эффективно осуществлять целенаправленное управление информационными процессами. В настоящее время ИТ рассматриваются как рычаг для оптимизации бизнес-процессов предприятия на основе сквозной автоматизации составляющих их бизнес-функций. С этим связано появление специализированных инструментов для построения аналитических систем и систем поддержки принятия решений на всех уровнях управления предприятием, а также интегрированных систем управления предприятием.

В связи с бурным развитием телекоммуникационного сервиса и возможностью доступа к удаленным информационным ресурсам всех стран и континентов произошло смещение акцентов в формулировании критериев эффективности автоматизированных систем и технологий. Если в условиях административно-командной системы основной упор делался на выявление затрат на машинную обработку информации, то в настоящее время актуальны прежде всего:

- - оперативное принятие решений;
- степень адекватности аналитических данных реальным процессам;
- возможность использования экономико-математических методов и моделей для анализа конкретных финансово-производственных ситуаций.

Такая постановка вопросов привносит в практику предпринимательства и хозяйствования научно-исследовательский аспект, требует новых научно обоснованных решений, подходов и квалифицированных кадров. Зарубежные специалисты выделяют пять основных тенденций развития информационных технологий управления:

- к изменению характеристик информационного продукта, который все □ больше превращается в гибрид между результатом расчетно-аналитической работы и специфической услугой, предоставляемой индивидуальному пользователю персонального компьютера;

- к параллельному взаимодействию и совмещению всех типов информации (текста, графики, цифр, звуков) с ориентацией на одновременное восприятие человеком посредством органов чувств;
- к ликвидации всех промежуточных звеньев на пути от источника информации к ее потребителю (например, становится возможным непосредственное общение автора и читателя, продавца и покупателя, певца и слушателя, ученых между собой, преподавателя и обучающегося, специалистов через систему видеоконференций, электронную почту и т. п.);
- к глобализации информационных технологий в результате использования спутниковой связи и всемирной сети Интернет, благодаря чему люди смогут общаться между собой и с общей базой данных, находясь в любой точке планеты;
- к конвергенции, которая заключается в стирании различий между сферами материального производства и информационного бизнеса, в максимальной диверсификации деятельности фирм, взаимопроникновении различных отраслей промышленности, финансового сектора и сферы производства, услуг.

### **5.3. Требования к специалистам в области управления**

Область профессиональной деятельности магистров по направлению подготовки «Управление в технических системах» включает:

- проектирование, исследование, производство и эксплуатацию систем и средств управления в промышленной и оборонной отрасли, в экономике, на транспорте, в сельском хозяйстве, медицине;
- создание современных программных и аппаратных средств исследования и проектирования, контроля, технического диагностирования и промышленных испытаний систем автоматического и автоматизированного управления.

Объектами профессиональной деятельности магистров по направлению подготовки «Управление в технических системах» являются:

- системы управления, контроля, технического диагностирования, автоматизации и информационного обслуживания;
- методы и средства их проектирования, моделирования, экспериментальной обработки, подготовки к производству и технического обслуживания.

Магистр по направлению подготовки «Управление в технических системах» готовится к следующим видам профессиональной деятельности:

- проектно-конструкторской;
- проектно-технологической;
- научно-исследовательской;
- организационно-управленческой;
- научно-педагогической.

Магистр по направлению подготовки «Управление в технических системах» должен быть подготовлен к решению следующих профессиональных задач в соответствии с профильной направленностью ООП магистратуры и видами профессиональной деятельности:

- анализ состояния научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников в области автоматизации и управления;
- определение цели, постановка задач проектирования, подготовка технических заданий на выполнение проектных работ;

- проектирование средств и систем автоматизации и управления с использованием современных пакетов прикладного программного обеспечения автоматизированного проектирования;
- разработка проектно-конструкторской документации в соответствии с нормативными требованиями;
- разработка технологической документации на проектируемые аппаратные и программные средства автоматизации и управления с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства;
- обеспечение технологичности изделий и процессов их изготовления, оценка экономической эффективности технологических процессов;
- тестирование и отладка аппаратно-программных средств и комплексов систем автоматизации и управления;
- авторское сопровождение разрабатываемых аппаратных и программных средств автоматизации и управления на этапах проектирования и производства;
- разработка рабочих планов и программ проведения научных исследований и технических разработок, подготовка заданий для исполнителей;
- сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации, выбор методик и средств решения задач по теме исследования;
- разработка математических моделей процессов и объектов систем автоматизации и управления;
- разработка технического, информационного и алгоритмического обеспечения проектируемых систем автоматизации и управления;
- проведение натурных исследований и компьютерного моделирования объектов и процессов управления с применением современных математических методов, технических и программных средств;
- разработка методик и аппаратно-программных средств моделирования, идентификации и технического диагностирования динамических объектов различной физической природы;
- подготовка по результатам выполненных исследований научно-технических отчетов, обзоров, публикаций, научных докладов, заявок на изобретения и других материалов;
- организация работы коллективов исполнителей;
- поддержка единого информационного пространства планирования и управления предприятием на всех этапах жизненного цикла производимой продукции;
- участие в проведении технико-экономического и функционально-стоимостного анализа рыночной эффективности создаваемого продукта;
- подготовка документации для создания и развития системы менеджмента качества предприятия;
- разработка планов и программ инновационной деятельности на предприятии;
- работа в качестве преподавателя средних специальных или высших учебных заведений по учебным дисциплинам предметной области данного направления под руководством профессора, доцента или старшего преподавателя;
- участие в разработке учебно-методических материалов для студентов по дисциплинам предметной области данного направления;
- участие в модернизации или разработке новых лабораторных практикумов по дисциплинам профессионального цикла.

#### 5.4. Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите о роли информации в современном мире.
2. Расскажите о роли информационных технологий в современном мире.
3. Перечислите основные требования к специалистам в области управления.

### Список литературы

1. Втюрин В.А.. Современные проблемы науки и производства в области автоматизации: Учебное пособие - Санкт-Петербург: СПбГЛТУ - 2011. - 104с.
2. Замятин С.В. Современные проблемы автоматизации и управления. Томск: ТПУ-2012. - 50с.
3. Новиков Д.А. Современные проблемы теории управления организационными системами. Сайт [www.mtas.ru](http://www.mtas.ru), 2012. – 60с.
4. Д.В. Костомаров, А.Л. Фаворский. Вводные лекции по численным методам - М.: ЛОГОС, 2004 - 316 с.
5. А.Л. Самарский , А.П. Михайлов. Математическое моделирование. - М.: Наука, 1997. - 234 с.
6. В.С. Рябенкий. Введение в вычислительную математику. – М.: Наука. 1994. – 256 с.
7. А.А. Колесников. Синергетические методы управления сложным системами : Теория системного синтеза. Москва: КомКнига, 2006. - 237с.
8. Автоматизированные системы управления предприятиями и объединениями / Под ред. Н.А. Соломатина. М.: Экономика, 1985. 248 с.
9. Дьяконов В.П. SIMULINK. САМОУЧИТЕЛЬ. Москва: Издательство ДМК, 2008. -781с.
10. Малинецкий Г.Г. Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент. М., 2000.-346с.
11. Андрейчикова О.Н Системы компьютерной поддержки процессов анализа, синтеза и планирования решений в условиях неопределенности. <http://www.swsys.ru/index.php?page=infou&id=4500>
12. Щербаков В.С. Основы моделирования систем автоматического регулирования и электротехнических систем в среде MATLAB и SIMULINK. Учебное пособие. Омск. Издательство СибАДИ. 2003-160 с.
13. Капранова М.Н. Роль информации в современном обществе. <http://misit.ucoz.ru/load/10>.