

Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет культуры и искусств»

Факультет культурологии и социокультурной деятельности  
Кафедра информационных технологий в культуре

СОГЛАСОВАНО  
Заведующий кафедрой

СОГЛАСОВАНО  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Т.С. Жилинская  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

\_\_\_\_\_ Н.Е. Шелупенко  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ**

**Учебного модуля «Теоретические основы информационных технологий»**

*для специальности 1–21 04 01 Культурология,  
направление специальности 1–21 04 01–02 Культурология (прикладная),  
специализации 1–21 04 01–02 04 Информационные системы в культуре*

СОСТАВИТЕЛИ:

Н.Г. Гончарик, старший преподаватель кафедры информационных технологий в культуре;

В.С. Якимович, кандидат пед. наук, кафедры информационных технологий в культуре.

Рассмотрено и утверждено  
на заседании Совета университете 21.06.2022 г.  
протокол № 12

Рецензенты:

Кафедра высшей математики учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь»

Чуйко М.М., ведущий научный сотрудник отдела вычислительной математики НАН Беларуси

Рассмотрен и рекомендован к утверждению:

Кафедрой информационные технологии в культуре  
(протокол от 26.05.2022 г. № 10)

Советом факультета культурологии и социокультурной деятельности  
(протокол от \_\_.05.2022 г. № \_\_)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	5
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	6
2.1 Тематика лекционных занятий.....	6
2.2 Конспект лекций.....	7
Тема 1. Место и роль теории систем в системе научных знаний.....	7
Тема 2. Система. Семантическое поле системы.....	17
Тема 3 Классификация систем.....	42
Тема 4. Общая теория систем.....	56
Тема 5. Системная инженерия.....	63
Тема 6. Системный подход. Системные исследования.....	82
Тема 7. Системность. Мировоззренческий аспект системности.....	99
Тема 8. Модели и моделирование систем.....	117
Тема 9. Оценка сложных систем. Основные типы шкал измерения.....	127
Тема 10. Методология системного анализа.....	140
3 ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	164
3.1 Методические указания к практическим и лабораторным работам.....	164
3.2 Тематика практических работ.....	165
3.3 Описание практических работ.....	166
Практическая работа № 1 Семантическое поле системы.....	166
Практическая работа № 2 Развитие системных представлений.....	167
Практическая работа № 3 Классификация систем.....	175
Практическая работа № 4 Решение логических задач (2 часа).....	178
Практическая работа № 5 Описание строения системы (2 часа).....	184
Практическая работа № 6 Описание функционирования системы (2 часа).....	187
Практическая работа № 7 Проведение системного исследования объекта.....	190
Практическая работа № 8 Построение формальной модели системы.....	198
Практическая работа № 9 Измерение свойств системы с помощью шкал.....	201
Практическая работа № 10 Интеграция измерений.....	203
Практическая работа № 11 Метод анализа иерархий.....	206
Практическая работа № 12 Алгоритм моделирования.....	216
3.4 Тематика лабораторных работ.....	235
3.5 Описание лабораторных работ.....	236
Лабораторная работа № 1 Техническое задание.....	236

Лабораторная работа № 2 Функциональное моделирование .....	245
Лабораторная работа № 3 Морфологическое описание и моделирование систем .....	255
Лабораторная работа № 4 Моделирование диаграммы вариантов использования в среде Visual Paradigm .....	273
Лабораторная работа № 5 Моделирование диаграммы классов в среде моделирования Visual Paradigm.....	315
Лабораторная работа № 6 Моделирование диаграммы деятельности (активностей) для вариантов использования в среду Visual Paradigm.....	340
3.6 ТЕМАТИКА СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ .....	367
4 РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ .....	372
4.1 Задания для контролируемой самостоятельной работы студентов .....	372
4.2 Контрольные вопросы .....	380
4.3 Критерии оценки результатов учебной деятельности студентов .....	387
4.4 Вопросы к экзамену .....	388
5 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	393
5.1 Учебная программа.....	393
5.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины .....	399
5.3 Список основной литературы .....	400
5.4 Список дополнительной литературы .....	400

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебно-методический комплекс (УМК) представляет собой совокупность учебно-методических материалов, необходимых и достаточных для организации учебного процесса по дисциплине «Системный анализ и моделирование информационных процессов». УМК предназначен для эффективного освоения студентами специальности 1-21 04 01 Культурология (по направлениям) направления специальности 1-21 04 01-02 Культурология (прикладная) специализации 1-21 04 01-02 04 Информационные системы в культуре учебного материала, входящего в основную образовательную программу, составлен на основе научного опыта по разработке такого рода документации. Для эффективного предоставления учебного материала выполнена его систематизация в удобной и приемлемой для усвоения форме в соответствии с учебной программой и образовательным стандартом подготовки специалистов по информационно-культурологическому профилю.

Издание решает задачу комплексного учебно-методического обеспечения образовательного процесса в соответствии с принципами и закономерностями обучения, создания необходимых условий для более качественного усвоения содержания дисциплины, реализации целей обучения, воспитания и развития студентов, активизации их учебно-познавательной деятельности и управления ею.

Учебно-методический комплекс направлен на эффективное достижение цели дисциплины «Системный анализ и моделирование информационных процессов», которая направлена на обучение студентов теоретическим основам и методам системного анализа, необходимым для решения задач создания и использования информационных ресурсов в сфере культуры.

Целью преподавания учебной дисциплины является приобретение менеджерами культуры необходимого уровня компетентности в области управления информационными системами и ресурсами в сфере культуры.

## **2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

### **2.1 Тематика лекционных занятий**

20 часов

#### **Тема 1. Место и роль теории систем в системе научных знаний**

Лекция 1 (2 часа).

#### **Тема 2. Система. Семантическое поле системы**

Лекция 2 (2 часа).

#### **Тема 3 Классификация систем**

Лекция 3 (2 часа).

#### **Тема 4. Общая теория систем**

Лекция 4 (2 часа).

#### **Тема 5. Системный подход. Системные исследования**

Лекция 5 (2 часа).

#### **Тема 6. Системная инженерия**

Лекция 6 (2 часа).

#### **Тема 7. Системность. Мировоззренческий аспект системности**

Лекция 7 (2 часа).

#### **Тема 8. Модели и моделирование систем**

Лекция 8 (2 часа).

#### **Тема 9. Оценка сложных систем. Основные типы шкал измерения**

Лекция 9 (2 часа).

#### **Тема 10. Методология системного анализа**

Лекция 10 (2 часа).

## 2.2 Конспект лекций

### Лекция 1

#### *Тема 1. Место и роль теории систем в системе научных знаний*

##### *Основные вопросы*

- 1 Место и роль теории систем в системе научных знаний.
- 2 Области применения методов системного анализа.
- 3 Место курса в системе специальностей, специализаций.
- 4 Цели и задачи дисциплины.

Система из греческого языка буквально означает целое, составленное из частей. В другом значении – порядок, определенный правильным расположением частей и их взаимосвязями. В настоящее время термин «система» относится к наиболее употребляемым. Это объясняется развитой методологической традицией, которая характеризует сложившийся в течение всей интеллектуальной истории человечества, и особенно в последние десятилетия, очень эффективный стиль мышления. Системное мышление – это мышление современного человека. Если же отвечать обобщенно, то системный стиль мышления, или системный подход представляет собой специфическое содержание, аспект, принцип мышления, при котором категория «система» применяется в качестве метода, инструмента познания.

Термин «системный подход» содержательно отражает группу методов, с помощью которых реальный объект описывается как совокупность взаимодействующих компонентов. Эти методы развиваются в рамках отдельных научных дисциплин и общенаучных концепций, являются результатом их междисциплинарного синтеза.

Использование системного подхода в науке стимулируется также успехом частных системных теорий в других областях знаний, развитием кибернетики и общественных наук.

Системный подход – эффективный способ мыслительной деятельности,

обеспечивший значительные открытия в науке, изобретения в технике и достижения в производстве во второй половине XX ст.

Это предопределяет постоянное внимание к нему со стороны интеллектуалов. Без овладения этим методом невозможны творческая самореализация и профессиональная деятельность. Вместе с тем возрастающая потребность в системном мышлении требует специального изучения в высших учебных заведениях дисциплин, связанных с теорией систем и системным анализом.

Без системного подхода не обходится ныне ни одна сфера высокопрофессиональной деятельности.

Особенно востребованы в настоящее время теория систем и системный анализ при управлении предприятиями и организациями, при решении правовых вопросов, возникающих при решении такой задачи.

Управление организацией – сложная проблема, требующая участия специалистов различных областей знаний. По мере усложнения производственных процессов и развития наукоёмких технологий появились проблемы с большой начальной неопределённостью проблемной ситуации. В таких задачах всё большее место стал занимать собственно процесс постановки задачи, возросла роль лица, принимающего решение, роль человека как носителя системы ценностей, критериев принятия решения, целостного восприятия. Направление «принятие решений» постановку задачи признает равноценным этапом её решения. В ходе решения подобных комплексных проблем широко используются понятия «система», «системный подход», «системный анализ». На определённой стадии развития научного знания теория систем оформилась в самостоятельную науку. В

30-е гг. XX в. возникла теория открытых систем Л. фон Берталанфи, имеющая большое значение для управления социально-экономическими объектами. Важный вклад в становление системных представлений внес в начале XX в. А.А. Богданов, предложивший всеобщую организационную науку – тектологию. Наиболее конструктивным из направлений системных



исследований в настоящее время считается системный анализ, занимающийся применением методов и моделей теории систем для практических её приложений к задачам управления.

Важная функция системного анализа – работа с целями, организация процесса целеобразования, т.е. исследование факторов, влияющих на цель, формулирование, структуризация или декомпозиция обобщающей цели. При этом разработка методики и выбор методов и приёмов выполнения её этапов базируются на использовании понятий и закономерностей теории систем.

Интерес к системным представлениям проявлялся не только как к удобному обобщающему понятию, но и как к средству постановки задач с большой неопределённостью.

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

Применение аналитических процедур требует выполнения двух условий. Во-первых, необходимо, чтобы взаимодействие между частями данного явления отсутствовало или было бы пренебрежимо мало для некоторой исследовательской цели. Только при этом условии части можно реально, логически или математически «извлекать» из целого, а затем «собирать». Во-вторых, отношения, описывающие поведение частей, должны быть линейными. Только в этом случае имеет место отношение суммативности, т. е. форма уравнения, описывающего поведение целого, такова же, как и форма уравнений, описывающих поведение частей; наложение друг на друга частных процессов позволяет получить процесс в целом и т.д. Для образований, называемых системами, т.е. состоящих из взаимодействующих частей, эти условия не выполняются. Прототипом описания систем являются системы дифференциальных уравнений, в общем

случае нелинейных. Систему, или «организованную сложность», можно описать через «сильные взаимодействия» или взаимодействия, которые «нетривиальны», т.е. нелинейны. Методологическая задача теории систем, таким образом, состоит в решении проблем, которые носят более общий характер, чем аналитически-суммативные проблемы классической науки. Существуют различные подходы к таким проблемам.

«Классическая» теория систем. Эта теория использует классическую математику и имеет цели: установить принципы, применимые к системам вообще или к их определенным подклассам (например, к закрытым и открытым системам); разработать средства для их исследования и описания и применить эти средства к конкретным случаям. Учитывая достаточную общность получаемых результатов, можно утверждать, что некоторые формальные системные свойства относятся к любой сущности, которая является системой (к открытым системам, иерархическим системам и т.д.), даже если ее особая природа, части, отношения и т.д., не известны или не исследованы.

Использование вычислительных машин и моделирование. Системы дифференциальных уравнений, применяемые для «моделирования» или спецификации систем, обычно требуют много времени для решения, даже если они линейны и содержат немного переменных; нелинейные системы уравнений разрешимы только в некоторых частных случаях. По этой причине с использованием вычислительных машин открылся новый подход к системным исследованиям. Дело не только в значительном облегчении необходимых вычислений, которые иначе потребовали бы недопустимых затрат времени и энергии, и замене математической изобретательности заранее установленными последовательностями операций. Важно еще и то, что при этом открывается доступ в такие области, где в настоящее время отсутствует соответствующая математическая теория и нет удовлетворительных способов решения. Так, с помощью вычислительных машин могут анализировать системы, по своей сложности далеко

превосходящие возможности традиционной математики; с другой стороны, вместо лабораторного эксперимента можно воспользоваться моделированием на вычислительной машине и построенная таким образом модель затем может быть проверена в реальном эксперименте. Подобный анализ стал обычным делом в экономических разработках, при исследовании рынка и т. д.

*Теория ячеек.* Одним из аспектов системных исследований, который следует выделить, поскольку эта область разработана чрезвычайно подробно, является теория ячеек, изучающая системы, составленные из подъединиц с определенными граничными условиями, причем между этими подъединицами имеют место процессы переноса. Такие ячейечные системы могут иметь, например, «цепную» или «сосковую» структуру (цепь ячеек или центральную ячейку, сообщающуюся с рядом периферийных ячеек). Вполне понятно, что при наличии в системе трех и более ячеек математические трудности становятся чрезвычайно большими. В этом случае анализ возможен лишь благодаря использованию преобразований Лапласа и аппарата теорий сетей и графов.

*Теория множеств.* Общие формальные свойства систем и формальные свойства закрытых и открытых систем могут быть аксиоматизированы в языке теории множеств. По математическому изяществу этот подход выгодно отличается от более грубых и специализированных формулировок «классической» теории систем. Связи аксиоматизированной теории систем с реальной проблематикой системных исследований пока выявлены весьма слабо.

*Теория графов.* Многие системные проблемы относятся к структурным и топологическим свойствам систем, а не к их количественным отношениям. В этом случае используется несколько различных подходов. В теории графов, особенно в теории ориентированных графов (диграфов), изучаются реляционные структуры, представляемые в топологическом пространстве. Эта теория применяется для исследования реляционных аспектов биологии.

В магматическом смысле она связана с матричной алгеброй, но своими моделями – с тем разделом теории ячеек, в котором рассматриваются системы, содержащие частично «проницаемые» подсистемы, а вследствие этого – с теорией открытых систем.

*Теория сетей.* Эта теория, в свою очередь, связана с теориями множеств, графов, ячеек и т. д. Она применяется к анализу таких систем, как нервные сети.

*Кибернетика.* В основе кибернетики, т.е. теории систем управления, лежит связь (передача информации) между системой и средой и внутри системы, а также управление (обратная связь) функциями системы относительно среды. Кибернетические модели допускают широкое применение, но их нельзя отождествлять с теорией систем вообще. В биологии и других фундаментальных науках кибернетические модели позволяют описывать формальную структуру механизмов регуляции, например, при помощи блок-схем и графов потоков. Использование кибернетических моделей позволяет установить структуру регуляции системы даже в том случае, когда реальные механизмы остаются неизвестными и система представляет собой «черный ящик», определяемый только его входом и выходом. Таким образом, одна и та же кибернетическая схема может применяться к гидравлическим, электрическим, физиологическим и другим системам. Тщательно разработанная техническая теория сервомеханизмов применяется естественным системам в ограниченном объеме.

*Теория информации.* По К. Шеннону, математическое выражение для понятия информации изоморфно выражению для энтропии в термодинамике. Считается, что понятие информации можно использовать в качестве меры организации. Хотя теория информации имеет большое значение для техники связи, ее применение в науке весьма незначительно. Главной проблемой остается выяснение отношения между информацией и организацией, между теорией информации и термодинамикой.

*Теория автоматов.* Это так называемая теория абстрактных автоматов, имеющих вход, выход, иногда способных действовать методом проб и ошибок и обучаться. Общей моделью теории автоматов является машина Тьюринга, которая представляет собой абстрактную машину, способную печатать (или стирать) на ленте конечной длины цифры 1 и 0. Можно показать, что любой сколь угодно сложный процесс может моделироваться машиной Тьюринга, если этот процесс можно выразить конечным числом операций. В свою очередь, то, что возможно логически (т.е. в алгоритмическом символизме), может также быть сконструировано – в принципе, но не всегда практически – автоматом (т. е. алгоритмической машиной).

*Теория игр.* Несмотря на то, что теория игр несколько отличается от других рассмотренных системных подходов, все же ее можно поставить в ряд наук о системах. В ней рассматривается поведение «рациональных» игроков, пытающихся достичь максимальных выигрышей и минимальных потерь за счет применения соответствующих стратегий в игре с соперником (или природой). Следовательно, теория игр рассматривает системы, включающие антагонистические силы.

*Теория решений.* Эта математическая теория изучает условия выбора между альтернативными возможностями.

*Теория очередей.* Рассматривает оптимизацию обслуживания при массовых запросах. Несмотря на неоднородность и явную неполноту проведенного рассмотрения, отсутствие достаточной четкости в различении моделей (например, моделей открытой системы, цепи обратной связи) и математических формализмов (например, формализмов теорий множеств, графов, игр), такое перечисление позволяет показать, что существует целый ряд подходов к исследованию систем, а некоторые из них обладают мощными математическими методами. Проведение системных исследований означает прогресс в анализе проблем, которые ранее не изучались, считались выходящими за пределы науки или чисто философскими. Хорошо известно,

что проблема соответствия между моделью и реальностью чрезвычайно сложна. Нередко мы располагаем тщательно разработанными математическими моделями, но остается неясным, как можно применять их в конкретном случае. Для многих фундаментальных проблем вообще отсутствуют подходящие математические средства. Чрезмерные ожидания привели в последнее время к разочарованию. Так, кибернетика продемонстрировала свое влияние не только в технике, но и в фундаментальных науках; построила модели ряда конкретных явлений, показала научную правомерность телеологического объяснения и т.д. Тем не менее, кибернетика не создала нового широкого «мировоззрения», оставаясь скорее расширением, чем заменой механистической концепции.

Несмотря на то что математические модели обладают важными достоинствами – четкостью, возможностью строгой дедукции, проверяемостью и т.д., – не следует отказываться от использования моделей, сформулированных в обычном языке. Вербальная модель лучше, чем отсутствие модели вообще или математическая модель, которая при насильственном насаждении фальсифицирует реальность. Многие теории, получившие огромное влияние в науке, являются нематематическими по своему характеру (например, психоаналитическая теория), а в других случаях лежащие в их основе математические конструкции осознаются позднее и охватывают лишь отдельные аспекты соответствующих эмпирических данных (как в теории отбора).

Идея системы сохраняет значение даже там, где ее нельзя сформулировать математически или где она остается скорее направляющей идеей, чем математической конструкцией. Как мы видели ранее, в рамках системного подхода существуют и механистические, и организмические тенденции и модели, пытающиеся познать системы либо с помощью таких понятий, как «анализ», «линейная (включая круговую) причинность», «автомат» и т.д., либо при помощи понятий «целостность», «взаимодействие», «динамика» и им подобных. Эти два типа моделей не

исключают друг друга и даже могут использоваться для описания одних и тех же явлений.

Важную роль в развитии общей теории систем играют логика, теория множеств, кибернетика и другие науки. Отраслевые теории систем раскрывают специфику систем различной природы. Речь идет о теории физических, химических, биологических, экономических, социальных систем, которые курируются соответствующими отраслями наук. Специальные теории систем направлены на отражение их отдельных сторон, аспектов, срезов, этапов. Они находятся под влиянием соответствующих теорий. Например, теория диссипативных систем, теория переходных систем, теория эволюции систем и т.п.

Наконец, системология (прикладная инженерная дисциплина) находится под воздействием техники, моделирования, проектирования и конструирования, т.е. технической, биологической, информационной и социальной инженерии. Связь теории систем в системе научного знания отражена на рисунке 1.

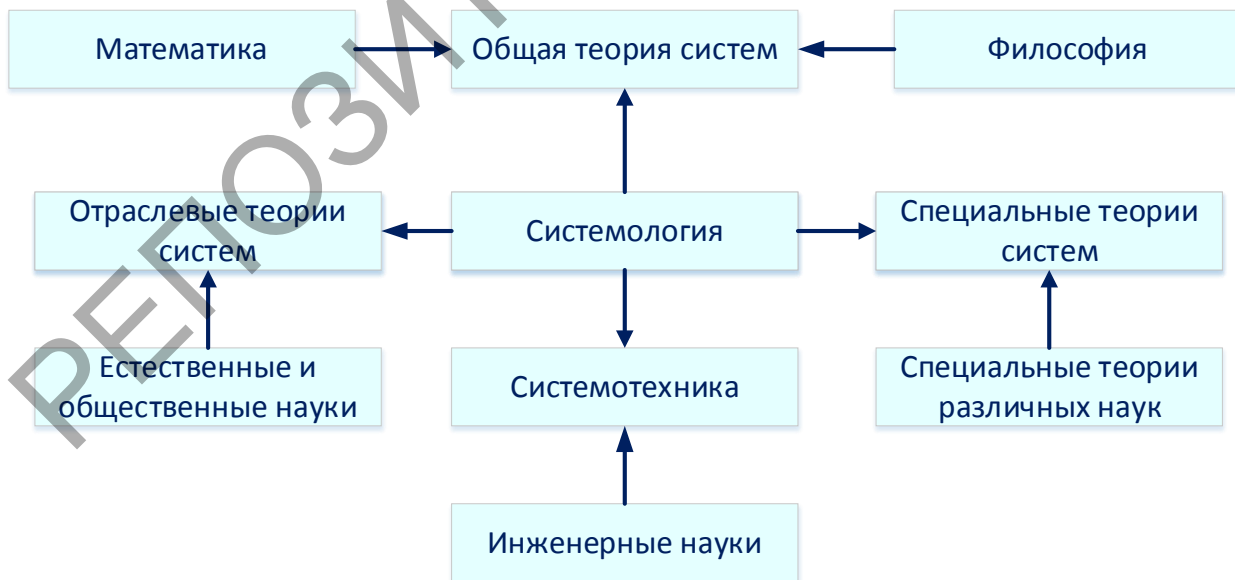


Рисунок 1 – Теория систем в системе научного знания

Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины «Системный анализ и моделирование информационных процессов», необходимы при

изучении следующих курсов: «Проектирование информационных ресурсов и систем», «Технологии создания баз данных сферы культуры», «Информационные технологии художественного проектирования», «Алгоритмы обработки данных».

Целью преподавания учебной дисциплины является приобретение менеджерами культуры необходимого уровня компетентности в области управления информационными системами и ресурсами в сфере культуры.

Задачи изучения дисциплины:

- формирование у студентов теоретических основ знаний по теории систем;
- формирование у студентов целостного представления о понятиях и методологии использования системного анализа как средства решения проблем предметной отрасли;
- изучение принципов системного подхода, развитие у студентов навыков системного мышления при решении управленческих задач;
- развитие практических навыков системного анализа для моделирования задач своей предметной области.

*Выводы:* Желательность и необходимость повышения системности возникает в самых разнообразных областях. В частности, успех в современном бизнесе и менеджменте во многом опирается на оперативный анализ экономической ситуации и выбор оптимального решения из возможных альтернатив, зачастую в условиях неполноты данных и неопределенности ситуаций. Освоение образовательной программы по «Системный анализ и моделирование информационных процессов» должно обеспечивать формирование компетенции СК-16 – применять основные методы системного анализа при моделировании информационных процессов в социокультурной сфере.



## Лекция 2

### *Тема 2. Система. Семантическое поле системы*

#### *Основные вопросы*

- 1 Развитие и возникновение системных представлений
- 2 Понятие системы. Схема компонентов системы
- 3 Состояние и функционирование системы.

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

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

Существует много определений системы.

Составляющим понятием «системный анализ», «системная проблема», «системное исследование» является слово «система», которое появилось в Древней Элладе 2000–2500 лет назад и первоначально означало: сочетание, организм, устройство, организация, строй, союз. Оно также выражало определенные акты деятельности и их результаты (нечто, поставленное вместе; нечто, приведенное в порядок). Метафоризация слова «система» была начата Демокритом (460–360 до н. э.). Образование сложных тел из атомов он уподобляет образованию слов из слогов и слогов из букв. Сравнение неделимых форм (элементов с буквами) – один из первых этапов формирования научно-философского понятия, обладающего обобщенным универсальным значением. На следующем этапе происходит дальнейшая универсализация значения слова, наделение его высшим обобщенным смыслом, что позволяет применять его и к физическим, и к искусственным объектам.

Первые представления о системе возникли в античной философии, выдвинувшей онтологическое истолкование системы как упорядоченности и целостности бытия (см. Бытие), а также идею системности знания (целостность знания, аксиоматическое построение логики, геометрии). В античной философии и науке понятие системы включается в контекст философских поисков общих принципов организации мышления и знания. Для понимания генезиса понятия системы принципиален момент включения мифологических представлений о Космосе, Мировом порядке, Едином и тому подобных категорий в контекст собственно философско-методологических рассуждений. Например, сформулированный в Античности тезис о том, что целое больше суммы его частей, имел уже не только мистический смысл, но и фиксировал проблему организации мышления. Пифагорейцы и элеаты решали проблему не только объяснения и понимания мира, но и онтологического обоснования используемых ими рациональных процедур. Число и Бытие – начала, не столько объясняющие и описывающие мир, сколько выражающие точку зрения становящегося рационального мышления и требование мыслить единство многого. Платон выражает это требование уже в явном виде: «Существующее единое есть одновременно и единое и многое, и целое и части...» Только единство многого, то есть система, может быть, согласно Платону, предметом познания. Отождествление структурами системы с Мировым порядком можно осмыслить только с учётом всех этих факторов.

В античной (древней) философии термин «система» характеризовал упорядоченность и целостность естественных объектов, а термин «синтагма» – упорядоченность и целостность искусственных объектов, прежде всего продуктов познавательной деятельности. Именно в этот период был сформулирован тезис о том, что целое больше суммы его частей. Не касаясь вопроса о трактовке системности знания в средневековой философии, отметим лишь, что для выражения интегративности

познавательных образований здесь стали использоваться новые термины: сумма, дисциплина, доктрина.

С возникновением науки и философии Возрождения (XV в.) связано радикальное преобразование в истолковании бытия. Трактовка бытия как космоса сменяется рассмотрением его как системы мира. При этом система мира понимается как независимое от человека, обладающее своим типом организации, иерархией, имманентными (свойственными, внутренне присущими какому-либо предмету, явлению, проистекающими из их природы) законами и суверенной структурой. Возникает ряд научных дисциплин, каждая из которых вычленяет в природном мире определенную область и анализирует ее свойственными этим дисциплинам методами. Астрономия была одной из первых наук, которая перешла к онтолого-натуралистической интерпретации системности мироздания. Большую роль в становлении новой трактовки системности бытия сыграло открытие Н. Коперника (1473–1543). Он создал Гелиоцентрическую систему мира, объяснив, что Земля, как и другие планеты, обращается вокруг Солнца и, кроме того, вращается вокруг своей оси. Важнейшая особенность представлений о системности предмета познания, характерная для науки эпохи Возрождения, состоит в выдвигании на первый план каузального, а не телеологического способа объяснения.

Воспринятые от Античности представления о системности бытия развивались как в системно-онтологических концепциях Б. Спинозы и Г. В. Лейбница, так и в построениях научной систематики XVII–XVIII веков, стремившейся к естественной (а не телеологической) интерпретации системности мира (например, классификация К. Линнея).

В философии и науке Нового времени понятие системы использовалось при исследовании научного знания; при этом спектр предлагаемых решений был очень широк – от отрицания системного характера научно-теоретического знания (Э. Б. де Кондильяк) до первых попыток

философского обоснования логико-дедуктивной природы систем знания (И. Г. Ламберт и другие).

Глубокую и основательную разработку идея системной организации научного знания получила в немецкой классической философии. Структура научного знания, принципы и основания построения теоретических систем стали в ней предметом специального философского, логико-методологического анализа. Немецкий математик и философ И. Г. Ламберт (1728–1777) подчеркивал, что «всякая наука, как и её часть, предстает как система, поскольку система есть совокупность идей и принципов, которая может трактоваться как целое. В системе должны быть субординация и координация». Следует отметить, что он анализировал системность науки на основе обобщенного рассмотрения систем вообще, построения общей системологии.

Новый этап в интерпретации системности научного знания связан с именем И. Канта (1724–1804). Его заслуга состоит не только в четко осознанном системном характере научно-теоретического знания, но и в превращении этой проблемы в методологическую, в выявлении определенных процедур и средств системного конструирования знания. И. Г. Фихте (1762–1814) считает, что принципы полагания формы знания являются одновременно принципами полагания и его содержания. Исходный тезис Фихте – научное знание есть системное целое. Принципы системной природы знания разрабатывались в немецкой классической философии: согласно И. Канту, научное знание есть система, в которой целое главенствует над частями. Шеллинг и Гегель трактовали системность познания как наиболее важное требование теоретического мышления. В западной философии второй половины XIX – начала XX века содержатся постановки, а в отдельных случаях и решения некоторых проблем системного исследования: специфики теоретического знания как системы (неокантианство), особенностей целого (холизм, гештальт-психология), методы построения логических и формализованных систем (неопозитивизм).

Определённый вклад в разработку философских и методологических оснований исследования систем внесла марксистская философия, основанная на принципах материалистической диалектики (всеобщей связи явлений, развития, противоречия и других).

Теоретическое естествознание XIX–XX вв. исходит из различения предмета и объекта знания. Подчеркивая активный характер человеческого познания, новый способ мысли трактует предмет исследований как нечто созданное и создаваемое человеком в ходе освоения природы. Появляется роль моделей в познании. Целое понимается уже не как простая сумма, а как функциональная совокупность, которая формируется некоторым заранее задаваемым отношением между элементами. При этом фиксируется наличие особых интегративных характеристик данной совокупности – целостность, несводимость к составляющим элементам. Сама эта совокупность, отношение между элементами (их координация, субординация и т.д.) определяются некоторым правилом или системообразующим принципом. Этот принцип относится как к порождению свойств целого из элементов, так и к порождению свойств элементов из целого. Системообразующий принцип позволяет не только постулировать те или иные свойства элементов и системы, но и предсказывать возможные элементы и свойства системной совокупности.

Для начавшегося со второй половины XIX века проникновения понятия системы в различные области конкретно-научного знания важное значение имело создание эволюционной теории Ч. Дарвина, теории относительности, квантовой физики, позднее – структурной лингвистики. Возникла задача построения строгого определения понятия системы и разработки оперативных методов анализа систем. Приоритет в этом отношении принадлежит разработанной А. А. Богдановым в начале XX века концепции всеобщей организационной науки – тектологии. Попытки разработать общие принципы системного подхода были предприняты А. А. Богдановым (1873–1928) в работе «Всеобщая организационная наука (тектология)» (3-е изд. М.;

Л., 1925–1929. Ч. 1–3). Исследования, проведенные уже в наши дни, показали, что важные идеи и принципы кибернетики, сформулированные Н. Винером и особенно У. Росс Эшби, значительно раньше, хотя и в несколько иной форме, были выражены Богдановым. Эта теория в своё время не получила достойного признания и только во второй половине XX века значение тектологии Богданова было адекватно оценено.

Марксистская гносеология выдвинула определенные принципы анализа системности научного знания. К ним относятся историзм, единство содержательной и формальной сторон научного знания, трактовка системности не как замкнутой системы, а как развивающейся последовательности понятий и теорий. При таком подходе системность знаний предполагает дальнейшее совершенствование системы понятий.

Ряд конкретно-научных концепций систем и принципов их анализа был сформулирован в 1930–1940-х годах в работах В. И. Вернадского, Т. Котарбиньского, Л. фон Берталанфи. Предложенная в конце 1940-х годов Берталанфи программа построения общей теории систем явилась одной из попыток обобщённого анализа системной проблематики. Именно эта программа системных исследований получила наибольшую известность в мировом научном сообществе второй половины XX века и с её развитием и модификацией во многом связано возникшее в это время системное движение в науке и технических дисциплинах. Дополнительно к этой программе в 1950–1960-х годах был выдвинут ряд общесистемных концепций и определений понятия системы – в рамках кибернетики, системного подхода, системного анализа, системотехники, теории необратимых процессов и других направлений исследований.

Общая теория систем (ОТС) Л. Фон Берталанфи. Ее созданием автор хотел бросить вызов марксизму, выдвинув в противовес ему концепцию, которая претендует на универсальность. Для построения тектологии используется материал самых различных наук, в первую очередь естественных. Основная идея тектологии – признание необходимости

подхода к любому явлению со стороны его организованности (у других авторов – системности). Под организованностью понимается свойство целого быть больше суммы своих частей. Чем больше целое разнится от суммы своих частей, тем больше оно организовано. Тектология рассматривает все явления как непрерывные процессы организации и дезорганизации. Принципы организованности и динамичности тесно связаны с принципом целостного рассмотрения отдельных явлений и всего мира вообще.

ОТС и тектология – это две науки об организованности, системности явлений, кибернетика же – наука об управлении этими объектами. Тектология как общая теория включает в сферу своего внимания не только кибернетические принципы, т. е. принципы управления систем, но и вопросы их субординации (иерархических порядков), их распада и возникновения, обмена со средой и веществом и т.д.

Австрийский биолог и философ Л. Фон Бергаланфи (1901–1972) первым из западных ученых разработал концепцию организма как открытой системы и сформулировал программу построения ОТС. В своей теории он обобщил принципы целостности, организации, эквифинальности (достижения системой одного и того же конечного состояния при различных начальных условиях) и изоморфизма. Начиная со своих первых работ, Л. Бергаланфи проводит мысль о неразрывности естественно-научного (биологического) и философского (методологического) исследований. Сначала была создана теория открытых систем, граничащая с современной физикой, химией и биологией. Классическая термодинамика исследовала лишь закрытые системы, т. е. не обменивающиеся веществом с внешней средой и имеющие обратимый характер. Попытка применения классической термодинамики к живым организмам (начало XX в.) показала, что, хотя при рассмотрении органических явлений использование физико-химических принципов имеет большое значение, так как в организме имеются системы, находящиеся в равновесии (характеризующимся минимумом свободной энергии и максимумом энтропии), однако сам организм не может

рассматриваться как закрытая система в состоянии равновесия, ибо он не является таковым. Организм представляет собой открытую систему, остающуюся постоянной при непрерывном изменении входящих в нее веществ и энергии (так называемое состояние подвижного равновесия). В 1940–50 гг. Л. Берталани обобщил идеи, содержащиеся в теории открытых систем, и выдвинул программу построения ОТС, являющейся всеобщей теорией организации. Проблемы организации, целостности, направленности, телеологии, саморегуляции, динамического взаимодействия весьма актуальны и для современной физики, химии, физической химии и технологии, а не только для биологии, где подобные проблемы встречаются повсюду. Пока что такие понятия были чужды классической физике. Если до сих пор унификацию наук видели обычно в сведении всех наук к физике, то, с точки зрения Л. Берталани, единая концепция мира может быть, скорее, основана на изоморфизме законов в различных областях. В результате он приходит к концепции синтеза наук, которую и противоположность редуционизму (т. е. сведению всех наук к физике) называет перспективизмом. Вместе с тем она выполняет определенную методологическую функцию, что дает возможность охватить одним формальным аппаратом обширный круг специальных систем и освободить ученых от массового дублирования работ, экономя деньги и время. К числу недостатков ОТС Л. Берталани относятся:

- неполное определение понятия «система»,
- отсутствие особенностей саморазвивающихся систем и теоретического исследования связи,
- условий, при которых система модифицирует свои формы.

Но основной методологический недостаток его теории заключается в утверждении автора, что она выполняет роль философии современной науки, формируя философски обобщенные принципы и методы научного исследования. В действительности это не так. Ибо для философского учения о методах исследования необходимы совершенно иные (новые) исходные



понятия и иная направленность анализа: абстрактное и конкретное специфически мысленное знание, связь знаний, аксиоматическое построение знаний и др., что отсутствует в ОТС.

При применении «аналитической процедуры» некоторая исследуемая сущность разлагается на части, и, следовательно, затем она может быть оставлена или воссоздана из собранных вместе частей, причем эти процессы возможны как мысленно, так и материально. Это основной принцип «классической» науки, который может осуществляться различными путями: разложением исследуемого явления на отдельные причинные цепи, поисками «атомарных» единиц в различных областях науки и т. д. Научный прогресс показывает, что этот принцип классической науки, впервые сформулированный Галилеем и Декартом, приводит к большим успехам при изучении широкой сферы явлений.

Итак, подводя итоги, ОТС у Л. Берталанфи выступает в двух смыслах. В широком – как основополагающая, фундаментальная наука, охватывающая всю совокупность проблем, связанных с исследованием и конструированием систем. В теоретическую часть включаются 12 направлений, приведенных выше. В узком смысле – ОТС, стремящаяся вывести из общего определения системы как комплекса взаимодействующих элементов понятия, относящиеся к организованному целым (взаимодействие, сумма, централизация, финальность и т.д.), и применяющая их к анализу конкретных явлений. Прикладная область общей теории систем включает, согласно Берталанфи: 1) системотехнику; 2) исследование операций; 3) инженерную психологию.

Системные исследования – вся совокупность научных и технических проблем, которые при всей их специфике и разнообразии сходны в понимании и рассмотрении исследуемых ими объектов как систем, т. е. множества взаимосвязанных элементов, выступающих в виде единого целого. Соответственно этому системный подход – эксплицитное (разъяснительное) выражение процедур представления объектов как систем и

способов их описания, объяснения, предвидения, конструирования и т. д. Общая теория систем, таким образом, выступает в этом случае как обширный комплекс научных дисциплин. Следует, однако, отметить, что при таком истолковании в известной мере теряется определенность задач теории систем и ее содержания. Строго научной концепцией (с соответствующим аппаратом, средствами и т.д.) можно считать лишь общую теорию систем в узком смысле.

НТР является важнейшей особенностью нашей эпохи, которая выражается в качественном скачке от одного состояния науки к другому. Это предполагает коренную ломку представлений и методов в естественных и технических науках, открытие новых фундаментальных закономерностей объективного мира и обуславливает этим количественные и качественные изменения на всех этапах разработки современной техники. Наглядными примерами этого процесса являются бурное появление новых отраслей знания, новых научных дисциплин, возникающих на стыках старых, появление комплексных «гибридных» наук, создание новых наук на основе многосторонних связей между старыми науками, рождение принципиально новых методов и принципов исследования, дающих плодотворные результаты. Такими новыми «синтетическими» дисциплинами являются физическая химия, астроботаника, биохимия, бионика (биологическая кибернетика), инженерная биология и многие другие.

Особенности современного научного познания.

1. Дифференциация и интеграция в развитии науки. Дифференциация науки позволяет углубить знание о предмете, одновременно с этим в своём развитии интеграция наук даёт широту и как следствие опору на различные науки при выводе новых знаний.

2. Приобретение современными науками всё большей строгости и точности. Практически все отрасли науки переходят к математическому обоснованию, количественному измерению. Однако не стоит забывать и о

качественном определении явлений и фактов, без которых нет настоящей науки.

3. Увеличение скорости развития науки. Ускорение перехода от научной идеи к её реализации и внедрению в производство.

4. Увеличение опасности субъективизма в научных исследованиях.

5. Всё больше научных достижений становятся не результатом деятельности одного учёного, а коллектива. Можно сказать, что индивидуальный период производства научной информации меняется «машинным».

6. Исследования объектов и явлений ведутся без предварительных их расчленений на обособленные части, а во взаимодействии всех их частей.

Таким образом, объекты изучают как целое, лишь мысленно вычлняя те или иные его стороны. На фоне перечисленных особенностей все отчетливее выступает тенденция к синтезу знаний, получаемых различными отраслями науки. По мере расчленения науки на отдельные дисциплины уменьшается количество связей между ними и увеличивается вероятность замедления научно-технического прогресса из-за утраты возможностей общения. Метод целостного подхода к объектам имеет важнейшее значение в становлении более высокой ступени мышления, а именно перехода его от аналитической ступени к синтетическому мышлению, которое направляет познавательный процесс к более всестороннему и глубокому познанию явления. В современной технике, природе и обществе мы, как правило, имеем дело с самыми различными системами. Их наличие позволяет утверждать, что бесконечное многообразие объектных систем представляет собой внешний мир. Но только в последние три десятилетия мы являемся свидетелями быстрого развития понятия «система», ставшего ключевым в научном исследовании. Подход к объектам исследования как к системам выражает одну из главных особенностей современного научного познания.

Существует много *определений системы*.

1. Система есть комплекс элементов находящийся во взаимодействии.

2. Система – это множество объектов вместе с отношениями этих объектов.

3. Система – множество элементов находящихся в отношениях или связях друг с другом, образующая целостность или органическое единство (толковый словарь)

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

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

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

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

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

Элементом системы является часть системы с однозначно определёнными свойствами, выполняющие определённые функции и не

подлежащие дальнейшему разбиению в рамках решаемой задачи (с точки зрения исследователя).

Среди современных научных дисциплин видное место занимает общая теория систем. Развитие этой науки показало, что понятие общая теория систем не имеет строгого определенного смысла; в этой связи в научный инструментарий вошли такие понятия, как «системный подход», «системное исследование», «системный анализ», «исследование операций». Следует учесть, что термины системного исследования, употребляемые в разных науках, существенно различаются по своим формулировкам.

*Некоторые подходы к определению системы:*

- система – это множество объектов вместе с отношениями между объектами и между их атрибутами (А. Холл и Р. Фейджин);
- система есть абстрактный (языковой) аналог реального объекта или явления (А.И. Берг);
- под целостной системой понимается совокупность компонентов, взаимодействие которых порождает новые (интегральные системные) качества, не присущие ее образующим (В.Г. Афанасьев).

Система – это совокупность (множество) элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, единство. При этом нужно учитывать, что: каждый элемент, входящий в систему, сам по себе может рассматриваться как система, состоящая из элементов другого типа, т.е. системы обычно представляют собой иерархическую структуру; взаимосвязи между элементами системы могут меняться во времени в соответствии с ходом выполнения возложенных на эти элементы функций.

Система – целостный комплекс взаимосвязанных компонентов, имеющий особое единство с внешней средой и представляющий собой подсистему системы более высокого порядка (глобальной системы). Единство системы с внешней средой определяет ее взаимосвязь с действием объективных экономических законов.

Существуют и другие определения понятия системы, выделяющие его философскую, математическую, физическую, лингвистическую и другие стороны. Несмотря на такое многообразие формальных определений этого понятия, суть его состоит в том, что система должна рассматриваться как некий целостный комплекс взаимосвязанных элементов, объединенных общностью цели и образующих особое единство с окружающей средой. Итак, в общем случае под системой понимается наличие множества объектов исследования с набором связей между ними и между их свойствами.

При всём разнообразии толкований, понимание системы в самом общем плане традиционно включает в себя представление о единстве и целостности взаимосвязанных между собой её элементов, то есть предполагает рассмотрение системы как объекта, прежде всего, с точки зрения целого. Семантическое поле такого понимания включает термины «элемент», «целое», «единство», «связь», «взаимодействие», а также «структура» – схема связей между элементами системы (см. Структура). Структура системы предполагает упорядоченность, организацию, устройство, обусловленные характером взаимоотношений между элементами и её взаимоотношением со внешней средой, в которых проявляются два противоположных свойства системы: ограниченность (внешнее свойство системы) и целостность (внутреннее свойство системы).

Понятие системы имеет чрезвычайно широкую область применения (практически каждый объект может быть рассмотрен как система), поэтому достаточно полное понимание категории системы предполагает построение семейства соответствующих определений – как содержательных, так и формальных. Лишь в рамках такого семейства определений удаётся выразить *основные признаки систем* и соответствующие им *системные принципы*:

1. *Целостность*: определённая независимость системы от внешней среды и от других систем; определённая зависимость каждого элемента, свойства и отношения системы от его места, функций и так далее внутри целого.

2. *Связность*: наличие связей и отношений, которые позволяют посредством переходов по ним от элемента к элементу соединить два любых элемента системы;

3. *Структурность*: возможность описания системы через установление её структуры, то есть схему связей и отношений; обусловленность поведения системы не столько поведением её отдельных элементов, сколько свойствами её структуры.

4. *Иерархичность*: каждый компонент системы, в свою очередь, может рассматриваться как система, а исследуемая в таком случае система представляет собой один из компонентов более широкой системы.

5. *Функция*: наличие целей (возможностей), при этом не являющихся простой суммой целей (возможностей) элементов, входящих в систему; принципиальная несводимость (степень несводимости) свойств системы к сумме свойств её элементов называется эмерджентностью.

6. *Множественность описания* каждой системы: в силу принципиальной сложности каждой системы её адекватное познание требует построения множества различных моделей, каждая из которых описывает лишь определённый аспект системы.

Соответственно указанному подходу, *общую схему компонентов системы* можно представить следующим образом:

1. *Элемент системы*. Неделимая часть системы, характеризующаяся конкретными свойствами, определяющими её в данной системе однозначно. Множество составляющих единство элементов, их связей и взаимодействий между собой и между ними и внешней средой, образуют присущую системе целостность, качественную определённость и целенаправленность (целеустремлённость). Число различных элементов и их взаимосвязей, которые включает в себя система, определяют её сложность.

2. *Связи системы*. Совокупность зависимостей свойств одного элемента от свойств других элементов системы: односторонних; двусторонних, многосторонних. Связи определяют важный для системы

порядок обмена между элементами веществом, энергией, информацией. Простейшими связями являются последовательное и параллельное соединения элементов и положительная и отрицательная обратные связи. В сложных системах особое значение имеют информационные связи, однако не менее важны и энергетические и материальные связи. Сложная совокупность связей в подобных системах образует такое свойство как иерархичность, которая присуща не только строению, морфологии системы, но и её поведению: отдельные уровни системы обуславливают определённые аспекты её поведения, а целостное функционирование оказывается результатом взаимодействия всех её сторон и уровней.

3. *Структура системы.* Упорядоченность отношений, связывающих элементы системы, определяет структуру системы как множество элементов, функционирующих в соответствии с установившимися между элементами системы связями. Структуру можно представить как схему – статическую модель системы, которая характеризует только строение системы, не учитывая множества свойств и состояний её элементов. Как правило, при введении понятие структуры систему отображают путём разделения на подсистемы, компоненты, элементы с взаимосвязями, которые могут носить различный характер. Одна и та же система может быть представлена разными структурами в зависимости от стадии познания объектов или процессов, от аспекта их рассмотрения, цели создания и так далее.

По мере развития исследований или в ходе проектирования структура системы может изменяться. Структуры могут быть представлены в матричной форме, в форме теоретико-множественных описаний, с помощью языка топологии, алгебры и других средств моделирования систем. Наиболее распространены следующие классы структур:

1. *Сетевая структура* представляет собой декомпозицию системы во времени. Такие структуры могут отображать порядок действия технической системы (например, телефонная сеть, электрическая сеть и тому



подобные), этапы деятельности человека (например, при производстве продукции – сетевой график, при проектировании – сетевая модель, при планировании – сетевой план и тому подобные).

2. *Иерархическая структура* представляет собой декомпозицию системы в пространстве. Все компоненты и связи существуют в этих структурах одновременно (не разнесены во времени). Такие структуры могут иметь большее число уровней декомпозиции (структуризации). Структуры, в которых каждый элемент нижележащего уровня подчинён одному узлу вышестоящего (и это справедливо для всех уровней иерархии), называют древовидными структурами, или иерархическими структурами с «сильными» связями. Структуры, в которых элемент нижележащего уровня может быть подчинён двум и более узлам вышестоящего, называют иерархическими структурами со «слабыми» связями.

3. *Матричная структура* представляет собой иерархическую структуру со «слабыми» связями, которая базируется на принципе множественной иерархии. Отношения, имеющие вид «слабых» связей между двумя уровнями, построены по функциональному принципу и подобны отношениям в матрице, образованной из составляющих этих двух уровней.

4. *Многоуровневая иерархическая структура* представляет собой иерархическую структуру с «сильными» и «слабыми» связями, которая базируется на принципе множественной иерархии. Так, в теории систем М. Месаровича предложены особые классы иерархических структур, отличающиеся различными принципами взаимоотношений элементов в пределах уровня и различным правом вмешательства вышестоящего уровня в организацию взаимоотношений между элементами нижележащего, для названия которых он предложил следующие термины: «страты», «слои», «эшелоны».

5. *Смешанная иерархическая структура* представляет собой структуру с вертикальными и горизонтальными связями.

6. *Структура с произвольными связями* может иметь любую форму, объединять принципы разных видов структур и нарушать их.

*Взаимодействие системы.* Процесс взаимного влияния элементов, системы и внешней среды друг на друга, а также совокупность взаимосвязей и взаимоотношений между их свойствами, когда они приобретают характер взаимодействия.

*Внешняя среда системы.* Всё, что не входит в систему, объединяется понятием «внешняя среда». В сущности, выявление системы есть разделение по определённым основаниям некоторой области материального или абстрактного мира на две части, одна из которых рассматривается как система, а другая – как внешняя среда. Это подразумевает, что внешняя среда представляет собой множество существующих в пространстве и во времени объектов и других систем, которые, как предполагается, действуют на систему тем или иным образом. При этом, между системой и внешней средой существует определённая взаимозависимость – система формирует и проявляет свои свойства в процессе взаимодействия со средой, будучи активным компонентом этого взаимодействия.

#### *Свойства системы*

Среди множества свойств, присущих системам, выделяются наиболее важные, характеризующие их функционирование:

1. *Состояние системы.* Набор значений основных параметров системы, определяющий характер её функционирования на определённом временном интервале. Состояние системы можно представить как совокупность состояний её  $n$  элементов и связей между ними (двусторонних связей не может быть более чем  $n(n - 1)$  в системе с  $n$  элементами). Задание конкретной системы сводится к заданию её состояний на всём протяжении её жизненного цикла. Реальная система не может находиться в любом состоянии, так как всегда есть известные ограничения – некоторые внутренние и внешние факторы. Возможные состояния реальной системы образуют в пространстве её состояний некоторое множество допустимых

состояний системы. Определяют состояние системы (в случае систем материальной природы) либо через входные воздействия и выходные сигналы (результаты), либо через макропараметры, макросвойства системы.

2. *Поведение системы.* Если система способна переходить из одного состояния в другое (например,  $s_1 \rightarrow s_2 \rightarrow s_3 \rightarrow \dots$ ), то подразумевается, что она обладает поведением. Этим понятием пользуются, когда неизвестны закономерности или правила перехода системы из одного состояния в другое. В таких случаях говорят, что система обладает некоторым поведением, и выясняют его характер, алгоритм и другие особенности.

3. *Равновесие системы.* Способность системы в отсутствии внешних возмущающих воздействий (или при постоянных воздействиях) сохранять своё состояние сколь угодно долго (или на протяжении заданного временного интервала) называют состоянием равновесия.

4. *Устойчивость системы.* Под устойчивостью понимают способность системы возвращаться в состояние равновесия после того, как она была из этого состояния выведена под влиянием внешних (а в системах с активными элементами – внутренних) возмущавших воздействий. Эта способность относительна и обычно присуща системам только тогда, когда отклонения не превышают некоторого предела. Состояние равновесия, в которое система способна возвращаться, называют устойчивым состоянием равновесия. Возврат в это состояние может сопровождаться колебательным процессом. Соответственно, в сложных системах возможны неустойчивые состояния равновесия.

5. *Развитие системы.* Каждая система в своём развитии проходит ряд основных этапов:

1. возникновение;
2. становление;
3. преобразование.

*Возникновение системы* – сложный противоречивый процесс, связанный с понятием «нового». Этот процесс, в свою очередь, можно разделить на два этапа:

1. скрытый этап – появление новых элементов и новых связей в рамках старого;
2. явный этап, когда накопившиеся новые факторы приводят к скачку – появлению нового качества.

Процесс становления системы связан с дальнейшим количественным увеличением качественно тождественных множеств её элементов и с появлением у системы новых качеств.

Противоречие между качественно тождественными элементами является одним из источников развития системы. Следствие этого противоречия – стремление элементов разойтись в пространстве. С другой стороны, существуют системообразующие факторы, которые не дают системе распасться. К тому же существует граница системы, выход за которую может быть губительным для элементов системы и для системы в целом. Кроме того, на каждую систему действуют другие системы, препятствующие расширению системных границ. Всё это определяет целостность как специфическое свойство зрелой системы.

Приобретаемые системой новые функциональные качества включают в себя специфические свойства, приобретённые системой в процессе её общения с внешней средой. Наиболее перспективными оказываются те элементы системы, функции которых соответствуют потребностям существования системы в конкретной внешней среде. Система в целом становится специализированной. Она может успешно функционировать только в той среде, в которой она сформировалась. Всякий переход системы в другую среду неизбежно вызывает её преобразование.

Система в период зрелости внутренне противоречива вследствие двойственности своего существования как системы, завершающей одну форму движения и являющейся носителем более высокой формы движения.

Даже при благоприятных внешних условиях внутренние противоречия приводят систему в состояние преобразования – неизбежному этапу её развития.

*Внешние причины преобразования системы:*

1. изменения внешней среды;
2. проникновение в систему чуждых элементов, воздействующих на структуру системы.

*Внутренние причины преобразования системы:*

1. ограниченность пространства развития и обострение противоречий между элементами системы;
2. накопление ошибок при развитии системы (мутации в живых организмах);
3. прекращение воспроизводства элементов, составляющих систему.

Преобразование системы может привести как к гибели системы, так и к возникновению качественно иной системы, причём степень организованности новой системы может быть равной или более высокой, чем степень организованности преобразуемой системы.

Таким образом, при определённых условиях возможен скачкообразный переход системы на новый более высокий (или более низкий) уровень упорядоченности. Причём переход системы к различным свойственным ей состояниям, а также разрушение системы могут быть результатом как достаточно сильных внешних воздействий, так и относительно слабых флуктуаций длительно существующих или усиливающихся за счёт положительных обратных связей. Переход системы на новый уровень организованности в определённых ситуациях представляет собой случайный процесс выбора системой одного из возможных путей эволюции. Здесь вновь следует подчеркнуть слово «возможных», то есть разумно говорить о создании условий перехода системы в одно из возможных, свойственных ей состояний.

Возможны два крайних варианта изменения структуры системы, которые можно условно обозначить как революционный и эволюционный. При революционном преобразовании предполагается, что созданию новой организации системы, новой её структуры должна предшествовать насильственная ломка структуры старой. Обычно после такой насильственной ломки система переходит на более низкий уровень упорядоченности, при этом формирование новой структуры затягивается на длительный, порой неопределённый, срок. При эволюционном преобразовании новые отношения формируются в рамках существующей структуры, возникают новые тенденции развития системы. При накоплении количественных изменений возможен и скачкообразный, и в этом смысле революционный, переход системы в новое равновесное состояние – к новой структуре, к которой система «внутренне» готова. В этом случае суть революционного преобразования сводится к уничтожению элементов, препятствующих становлению новой структуры (например, в социально-экономических системах такими элементами являются органы управления).

Если предположить, что состояние системы может быть представлено набором из  $n$  параметров, то каждому состоянию системы будет соответствовать точка в  $n$ -мерном пространстве состояний системы, а функционирование системы проявится в перемещении этой точки по некоторой траектории в пространстве состояний. По-видимому, достижение желаемого состояния возможно в общем случае по нескольким траекториям. Предпочтительность траектории определяется оценкой качества траектории и зависит также от ограничений, накладываемых на систему, в том числе внешней средой. Эти ограничения определяют область допустимых траекторий. Для определения предпочтительной траектории из числа допустимых вводится критерий качества функционирования системы – в общем случае [формально] в виде некоторых целевых функций (функционалов, отношений). На предпочтительной [оптимальной] траектории целевые функции достигают экстремальных значений.

Целенаправленное вмешательство в поведение системы, обеспечивающее выбор системой оптимальной траектории развития, называется управлением.

6. *Движение системы.* Процесс последовательного изменения состояния системы. Движение бывает как вынужденным, так и собственным. Вынужденное движение системы – это изменение её состояния под влиянием внешней среды. Так, примером вынужденного движения системы «организация» может служить перемещение ресурсов по приказу, поступившему в систему извне. Собственное движение системы – это изменение состояния системы без воздействия внешней среды (только под действием внутренних причин). Так, собственным движением системы «человек» будет его жизнь как биологического (а не общественного) индивида, то есть питание, сон, размножение и тому подобное.

7. *Ограничения системы.* Набор факторов, определяющих условия функционирования системы (реализацию процесса). Ограничения бывают как внутренними, так и внешними. Одним из основных внешних ограничений является цель функционирования системы. Примером внутренних ограничений могут быть ресурсы, обеспечивающие реализацию того или иного процесса.

8. *Процессы системы.* Совокупность последовательных изменений состояния системы для достижения цели. К процессам системы относятся:

1. *входной процесс* – множество входных воздействий, которые изменяются с течением времени;

2. *выходной процесс* – множество выходных воздействий на внешнюю среду, которые изменяются с течением времени и определяются выходными величинами (реакциями);

3. *переходный процесс* – множество преобразований начального состояния и входных воздействий системы в выходные величины, которые изменяются с течением времени по определённым правилам.

9. *Функции системы.* Свойства системы, приводящие к достижению цели. Функционирование системы проявляется в её переходе из

одного состояния в другое или в сохранении какого-либо состояния в течение определённого периода. В этом смысле поведение системы – это её функционирование во времени. Целенаправленное (целеустремлённое) поведение ориентировано на достижение системой предпочтительной для неё цели. В системе, состоящей из связанных между собой, взаимодействующих подсистем, оптимум для всей системы не является функцией (например, суммой) оптимумов подсистем, входящих в систему. Это положение иногда называют теоремой оптимумов системного подхода.

Три вида развития, имманентно присущих любому самоорганизующемуся объекту:

1. Системное развитие (бифуркация) – происходит в виде спонтанного качественного изменения, в результате которого приобретаются сравнительно уникальные (системные) свойства, отсутствующие у всех прочих объектов с аналогичными характеристиками.

2. Структурное развитие (адаптация) – происходит экстенсивно в результате освоения внешних ресурсов, т.е. детерминированного внешней средой формирования специфической организации объекта.

3. Функциональное развитие (оптимизация) – происходит интенсивно в условиях нарастающего дефицита ресурсов и обострения конкуренции. Это завершающая стадия структурного развития.

Каждый из этих трех видов доминирует на определенном этапе цикла развития, последовательно сменяя друг друга. При выходе на новый уровень развития объект приобретает новые сравнительно уникальные возможности. И он уже не нуждается ни в структурных, ни в функциональных преимуществах перед одновидовыми объектами. Их еще просто не существует. Это и есть результат системного развития.

*Выводы:* Термины теория систем и системный анализ, несмотря на длительный период их использования, все еще не нашли общепринятого, стандартного истолкования. При системном подходе объект исследования представляется как система. Само понятие система может быть относительно к



одному из методологических понятий, поскольку рассмотрение объекта исследуется как система или отказ от такого рассмотрения зависит от задачи исследования и самого исследователя.

Существует много определений системы. Объектом познания является часть реального мира, которая выделяется и воспринимается как единое целое в течение длительного времени. Объект может быть материальным и абстрактным, естественным и искусственным. Реально объект обладает бесконечным набором свойств различной природы. Практически в процессе познания взаимодействие осуществляется с ограниченным множеством свойств, лежащих в пределах возможности их восприятия и необходимости для цели познания. Поэтому система как образ объекта задаётся на конечном множестве отобранных для наблюдения свойств. Лишь в рамках такого семейства определений удаётся выразить *основные признаки систем* и соответствующие им *системные принципы*.

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

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

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

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

В. Н. Садовский, В. Н. Система / В. Н. Садовский, А. Ю. Бабайцев, Н. Д. Дроздов, В. Н. Чернышов. А. В. Чернышов. П. С. Александров. – Система / Гуманитарный портал: Концепты [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий, 2002–2022 (последняя редакция: 04.02.2022). Режим доступа : <https://gtmarket.ru/concepts/7091>

### Лекция 3

#### *Тема 3 Классификация систем*

##### *Основные вопросы*

1. Материальные системы и идеальные (абстрактные) системы.
2. Естественные и искусственные системы.
3. Постоянные и временные системы.
4. Статичные и динамичные системы.
5. Закрытые и открытые системы.
6. Активные и пассивные системы.
7. Системы с управлением и без управления.
8. Системы по степени сложности и организованности.
9. Целенаправленные системы и организационные системы.

Для выделения классов систем могут использоваться различные классификационные признаки. Основными из них считаются: природа элементов системы, происхождение, длительность существования, изменчивость свойств, степень сложности, отношение к среде, реакция на

возмущающие воздействия, характер поведения и степень участия людей в реализации управляющих воздействий. К настоящему времени сформировался ряд классификаций систем, использующих указанные основания (рис. 2).

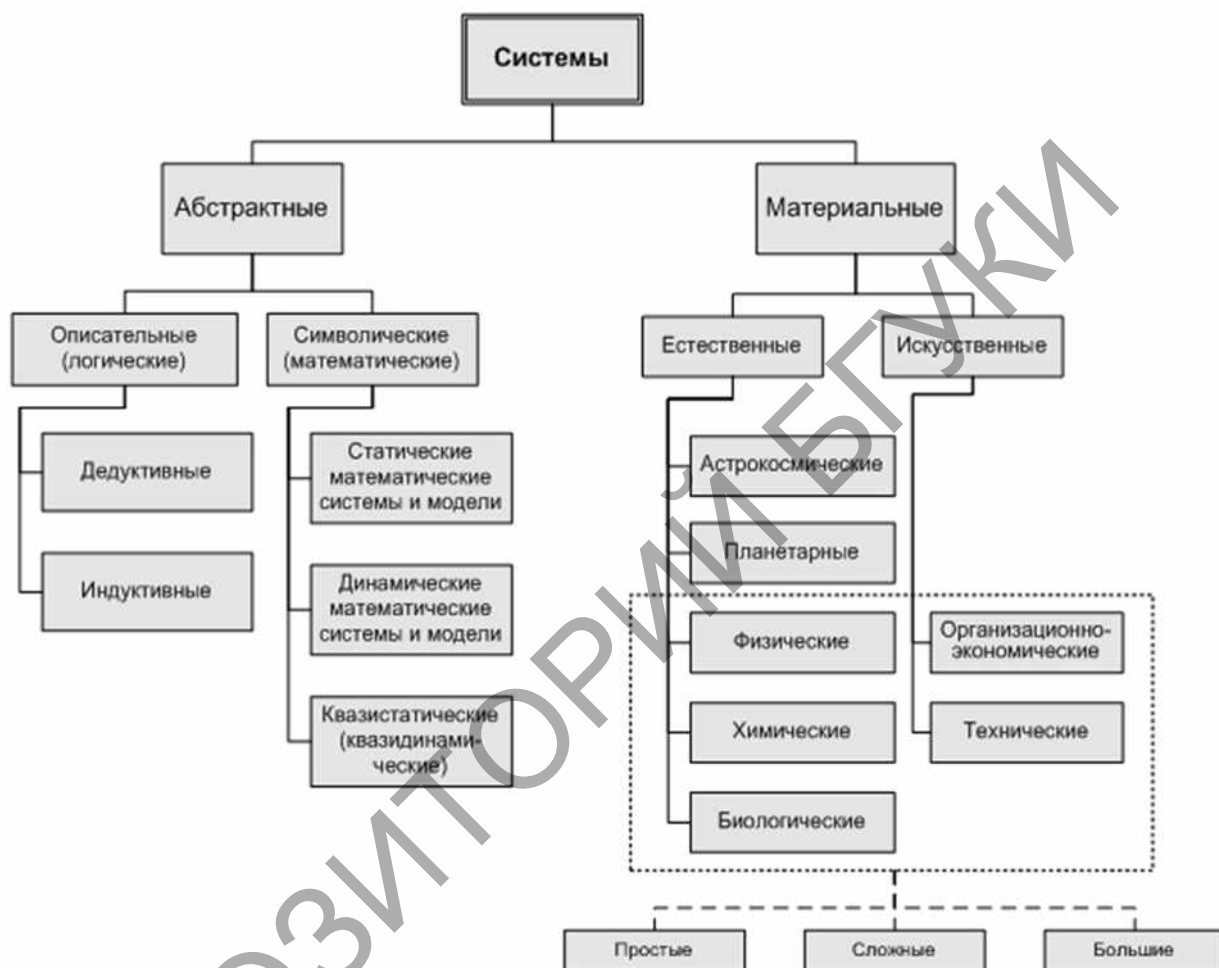


Рисунок 2 – Простая классификация систем

В наиболее общем плане системы можно разделить по природе их элементов на *материальные* (реальные) и *идеальные* (абстрактные). Деление систем на материальные и абстрактные позволяет различать реальные системы (объекты, явления, процессы) и системы, являющиеся определёнными отображениями (моделями) реальных объектов или чистыми абстракциями.

*Материальные системы* представляют собой целостные совокупности объектов различных областей действительности и, в свою очередь, делятся

на системы, состоящие из элементов неорганической природы (физические, геологические, химические и другие) и живые системы, куда входят как простейшие биологические системы, так и очень сложные биологические объекты типа организма, вида, экосистемы. Материальные системы бывают относительно *простыми* и относительно *сложными*. Более простые системы состоят из относительно однородных непосредственно взаимодействующих элементов. В более сложных системах элементы группируются в подсистемы, вступающие во взаимоотношения как некоторые целостности. Особый класс материальных живых систем образуют социальные системы, многообразные по типам и формам (от простейших социальных объединений до социально-экономической структуры общества).

*Идеальные (абстрактные) системы* представляют собой продукты человеческого мышления, элементы которых не имеют прямых аналогов в реальном мире и представляют собой идеальные объекты – понятия или идеи, связанные определёнными взаимоотношениями. Они создаются путём мысленного отвлечения от тех или иных сторон, свойств и/или связей предметов и образуются в результате творческой деятельности человека. Они также могут быть разделены на множество различных типов (особые системы представляют собой научные понятия, гипотезы, теории, системы уравнений и тому подобные). Абстрактной системой является, например, система понятий той или иной науки. К числу абстрактных систем относятся и научные знания о системах разного типа, как они формулируются в общей теории систем, специальных теориях систем и других областях. В современной науке большое внимание уделяется исследованию языка как [семиотической] системы; в результате обобщения этих исследований возникла общая теория знаков – семиотика.

Задачи обоснования математики и логики вызвали интенсивную разработку принципов построения формализованных логических систем. Результаты этих исследований широко применяются во всех областях науки и техники. В целом, формализованные логические системы подразделяются

на три основных класса:

*Статические* математические системы или модели, которые описывают объект в какой-либо момент времени;

*Динамические* математические системы или модели отражают поведение объекта во времени;

*Находящиеся в неустойчивом положении* между статикой и динамикой, которые при одних воздействиях ведут себя как статические, а при других воздействиях – как динамические.

В зависимости от происхождения систем, выделяют естественные и искусственные системы. Естественные системы, будучи продуктом развития природы, возникли без вмешательства человека. Искусственные системы представляют собой результат созидательной деятельности человека, причём со временем их количество постоянно увеличивается.

По длительности существования системы подразделяются на *постоянные и временные*.

К постоянным обычно относятся естественные системы, хотя с точки зрения диалектики все существующие системы – временные. К постоянным принято относить и искусственные системы, которые в процессе заданного времени функционирования сохраняют существенные свойства, определяемые предназначением этих систем.

В зависимости от степени изменчивости свойств систем, выделяются статичные и динамичные системы. Для статичной системы характерно, что её состояние с течением времени остаётся постоянным (например, газ в ограниченном объёме – в состоянии равновесия). Динамичная система изменяет своё состояние во времени (например, живой организм). Если знание значений переменных системы в данный момент времени позволяет установить состояние системы в любой последующий или любой предшествующий моменты времени, то такая система является однозначно детерминированной. Для вероятностной (стохастической) системы знание значений переменных в данный момент времени позволяет предсказать

вероятность распределения значений этих переменных в последующие моменты времени. Поведение указанных классов систем описывается с помощью дифференциальных уравнений, задача построения которых решается в математической теории систем.

По характеру взаимоотношений систем с внешней средой, выделяют закрытые и открытые системы.

Закрытые (изолированные) системы физически изолированы от внешней среды. Все статические системы являются закрытыми, что, однако, не исключает присутствия динамических процессов в закрытых системах. В соответствии со вторым законом термодинамики, способность изолированных физических систем поддерживать постоянный обмен веществ и энергии со временем ослабевает, в результате чего система расходует запас энергии, вследствие чего энтропия такой системы стремится к своему максимуму. В таких системах нивелируются различия, а процессы самоорганизации в них невозможны. Второе начало термодинамики предсказывает довольно пессимистический прогноз однородного будущего изолированных систем. Изолированных и закрытых систем в природе фактически не существует. Если проанализировать пример любой из таких систем, то можно убедиться, что не существует абсолютных «изолирующих экранов» сразу от всех форм материи или энергии, что любая система быстрее или медленнее развивается или деградирует. В вечности понятия «быстро» и «медленно» смысла не имеют, поэтому, строго говоря, существуют только открытые системы, близкие к равновесию, условно названные открытыми равновесными системами. С этой точки зрения изолированные и закрытые системы – заведомо упрощённые схемы открытых систем, полезные при приближённом решении частных задач.

Открытые системы характеризуются постоянным обменом вещества и энергии с внешней средой. Так, в биологических организмах доминирует подвижное равновесие при постоянном обмене вещества и энергии со средой. Такие открытые системы избегают энтропии через метаболизм и

постоянное поступление информации из внешней среды. Все открытые системы характеризуются самостабилизацией и саморегуляцией. Эти системы оказываются способными на поддержание наличного состояния в результате включения процессов контроля. Негативные обратные сигналы противодействуют поступающей информации из среды, элиминируют возмущения и, таким образом, реставрируют желаемое состояние системы. В открытых органических системах способность на динамическую самостабилизацию желаемого состояния называется гомеостазом. Такие системы характеризует плавное равновесие, поскольку поглощение возмущений среды приводит не к первоначальному состоянию, а к новому равновесному состоянию. Самоорганизация и морфогенез представляют наиболее общие процессы системных изменений в эволюции открытых систем. В то время как самостабилизация достигается посредством негативных обратных связей, самоорганизация достигается посредством позитивных обратных связей. Развитие системы (морфогенез) предполагает адаптацию первоначального равновесного состояния внешним возмущениям и, соответственно, достижение нового этапа развития. Возмущения среды вызывают усиление механизмов самостабилизации.

Новая трактовка второго начала термодинамики была предложена И. Р. Пригожиным. По мысли Пригожина, энтропия – это не просто безостановочное соскальзывание системы к состоянию, лишённому какой бы то ни было организации. Необратимые процессы являются источником порядка. В сильно неравновесных условиях может совершаться переход от беспорядка, хаоса к порядку. Могут возникать новые динамические состояния материи, отражающие взаимодействие данной системы с окружающей средой. Эти новые структуры Пригожин называет диссипативными, поскольку их стабильность покоится на диссипации энергии и вещества. Теории неравновесной динамики и синергетики задают новую парадигму эволюции систем, преодолевающую термодинамический принцип прогрессивного соскальзывания к энтропии. С точки зрения этой

новой парадигмы, порядок, равновесие и устойчивость систем достигаются постоянными динамическими неравновесными процессами.

В зависимости от реакции на возмущающие воздействия выделяют активные и пассивные системы. Активные системы способны противостоять воздействиям внешней среды и других систем и сами могут воздействовать на них. У пассивных систем это свойство отсутствует.

По характеру поведения все системы подразделяются на системы с управлением и без управления. Класс систем с управлением образуют системы, в которых реализуется процесс целеполагания и целеосуществления. Примером систем без управления может служить Солнечная система, в которой траектории движения планет определяются действующими во Вселенной законами гравитации.

В прикладных науках, а также в теории и практике управления широко используются классификации систем в зависимости от степени их сложности и организованности. По этим основаниям системы делятся на большие, простые, сложные и организационные. Как правило, когда речь идёт о различных видах систем управления, прежде всего подразумевается именно такое общее их деление.

К организационным системам относятся социальные системы – группы, коллективы, сообщества людей, общество в целом.

Простыми системами называют системы, состоящие из ограниченного и относительного малого числа элементов с однотипными одноуровневыми связями. Такие системы с достаточной степенью точности могут быть описаны известными математическими соотношениями.

Большими системами называют многокомпонентные системы, включающие значительное число элементов с однотипными многоуровневыми связями. Большие системы – это пространственно-распределённые системы высокой степени сложности, в которых подсистемы (их составные части) также относятся к категориям сложных. Дополнительными признаками, характеризующими большую систему,



являются:

- большие размеры;
- сложная иерархическая структура;
- циркуляция в системе больших информационных, энергетических и материальных потоков;
- высокий уровень неопределённости в описании системы.

Сложными системами называют структурно и функционально сложные многокомпонентные системы с большим числом взаимосвязанных и взаимодействующих элементов различного типа и с многочисленными и разнородными связями между ними. Сложные системы отличаются многомерностью, разнородностью структуры, многообразием природы элементов и связей, организационной разносопротивляемостью и разночувствительностью к воздействиям, асимметричностью потенциальных возможностей осуществления функциональных и дисфункциональных изменений. При этом каждый из элементов подобной системы может быть также представлен в виде системы (подсистемы). К сложной можно отнести систему, обладающую по крайней мере одним из следующих признаков:

- система в целом обладает свойствами, которыми не обладает ни один из составляющих её элементов;
- систему можно разделить на подсистемы и изучать каждую из них отдельно;
- система функционирует в условиях существенной неопределённости и воздействия среды на неё, что обуславливает случайный характер изменения её показателей;
- система осуществляет целенаправленный выбор своего поведения.

В кибернетике мера сложности связывается с понятием разнообразия. В частности, из принципа разнообразия следует, что анализ систем (процессов, ситуаций), обладающих определённым разнообразием, возможен лишь с использованием управляющих систем, способных породить, по крайней мере, не меньшее разнообразие.

Важной особенностью сложных систем, особенно живых, технических и социальных, является передача в них информации, что обуславливает существенные взаимосвязи их свойств. Поэтому значительную роль в функционировании таких систем играют процессы управления. К наиболее сложным видам подобных систем относятся целенаправленные системы, поведение которых подчинено достижению определённых целей, и самоорганизующиеся системы, способные в процессе функционирования видоизменять свою структуру. При этом для многих сложных систем характерно наличие разных по уровню, часто не согласующихся между собой целей.

Системы, содержащие активные элементы (подсистемы), то есть такие элементы, которые имеют возможность самостоятельно принимать решения относительно своего состояния, называются организационными системами (организациями). В организационных системах свойством целеустремлённости обладает как вся система, так и отдельные её элементы. Этим организация отличается от системы, называемой организмом. Между отдельными элементами (органами) организма существует разделение системных функций, но только организм в целом может быть целеустремлённым.

Системы можно классифицировать по различным признакам.

1. *По степени сложности* все системы можно разделить на три класса:
  - простые динамические;
  - сложные динамические, различающиеся разветвленной структурой и большим разнообразием внутренних связей, но поддающиеся описанию;
  - очень сложные, не поддающиеся описанию.
2. *По степени неопределенности* во взаимодействии между собой элементов все системы можно разделить на два класса:
  - детерминированные, в которых все элементы взаимодействуют друг с другом точно определенным и предварительно описанным образом;
  - вероятностные, в которых характер реакции элементов на

возникающие ситуации можно описать лишь с той или иной степенью достоверности.

3. По признаку глобальности сферы принимаемых управленческих решений выделяют централизованные и распределенные системы. В централизованной системе решения принимаются одним лицом (в одном центре) и охватывают объект управления в целом. Положительными чертами такого управления являются высший уровень планирования, координации и контроля деятельности. Однако рост сложности, масштабов объекта управления приводит к появлению:

- во-первых, ситуации, когда решения долго не принимаются по причине перегрузки лица или центра принятия решений;
- во-вторых, увеличению длительности «цикла управления» из-за отдаленности места принятия решений от места их исполнения.

Это может вызывать асинергический эффект резкого снижения эффективности управления. Для снижения вероятности такого эффекта создают распределенные экономические системы. Распределенная система характеризуется наличием ряда иерархически, функционально, структурно связанных центров принятия решений и/или ответственности в согласованных сферах управления деятельностью системы. «Распределение» затрагивает: декомпозицию целей и функций; права на принятие решений и распоряжение ресурсами; определение сфер ответственности и др. «Распределение» дополняют процедурами предварительного согласования и отчетности. Недостатками таких систем являются повышенные риски: - нарушения целостности при «распределении»; - конфликтов уровней и/или элементов системы. В настоящее время большинство экономических систем распределенные.

4. По участию человека в принятии и реализации решений выделяют автоматические (без участия человека) и автоматизированные (с участием человека, чаще всего оператора) системы. Применение автоматических систем ограничено объектами и процессами, которые могут быть описаны и в

отношении которых можно заранее разработать модели. Они работают по жестким, заранее заданным алгоритмам. Такие системы также применяют для обеспечения безопасности управления и эффективности некоторых быстропротекающих процессов управления, часто при одновременном сохранении за менеджером задач наблюдения и контроля. Если заранее описать, предсказать все ситуации невозможно, то участие человека в системе управления становится необходимым. Наибольшее распространение в настоящее время получили автоматизированные системы управления (АСУ) с распределением функций между человеком-оператором и техническими средствами, основными из которых могут быть признаны вычислительные машины. АСУ это человеко-машинная (гуманистическая) система, совокупность элементов, алгоритмов и действий человека, обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления в различных сферах человеческой деятельности (ГОСТ 19675-74), а также разработку или выбор вариантов команд управления (действий по достижению желаемого результата), передачу и исполнение команд управления. По степени автоматизации выделяют экономические системы высокой степени автоматизации, средней и низкой. При исследованиях необходимо учитывать, что наблюдается тенденция повышения степени автоматизации операций менеджера от 10% (слабая автоматизация) до 10-40% (средняя степень автоматизации) и далее до 40-70% (высокая степень автоматизации). Как правило, в АСУ предусматривается и обеспечивается приоритет исполнения команд человека по отношению к командам, вырабатываемым автоматически. 5. По принципу управления, используемому в системе, выделяют системы программного, адаптивного, ситуационного, социально-этического управления. При программном управлении система выдает управляющие воздействия в соответствии в заложенной в нее заранее программой вне зависимости от складывающейся ситуации. Например, при таком управлении ценообразованием цена товара остается постоянной независимо от уровня

спроса. При адаптивном управлении сигналы вырабатывают в зависимости от уровня определенного «отклика», являющегося «обратной связью». Например, если спрос на товар растет, то при адаптивном управлении цена может быть повышена, а при падении спроса – понижена (с учетом эластичности спроса). Гибкость системы управления предусматривает не только ее адаптацию, но и живучесть. При ситуационном управлении решения и управляющие воздействия основываются на анализе вариантов с учетом: текущего состояния (например, того же спроса, запаса товара), располагаемых вариантов действий (например: повысить, понизить, не изменять цену), прогноза последствий (например, товар закончится быстрее, чем будет изготовлена и поступит новая партия, или имеются избыточные запасы, затоваривание). При этом открывается возможность учесть особенности конкурентной ситуации. Принципы социально-этического управления позволяют исключить недопустимое воздействие на нецелевые элементы внешней среды, третьих лиц и др.

6. По охвату ряда смежных областей деятельности выделяют неинтегрированные (простые) и интегрированные экономические системы. Интегрированные системы управления объединяют и автоматизируют деятельность в нескольких сферах. Например, известны интегрированные системы проектирования и технологической подготовки объектов машиностроения. Такая интеграция не есть механическое объединение двух различных систем. Интеграция двух и более АСУ подразумевает возникновение на базе этих систем новой системы, имеющей свои цели и функции. В системе управления ценой интеграция позволит учитывать в цене стоимость разработки, производства и продвижения товара.

7. По возможности выработки в процессе управления новых знаний можно выделить ординарные и интеллектуальные экономические системы. Ординарные системы не создают новых знаний. Интеллектуальные системы позволяют вырабатывать и использовать новую информацию для повышения эффективности и снижения рисков управления. Творчество позволяет

синтезировать в таких системах новые знания на базе композиции известных. Фундаментальная научная основа интеллектуальных АСУ – обеспечение и использование в различных вариантах и композициях существующих знаний для получения, таким образом, новых знаний, распространения этих знаний на новые области или на более длительный период времени.

8. По *рефлекторности*. При исследовании экономических систем необходимо учитывать, относится ли эта система к рефлекторным или не относится. Известно, что рефлекторная система управления откликается на конкретное внешнее воздействие вполне определенным образом. Термин «рефлекторность» подчеркивает аналогию с рефлексами, существующими у любого организма. Они являются результатом длительного процесса обучения и эволюции. Известно, что в классической теории управления исследуют только рефлекторные системы управления. Частным случаем рефлекторности является изотонность отображения внешних воздействий. Изотонным называют такое отображение внешнего воздействия системой, ее конструкцией, при котором большему воздействию соответствует большая ответная реакция. Предположение о рефлекторном характере системы управления позволяет прогнозировать реакции в процессе исследований, поэтому в процессе исследований необходимо:

- 1) установить пределы рефлекторности реакций;
- 2) подтвердить или отвергнуть гипотезу о рефлекторном поведении объекта исследования в конкретных условиях.

Соответственно, нерелекторной будет система, которая может неоднозначно, многовариантно реагировать на одно и то же внешнее воздействие. Нерелекторность систем управления возникает при:

- 1) потере стойкости системы или прочности элементов;
- 2) повреждениях, поражениях, отказах одного или ряда элементов;
- 3) сильном стрессе человека, являющегося элементом системы управления.

Факт участия индивидуума в управлении делает автоматизированную

систему управления нерелефторной в определенных ситуациях. Это связано с многовариантностью действий человека, особенно трудно прогнозировать поведение индивидуума в ситуации риска, неизбежного выбора, сильного стресса. Одним из основных элементов теории нерелефторных систем считают необходимость более полного учета особенностей субъектов управления, будь то отдельный индивидуум, социальная группа или общественный класс. Возможны и другие виды экономических систем, их многообразие растет и отражает усложнение экономических отношений. Особенности этих систем, отраженные при их классификации, могут играть решающую роль в выборе методов исследования экономических систем и определять достоверность результата, эффективность и затраты на такие исследования.

9. *По виду научного направления* – математические, физические, химические и т. п..

10. *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.

11. *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.

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

*Выводы:* Для выделения классов систем используются различные классификационные признаки. Основными из них считаются: природа

элементов системы, происхождение, длительность существования, изменчивость свойств, степень сложности, отношение к среде, реакция на возмущающие воздействия, характер поведения и степень участия людей в реализации управляющих воздействий. Выделяют по С. А. Саркисяну два основных класса систем: материальные (реальные) и идеальные (абстрактные), которые в свою очередь подразделяются по определенным основаниям.

В. Н. Садовский, В. Н. Система / В. Н. Садовский, А. Ю. Бабайцев, Н. Д. Дроздов, В. Н. Чернышов. А. В. Чернышов. П. С. Александров. – Система / Гуманитарный портал: Концепты [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий, 2002–2022 (последняя редакция: 04.02.2022). Режим доступа : <https://gtmarket.ru/concepts/7091>

#### Лекция 4

##### ***Тема 4. Общая теория систем***

##### *Основные вопросы*

- 1 Понятие и задачи общей теории систем.
- 2 Этапы развития научного анализа систем.
- 3 Предпосылки построения общей теории систем.
- 4 Общая теория систем Берталанфи.
- 5 Концепция общей теории систем.
- 7 Онтологический и эпистемологический подходы в определении систем.

*Общая теория систем* – это общенаучная и логико-методологическая концепция исследований объектов, представляющих собой системы. Общая теория систем тесно связана с системным подходом и является конкретизацией и логико-методологическим выражением его принципов и методов.



*Основной задачей* общей теории систем является унификация отдельных областей научного знания при помощи выяснения того, каким образом закономерности, установленные в ограниченных областях, могут быть поняты как частные случаи более общих закономерностей. В рамках общей теории систем также разрабатываются общеметодологические принципы исследования систем и общих для них объектов, таких как «вход», «выход», «процесс», «цель», «обратная связь», «взаимодействие», «функционирование», «развитие» и других. Программа системных исследований и построения общей теории систем была одной из наиболее известных попыток обобщённого анализа системной проблематики. Она получила наибольшую известность в мировом научном сообществе второй половины XX века и с её развитием и модификацией во многом связано возникшее в это время системное движение в научных и технических дисциплинах. Дополнительно к этой программе был выдвинут ряд общесистемных концепций и определений понятия системы.

*Этапы развития научного анализа систем.* Развитие и усложнение научного анализа систем обычно принято разделять на три этапа. Согласно этой градации, на первом этапе в науке рассматривалась «организованная простота» (механика), на втором – «беспорядочная сложность» (статистическая физика), на третьем – «организованная сложность» (собственно «общая теория систем»).

*Предпосылки построения общей теории систем.* К середине XX века наукой был накоплен значительный опыт исследований систем самой разной природы: «естественных» (физических, биологических, социальных), «абстрактных» (в первую очередь математических), «искусственных» (прежде всего языковых), а также сложных технических систем. Интенсивное развитие этих исследований привело в конечном итоге как к появлению представлений об общности процессов (в частности, информационных), протекающих в реальных системах различной природы, так и к выявлению общности характеристик поведения этих разных систем (в частности, такой

их характеристики, как целесообразность). В связи с этим возникла задача рассмотрения процессов и жизнедеятельности человека и других биологических систем, а также сложных «естественных систем» внебиологической природы и функционирования различных технических систем под единым углом зрения, с точки зрения их поведения как сложных системных организмов. Другой общей задачей было создание методов, позволяющих осуществлять исследование системного объекта любой природы по его достаточно точному формализованному описанию, не прибегая к построению и исследованию физической модели этого объекта (поскольку последнее во многих случаях оказывается либо затруднительным, либо невозможным). С решением этих двух основных задач и было связано формирование в науке XX века особого интегративного направления, которое получило название «общая теория систем».

Первый вариант общей теории систем был выдвинут в конце 1940-х годов австрийским и американским биологом Людвигом фон Берталанфи, хотя у него были предшественники (в частности, А. А. Богданов, разработавший в начале XX века концепцию всеобщей организационной науки – тектологии).

*Общая теория систем Берталанфи.* Берталанфи указывал на глубинную связь своей теории систем с философией Г. В. Лейбница и Н. Кузанского. Программа построения общей теории систем разрабатывалась Берталанфи в русле разработанной им в 1930-х годах «теории открытых систем», в рамках которой живые организмы рассматривались как системы, постоянно обменивающиеся со средой веществом и энергией. Общая теория систем ставила своей основной задачей объединение науки путём разработки общих принципов, применимых к любым системам, отразив тем самым существенные изменения в научной картине мира, которые принёс XX век. В рамках реализации этой задачи предполагалось, что, по крайней мере, некоторые изоморфизмы или структурные характеристики, общие для теоретических моделей, принадлежащих более чем одной науке, могли быть

распространены на другие науки, а также на исследования объектов нового типа, и таким образом служить общими принципами, применимыми к любым системам. Также предполагалось, что такие междисциплинарные модели как машина, открытая система, живой организм, само-отнесённые системы и другие, применимы к различным областям науки, инженерии и практики.

Исходные предпосылки построения программы общей теории систем относительно науки сводились к следующим тезисам:

- основной предмет науки – это организация;
- для анализа этого предмета необходимо найти средства решения проблем со многими переменными (классическая наука знала проблемы лишь с двумя, в лучшем случае – с несколькими переменными);
- место механицизма занимает понимание мира как множества разнородных и несводимых одна к другой сфер реальности, связь между которыми проявляется в изоморфизме действующих в них законов;
- концепцию физикалистского редукционизма, сводящего всякое знание к физическому, сменяет идея перспективизма – возможность построения единой науки на базе изоморфизма законов в различных областях.

В рамках общей теории систем Берталанфи и его единомышленниками был разработан специальный аппарат описания «поведения» открытых систем, опирающийся на формализм термодинамики необратимых процессов, в частности на аппарат описания так называемых эквифинальных систем (способных достигать заранее определённого конечного состояния независимо от изменения начальных условий). Поведение таких систем описывается так называемыми телеологическими уравнениями, выражающими характеристику поведения системы в каждый момент времени как отклонение от конечного состояния, к которому система как бы «стремится».

Начиная с середины XX века, широко разворачиваются исследования по общей теории систем и разработки в области системного подхода,

складывается междисциплинарное системное движение. В 1950–1970-х годах предложен ряд других подходов к построению общей теории систем и её логико-философских оснований (М. Месарович, Л. Заде, Р. Акофф, Дж. Кларк, А. И. Уемов, Ю. А. Урманцев, Р. Калман, Э. Ласло и другие). Основное внимание при этом было обращено на разработку концептуального и логико-математического аппарата системных исследований.

В 1960-е годы [под влиянием критики, а также в результате интенсивного развития близких к общей теории систем научных дисциплин] Берталанфи внёс уточнения в свою концепцию, и в частности различил два основных вида общей теории систем. В широком смысле она выступает как основополагающая наука, охватывающая всю совокупность проблем, связанных с исследованием и конструированием систем (в теоретическую часть этой науки включаются кибернетика, теория информации, теория игр, теория принятия решений, топология, теория сетей и теория графов, а также факторальный анализ). В узком смысле она из общего определения системы как комплекса взаимодействующих элементов стремится вывести понятия, относящиеся к организменным целым, и применяет их к анализу конкретных явлений. Прикладная область общей теории систем включает, согласно Берталанфи, методологические дисциплины: системотехнику, исследование операций и инженерную психологию.

Учитывая эволюцию, которую претерпело понимание общей теории систем в работах Берталанфи и других исследователей, можно констатировать, что с течением времени имело место всё более значительное расширение задач этой концепции при фактически неизменном состоянии её научно-концептуального аппарата, средств и методов.

В результате создалась следующая ситуация: строго научной концепцией (с соответствующим научно-концептуальным аппаратом, средствами и методами) можно с некоторой долей условности считать лишь общую теорию систем в узком смысле; что же касается общей теории систем в широком смысле, то она или совпадает с общей теорией систем в узком

смысле (в частности, по аппарату), или представляет собой действительное расширение и обобщение общей теории систем в узком смысле и аналогичных дисциплин, но тогда возникает вопрос о развёрнутом представлении её средств, методов и аппарата. Без ответа на этот вопрос общая теория систем в широком смысле фактически остается лишь некоторым проектом (пусть даже очень заманчивым) и вряд ли может быть развита в строгую научную теорию.

При изучении сложных систем необходимо рассматривать следующие две стороны вопроса: микроуровень, на котором выявляют основные причинно-следственные связи, объясняющие работу составных частей системы, и макроуровень, когда исследуют взаимосвязь между элементарными подсистемами. Традиционный научный метод и современные математические модели применимы для исследования на микроуровне, но становятся непригодными, когда мы имеем дело с макроуровнем. Такое положение дел способствовало развитию философской мысли в направлении интеграции отдельных областей знания об окружающем мире с помощью единого подхода. В связи с проблемой единства знаний возникают несколько вопросов: для чего нужно единство знаний? Как его достичь? Какие при этом возникают методологические проблемы? Для чего нужно единство знаний?

По мнению Коуза, большая часть усилий, направленных на достижение единства знаний, вызывалась двумя побуждениями, одно из которых исходит из естественного стремления к целостности – необходимости построить такую теорию, которая смогла бы объединить все дисциплины в единое целое. В течение продолжительного времени считалось, что с такой задачей справятся естественные науки. Стремление к завершенности не требует от нас многого, если не учитывать психологический аспект. Однако наличие отдельных элементов, пусть даже явно связанных между собой, не означает самостоятельного существования целого, частями которого они являются.

*Выводы:* Не существует эмпирической основы для создания всеобъемлющей теории о знаниях. Идеальная объединенная наука отрицает пользу специальных наук, которые в состоянии изучать лишь отдельные стороны окружающего мира, а все остальные аспекты упускают из виду.

С другой стороны, поиск объединенной науки имел также положительные результаты, которые привели к развитию ОТС. Он способствовал обнаружению ряда немаловажных «изоморфизмов», или подобий, и улучшил взаимосвязь между областями знания, кажущимися на первый взгляд совершенно различными и несвязанными. Однако процесс систематизации должен быть не просто предложенным, а обоснованным эмпирически. Основная часть критики общей теории систем была связана с её теоретической неопределённостью, отсутствием связи с конкретными научными дисциплинами и неконструктивностью основных положений для научно-исследовательской работы.

Хотя развитие общей теории систем и её принципы дискутировались до конца XX века, в итоге стало очевидно, что попытки разработки общесистемных принципов, или принципов применимых к любым системам, закончились неудачей. В целом, общая теория систем имеет важное значение для развития современной науки и техники: не подменяя специальные системные теории и концепции, имеющие дело с анализом определённых классов систем, она формулирует общие методологические принципы системного исследования.

Во всём многообразии трактовок систем продолжают сохраняться два подхода. С точки зрения первого из них (его можно назвать онтологическим или, более жёстко, натуралистическим), системность интерпретируется как фундаментальное свойство объектов познания. Тогда задачей системного исследования становится изучение специфически системных свойств объекта: выделение в нём элементов, связей и структур, зависимостей между связями и тому подобных категорий. Причём элементы, связи, структуры и зависимости трактуются как «натуральные», присущие «природе» самих

объектов и в этом смысле объективные. Система в таком подходе полагается как объект, обладающий собственными законами жизни. Другой подход (его можно назвать эпистемолого-методологическим) заключается в том, что система рассматривается как эпистемологический конструкт, не имеющий естественной природы, и задающий специфический способ организации знаний и мышления. Тогда системность определяется не свойствами самих объектов, но целенаправленностью деятельности и организацией мышления. Различие в целях, средствах и методах деятельности неизбежно производит множественность описаний одного и того же объекта, что порождает в свою очередь установку на их синтез и конфигурирование.

В. Н. Садовский. В. Л. Бернштейн. – Общая теория систем / Гуманитарный портал: Концепты [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий, 2002–2022 (последняя редакция: 04.02.2022). Режим доступа : <https://gtmarket.ru/concepts/7102>

## Лекция 5

### *Тема 5. Системная инженерия*

#### *Основные вопросы*

1. Теоретическая и методологическая основа системной инженерии.
2. Развитие системной инженерии.
3. Определения системной инженерии.
4. Принципы системной инженерии
5. Методы системной инженерии.
6. Предмет системной инженерии.
7. Стандарты в области системной инженерии.

Системная инженерия, или системотехника – это научно-методологическая дисциплина, которая изучает вопросы проектирования, создания и эксплуатации структурно сложных, крупномасштабных, человеко-машинных и социотехнических систем, а также предлагает

принципы, методы и средства их разработки. При разработке и конструировании подобных систем, как правило, возникают проблемы, относящиеся не только к свойствам их составных частей, но и к закономерностям функционирования системного объекта в целом, обеспечения его жизненного цикл. Также в круг специфических задач входит определение общей структуры системы, организация взаимодействия между подсистемами и элементами, учёт влияния внешней среды, выбор оптимальных режимов функционирования, оптимальное управление системой, связанные технологические процессы и так далее. По мере развития и усложнения инженерно-технических и человеко-машинных систем всё более значительное место в этой области отводится общесистемным вопросам, которые и составляют основное содержание научной (главным образом, математической) системной инженерии.

Теоретическую и методологическую основу системной инженерии составляют системный подход и общая теория систем, а также методы исследований с привлечением математической логики, математической статистики, системного анализа, теории алгоритмов, теории игр, теории ситуаций, теории информации, комбинаторики и ряда других.

В системной инженерии тесно переплетены элементы науки и практики. Хотя её основой считают общесистемные теории, системная инженерия заимствует у них лишь самые общие исходные представления и предпосылки. Её методологический статус весьма необычен: с одной стороны, системная инженерия располагает методами и процедурами, почерпнутыми из современной науки и созданными специально для неё, что ставит её в ряд с другими прикладными направлениями современной методологии, с другой – в развитии системной инженерии отсутствует тенденция к оформлению его в строгую и законченную теорию. Это связано, прежде всего, с тем, что чрезвычайно высокая сложность и разнообразие крупномасштабных систем существенно затрудняет использование точных формализованных методов при их создании. Поэтому основные концепции,



методы и технологии современной системной инженерии формировались, главным образом, в рамках практики успешных разработок. В настоящее время системная инженерия представляет собой междисциплинарный комплекс исследований, подходов и методологий к построению и эксплуатации сложных систем любого масштаба и назначения в различных областях человеческой деятельности.

*Первые разработки в области сложных* (преимущественно, инженерно-технических) систем, основанные на системном подходе и системных методах, отмечаются в 1940-х годах в США во время Второй мировой войны. В послевоенное время значительные успехи науки, техники и технологий наряду с быстро возрастающими потребностями в автоматизации процессов и производств на основе стремительно совершенствовавшихся компьютерных технологий стимулировали начало индустриального создания так называемых крупномасштабных систем высокой сложности. Эти системы отличались как количественными показателями (существенным ростом числа составных частей и выполняемых функций, высокой степенью автоматизации, значительно возросшей стоимостью создаваемых систем и важностью решаемых ими задач и так далее), так и качественными показателями (принципиально иным уровнем организации и управления, высокой сложностью функционирования системы в целом и её составных частей, повышением Гетерогенности, необходимостью взаимодействия с другими сложными системами и так далее).

В 1957 году в одной из первых работ по системной инженерии (Harry N. Goode, Robert E. Machol. System Engineering: An Introduction to the Design of Large-scale Systems, 1957) её авторы Г. Х. Гуд и Р.-Э. Макол отмечали, что создаваемые человеком сложные и крупномасштабные системы отличаются следующими признаками:

- целостностью, или единством системы, что подразумевает наличие каких-либо общих целей и общее назначение;

- большими размерами систем, которые, в частности, являются большими и по числу частей, и по числу выполняемых функций, и по числу входов, и по своей стоимости;

- сложностью поведения системы, например тем, что изменение одного параметра может повлечь за собой изменение многих других параметров, характеризующих и поведение, и состояние системы;

- высокой степенью автоматизации, что позволяет решать не только технические, но и организационно-управленческие задачи;

- нерегулярностью поступления внешних возмущений, с вытекающей отсюда невозможностью точного предсказания нагрузки;

- наличием (в большинстве случаев) в составе системы конкурирующих сторон;

- усилением внимания к возможностям и функционированию человека-оператора и существенным повышением роли эффективной организации человеко-машинного взаимодействия;

- повышением требований к использованию адекватных методов, облегчающих принятие решений персоналом;

- появлением новых способов организации деятельности по созданию систем с особым акцентом на коллективные методы работы.

В основу работ по созданию подобных систем были положены достижения общей теории систем, а также системного анализа, исследования операций, теории информации, вычислительной техники и кибернетики. Эти достижения стали целенаправленно использоваться при комплексном решении инженерных и организационно-управленческих задач, возникающих при создании таких систем, что в итоге привело к появлению нового междисциплинарного методологического подхода, получившего название «системная инженерия». Как самостоятельная дисциплина системная инженерия начала оформляться в конце 1950-х – начале 1960-х годов в рамках общей теории систем, будучи отнесена создателем этой концепции Л. фон Берталанфи к её прикладной [технической] области,

наряду с двумя другими методологическими дисциплинами – исследованием операций (Operations Research) и инженерной психологией (Human Engineering) (Bertalanfy L. von. General System Theory. – A Critical Review. – General Systems. Vol. VII. 1962. P. 1–20).

В центре внимания системной инженерии оказались вопросы научного планирования, проектирования, оценки, конструирования и эксплуатации систем, создаваемых человеком для удовлетворения установленных потребностей, а также проблемы организации коллективных методов работы при создании таких систем. В качестве первоочередного результата системная инженерия предложила комплекс пригодных к адаптации и автоматизации методов разработки систем, сущность которых состояла в применении систематизированного, основанного на системном анализе подходе к принятию решений, обеспечивающих эффективный переход от концепции системы к пригодным для успешной реализации проектным решениям и в конечном счёте к пригодной для использования системной продукции. Эти методы особенно быстрыми темпами развивались в 1960–1970-х годах в интересах аэрокосмической и оборонной отраслей промышленности в США и ряда связанных с ними крупных государственных проектов.

В 1965 году А. Д. Холл впервые описал методологию системной инженерии (Arthur D. Hall. A Methodology for Systems Engineering, 1965), определив её как организованную творческую технологию и выделив в качестве основы три положения:

1. Системная инженерия многоаспектна, и этот факт должен быть обязательно отражён при определении её предмета.

2. В основу деятельности системного инженера должно быть положено понимание, что целью всего процесса системной инженерии является оптимальное проведение функциональных границ между человеческими интересами, системой и её окружением. В самом же окружении выделяются

три главных составных части: 1) физическое и техническое окружение; 2) деловое и экономическое окружение; 3) социальное окружение.

3. Системная инженерия уделяет первостепенное внимание исследованию потребностей, в основе которого должно быть положено использование передовых экономических теорий, учёт потребностей рынка и возможность изменения этих потребностей как в настоящем, так и в будущем.

В течение 1960–1970-х годов системная инженерия на основе объединения достижений различных дисциплин и групп специальностей предоставила методологический базис и средства для успешной реализации согласованных, командных усилий по формированию и реализации деятельности по созданию систем различных классов, отвечающих установленным требованиям, деятельности, которая охватывает все стадии жизненного цикла системы – от замысла до изготовления, эксплуатации и прекращения применения.

Наряду с этим сформировался целый ряд системно-ориентированных дисциплин и смежных направлений исследований, которые тесно связаны с системной инженерией или включаются в её состав на тех или иных основаниях. Среди них в частности:

- Системный анализ (Systems Analysis).
- Когнитивная системная инженерия (Cognitive Systems Engineering).
- Конфигурационное управление (Configuration Management).
- Автоматическое управление (Control Engineering).
- Промышленная системная инженерия (Industrial Engineering).
- Мехатронная инженерия (Mechatronic Engineering).
- Исследование операций (Operations Research).
- Программная инженерия (Software Engineering).
- Инженерия производительности (Performance Engineering).
- Управление программами и проектами (Program and Project Management).

- Проектирование интерфейсов (Interface Design).
- Системное планирование (Scheduling).
- Инженерная психология (Human Engineering).
- Инженерия безопасности (Safety Engineering).
- Управление рисками (Risk Management).

Системная инженерия использовала достижения других дисциплин таким образом, чтобы в результате коллективных усилий был сформирован и успешно реализован исчерпывающий набор процессов, необходимых для построения системы в её развитии. На основе сбалансированного рассмотрения и всестороннего учёта как деловых, так и технических потребностей заинтересованных сторон системная инженерия, используя достижения инженерных дисциплин в целях определения технических решений и создания архитектуры систем, оказалась нацелена на формирование таких процессов разработки и жизненного цикла систем, которые позволяют сбалансировать затраты времени и средств в интересах достижения необходимого качества продукции и услуг, обеспечивая тем самым конкурентоспособность создаваемых систем.

К концу XX века развитие науки и технологий, информатизация общества, глобализация экономики, интеграционные процессы вызывают потребность в создании всё более совершенных оборонных, производственных, транспортных, энергетических, коммуникационных и других систем, а также их комплексов. В ответ на требования развития эти системы постоянно усложняются: в составе систем появляется всё больше элементов, границы становятся подвижными, для описания поведения используются всё более трудные для понимания модели. В современных сложных системах число составляющих их отдельных элементов, которые необходимо согласовать между собой (в проектировании), а часто и создать с нуля (в конструировании) в инженерно-технических системах достигает миллионов, а иногда и миллиардов единиц. Проблема постоянного роста сложности систем существенно обостряется в условиях высокой скорости

появления и освоения новых технологий. Помимо указанной проблемы инженерной сложности (которая определяется, главным образом, как число различных элементов, которые включает в себя целевая система), скорость технологических изменений ставит перед создателями систем и другие вызовы (например, заставляет существенно, иногда неоднократно, продлевать жизненный цикл систем, уже введённых в эксплуатацию).

Усложняются не только системы, но и деятельность по их созданию. В некоторых крупных системных проектах насчитываются тысячи подрядчиков на один проект, причём у каждого подрядчика свой профессиональный язык общения. Наряду с этим, многие системы носят комплексный и мультидисциплинарный характер и взаимосвязанным образом включают в себя технические, информационные и организационные аспекты. Требования и спецификации проекта поступают с самых разных сторон и непрерывно меняются. Создавать такие сложные системы могут только крупные междисциплинарные коллективы, которые требуют соответствующей междисциплинарной организации в разделении интеллектуального труда. Вопросы удержания междисциплинарной целостности и организации междисциплинарных работ также решает системная инженерия, обеспечивая этот процесс за счёт использования общего междисциплинарного языка.

Учитывая эволюцию, которую в результате технологических изменений и требований глобального развития претерпело понимание системной инженерии, можно констатировать, что с течением времени имело место всё более значительное расширение сферы её применения и содержания её задач. Сегодня мировое научное и индустриальное сообщества признают системную инженерию в качестве методологической основы организации и осуществления деятельности по созданию систем любого масштаба и назначения. Поэтому и для многих крупных корпораций, занятых на глобальном рынке, и для ведущих мировых технических университетов системная инженерия стала одной наиболее важных

дисциплин, овладение которой в целом наряду с углублённым изучением её наиболее важных разделов является обязательным для специалистов, предполагающих заниматься созданием и/или эксплуатацией сложных систем. К настоящему времени силами международного инженерного и академического сообщества разработана и успешно апробирована совокупность теоретических и практических рекомендаций по созданию сложных систем и управлению их жизненным циклом. Близок к завершению процесс формирования интегрированной системы международных стандартов и лучших практик, обеспечивающих поддержку деятельности по созданию эффективных систем. Наряду с этим, активно разрабатывается аналитический программный инструментарий для помощи в практической реализации этих правил и положений.

В процессе развития системной инженерии сложились её основные принципы:

1. Переход от редуccionистского к системному подходу.
2. Переход от монодисциплинарного к междисциплинарному подходу.
3. Переход от структурного к процессному подходу.
4. Переход от рабочего проектирования и конструирования к архитектурному проектному подходу.
5. Переход от непосредственной реализации к моделицентричной реализации.
6. Переход от одной группы описаний ко множественности групп описаний.
7. Переход от приоритета документов к приоритету данных.
8. Переход от единой верификации к раздельным верификации и валидации.
9. Переход от управления жизненным циклом как «технологическим конвейером» к «заказам-поставкам».
10. Переход от работы «для одного заказчика» к работе со множеством заинтересованных сторон.

11. Переход от методов жёсткого планирования к использованию гибких прогнозных методов.

Один из крупнейших специалистов по системной инженерии Д. Хитчинс, рассмотрев правила, базовые предположения и рекомендации, часто упоминаемые в исследованиях по системам и системной инженерии, пришёл к выводу, что принципы системной инженерии напрямую связаны с концепциями системы, инженерной деятельности и управления, причём имеется четыре фундаментальных и три дополнительных, руководящих принципа, которые лежат в основе системной инженерии по существу с момента её создания (Hitchins D. What are the General Principles Applicable to Systems? – INCOSE INSIGHT. – V. 12, Issue 4. – December 2009. – pp. 59–64). При выделении принципов системной инженерии он ориентировался на системные концепции, типичные для инженерно-технических и социотехнических систем.

Базовые принципы системной инженерии по Д. Хитчинсу:

1. Системный подход (The Systems Approach) – целевая система рассматривается как открытая и в контексте её взаимодействия и приспособления к другим системам, находящимся в среде функционирования, как имеющая в своём составе открытые, взаимодействующие между собой подсистемы и как представляющая собой часть системы в более широком смысле или объемлющей системы.

2. Синтез (Synthesis) – для получения решения части или подсистемы соединяются между собой, чтобы функционировать и взаимодействовать как единое целое, демонстрируя повышение эффективности работы в результате соединения, интеграции, слияния отдельных частей в единую систему (синергический эффект). При этом основная задача системной инженерии состоит в выборе (описании, проектировании, селекции) «правильных» составных частей, их соединении между собой так, чтобы достигалось необходимое взаимодействие и в правильном сочетании этих



взаимодействий таким образом, чтобы достигались необходимые свойства целого.

3. Холизм (Holism) – при принятии решений проблема, её решение и система рассматриваются в целом.

4. Органицизм (Organicism) – свойства и поведение систем рассматриваются в динамике, причём в основе деятельности системного инженера лежат скорее представления о развитии биологического организма, нежели механистическая метафора классического инженерного подхода.

Дополнительные принципы системной инженерии по Д. Хитчинсу:

1. Адаптивная оптимизация (Adaptive Optimizing) – проблемы следует решать постепенно во времени, то есть так, чтобы адаптировать характеристики сложной системы к новым ситуациям и изменениям, происходящим в состоянии системы, во внешней среде и в других системах, взаимодействующих с целевой, а также учесть возникающие дополнительные факторы. Наиболее важный аспект адаптивной оптимизации – обеспечение возможности непрерывного улучшения характеристик системы для сохранения оптимальной эффективности в условиях изменений в среде функционирования.

2. Постепенное уменьшение энтропии (Progressive Entropy Reduction) – процесс системной инженерии продолжается на протяжении всего жизненного цикла системы, в результате чего энтропия, характеризующая целевую систему, постепенно уменьшается с переходом от состояния беспорядка (высокая энтропия) к состоянию порядка (низкая энтропия) в конце цикла.

3. Разумная достаточность (Adaptive Satisfying) – успешная системная инженерия включает процесс непрерывной адаптации требований к системе и решений для получения результатов, которые в данных условиях позволяют в наибольшей степени удовлетворить критически важные заинтересованные стороны. Это включает две составляющих:

- система успешна тогда и только тогда, когда с её помощью добиваются успеха все ключевые заинтересованные стороны;
- чтобы система позволяла ключевым заинтересованным сторонам добиться успеха требуется:
  - идентифицировать все критически важные заинтересованных сторон;
  - определить, в чём видят успех заинтересованные стороны;
  - договориться с заинтересованными сторонами о взаимовыгодном наборе планов создания и производства системы, а также реализации процессов;
  - контролировать, с учётом баланса интересов заинтересованных сторон, реализацию планов, включая адаптацию к происходящим изменениям.

Коллектив во главе с Б. Бозмом, известным специалистом в области программной инженерии, предложил, применительно к программно-насыщенным системам, четыре принципа успешной системной инженерии (Boehm B. et al. Principles for Successful Systems Engineering. – Procedia Computer Science – № 8, 2012. – pp. 297–302):

1. Описание и развитие системы в разрезе ценности для заинтересованных сторон (Stakeholder Value-based System Definition and Evolution) – система будет успешной тогда и только тогда, когда в выигрыше окажутся все критически важные заинтересованные стороны.

2. Поэтапный рост ответственности и обязательств (Incremental Commitment and Accountability) – доверие между заинтересованными сторонами невозможно установить в отсутствие ведущих специалистов, отвечающих за создание системы. С другой стороны, критически важные заинтересованные стороны должны нести ответственность за свои обязательства и своевременно обеспечивать их выполнение, а также принятие необходимых решений.

3. Согласованное мультидисциплинарное описание и разработка системы (Concurrent Multidiscipline System Definition and Development) – для

понимания потребностей, анализа обстоятельств, выявления целей и определения требований, а также для разработки архитектурных решений и проектирования системы, включая аппаратное и программное обеспечение, а также операторов и, наконец, для получения свидетельств осуществимости решения, важно придерживаться правила параллельной, а не последовательной организации работ.

4. Доказательно обоснованное принятие решений на основе фактов и с учётом риска (Evidence and Risk-driven Decision Making) – наиболее важным фактором при принятии решений является наличие доказательно обоснованного факта, а не плана, графика или календарного события.

*В обобщённой форме набор методов (процессов) системной инженерии* включает, как минимум, следующие действия, которые необходимы для получения оптимальной системы:

- обеспечение надёжного проектного репозитория, который поддерживает необходимые инструменты для совместной работы множества специалистов над мультидисциплинарной информацией в ходе создания системы и управления её жизненным циклом;
- точную оценку доступной информации и определение недостающей;
- точное определение критериев производительности и эффективности, которые определяют успех или неудачу системного проекта;
- получение и анализ всех исходных требований, которые отражают запросы пользователей и цели заинтересованных сторон;
- проведение системного анализа для разработки проектных решений, отражающих поведение системы, которые должны соответствовать всем функциональным требованиям и требованиям к производительности;
- распределение всех поведенческих элементов системы по соответствующим (подходящим) им элементам архитектуры;
- проведение анализа компромиссных решений по альтернативным проектным решениям или архитектуре для поддержки процесса принятия решений;

- создание исполняемых моделей для верификации и валидации работы системы.

Опыт множества системных разработок показывает, что несмотря на отличия в целевых системах, совокупность действий, повторяющихся по мере прохождения стадий и этапов жизненного цикла в своей основе остаётся постоянной. Поэтому на практике системная инженерия стремится формализовать процесс разработки систем. Совокупность подобных типовых, повторяющихся действий получила особое название – процессы системной инженерии (Systems Engineering Process) или методы системной инженерии (Systems Engineering Method).

Все известные методы (процессы) системной инженерии предполагают итеративное применение процедур синтеза, анализа, оценки:

1. Синтез включает формирование определённой совокупности нужд и требований клиента и других заинтересованных сторон, описанных на языке функционирования. Основными элементами обеспечения синтеза являются команда разработчиков, а также традиционные и компьютерно-ориентированные инструменты синтеза. Синтез наиболее эффективен при одновременном использовании как восходящих, так и нисходящих действий, причём учитываются результаты прикладных исследований и возможности использования известных технологий. Существующие и вновь спроектированные компоненты, узлы и подсистемы комплексированы в виде, пригодном для анализа и оценки.

2. Анализ вариантов системных решений включает вычисление и предсказание значения параметров, зависящих от конструктивных решений (технических характеристик), а также определение или предсказание параметров, не зависящих от конструктивных решений. Во всех случаях используется информация о физических процессах и явлениях, техническая информация, а также экономическая информация, хранящаяся в базах данных. Системный анализ и исследование операций являются необходимыми шагами на пути оценки проектных вариантов системы, но

требуется обязательная адаптация соответствующих моделей и методов к особенностям предметной области. В целом, применение анализа – это необходимая, но не достаточная составляющая процедуры принятия решения о выборе проектного варианта системы.

3. Оценка подразумевает, что каждый вариант решения (или альтернатива) оценивается в сравнении с другими вариантами, а также проверяется на соответствие требованиям заинтересованных сторон. Оценка каждого из вариантов выполняется после получения сведений о его характеристиках, зависящих от конструктивных решений. Данные о характеристиках, не зависящих от конструктивных решений, являются внешними факторами, которые используются по отношению ко всем кандидатам, подвергаемым оценке. Каждый кандидат подвергается окончательной оценке с выбранными оптимальными характеристиками, после чего передаётся для принятия окончательного решения. Поскольку выбор всегда субъективен решение, в конечном счёте, принимается ключевыми заинтересованными сторонами.

*Выводы:* Системная инженерия, или системотехника – это научно-методологическая дисциплина, которая изучает вопросы проектирования, создания и эксплуатации структурно сложных, крупномасштабных, человеко-машинных и социотехнических систем, а также предлагает принципы, методы и средства их разработки. При разработке и конструировании подобных систем, как правило, возникают проблемы, относящиеся не только к свойствам их составных частей, но и к закономерностям функционирования системного объекта в целом, обеспечения его жизненного цикла

Итеративное использование триады «синтез – анализ – оценка» – принципиально важная особенность методов (процессов) системной инженерии. Применение метода начинается с осознания потребностей заинтересованных сторон и определения их требований, которые далее преобразуются по определённым правилам для получения исходного

описания системных решений. В дальнейшем описание системы уточняется и детализируется, причём на более низких уровнях системной иерархии процесс системной инженерии используется уже рекурсивно, что позволяет добиться высокого уровня конкретизации при описании системы. Использование метода «синтез – анализ – оценка» позволяет описывать и строить систему, обеспечивая и постепенный обратный переход от уровня детального описания составных частей к более крупным элементам и узлам.

Системная инженерия отвечает за интеграцию всех технических аспектов, экспертов предметной области и специализированных групп в рамках всех усилий команды разработки целевой системы. Работа в области системной инженерии начинается с определения потребностей заинтересованных сторон и необходимой функциональности, управления множеством [функциональных и нефункциональных] требований, которые затем должны быть преобразованы в ответный рабочий проект системы и её архитектуру при помощи синтеза проектных решений, после чего система проходит этапы верификации и валидации.

В соответствии с современными представлениями, предметом системной инженерии является интегрированное, целостное рассмотрение крупномасштабных, комплексных, высокотехнологичных систем, взаимодействующих преимущественно на уровне предприятий с использованием человеко-машинных интерфейсов. Создание таких систем требует усиленного внимания к следующим процедурам:

- разработке архитектуры систем, проектированию систем и их элементов;
- системному анализу и исследованию операций;
- управлению инженерной деятельностью;
- выбору технологий и методик;
- эффективному управлению жизненным циклом системы.

Профиль современной системной инженерии включает следующие основные области деятельности:

1. Управление организацией (организационно-управленческая деятельность).
2. Управление проектами (проектно-управленческая деятельность).
3. Управление инженерными решениями (проектно-инженерная деятельность).
4. Специальные инженерные дисциплины (технологическая деятельность).

#### *Стандарты в области системной инженерии*

Специфика и разнообразие сложных и крупномасштабных систем существенно затрудняет использование точных формализованных методов при их создании, поэтому основные концепции, методы и технологии современной системной инженерии формировались, главным образом, в рамках практики успешных разработок. Как следствие, наиболее важные аспекты, связанные как собственно с современными процессами разработки систем, так и с управлением их жизненным циклом, нашли наиболее полное и формализованное отражение в комплексе международных стандартов, ставших ключевым компонентом методологического базиса современной системной инженерии. Такие стандарты выделены в семейство стандартов системной и программной инженерии, развитие которых идёт путём совершенствования системы официальных международных стандартов, а также за счёт ускоренного формирования развитого набора фактических стандартов.

В целом, стандарты системной инженерии разрабатываются как открытые универсальные спецификации, имеющие рамочный характер и применяемые на добровольной основе. Они требуют адаптации к условиям организации или проекта и, соответственно, высокой квалификации использующего их персонала, поскольку регламенты в области системной инженерии не разрабатываются. Основным объектом стандартизации в области системной инженерии сегодня являются процессы создания систем, кроме того, стандартизируются методы оценки качества и зрелости этих

процессов, а также способы описания системных артефактов. Ведутся работы по гармонизации комплекса стандартов системной инженерии с постепенным формированием единого информационного пространства нормативного обеспечения деятельности по созданию сложных систем.

Признанные международным индустриальным сообществом стандарты и нормативные руководства по системной инженерии разрабатываются, в основном, тремя организациями:

1. Седьмой подкомитет Объединённого технического комитета Международной организации стандартизации (International Standard Organization; ISO) и Международной электротехнической комиссии (International Electrotechnical Commission; IEC) «Системная и программная инженерия» (ISO/IEC JTC1/SC7 Software and Systems Engineering).

2. Институт инженеров электротехники и электроники (Institute of Electrical and Electronics Engineers; IEEE).

3. Международный совет по системной инженерии (International Council on Systems Engineering; INCOSE).

Эти три организации проводят работу по стандартизации в области системной инженерии по согласованным программам, начиная с 1995 года. Кроме того, существенный вклад в разработку нормативной базы системной инженерии внесли Альянс отраслей электронной промышленности (Electronics Industries Alliance; EIA), Институт программной инженерии Университета Карнеги-Меллон (Software Engineering Institute Carnegie Mellon University; SEI CMU), Международная ассоциация по управлению проектами (International Project Management Association; IPMA) и ряд других, имеющих международное признание организаций. С другой стороны, активную работу по построению связанного семейства стандартов, необходимых для создания производственных систем и их интеграции как внутри, так и между предприятиями, включая управление цепочками поставок и электронный бизнес, ведёт Технический комитет 184 «Системы промышленной



автоматизации и интеграция» (ISO/TC 184 Industrial Automation Systems and Integration).

В целом, сегодня в составе комплекса стандартов системной инженерии имеется около 40 действующих спецификаций, примерно 20 документов находятся на различных этапах разработки.

Важная особенность официальных стандартов системной инженерии состоит в том, что системно-инженерные спецификации не являются стандартами прямого действия. Они содержат преимущественно рекомендации и положения относительно того, что следует делать, оставляя решение о том, как это следует делать, на усмотрение сторон, создающих систему и управляющих проектом. Поэтому многие спецификации носят явно выраженный рамочный характер, то есть предполагается, что содержащиеся в этих стандартах рекомендации должны обязательно адаптироваться к условиям конкретной системно-инженерной деятельности. Такой подход предполагает, что в той или иной отрасли или в крупной организации с учётом рекомендаций официальных стандартов могут быть разработаны свои нормативные документы, регулирующие системно-инженерную деятельность.

Подобные рекомендации разрабатываются профессиональными сообществами, государственными организациями, осуществляющими закупки систем в интересах правительства, а также крупными корпорациями, занятыми созданием сложных систем. В качестве примера можно привести перечень так называемых фактических стандартов, объединённых в «Руководстве к своду знаний в области системной инженерии» (Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge; SEBoK). Это руководство в течение последних лет разрабатывается ведущими мировыми экспертами по системной инженерии в рамках международного проекта «Свод знаний и учебный план для современной системной инженерии» (Body of Knowledge and Curriculum to Advance Systems Engineering; BKCASE). Среди других руководств по системной инженерии известны Руководство федерального

управления гражданской авиации США (U. S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. Requirements Engineering Management Handbook), Руководство военно-морского ведомства США (Naval «Systems of Systems» Systems Engineering Guidebook), Руководство Национального космического агентства США (NASA Systems Engineering Handbook). Кроме того, военные ведомства, которые в больших количествах закупают сложные системы, разрабатывают собственные отраслевые стандарты системной инженерии.

Фактические стандарты не имеют официального статуса и могут быть представлены в произвольной форме, однако высокая заинтересованность разработчиков этих стандартов в их широком практическом применении, направленность на решение конкретных технических задач при создании и реализации продукции и услуг, высокая скорость разработки и возможность использования фактического стандарта ещё до того, как он будет утверждён и принят, делают спецификации этого типа весьма востребованными на рынке системно-инженерных разработок.

Батоврин, В. К. Системная инженерия / В. К. Батоврин, Ф. Н. Голдберг, П. С. Александров, Е. А. Малер // Гуманитарный портал: Концепты [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий, – 2002–2022 (последняя редакция: 04.02.2022). Режим доступа : <https://gtmarket.ru/concepts/7110>

## Лекция 6

### ***Тема 6. Системный подход. Системные исследования***

#### *Основные вопросы*

1 Понятие и основные преимущества и роль системного подхода в развитии научного, технического и практически-ориентированного знания системного подхода.

2. Функции системного подхода.

3. Основные принципы системного подхода.
4. Этапы системного подхода. Задачи системного подхода.
5. Объект системных исследований.
6. Основные методологические особенности системных исследований.  
«Мягкая» системная методология. «Жесткая» системная методология.  
Специфика системного исследования.
7. Категориальный аппарат системного подхода.

Системная методология включает в себя системный подход как принцип познания и практики, метод деятельности, теорию. Обладая исключительно большим потенциалом, она находит широкое применение в современной науке (естественные, технические, общественные науки, науки о человеке).

Системный подход – специфическая реакция на бурный и длительный процесс дифференциации в науке, который привел к возникновению огромного количества непохожих одна на другую наук. Это то, что объединяет отдельные науки в единую науку, форма методологической интеграции современной науки. Происходящие в нем открытия в рамках конкретных наук довольно быстро становятся достоянием всей науки. Системный подход – единство методологической интеграции и дифференциации при доминировании тенденции объединения, собирания методологического комплекса.

При этом он выполняет самые многообразные функции в науке. Наиболее важными среди них выступают мировоззренческая, эвристическая, объясняющая, методологическая и прогностическая функции.

Проблемы системного мировоззрения современных специалистов:

- недостаточная глубина системных взглядов, которая выражается в том, что специалист владеет даже не научным, а обыденным детерминистским пониманием природы систем;

- низкая эрудиция в сфере системных идей, незнание достижений системности в своей отрасли и науке вообще;

- неметодологичность системного мировоззрения, когда системные знания специалист не может применить в качестве метода познавательной и практической деятельности. В практике научных исследований системный подход ценен не только парадигмальностью, но и методологичностью, т.е. использованием его не столько как способа представления мира, а как метода его познания. В этом и заключается его методологическая функция, когда системность в познавательном процессе работает как принцип, метод и теория;

- разрыв между философским, общетеоретическим и математико-кибернетическим пониманием систем. Как правило, специалист, знающий философию систем, не владеет по причине своей гуманитарной подготовки кибернетикой и математикой систем, а специалисты технического профиля не поднимаются до уровня общесистемных идей.

Важное предназначение системного подхода заключается в познании, в получении истины, т.е. знания, которое соответствует своему предмету, совпадает с ним. Особенность ее в системном исследовании заключается в представлении целостной, универсальной и многомерной картины действительности.

Системный подход дает возможность соединить анализ системы с позиций бихевиоризма и механики и рассматривать организацию как единое целое с целью достижения наибольшей эффективности всей системы, несмотря на наличие у ее компонентов противоречивых стремлений. Такое объединение требует рассмотрения новых форм организаций, например таких, как в упомянутом выше исследовании «Управление проектом», где горизонтальные структуры накладываются на обычные вертикальные линии органов. Системная теория организаций должна рассматривать организацию как систему, действие которой описывается в таких системных терминах, как «кибернетика», «открытые и замкнутые циклы», «саморегулирование»,

«равновесие», «рост» и «устойчивость», «воспроизводство» и «распад» и др. Системный подход дополняет другие подходы, используемые в теории организаций и управления.

*Эвристическая функция системного подхода.* Он выступает межотраслевым эвристическим методом, т.е. широко применяется во всех отраслях науки и практической деятельности. Для метода свойственна высокая гибкость и способность приспосабливаться к накопленному в той или иной науке знанию и исследовательской традиции. К тому же он является рациональным эвристическим методом, который не только способствует озарению, инсайту, но и позволяет построить технологию получения нового знания и представить его в наиболее удобной системной форме. Эвристическая роль системного подхода нередко заключается в том, что он дает возможность усматривать пробелы в знаниях о данном объекте, обнаруживать их неполноту, определять задачи научных исследований, в отдельных случаях (путем интерполяции и экстраполяции) предсказывать свойства отсутствующих частей описания.

*Объясняющая функция* системной методологии заключается в том, что она позволяет обнаруживать устойчивые, сущностные и неслучайные зависимости, т. е. закономерности. Нередко объяснение сводят к выявлению причин. Системное объяснение представляет собой особый вид объяснения, который строится не на причинно-следственных связях, а на системных закономерностях. При этом оно может реализовываться как по индуктивной, так и по дедуктивной моделям. При этом гипотетико-дедуктивное объяснение строится на выдвижении научно обоснованных гипотез и их эмпирической проверке. А индуктивное объяснение сводится к сбору эмпирической информации о системе и ее обобщению. Каждая из этих моделей характеризуется тем, что имеет совокупность феноменов, подлежащих объяснению, – объясняемое, и совокупность предложений теории, т.е. законов и гипотез, служащих основанием объяснения. В той и

другой модели объяснение опирается на системные представления и закономерности.

*Прогностическая функция* системности отличается от функции объяснения тем, что здесь нет знания-результата, которое при прогнозировании надо получить. Она реализуется несколькими путями. Во-первых, благодаря теории эволюции систем, проходящих общие этапы развития, удастся собрать информацию о феноменах, которые не существуют в данный момент, но возникнут благодаря пространственно-временному развитию системы. Во-вторых, системные идеи довольно широко применяют для предсказания будущего систем, их воздействий на окружающую среду на основе модели волновой и циклической динамики.

*Основные принципы системного подхода.*

1. Принцип целостности заключается в выделении объекта исследования целостным образованием, т.е. в отграничении его от других явлений, от среды. Это можно сделать только посредством определения и оценки отличительных свойств явления и сравнения этих свойств со свойствами его элементов. При этом объект исследования не обязательно должен носить название системы (система управления, система работы с персоналом и т.д.). Это может называться механизмом, процессом, решением, целью, проблемой, ситуацией и т.п. Напомним, что системный подход – это установка на изучение, это комплекс принципов и методов исследования.

Целостность – это не абсолютная характеристика, она может выражаться в определенной мере. Системный подход предполагает установление этой меры. В этом он отличается от подходов аспектного, многоаспектного, комплексного, репродукционистского, концептуального, в рамках которых целостность выступает не как реальное и объективное свойство, а следовательно, и характеристика объекта, а как некоторое условие его изучения. Здесь целостность имеет условный характер.

2. Принцип совместимости элементов целого. Система только тогда может существовать в качестве целого, когда совместимы между собой составляющие ее элементы. Именно их совместимость и определяет возможность и наличие связей, их существование или функционирование в рамках целого. Системный подход требует оценить с этих позиций все элементы целого. При этом совместимость следует понимать не просто как свойство элемента как такового, а как его свойство в соответствии с положением и функциональным статусом в этом целом, его отношение к системообразующим элементам.

Системообразующим элементом для социально-экономической системы является человек. Его отношения с другими людьми по самым различным поводам (техника, технология, информация, социальная принадлежность, психология, стоимость, деньги и т.д.) характеризуют и связи в социально-экономической системе, и ее целостность. Управление, так же как и производство, общество, фирма и т.д., т.е. некая общность людей, объединенных одной из их потребностей, является социально-экономической системой. В исследовании этой системы можно использовать как аспектный, так и системный подходы.

3. Принцип функционально-структурного строения целого заключается в том, что при исследовании систем управления необходимо анализировать и определять функциональное строение системы, т.е. видеть не только элементы и связи между ними, но и функциональное содержание каждого элемента. В двух идентичных системах с одинаковым набором элементов и одинаковым их строением может быть различным содержание функционирования этих элементов и их связи по определенным функциям. Это часто оказывает влияние на эффективность управления. Например, в системе управления могут быть неразвитыми функции социального регулирования, прогнозирования и планирования, связей с общественностью.

Особенностью использования этого принципа является фактор развитости функций и степень их обособления, которая в определенной мере характеризует профессионализм ее реализации.

Исследование функционального содержания системы управления обязательно должно включать и выявление дисфункций, т.е. наличие таких функций, которые не соответствуют функциям целого и тем самым могут нарушить устойчивость системы управления, необходимую стабильность ее функционирования. Дисфункции – это как бы лишние функции, иногда потерявшие свою актуальность, но в силу инерции еще существующие.

4. Принцип развития. Все характеристики любой системы управления определяются особенностями уровня и этапа ее развития. И это нельзя не учитывать при проведении исследования. Необходимо проводить сравнительный анализ прошлого состояния системы, ее настоящего и возможного будущего. Конечно, здесь возникают проблемы информационного характера – наличие, достаточность и ценность информации. Но эти трудности могут быть уменьшены при систематическом исследовании системы управления, позволяющем накапливать необходимую информацию, определять тенденции развития и экстраполировать их в будущее.

5. Принцип лабильности (подвижности, неустойчивости) функций. Оценивая развитие системы управления, нельзя исключать возможность изменения ее общих функций, приобретения ею новых функций целостности при относительной стабильности внутренних, т.е. их состава и структуры. Такое явление характеризует понятие лабильности функций системы управления. В реальной действительности приходится нередко наблюдать лабильность функций управления. Она имеет определенные пределы, но во многих случаях может отражать как положительные, так и отрицательные явления. Конечно, это должно быть в поле зрения исследователя.

6. Принцип полифункциональности. Система управления может обладать функциями полифункционального назначения. Это функции,



соединенные по определенному признаку для получения какого-либо специального эффекта. Его можно иначе назвать принципом функциональной совместимости. Но совместимость функций определяется не только содержанием функции, как нередко принято считать, но и целями управления и совместимостью исполнителей. Ведь функция – это не просто вид деятельности, но и практическая реализация ее человеком, зависящая от понимания им содержания этой функции. Часто функции, казалось бы несовместимые по своему содержанию, оказываются совместимыми в деятельности определенного специалиста. И наоборот. При исследовании полифункциональности нельзя забывать о человеческом факторе управления.

7. Принцип итеративности. Любое исследование является процессом, предполагающим определенную последовательность операций, использование различных методов, оценку предварительных, промежуточных и конечных результатов. Это характеризует итерационное строение процесса исследования. Его успех зависит от того, как мы выберем эти итерации, как будем их комбинировать.

8. Принцип вероятностных оценок. В процессе исследования не всегда существует возможность достаточно точно проследить и оценить все причинно-следственные связи, иначе говоря, представить объект исследования в детерминированном виде. Многие связи и отношения имеют объективно вероятностный характер, многие явления можно оценить лишь вероятностно, если учитывать современный уровень и возможности изучения явлений социально-экономического и социально-психологического плана. Поэтому исследование управления должно быть ориентировано на вероятностные оценки. Это означает широкое использование методов статистического анализа, методик расчета вероятности, нормативных оценок, гибкого моделирования и др.

9. Принцип вариантности вытекает из принципа вероятности. Сочетание вероятностей дает различные варианты отражения и понимания действительности. Каждый из таких вариантов может и должен быть в

фокусе внимания исследования. Любое исследование может быть ориентировано либо на получение единственного результата, либо на определение возможных вариантов отражения реального положения дел с последующим анализом этих вариантов. Вариантность исследования проявляется в разработке не единственной, а нескольких рабочих гипотез или разнообразных концепций на первом этапе исследования, в выборе аспектов и методов исследования, различных способов, скажем, моделирования явлений.

Но эти принципы системности только тогда могут быть полезны и эффективны, отражать действительно системный подход, когда они сами будут учитываться и использоваться системно, т.е. во взаимозависимости и в связи друг с другом. Возможен такой парадокс: принципы системного подхода не дают системности в исследовании, потому что используются спорадически, без учета их связи, субординации, комплексности. Принципы системности надо использовать тоже системно.

*К числу наиболее важных задач системного подхода относятся:*

- Разработка средств представления исследуемых и конструируемых объектов как систем.
- Построение обобщённых моделей системы, моделей разных классов и специфических свойств систем.
- Исследование структуры теорий систем и различных системных концепций и разработок.

В системном исследовании анализируемый объект рассматривается как определённое множество элементов, взаимосвязь которых обуславливает целостные свойства этого множества. Основной акцент делается на выявлении многообразия связей и отношений, имеющих место как внутри исследуемого объекта, так и в его взаимоотношениях с внешним окружением, средой. Свойства объекта как целостной системы определяются не только и не столько суммированием свойств его отдельных элементов, сколько свойствами его структуры, особыми системообразующими,

интегративными связями рассматриваемого объекта. Для понимания поведения систем необходимо выявить реализуемые данной системой процессы управления – формы передачи информации от одних подсистем к другим и способы воздействия одних частей системы на другие, координацию низших уровней системы со стороны элементов её высшего уровня управления, влияние на последние всех остальных подсистем.

Особое значение в системном подходе придаётся выявлению вероятностного характера поведения исследуемых объектов. Важной особенностью системного подхода является то, что не только объект, но и сам процесс исследования выступает как сложная система, задача которой, в частности, состоит в соединении в единое целое различных моделей объекта. Системные объекты очень часто бывают не безразличны к процессу их исследования и во многих случаях могут оказывать существенное воздействие на него. В условиях развёртывания научно-технической революции во второй половине XX века происходит дальнейшее уточнение содержания системного подхода – раскрытие его философских оснований, разработка логических и методологических принципов, дальнейший прогресс в построении общей теории систем. Системный подход является теоретической и методологической основой системного анализа.

Основная роль системного подхода в развитии научного, технического и практически-ориентированного знания состоит в следующем. Во-первых, понятия и принципы системного подхода выявляют более широкую познавательную реальность по сравнению с той, которая фиксировалась в прежнем знании (например, понятие биосферы в концепции В. И. Вернадского, понятие биогеоценоза в современной экологии, оптимальный подход в экономическом управлении и планировании и другие). Во-вторых, в рамках системного подхода разрабатываются новые по сравнению с предшествующими этапами развития научного познания схемы объяснения, в основе которых лежит поиск конкретных механизмов целостности объекта и выявление типологии его связей. В-третьих, из

важного для системного подхода тезиса о многообразии типов связей объекта следует, что любой сложный объект допускает несколько разделений. При этом критерием выбора наиболее адекватного разделения изучаемого объекта может служить то, насколько в результате удаётся построить «единицу» анализа, позволяющую фиксировать целостные свойства объекта, его структуру и динамику.

Широта принципов и основных понятий системного подхода ставит его в тесную связь с другими общенаучными методологическими направлениями современной науки. По своим познавательным установкам системный подход имеет особенно много общего со структурализмом и структурно-функциональным анализом, с которыми его роднит не только оперирование понятиями структуры и функции, но и акцент на изучение разнотипных связей объекта. Вместе с тем, принципы системного подхода обладают более широким и более гибким содержанием, они не подверглись слишком жёсткой концептуализации и абсолютизации, как это имело место с некоторыми линиями в развитии указанных направлений.

*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:*

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).

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.

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.

Адекватное «основное определение» системы должно включать, как минимум, шесть элементов, обозначаемых символом CATWOE (рис. 3). 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».

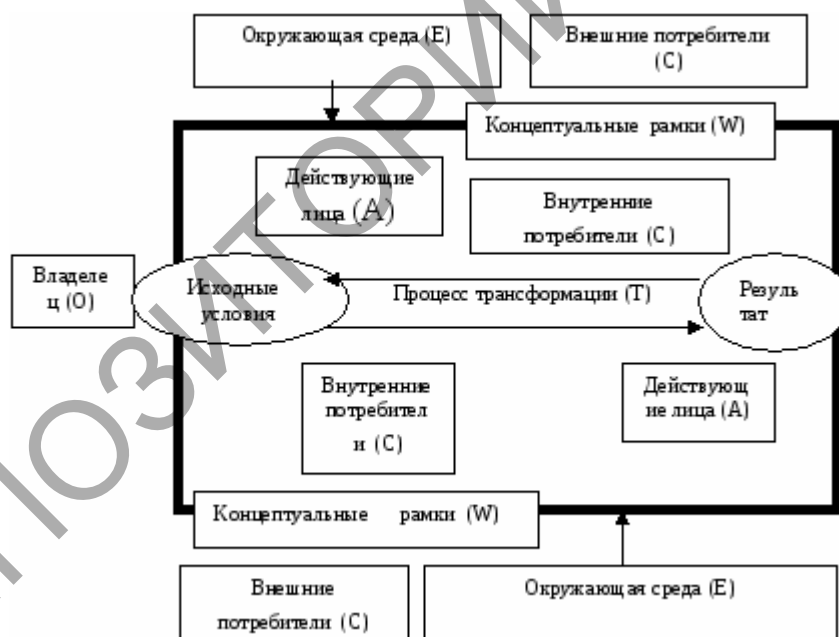


Рисунок 3 – Элементы «основного определения» системы

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.

*Категориальный аппарат* системного подхода представляет собой совокупность категорий, которые отражают систему. Он отличается значительным богатством. Вместе с тем следует отметить, что категории

системного подхода еще не устоялись, поскольку системный подход довольно быстро развивается, а категориальное его осмысление требует времени, многократного употребления категорий, постоянного уточнения. Категории находятся в постоянном развитии. Сказывается и то, что некоторые из них не выходят на уровень осмысления философией и общей теорией систем, остаются под патронажем отдельных наук, например, социологии или психологии.

*Базисные категории* выступают основой для определения системы. Определяя систему, мы всегда подыскиваем точку опоры в виде базового понятия.

*Целое* – форма существования системы в строго определенном качестве, выражающем ее независимость от других систем. Целое – это всегда завершенное, состоящее из органично взаимосвязанных между собой частей.

*Целостность* – свойство однокачественности системы как целого, которую выражают элементы в их реальном взаимодействии, – основа стабильности, постоянства системы.

*Множество* – набор, совокупность, собрание каких-либо объектов, обладающих общим для всех характерным свойством. Это понятие не является логическим, а лишь поясняющим, поскольку здесь нет родового понятия, в которое данное понятие могло бы войти.

Но само понятие «множество» выступает именно родовым. Эта нечеткость предопределяет нечеткость теории систем, которая базируется на нестрогих понятиях.

*Совокупность* – сочетание, соединение, общий итог чего-нибудь.

*Организация* – представляется в качестве свойства материальных и абстрактных объектов обнаруживать взаимозависимое поведение частей в рамках целого.

*Категории, которые дают понимание системы.*



*Система* – совокупность элементов, находящихся во взаимных отношениях и связях со средой, образующих определенную целостность, единство.

*Подсистема* – элемент системы, который при подробном рассмотрении оказывается системой. Любая система состоит из нескольких уровней подсистем.

*Надсистема* – более общая система, которая включает в себя подсистемы.

*Система-универсум* – представляет собой объединение системы и ее среды.

*Пустая система* – пересечение системы и среды, система не содержит ни одного элемента.

*Вспомогательные категории системного подхода:* элемент, свойство, связь, структура, гомеостаз, функция, функционирование, интеграция, интегральный эффект, адаптивность и др.

*Наиболее важные категории, определяющие строение системы.*

*Элемент* – далее не разложимая единица при данном способе расчленения. Связи между элементами ведут к появлению в целостной системе новых свойств (эмерджентность), не присущих элементам в отдельности. В силу этого подмножества элементов системы могут рассматриваться как подсистемы (компоненты), что зависит от целей исследования.

*Связь* – взаимное ограничение на поведение объектов, создающее ограничение на поведение объектов и зависимость между ними.

*Прямая связь* – непосредственное воздействие объектов одного на другой.

*Обратная связь* – воздействие результатов функционирования системы на характер этого функционирования.

*Отношение* – различие или тождество вещей в одном множестве, тождественных в другом множестве.

*Структура* – упорядоченность отношений, связывающих элементы системы и обеспечивающих ее равновесие, способ организации системы, тип связей.

*Организация* – не только как свойство всего сущего, а и некоторая упорядоченность содержания.

*Системообразующий фактор* – признак, который объединяет объекты в систему.

*Категории, характеризующие свойства системы:*

*Свойство* – вхождение вещи, элемента в некоторый класс вещей, когда не образуется новый предмет. Так, быть красным означает входить в класс красных вещей, вхождение при этом не образует предмета.

*Цель системы* – предпочтительное для нее состояние; обычно выражают в виде целевой функции. Система использует, как правило, несколько целей, образующих иерархию.

*Эмерджентность* – не сводимость системы к свойствам элементов системы.

*Гомеостаз* (греч. *homeo* – подобный + *stasis* – неподвижность) – понятие было впервые введено биологом Кэнноном для обозначения физиологических процессов, поддерживающих существенные состояния организма (давление крови, температура). Нарушение гомеостаза приводит к деструкции, болезням организма. Гомеостаз – динамическое равновесие системы.

*Простота* – свойство множества, которое выступает в другом множестве как элемент.

*Сложность* – свойство элемента, который предстает в другом множестве как множество.

*Закрытость* – полная изолированность системы от окружающей среды и жесткая детерминированность поведения элементов.

*Открытость* – отсутствие полной изолированности от окружающей среды и наличие степеней свободы в поведении элементов.

*Энтропия* – количественная мера неопределенности некоторой выделенной совокупности характеристик системы.

*Негоэнтропия* – величина, обратная энтропии.

*Категории, характеризующие состояние системы:*

*Состояние системы* – множество одновременно существующих свойств объекта или системы.

*Процесс* – изменение состояния.

*Организация* – упорядоченность системы в соответствии с системообразующим фактором.

*Хаос* – состояние неупорядоченности, определяющее не только разрушение, но рождение систем.

*Переходное состояние* – состояние системы, находящейся в процессе, на интервале между двумя состояниями.

Контрольные вопросы

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

## Лекция 7

### ***Тема 7. Системность. Мировоззренческий аспект системности***

*Основные вопросы*

1. Мировоззренческий парадигмы системности
2. Очевидные и обязательные признаки системности. Оценки системности.

3. Системность, монополизм и функциональность.
4. Системность технических систем. Системность и алгоритмичность.
5. Уровни системности практической деятельности. Механизация, автоматизация и кибернетика.
6. Компоненты АИС. Обратная связь.

По отношению к системному подходу можно выделить две мировоззренческие парадигмы. Первая признает системность как объективное свойство всего сущего, как важнейшую характеристику материи. Сегодня специальные науки убедительно доказывают системность познаваемых ими частей мира. Вселенная предстает перед нами системой систем. Конечно, понятие «система» подчеркивает ограниченность, конечность Вселенной. И, опираясь на метафизическое мышление, можно прийти к выводу, что, поскольку Вселенная – это «система», то она имеет границу, т.е. конечна. Но с диалектической точки зрения как бы ни представлять себе самую большую из систем, она всегда будет элементом другой, более обширной системы. Это справедливо и в обратном направлении, т.е. Вселенная бесконечна не только «вширь», но и «вглубь».

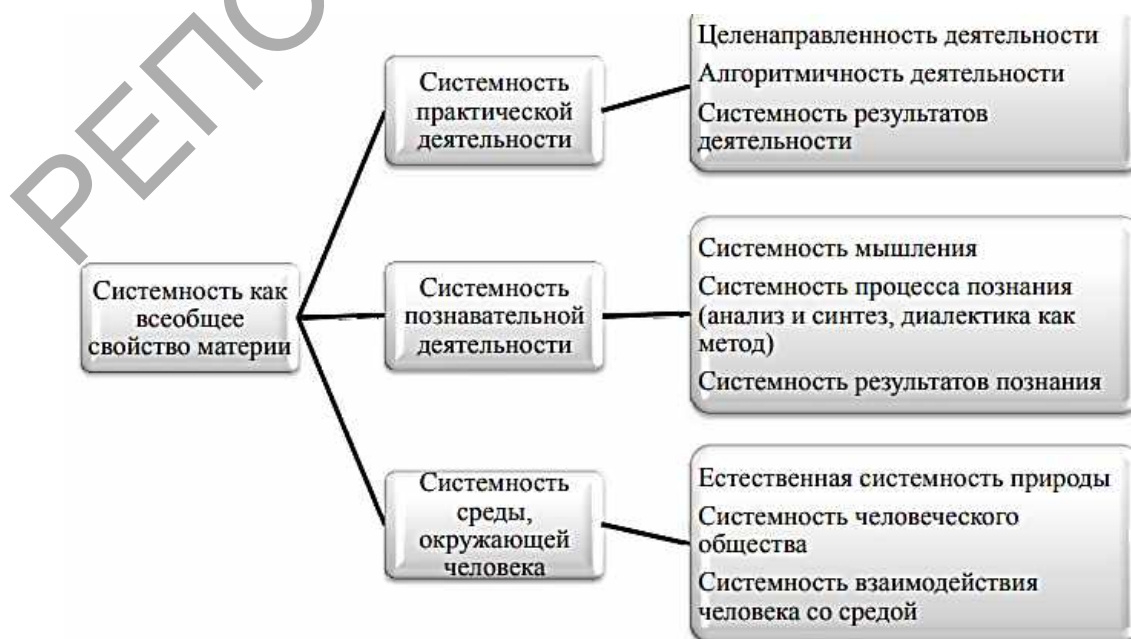
Отсюда возникает вторая парадигма, согласно которой системность представляет собой не свойство материи, а свойство познающего субъекта. Эта парадигма говорит о том, что мир есть такой, какой он есть, а системность представляет собой лишь способ его видения и познания. Объявление всего сущего системами отнюдь не означает, что эти объекты представляются системами. Например, куча песка или камней с большим трудом может быть названа системой. Для того чтобы доказать их системность, мы вынуждены искать основание или системообразующий фактор. Таким образом, системность – это некоторая познавательная процедура. Кроме того, в немалой степени сомнениям в системности мира способствует такое явление, как хаос, а также переходные состояния, когда нарушается системная определенность объектов.

Системность представляется и свойством всего сущего, и познавательной способностью человека, который в системных представлениях всегда реализует свои интересы. Например, строитель, рассматривая кучу камней, может «увидеть» два вида систем: куча представляет собой кучу строительного мусора или кучу строительного материала, т.е., в зависимости от интересов одно и то же явление представляется двумя принципиально разными системами.

До сих пор имеющиеся в распоряжении науки факты свидетельствуют о системной организации материи. Но вместе с тем наука доказывает относительность этого свойства, различную его интенсивность. Системность представляется развивающейся характеристикой материи. Один и тот же объект входит в различные системы, но в одних он органичен, когда системность выражена максимально, в других нет. И системность здесь носит суммативный характер.

Системность как всеобщее свойство материи проявляется через следующие составляющие:

- системность практической деятельности;
- системность познавательной деятельности;
- системность среды, окружающей человека (рис. 4).



#### Рисунок 4 – Системность как всеобщее свойство материи

Очевидные и обязательные признаки системности:

- структурированность системы,
- взаимосвязанность составляющих ее частей,
- подчиненность организации всей системы определенной цели.

По отношению к человеческой деятельности эти признаки очевидны. Всякое осознанное действие преследует определенную цель. Во всяком действии достаточно просто увидеть его составные части, более мелкие действия. При этом легко убедиться, что эти составные части должны выполняться не в произвольном порядке, а в определенной их последовательности (алгоритм). Это и есть определенная, подчиненная цели взаимосвязанность составных частей, которая и является признаком системности. Следует отметить:

во-первых, всякая деятельность алгоритмична;

во-вторых, не всегда алгоритм реальной деятельности осознается – ряд процессов человек выполняет интуитивно (признак профессионализма);

в-третьих, в случае неудовлетворенности результатом деятельности возможную причину неудачи следует искать в несовершенстве алгоритма.

Системными являются также результаты практической деятельности. В настоящее время практика ставит задачу создания новых объектов с некоторыми оптимальными свойствами. Цели, которые ставятся перед разработчиками, таким образом, являются более глобальными и более сложными.

Системным является само мышление. Успешное решение поставленной задачи зависит от того, насколько системно подходит специалист к ее анализу. Неудачи в решении тех или иных проблем связаны с отходом от системности, с игнорированием части существенных взаимосвязей компонентов системы. Разрешение возникшей проблемы

осуществляется путем перехода на новый, более высокий уровень системности (системность – процесс).

Вне окружающей среды любая система – ничто, так как все ее качества и свойства определяются и проявляются только в окружающей среде. Однако даже наличие среды не гарантирует нам наличие системных свойств. Это всего лишь внешние условия, способствующие возникновению и существованию системы. Таким образом, системность – это сравнительная характеристика уникальной структуры, функционирующей во внешней среде.

Иными словами, системность – это не внутреннее свойство, а внешняя характеристика структуры. Она проявляется в своей уникальности только через взаимоотношения с окружающей средой. Вне таких взаимоотношений системность сразу теряет свою уникальность и, следовательно, свое значение в окружающей среде.

В таком определении уже нет места понятию «элемент системы», так как системность здесь – это не объект, а его качественная характеристика. Она проявляется в результате взаимодействия системы с окружающей средой и характеризует сравнительную эффективность функционирования в этой среде. Можно даже сказать следующее: системность структуры проявляется только в сравнении с сопоставимыми (аналогичными) структурами в единой системе отсчета, качественно отстающими от нее в развитии.

Парадоксальный вывод – системность сама по себе не существует. Это проявляется в действительности так, что атомы, сформировавшиеся после Большого взрыва на основе атомов водорода (а те, в свою очередь, – за счет высвободившейся энергии) не являются системами в отношении друг друга. Они обладают свойствами уникальной системности только в отношении хаоса. Аналогично: молекулы живого вещества обладают свойствами уникальной системности только в отношении атомов, но не в отношении друг друга. И так далее, в полном соответствии с понятием «родо-видовые отношения».

В качестве методологического подхода к анализу явлений и процессов с точки зрения их системности развился диалектический метод. Именно диалектический метод рассматривает объект как комплекс взаимодействующих и взаимосвязанных компонентов, развивающихся во времени.

*Критерий системной уникальности* с точки зрения материалистической диалектики лишь один – эффективность потребления, аккумуляции и преобразования внешней энергии (ресурсов) или эквиваленты такой эффективности (организация и информация).

Эффективность подразумевает, с одной стороны, качество потребления внешних ресурсов, а с другой – возможность сравнения с существующими или возможными аналогами. И это совершенно естественно, поскольку и Общая теория систем и начала термодинамики основаны именно на анализе сравнительного ресурсопотребления структурных образований в процессе развития материи.

И еще одно явление неразрывно связано с эффективностью системного функционирования объектов. Это явление – сравнительный монополизм их существования в окружающей среде. К сожалению, в современной системной теории изучению феномена монополизации системных преимуществ не уделяется пока должного внимания. Вместе с тем, именно монополизм является тем критерием, который позволяет определить наличие системной уникальности по внешним признакам функционирования объекта.

Что и не удивительно, поскольку монопольное положение объекта в окружающей (однородной) среде является следствием качественного роста эффективности и сопутствующей ему сравнительной уникальности объекта. Отсюда вывод: основной признак системности любого вида – сравнительный монополизм системы в окружающей среде и связанное с ним безальтернативное потребление ресурсов внешней среды.

*Монополизм* системы может проявлять по трем (вместе или в отдельности) основным параметрам: организация, ресурсы или информация.



Это три основных вида системного монополизма. Однако в итоге монополия все равно сведется к ресурсам. Главное здесь – даже не свойства самой системы, а характер ее отношений с внешней средой и внутренняя организация в сравнении с характеристиками других однородных объектов.

Поэтому: нет монополизма – нет и системности. Как только система утрачивает свое монопольное положение в окружающей среде, она теряет свою уникальность и ассимилируется с соответствующей средой. Вид становится родом. Вне системности остается только функциональность. А это уже характеристика не отдельного объекта или их группы, а характеристика соответствующей среды (микросреды).

Системность проявляется лишь там, где спонтанно формируется новый вид, обладающий уникальными качественно отличными характеристиками. Поэтому понятие «система» столь неоднозначно при его практическом применении.

При более пристальном рассмотрении подавляющее большинство наблюдаемых нами в реальной действительности структур не обладают системной уникальностью и являются функциональными структурами. Теория, описывающая их поведение – функциональная теория. Анализ их поведения – функциональный анализ.

Определение функциональности можно сформулировать следующим образом:

функциональность – это способность объекта выполнять функции, обусловленные его внутренней структурой и условиями внешней среды.

Следовательно, говоря о функционировании обособленных объектов (структур) необходимо различать два вида явлений:

функциональность – подразумевающая наличие эндогенных свойств, детерминированных внутренними параметрами обособленных структур и не несущих в себе ничего сравнительно уникального;

системность – подразумевающая недетерминированные системой уникальные (экзогенные) характеристики, являющиеся результатом

спонтанной перестройки ее структуры в ответ на меняющиеся условия внешней среды.

Функциональность и системность – это явления одного рода, но различных видов. Поэтому любая системность функциональна, но далеко не всякая функциональность системна.

Вместе с тем, вопреки устоявшемуся мнению, технологические достижения (станки, автомобили, компьютеры и т.д.) в данной интерпретации не могут быть признаны системами. Это всего лишь автономные от внешней среды механизмы, не способные к саморазвитию и выполняющие инструментальную функцию. Они обладают многими признаками систем, кроме одного – их нельзя отнести к видам и формам самоорганизующейся материи.

Каждое наше осознанное действие преследует цель. В каждом действии легко увидеть его составные части или более мелкие действия. Данные составные части должны выполняться не в произвольном порядке, а в определенной последовательности. Это и есть та самая определенная, подчиненная поставленной цели взаимосвязанность составных частей, которая и является признаком системности.

Другое название для такого построения деятельности – *алгоритмичность*. Понятие "алгоритм" возникло в математике и означало заданную последовательность операций над математическими объектами, приводящую к искомому результату. Затем появилось осознание того, что любая деятельность алгоритмична. Со временем начали говорить об алгоритмах принятия управленческих решений, обучения, игры в шахматы, а в последние годы серьезно работают над алгоритмами изобретательства и музыкальной композиции. При этом несколько трансформируется понятие "алгоритм". Сохраняя логическую принудительность последовательности действий, мы допускаем, что в алгоритме могут присутствовать и неформализуемые действия, важно лишь, чтобы они успешно выполнялись, хотя и неосознанно. Подавляющее большинство элементов творческой

деятельности, реализуемых человеком легко и просто, не задумываясь, на самом деле есть не что иное, как неосознанная алгоритмическая деятельность.

И в менее творческой управленческой работе существуют пока не поддающиеся алгоритмизации моменты. Поэтому содержащие их алгоритмы управления обозначают менее категоричным понятием «методики». Методики, как правило, существуют в форме рекомендательных текстов, в которых содержится общая идеология того, что необходимо сделать, но не всегда четко обозначены последовательность действий и их внутреннее содержание. Это означает, что методики в отличие от алгоритмов допускают больше творчества.

Из вышеизложенного следуют три вывода:

- любая деятельность алгоритмична;
- не всегда алгоритм реальной деятельности существует в явном виде;
- в случае неудовлетворенности результатом причину неудачи нужно искать в несовершенстве алгоритма.

Последний вывод предполагает исследование, развитие и совершенствование алгоритма, выявление его слабых мест и их устранение, а следовательно, повышение системности.

Покажем, что роль системных представлений в человеческой деятельности постоянно увеличивается, повышая ее системность. Правомочность такого утверждения проиллюстрируем на примере повышения производительности труда.

В своем развитии человечество преодолело три масштабных организационно-технических рубежа системности практической деятельности, определивших скачкообразный рост производительности труда (1 – простой ручной труд, 2 – механизация, 3 – автоматизация, 4 – кибернетизация) и в настоящее время идет следующий этап 5 – интеллектуализация труда (рис. 5). Каждый очередной организационно-технический этап системности человеческой деятельности не отрицает

предыдущий, а «поглощает» его, сохраняя все лучшее, и развивается дальше вместе с ним

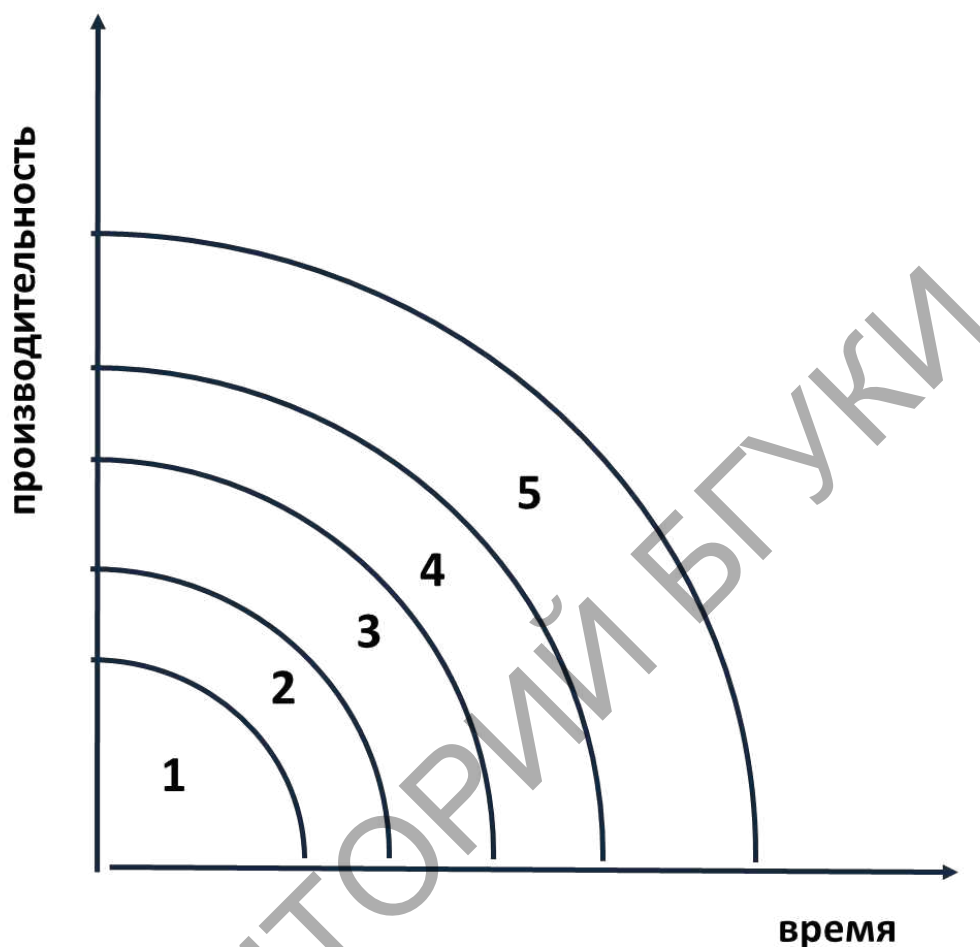


Рисунок 5 – Системность человеческой деятельности

Кратко перечислим ключевые характеристики каждого этапа.

*Механизация.* Это одно из главных направлений научно-технического прогресса, простейший и исторически первый способ повышения производительности труда. Человек вооружается механизмами – от примитивных орудий и приспособлений, приводимых в действие мускульной силой, до сложнейших машин со встроенными двигателями и существенно (в разы) увеличивает производительность труда. Было подсчитано: если бы механизация строительных работ оставалась на уровне времен строительства Днепрогэса, то для сооружения только электростанций уже в 1980-х гг. потребовалось бы все трудоспособное население страны).

Однако механизация имеет естественный предел: работой механизмов управляет человек, а его возможности ограничены физиологически. Нельзя механизировать очень быстрые процессы, например работу химической установки – ограничителем выступает скорость реакции человека. Нельзя выводить на пульт управления слишком много приборов-индикаторов и рычагов управления – у человека всего два глаза и две руки; нельзя ставить под контроль одного человека значительное число процессов – эффективно отследить и удержать в памяти он может не более семи дел. Таким образом, сам человек является узким местом механизации.

*Автоматизация.* Ключевая проблема механизации была решена путем исключения участия человека из конкретного производственного процесса и возложения на машины не только выполнения самой работы, но и операций по регулированию производственного процесса. Технические устройства, объединяющие эти две функции, назвали автоматами, а, следовательно, второй этап повышения системности общественного производства получил название автоматизации.

В повседневный быт вошли торговые и игровые автоматы; в промышленности появились автоматизированные рабочие места (АРМ), роботы, автоматизированные линии и целые автоматизированные заводы. Автоматизации подверглась не только физическая, но и мыслительная деятельность. В первую очередь это относится к технологическому и организационному управлению. Было подсчитано: если бы в органах управления всех хозяйствующих субъектов обрабатывали информацию по-старому, на счетах и арифмометрах, то уже 20 лет назад все трудоспособное население страны должно было бы работать в бухгалтериях. Автоматизация управления с помощью компьютерной техники решила эту проблему.

Однако у автоматизации, в свою очередь, существует естественный предел – в реальной жизни часто приходится сталкиваться с непредвиденными обстоятельствами и невозможностью полной

алгоритмизации, а, следовательно, и автоматизации многих практических действий.

Как известно, автоматизировать можно только те работы, которые детально изучены, подробно и полно описаны с указанием того, что и в каком порядке делать и как поступать в каждом случае. Сказанное в полной мере относится и к автоматам. Можно утверждать, что автомат реализует некоторый алгоритм, и если алгоритм в какой-то части неточен или случилась ситуация, не предусмотренная алгоритмом, то поведение автомата в таких случаях непредсказуемо.

Из всего вышеизложенного следует только один возможный вывод – системная теория описывает структуры с уникальными характеристиками, либо переходящие на новый уровень развития, либо только что перешедшие на него. Таким образом, системность – понятие не абсолютное, а относительное, т.е. не самодостаточное, а относящееся к предшествующей стадии развития однородных объектов. Характеризуется системность наличием структурных изменений, выражающихся в наличии качественно уникальных связей и определяющих эффективность сравнительной организации системы на фоне однородных объектов среды. Свойство системности присуще процессу познания. Системны знания, накопленные человечеством. В качестве особенности процесса познания отметим наличие аналитического и синтетического образов мышления. *Анализ* – это процесс, состоящий в разделении целого на части, в представлении сложного в виде совокупности более простых компонент, но чтобы познать целое, сложное, необходим и обратный процесс синтез. Это относится как к индивидуальному мышлению, так и к общечеловеческому знанию.

*Аналитичность человеческого знания* находится свое отражение в существовании различных наук, в продолжающейся их дифференциации, во все более глубоком изучении все более узких вопросов. Процесс синтеза проявляется в возникновении междисциплинарных наук, например физическая химия, биофизика, биохимия и т.п. Наиболее высокая форма

синтеза знаний реализуется в виде наук о самых общих свойствах природы (философия, математика, кибернетика, теория систем, теория организации и т.п.). В этих дисциплинах органическим образом соединяются технические, естественнонаучные и гуманитарные знания.

*Кибернетизация.* Наиболее остро проблемы использования автоматов встают при попытках автоматизировать процессы руководства человеческими коллективами, управления производственными и непроизводственными системами, проектирования, строительства и эксплуатации крупных технических комплексов, вмешательства в жизнедеятельность и функционирование живого организма, определения степени воздействия человека на природу и так далее. Это те случаи, когда приходится взаимодействовать со сложными системами. Повышение эффективности такого взаимодействия является объективной (и субъективной) необходимостью, и человечество вырабатывает способы решения возникающих при этом проблем. Совокупность подобных способов представляет собой содержание третьего этапа системности практической деятельности человека. Поскольку кибернетика первой взялась за научное решение проблем управления сложными системами, этот этап назвали кибернетизацией.

Кибернетика изучает системы с так называемой отрицательной обратной связью. В такого рода системах планируется (программируется) требуемый уровень развития системы, т. е. задается ее будущее желаемое состояние. Впоследствии, когда это состояние будет достигнуто, оно интерпретируется как результат целенаправленного воздействия на систему или управления с учетом влияния внешней среды (возмущений).

Для реализации базового принципа кибернетики находится закон изменения состояния системы во времени  $S(t)$ . Поскольку задача развития системы формулируется как обеспечение приближения ее действительного состояния к требуемому (плановому), то путем нахождения разности между требуемым и действительным состояниями определяется изменение

состояния системы  $AS(t) = S_{пл}(t) - S(t)$  и вырабатывается необходимое управляющее воздействие  $U(t+1)$ , призванное свести к минимуму рассогласование между требуемым и действительным состояниями системы и обеспечить тем самым желаемую траекторию ее развития.

В зависимости от входного сигнала в теории управления различают системы программного регулирования (рассматриваемый случай); системы стабилизации (когда  $S_{пл}(t) = 0$ ) и системы слежения (когда входной сигнал априорно неизвестен). Эта детализация никак не сказывается на реализации базового принципа кибернетики, но вносит специфику в архитектурное построение системы.

Рассмотренный случай предполагает предварительный расчет траектории системы в пространстве состояний. Траектория должна соответствовать двум требованиям:

- проходить через цель;
- быть оптимальной.

В формализованных динамических системах для отыскания подобной траектории привлекается аппарат вариационного исчисления или динамического программирования. В том случае, когда форма траектории (кривая развития) известна, задача сводится к поиску неизвестных параметров системы, а для ее решения привлекаются методы математического программирования. Для решения плохо формализуемых проблем остается уповать на эвристические решения, основанные на футурологических прогнозах, или на результаты имитационного моделирования.

*Интеллектуализация.* В тех случаях, когда формальная алгоритмизация невозможна, определение траектории системы и выработка управляющих воздействий на ее развитие опираются на интеллект. Для моделирования интеллектуальных возможностей человека хотя бы в той части, которая необходима для выполнения конкретных, пусть частных, интеллектуальных операций у науки два пути: «подглядеть» у природы алгоритмы



интеллектуальной деятельности (т. е. изучить естественный интеллект) либо «изобрести» алгоритм с интеллектуальными свойствами (т. е. обратиться к искусственному интеллекту). Как известно, на втором из указанных путей человечество достигло серьезных успехов.

Необходимо отметить, что понятие «*отрицательная обратная связь*», которым оперирует кибернетика, представляет собой лишь частный случай более общего системного принципа обратной связи. Системное мышление идет не линейно, по прямой, а развивается циклично, образуя петли и контуры в соответствии с вездесущим принципом обратной связи. Это означает, что система возвращает информацию о конечных промежуточных результатах на свой вход для того, чтобы оказать влияние на последующее развитие.

Наряду с отмеченной отрицательной обратной связью, которую в системном анализе называют *уравновешивающей*, последний принцип обратной связи включает еще *усиливающую* (положительную) обратную связь и *упреждающую* (предвосходящую) обратную связь. Когда выход системы, возвращаясь на ее вход, усиливает первоначальную тенденцию изменения значений исходных параметров в том же направлении, то мы имеем дело с усиливающей обратной связью. Если же изменение состояния системы служит сигналом для противодействия первоначальному изменению и последующему восстановлению утраченного равновесия, то имеет место уравновешивающая обратная связь. А когда предвидение будущего влияет на настоящее таким образом, что оборачивается самосбывающимся пророчеством, — налицо упреждающая обратная связь.

*Теоретической основой автоматизации производства* является кибернетика – наука об управлении, связях и переработки информации с помощью технических систем. основными теоретическими разделами технической кибернетики: теория информации, теория управления» теория автоматов, теория распознавания образов, теория массового обслуживания.

теория формальных языков. Все эти разделы технической кибернетики используются при анализе и синтезе автоматизированных систем.

Автоматические и автоматизированные системы на базе новейших ЭВМ поднимают оперативное и планово-организационное управление на уровень, соответствующий современной технике и технологии производства.

Различают автоматические и автоматизированные системы управления. В системах автоматического управления (САУ), состоящих из объекта управления и управляющего устройства (управляющей части), человек непосредственного участия в процессе управления не принимает. В отличие от САУ в автоматизированных системах управления (АСУ) предполагается обязательное участие людей в процессах управления. Принципиальное отличие АСУ от традиционной системы управления состоит в том, что в АСУ часть управленческих работ, а именно сбор, анализ и преобразование информации, выполняется с помощью вычислительной техники.

Системы автоматического управления АУ работают без участия человека. Они применяются для управления отдельными машинами, агрегатами, технологическими процессами. Автоматизированные системы управления АСУ предполагают наличие человека в процессе управления и применяются, прежде всего, для организационного управления, объектом которого являются коллективы, предприятия. Автоматизированные системы управления технологическими процессами называют АСУТП.

В автоматических и автоматизированных системах – время с момента подачи сигнала на вход системы до момента, когда она отреагирует на данный сигнал.

Управляющие машины используются в автоматических и автоматизированных системах управления и обеспечивают оптимальное протекание технологического процесса.

Теоретической основой управления и разработки автоматических и автоматизированных систем является кибернетика – наука о наиболее общих

законах получения и целенаправленной переработки информации в управляемых системах.

Возникает необходимость в применении для автоматических и автоматизированных систем управления различного назначения ЭВМ с соответственно различными характеристиками.

Кроме формальных и неформальных, различают также ручные, автоматические и автоматизированные системы управления. Если задача управления – выработка и исполнение управленческих решений – выполняется человеком, то говорят о ручном управлении. В автоматических системах процессы управления реализуются без непосредственного участия человека – работу выполняют компьютеры и автоматы.

*Компоненты АИС* принадлежат к различным предметным областям; поэтому теория АИС включают в себя положения из различных дисциплин. При анализе и проектировании дискретных электронных схем для вычислительной техники и средств связи используется математический аппарат теории множеств, двоичной логики и теории кодирования. При разработке цифровых систем связи применяются методы математической статистики. В разработках программного обеспечения и языков программирования используются методы автоматного лингвистических моделей, аналитическая теория алгоритмов, модели исчисления предикатов, графовые модели и оптимизационные методы. При разработке БД и информационных языков поиска в информационных БД обращаются к методам реляционной алгебры, моделям исчисления предикатов и математической лингвистики, а также графовым моделям. При анализе эффективности, работоспособности и надежности АИС и их компонент необходимы методы теории массового обслуживания и математическая статистика. Основой информационно-поисковых АИС являются документ – материальный объект с информацией, закрепленной созданным человеком способом для ее передачи во времени и пространстве, и классификатор – официальный документ, представляющий собой систематизированный свод

наименований и кодов кодификационных группировок и (или) объектов классификации.

Ядром (основой) любой АИС является информационная база (ИБ). ИБ представляет собой статичную информационную модель предметной области АИС, т.е. содержит систематизированное описание совокупности объектов, свойств объектов и связей между объектами в предметной области. Совокупность функций, выполняемых объектами, моделируется программным обеспечением АИС. Таким образом, АИС представляет собой динамическую модель конкретной предметной области. В качестве примеров предметных областей АИС различного назначения можно назвать следующие:

- библиотека – для библиотечной АИС;
- цех или завод – для АИС управления предприятием;
- система целей – для АИС управления огнем средств ПВО;
- банк – для финансовой АИС;
- учебный курс или дисциплина – для автоматизированной системы обучения.

Разработка любой АИС начинается с системного анализа предметной области, в результате которого создается концептуальная схема предметной области

*Кибернетическая система* – множество взаимосвязанных объектов (элементы, системы). Эти объекты способны воспринимать, перерабатывать и запоминать информацию, а так же могут еще и обмениваться этой информацией между собой. В основном техническим средством кибернетической системы является ЭВМ. Обязательным условием вхождения в эту систему является *оператор*.  
*Человек + ЭВМ = кибернетическая система.*

Все кибернетические системы *сложные* могут быть расчленены на отдельные подсистемы, кроме того, они должны удовлетворять условиям:

1) необходимость привлечения для описания системы не менее двух математических языков;

2) невозможность корректного математического описания системы в следствие наличия в ней большого количества связей или процессов, не известных по физической природе. Эти процессы протекают в различных подсистемах. Например: процессы управления переработки информации, протекающие между человеком и машиной.

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.

## Лекция 8

### *Тема 8. Модели и моделирование систем*

#### *Основные вопросы*

1. Понятие модели. Абстрактная модель системы произвольной природы.
2. Входные и выходные параметры модели системы.
3. Моделирование. Способы моделирования: теоретический и эмпирический. Материальные и идеальные модели.
4. Предметно-физическое и предметно-математическое, абстрактно-математическое, знаковое моделирование.
5. Понятие «черный ящик».
6. Классификация моделей.
7. Процесс моделирования.

*Модель* является представлением реального объекта, системы или понятия в некоторой форме, отличной от формы их реального существования. Модель (образовано от латинского слова: *modus* — мера, способ, образец).

Модель – это форма отображения определённого фрагмента действительности (предмета, явления, процесса, ситуации) – оригинала модели, которое содержит существенные свойства моделируемого объекта и может быть представлено в абстрактной (мысленной или знаковой) или материальной (предметной) форме. Модель обычно представляет собой либо материальную копию оригинала, либо некоторый условный образ, сконструированный для хранения и расширения знания (информации) об оригинале, конструирования оригинала, его преобразования или управления им. Таким образом, в общем случае под моделью обычно понимают некоторый объект, который каким-либо образом используется, чтобы представить что-то другое. Процедуры создания моделей широко используются как в научно-теоретических, так и в прикладных сферах человеческой деятельности.

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 6, которая является, по сути, иллюстрацией к введенным понятиям.

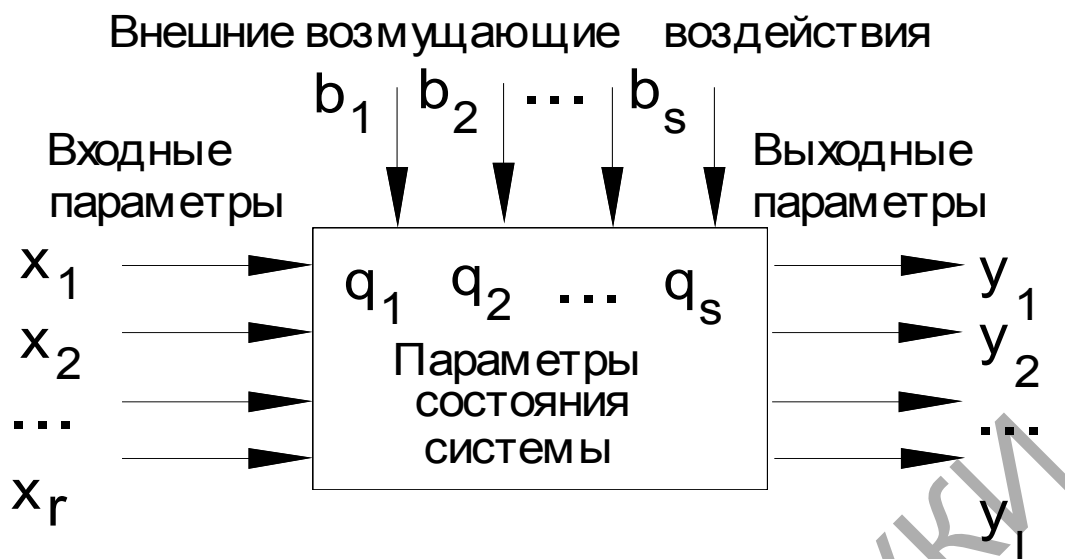


Рисунок 6 – Абстрактная модель системы произвольной природы

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.

В научном познании возможны два способа моделирования:



*Эмпирический способ моделирования* – подразумевает воссоздание эмпирически выявленных свойств и связей объекта в его модели.

*Теоретический способ моделирования* – подразумевает теоретическое воссоздание объекта в его модели.

Модели, применяемые в научном познании, разделяются на два больших класса:

*Материальные модели* представляют собой природные объекты, подчиняющиеся в своём функционировании естественным законам. Подразделяются на два основных вида: предметно-физические и предметно-математические модели.

*Идеальные модели* представляют собой идеальные образования, зафиксированные в соответствующей знаковой форме и функционирующие по законам логики мышления, отражающей мир. Подразделяются на два основных вида: идеализированные модельные представления и знаковые модели.

Соответственно указанным различиям выделяют основные разновидности моделирования. Каждое из них применяется в зависимости от особенностей изучаемого объекта и характера познавательных задач.

Предметно-физическое моделирование широко используется как в научной практике, так и в сфере материального производства. Такое моделирование всегда предполагает, что модель должна быть сходна с оригиналом по физической природе и отличаться от него лишь численными значениями ряда параметров. Наряду с этим в практике научного исследования часто используется и такой вид моделирования, при котором модель строится из объектов иной физической природы, чем оригинал, но описывается одинаковой с ним системой математических зависимостей. В отличие от предметно-физического этот вид моделирования называют предметно-математическим. Предметная модель становится здесь объектом испытания и изучения, в результате которого создаётся её математическое

описание. Последнее затем переносится на моделируемый объект, характеризуя его структуру и функционирование.

*Предметно-физическое моделирование* широко используется как в научной практике, так и в сфере материального производства. Такое моделирование всегда предполагает, что модель должна быть сходна с оригиналом по физической природе и отличаться от него лишь численными значениями ряда параметров. Наряду с этим в практике научного исследования часто используется и такой вид моделирования, при котором модель строится из объектов иной физической природы, чем оригинал, но описывается одинаковой с ним системой математических зависимостей. В отличие от предметно-физического этот вид моделирования называют *предметно-математическим*. Предметная модель становится здесь объектом испытания и изучения, в результате которого создаётся её математическое описание. Последнее затем переносится на моделируемый объект, характеризуя его структуру и функционирование.

В развитой науке, особенно при переходе к теоретическим исследованиям, широко используется *моделирование с применением идеальных моделей*. Этот способ получения знаний об объектах может быть охарактеризован как моделирование посредством идеализированных представлений. Он является ведущим инструментом теоретического исследования. Активно используя модельные представления, научное исследование вместе с тем применяет и так называемое *знаковое моделирование*, которое основано на построении и испытании математических моделей некоторого класса явлений, без использования при этом вспомогательного физического объекта, который подвергается испытанию. Последнее отличает знаковую модель от предметно-математической. Такой вид моделирования иногда называют также *абстрактно-математическим*. Он требует построения знаковой модели, представляющей некоторый объект, где отношения и свойства объекта представлены в виде знаков и их связей. Эта модель затем исследуется чисто

логическими средствами, и новое знание возникает в результате дедуктивного развёртывания модели без обращения к предметной области, на основании которой выросла данная знаковая модель. *В абстрактно-математическом моделировании модель – это конструкция, изоморфная моделируемой системе.* При таком моделировании каждому объекту системы ставится в соответствие определённый элемент моделирующей конструкции, а свойствам и отношениям объектов соответствуют свойства и отношения элементов.

Другая разновидность моделирования с применением идеальных моделей основана на понятии «чёрный ящик». Этим термином принято называть объект, внутренняя структура которого недоступна для наблюдения и о котором можно судить только по его внешнему поведению, в частности по тому, как он преобразует входящие на вход сигналы. Если некоторая система слишком сложна, то нет смысла искать её математическое описание. Проще попытаться построить вместо неё другую систему, которая при заданных условиях будет вести себя точно так же. Такое моделирование часто используется при исследовании отдельных систем живых организмов с помощью компьютерной симуляции. Описать работу живого организма уравнениями крайне тяжело или вообще невозможно. Но возможно построить компьютерную схему, которая при подаче на вход определённого стимула давала бы на выходе реакцию, тождественную или близкую к реакции моделируемой системы. Если спектр совпадающих входных и выходных процессов достаточно широк, то можно ожидать, что построенная схема точно воспроизводит исследуемый объект.

#### *Классификация моделей.*

Существует много классификаций моделей, характеризующих свойства моделей, особенности их применения, происхождение. Понимание классификаций моделей является одним из условий их грамотного применения. При этом оказывается полезным ответить на следующие вопросы.

Какого вида (типа) модель более всего подходит для решения поставленной задачи?

К какому классу относится разрабатываемая модель и в чём особенности её использования?

1. В зависимости от особенностей возникновения модели могут быть разделены на три группы:

а) *феноменологические*, возникающие в результате наблюдения объекта, явления, его осмысливания;

б) *асимптотические* – их появление результат дедукции. Новая модель появляется как частный случай более общей модели. Переход от феноменологических моделей к асимптотическим характеризует определённую зрелость науки;

в) *модели ансамблей* – возникли в результате процесса индукции. Новая модель является обобщением или синтезом отдельных моделей. В моделях ансамблей свойства отдельных объектов исследуются с учётом взаимодействия объектов. Модели ансамблей не могут быть получены путем механического объединения моделей отдельных объектов в модель системы.

При объединении объектов в систему внутренние свойства объектов могут изменяться, что особенно заметно при изучении социально-экономических систем.

2. В зависимости от способа описания свойств моделируемого объекта различают модели *вербальные, изобразительные, аналоговые, символические*.

Вербальные – это словесные, описательные модели. В изобразительных моделях изучаемые свойства (отношения) объекта представлены этими же свойствами (отношениями), но, как правило, в другом масштабе. Например, модель самолёта для продувки в аэродинамической трубе, модель солнечной системы в планетарии, модель гидроузла в конструкторской организации. В аналоговых моделях свойства объекта отображаются набором специфических свойств модели. Так, при аналоговом моделировании полёта

самолёта параметры (координаты, скорость) самолёта отображаются в модели значениями напряжения, силы тока.

Другой пример: множество точек земной поверхности с одинаковой высотой над уровнем моря отображаются на карте соответствующей линией – горизонталью.

В символических (знаковых) моделях представление величин и отношений между ними осуществляется с помощью букв, чисел и других знаков. Основное преимущество этих моделей – «вариантность». Одним знаковым описанием кодируются физически различные системы. Большое число конкретных значений параметров системы и соответственно число вариантов её поведения могут быть изучены на одной и той же модели. При исследовании объекта могут быть использованы все четыре типа моделей. Вербальные и изобразительные модели при этом могут рассматриваться в качестве инструмента первого приближения решения задачи. Возможны комбинации различных типов моделей. Так, в тренажёры включают и аналоговые, и знаковые блоки.

3. В зависимости от способа отображения объекта различают модели *аналитические* и *имитационные*. В аналитических моделях используются полученные из различных соображений зависимости между выходными и входными переменными модели, в том числе, при необходимости, зависимости для вычисления критериальной функции. При этом для заданных входных возмущений обеспечивается вычисление исходов модели без имитации реальных процессов, протекающих в объекте. Для аналитических моделей наиболее характерны вербальные и знаковые способы описания. Имитационная модель имитирует исследуемый объект, течение реального процесса. Для имитационных моделей используются все способы описания. Термин «реальный процесс» здесь и далее используется в смысле процесс «существующий» или «способный принять форму существования». Это равным образом относится к аналитическим и имитационным моделям. Выбор между аналитической и имитационной

моделями определяется задачами исследования, уровнем знаний об объекте и квалификацией исследователя.

4. По отношению к управлению модели разделяются на *описательные* (не содержащие управление) и *конструктивные*. В конструктивных моделях, содержащих управление, может ставиться задача достижения одного из трёх видов оптимумов: равномерного, статистического, минимаксного. 5. В зависимости от цели исследования можно выделить модели функциональные, созданные для изучения преобразования системой входных сигналов, и структурные, предназначенные для изучения внутренней структуры системы.

6. По отношению к предметной области (ПО) модели делятся на *независимые* от ПО, *настраиваемые* на ПО, *ориентированные* на ПО. Модели, предназначенные для изучения внутренней структуры объекта, необходимо перед их применением наполнить конкретной информацией. Модель без наполнения конкретной информацией называется общей, абстрактной. При этом возможны различные уровни абстракции. Модели с высоким уровнем абстракции изучаются самостоятельно. Полученные при этом результаты имеют общую значимость для всех случаев их наполнения конкретной информацией. Модель, наполненная информацией из конкретной предметной области, называется конкретной. Задача наполнения общей модели информацией при существенном объеме последней привела к разработке баз и банков данных. Базы обеспечивают хранение данных, в банках, кроме хранения информации, указания способа и форм её вызова, предусматривается совокупность обслуживающих операций, в том числе набор алгоритмов обработки информации.

*В зависимости от характеристик объекта, вида входной информации и цели исследования* разрабатываются следующие виды моделей:

7) *детерминистические, стохастические, модели с неопределенностями;*

8) *непрерывные, дискретные и дискретно-непрерывные;*

9) статические и *динамические*;

10) *линейные и нелинейные*.

В последней классификации используются отдельные свойства модели. В реальной модели будет иметь место «набор» свойств. Так, например, некоторая модель является дискретной, стохастической, линейной, динамической. Существуют и другие, кроме рассмотренных выше, классификации моделей.

Процесс моделирования состоит из:

- формализации (проектирование и настройка модели, систем моделей и моделей систем),
- собственно моделирования (постановка различных задач и решение их на модели),
- интерпретации результатов моделирования, комплексирования с уже имеющимися реальными системами.

## **Лекция 9**

### ***Тема 9. Оценка сложных систем. Основные типы шкал измерения***

#### *Основные вопросы*

1. Этапы оценивания сложных систем.
2. Понятие шкалы. Шкалирование.
3. Виды шкал.
4. Обработка характеристик, измеренных в разных шкалах.
5. Методы оценивания систем разделяются на качественные и количественные.

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

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

В общем случае оценка эффективности сложных систем может проводиться для разных целей.

Во-первых, для оптимизации – выбора наилучшего алгоритма из нескольких, реализующих один закон функционирования системы.

Во-вторых, для идентификации – определения системы, качество которой наиболее соответствует реальному объекту в заданных условиях.

В-третьих, для принятия решений по управлению системой.

Выделяют четыре этапа оценивания сложных систем:

*Этап 1. Определение цели оценивания.* В системном анализе выделяют два типа целей. Качественной называют цель, достижение которой выражается в номинальной шкале или в шкале порядка. Количественной называют цель, достижение которой выражается в количественных шкалах.

*Этап 2. Измерение свойств системы,* признанных существенными для целей оценивания. Для этого выбираются соответствующие шкалы для измерения свойств и всем исследуемым свойствам систем присваивается определенное значение на этих шкалах.

*Этап 3. Обоснование предпочтений критериев качества и критериев эффективности* функционирования систем на основе измеренных на выбранных шкалах свойств.

*Этап 4. Собственно оценивание.* Все исследуемые системы, рассматриваемые как альтернативы, сравниваются по сформулированным критериям и в зависимости от целей оценивания ранжируются, выбираются, оптимизируются.

В основе оценки лежит процесс сопоставления значений качественных и количественных характеристик исследуемой системы значениям соответствующих шкал. Исследование характеристик привело к выводу о том, что все возможные шкалы принадлежат к одному из нескольких типов, определяемых перечнем допустимых операций на этих шкалах.

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



*Шкалирование* – это операция упорядочивания исходных эмпирических данных путем перевода их в шкальные оценки. Шкала дает возможность упорядочить наблюдаемые явления, при этом каждое из них получает количественную оценку (квантифицируется). Шкалирование помогает определить низшую и высшую ступени исследуемого явления.

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

В современной теории измерений определено:

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

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

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

*Виды шкал* определяется по  $\Phi = \{\varphi_1, \dots, \varphi_m\}$ , множеству допустимых преобразований  $x_i \rightarrow y_i$ .

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

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

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

*Отличительная черта:* отсутствие математических свойств.

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

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

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

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

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

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

*Порядковый тип шкал* допускает не только различие объектов, как номинальный тип, но и используется для упорядочения объектов по измеряемым свойствам. Измерение в шкале порядка может применяться, например, в следующих ситуациях:

- необходимо упорядочить объекты во времени или пространстве. Это ситуация, когда интересуются не сравнением степени выраженности какого-либо их качества, а лишь взаимным пространственным или временным расположением этих объектов;

- нужно упорядочить объекты в соответствии с каким-либо качеством, но при этом не требуется производить его точное измерение;

- какое-либо качество в принципе измеримо, но в настоящий момент не может быть измерено по причинам практического или теоретического характера.

Примером шкалы порядка может служить шкала твердости минералов, предложенная в 1811 г. немецким ученым Ф. Моосом и до сих пор распространенная в полевой геологической работе. Другими примерами шкал порядка могут служить шкалы силы ветра, силы землетрясения, сортности товаров в торговле, различные социологические шкалы и т.п.

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

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

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

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

$$\frac{x_3 - \varphi(x_3)}{x_4 - \varphi(x_4)}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$f(a,b) \leq f(a,c) + f(c,b)$ . Аксиомы аддитивности: если  $a = p$  и  $b > 0$ , то  $a + b > p$ ,  $a + b = b + a$ ; если  $a = p$  и  $b = g$ , то  $a + b = p + g$ ;  $(a + b) + c = a + (b + c)$ .

*Примерами* измерений в шкалах отношений являются измерения массы и длины объектов. При установлении массы используется большое разнообразие численных оценок. Производя измерение в килограммах получается одно численное значение, при измерении в фунтах – другое. Но в какой бы системе единиц ни производилось измерение массы, отношение масс любых объектов одинаково и при переходе от одной числовой системы к другой, эквивалентной, не меняется.

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

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

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

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

Абсолютные шкалы применяются, например, для измерения количества объектов, предметов, событий, решений и т.п. В качестве шкальных значений при измерении количества объектов используются натуральные числа, когда объекты представлены целыми единицами, и

действительные числа, если кроме целых единиц присутствуют и части объектов.

Абсолютные шкалы являются частным случаем всех ранее рассмотренных типов шкал, поэтому сохраняют любые соотношения между числами оценками измеряемых свойств объектов: различие, порядок, отношение интервалов, отношение и разность значений и т.д.

*Обработка характеристик, измеренных в разных шкалах.*

Особенностью измерения и оценивания качества сложных систем является то, что для одной системы по разным частным показателям качества могут применяться любые из типов шкал от самых слабых до самых сильных. При этом для получения надежного значения показателя может проводиться несколько измерений. Кроме того, обобщенный показатель системы может представлять собой некую осредненную величину однородных частных показателей.

При измерении и оценке физических величин обычно трудностей не возникает, так как перечисленные величины измеряются в абсолютной шкале. Измерение, например, ряда антропометрических характеристик осуществляется в шкале отношений. Более сложной является оценка в качественных шкалах. Однако отдельные показатели в процессе системного анализа уточняются, и, как следствие, появляется возможность от измерения и оценки в качественных шкалах перейти к оценке в количественных шкалах.

В любом случае при работе с величинами, измеренными в разных шкалах, необходимо соблюдать определенные правила, которые не всегда очевидны. Иначе неизбежны грубые просчеты и промахи при оценке систем.

Проводить осреднение допускается только для однородных характеристик, измеренных в одной шкале. Это означает, например, что не имеет физического смысла вычисление среднего значения скорости для мобильного абонентского пункта, если слагаемыми являются скорость передачи данных и скорость перемещения этого объекта. Иными словами, осредняются только такие значения  $u_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ , которые представляют

собой или оценки различных измерений одной и той же характеристики, или оценки нескольких различных однородных характеристик.

Среднеарифметическое применимо для величин, измеренных в шкалах интервалов, разностей, отношений и абсолютной, но недопустимо для шкалы порядка. Более устойчивой оценкой среднего является медиана (50-процентный квантиль), которая рекомендуется как основной показатель для шкал порядка, интервалов, разностей, отношений и абсолютной.

Математическое ожидание допустимо для шкал интервалов, разностей, отношений и абсолютных, но не столь устойчиво, как медиана. Применение математического ожидания для величин, измеренных в шкале порядка, является некорректным. Среднегеометрическое является единственно допустимым средним для степенных и логарифмических шкал, а также одним из допустимых для шкалы отношений. Для шкалы отношений допустимы также средневзвешенное арифметическое, среднегармоническое и среднеквадратичное.

Средневзвешенное арифметическое, часто применяемое как обобщенный линейный критерий, допустимо использовать тогда и только тогда, когда значения частных показателей можно представить мультипликативным метризованным отношением линейного порядка или, другими словами, когда они измерены в шкале отношений.

При *оценивании качества систем с управлением* признают целесообразным введение нескольких уровней качества, проранжированных в порядке возрастания сложности рассматриваемых свойств.

Первичным качеством любой системы является ее устойчивость. Для простых систем устойчивость объединяет такие свойства, как прочность, стойкость к внешним воздействиям, сбалансированность, стабильность, гомеостазис (способность системы возвращаться в равновесное состояние при выводе из него внешними воздействиями). Для сложных систем характерны различные формы структурной устойчивости, такие, как надежность, живучесть и т.д.

Более сложным, чем устойчивость, является помехоустойчивость, понимаемая как способность системы без искажений воспринимать и передавать информационные потоки. Помехоустойчивость объединяет ряд свойств, присущих в основном системам управления. К таким свойствам относятся надежность информационных систем и систем связи, их пропускная способность, возможность эффективного кодирования/декодирования информации, электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и т.д.

Следующим уровнем шкалы качества системы является управляемость – способность системы переходить за конечное (заданное) время в требуемое состояние под влиянием управляющих воздействий. Управляемость обеспечивается прежде всего наличием прямой и обратной связи, объединяет такие свойства системы, как гибкость управления, оперативность, точность, производительность, инерционность, связность, наблюдаемость объекта управления и др. На этом уровне качества для сложных систем управляемость включает способность принятия решений по формированию управляющих воздействий.

Следующим уровнем на шкале качеств является способность. Это качество системы, определяющее ее возможности по достижению требуемого результата на основе имеющихся ресурсов в заданный период времени. Данное качество характеризуется такими свойствами, как результативность (производительность, мощность и т.п.), ресурсоемкость и оперативность. Итак, способность – это потенциальная эффективность функционирования системы, способность получить требуемый результат при идеальном способе использования ресурсов и в отсутствие воздействий внешней среды.

Наиболее сложным качеством системы является самоорганизация. Самоорганизующаяся система способна изменять свою структуру, параметры, алгоритмы функционирования, поведение для повышения эффективности. Принципиально важными свойствами этого уровня являются



свобода выбора решений, адаптируемость, самообучаемость, способность к распознаванию ситуаций.

Введение уровней качества позволяет ограничить исследования одним из перечисленных уровней. Для простых систем часто ограничиваются исследованием устойчивости. Уровень качества выбирает исследователь в зависимости от сложности системы, целей исследования, наличия информации, условий применения системы.

*Методы оценивания систем разделяются на качественные и количественные.*

Качественные методы используются на начальных этапах моделирования, если реальная система не может быть выражена в количественных характеристиках, отсутствуют описания закономерностей систем в виде аналитических зависимостей. В результате такого моделирования разрабатывается концептуальная модель системы.

Простейшей формой задачи оценивания является обычная задача измерения, когда оценивание есть сравнение с эталоном, а решение задачи находится подсчетом числа эталонных единиц в измеряемом объекте. Например, пусть  $x$  – отрезок, длину которого надо измерить. В этом случае отрезку сопоставляется действительное число  $f(x)$  – его длина.

Более сложные задачи оценивания разделяются на задачи: парного сравнения, ранжирования, классификации, численной оценки.

Задача парного сравнения заключается в выявлении лучшего из двух имеющихся объектов. Задача ранжирования – в упорядочении объектов, образующих систему, по убыванию (возрастанию) значения некоторого признака. Задача классификации – в отнесении заданного элемента к одному из подмножеств. Задача численной оценки – в сопоставлении системе одного или нескольких чисел.

Перечисленные задачи могут быть решены непосредственно лицом, принимающим решение, или с помощью экспертов – специалистов в

исследуемой области. Во втором случае решение задачи оценивания называется экспертизой.

Качественные методы измерения и оценивания характеристик систем, используемые в системном анализе, достаточно многочисленны и разнообразны.

*К основным методам качественного оценивания систем относят методы:*

- мозговой атаки или коллективной генерации идей;
- сценариев;
- экспертных оценок;
- Дельфи;
- дерева целей;
- морфологические методы.

*Количественные методы* используются на последующих этапах моделирования для количественного анализа вариантов системы.

Наличие неоднородных связей между отдельными показателями сложных систем приводит к проблеме корректности критерия превосходства к необходимости идти на компромисс и выбирать для каждой характеристики не оптимальное значение, а меньшее, но такое, при котором и другие показатели тоже будут иметь приемлемые значения.

Для решения проблемы корректности критерия превосходства были разработаны методы количественной оценки систем:

- методы теории полезности;
- методы векторной оптимизации;
- методы ситуационного управления, инженерии знаний.

Методы теории полезности основаны на аксиоматическом использовании отношения предпочтения множества векторных оценок систем.

Методы векторной оптимизации базируются на эвристическом использовании понятия векторного критерия качества систем (многокритериальные задачи) и включают методы главного критерия, лексикографической оптимизации, последовательных уступок, скаляризации, человеко-машинные и другие методы. При решении задач векторной оптимизации векторный (многокомпонентный) критерий эффективности, выраженный через показатели исходов операции, заменяют скалярным на основе какой-либо функции свертки.

Методы ситуационного управления, инженерии знаний основаны на построении семиотических моделей оценки систем. В таких моделях система предпочтений ЛПР формализуется в виде набора логических правил, по которым может быть осуществлен выбор альтернатив. При этом понятие векторного критерия в явном виде не используется.

*Выводы:* Оценка сложных систем может проводиться для разных целей. Во-первых, для оптимизации – выбора наилучшего алгоритма из нескольких, реализующих один закон функционирования системы. Во-вторых, для идентификации – определения системы, качество которой наиболее соответствует реальному объекту в заданных условиях. В-третьих, для принятия решений по управлению системой. Под оценкой понимают результат, получаемый в ходе процесса, который определен как оценивание.

В основе оценки лежит процесс сопоставления значений качественных или количественных характеристик исследуемой системы значениям соответствующих шкал. Исследование характеристик привело к выводу о том, что все возможные шкалы принадлежат к одному из нескольких типов, определяемых перечнем допустимых операций на этих шкалах.

Особенностью измерения и оценивания качества сложных систем является то, что для одной системы по разным частным показателям качества могут применяться любые из типов шкал от самых слабых до самых сильных. При этом для получения надежного значения показателя может проводиться несколько измерений. Кроме того, обобщенный показатель

системы может представлять собой некую осредненную величину однородных частных показателей.

Методы оценивания систем разделяются на качественные и количественные.

Качественные методы используются на начальных этапах моделирования, если реальная система не может быть выражена в количественных характеристиках, отсутствуют описания закономерностей систем в виде аналитических зависимостей. В результате такого моделирования разрабатывается концептуальная модель системы.

Количественные методы используются на последующих этапах моделирования для количественного анализа вариантов системы.

## **Лекция 10**

### ***Тема 10. Методология системного анализа***

#### *Основные вопросы*

1. Понятие системного анализа.
2. Развитие системного анализа.
3. Задачи системного анализа.
4. Принципы системного анализа.
5. Системный подход к решению проблемной ситуации.
6. Основные методы системного анализа.
7. Декомпозиция системы.
8. Этапы и последовательность системного анализа.
9. Анализ системы.
10. Алгоритм решения задач системного исследования конкретной проблемы.

Методология системного анализа представляет собой довольно сложную и пеструю совокупность принципов, подходов, концепций и конкретных методов. Рассмотрим ее основные составляющие. Под

принципами понимаются основные, исходные положения, некоторые общие правила познавательной деятельности, которые указывают направление научного познания, но не дают указания на конкретную истину. Обоснование принципов – первоначальный этап построения методологической концепции.

К важнейшим принципам системного анализа следует отнести принципы элементаризма, всеобщей связи, развития, целостности, системности, оптимальности, иерархии, формализации, нормативности и целеполагания. Системный анализ представляется интегралом данных принципов.

Системный анализ применяется, главным образом, к исследованию искусственных систем (социальных, экономических, организационных, технических, человеко-машинных и тому подобных), причём в таких системах важная роль принадлежит деятельности человека. Наиболее широкое распространение системный анализ получил в теории и практике управления – при выработке, принятии и обосновании решений, связанных с проектированием, созданием и управлением сложными, многоуровневыми и многокомпонентными искусственными системами.

При разработке, конструировании и эксплуатации подобных систем, возникают проблемы, относящиеся и к свойствам их составных частей (элементов, подсистем и связей), и к закономерностям функционирования системного объекта в целом и обеспечения его жизненного цикла (общесистемные проблемы), а также широкий круг специфических задач управления, которые решаются при помощи методов системного анализа. В этом смысле системный анализ относят к области системной инженерии, которая изучает вопросы проектирования, создания и эксплуатации структурно сложных систем любого масштаба и назначения.

В системном анализе тесно переплетены элементы науки и практики, поэтому далеко не всегда обоснование решений с помощью системного анализа связано с использованием строгих формализованных методов и процедур, допускаются и суждения, основанные на личном опыте и

интуиции. Важной особенностью системного анализа является единство используемых в нём формализованных и неформализованных средств и методов исследования.

Предпосылки развития системного анализа сложились в первой половине XX века, будучи обусловлены переходом к новому типу научных и технических задач: в целом ряде областей науки (см. Наука) и техники (см. Техника) центральное место начинают занимать проблемы организации и функционирования сложных объектов: познание и практика начинает оперировать системами, границы и состав которых далеко не очевидны и требуют специального исследования в каждом отдельном случае. Во второй половине XX века аналогичные по типу задачи возникают и в социальной практике: техника всё более превращается в технику сложных систем, где многообразные технические и другие средства тесно связаны решением единой крупной задачи (например, сложные социально-технические и человеко-машинные системы); в социальном управлении вместо господствовавших прежде локальных, отраслевых задач и принципов ведущую роль играют крупные комплексные проблемы, требующие тесного связанных экономических, социальных и иных аспектов общественных отношений.

Изменение типа научных и практических задач сопровождается появлением общенаучных и специально-научных концепций, для которых характерно использование в той или иной форме основных идей системного подхода. На определённой стадии развития научного и практического знания системные теории начали оформляться в самостоятельные научные и методологические дисциплины, достижения которых затем стали целенаправленно использоваться при комплексном решении инженерно-технических и организационно-управленческих задач, что в итоге привело к появлению нового методологического подхода, получившего название «системный анализ». Наряду с этим, потребности практики почти одновременно со становлением теории систем и системного анализа привели

к возникновению родственных направлений, которые в последующем стали объединять термином «системные исследования» (например, кибернетика, исследование операций, теория принятия решений, экспертный анализ, имитационное моделирование, ситуационное управление, структурно-лингвистическое моделирование и другие).

Системный анализ как самостоятельное направление исследований начал оформляться в 1950-х годах, прежде всего в США, где его применение было связано с решением прикладных задач крупного бизнеса, таких как распределение производственных мощностей, определение будущих потребностей в новом оборудовании и в рабочей силе той или иной квалификации, прогнозирование спроса на различные виды продукции и так далее. Одновременно системный анализ все шире проникает и в сферу управленческой деятельности государственного аппарата, в частности при решении проблем, связанных с развитием и техническим оснащением вооружённых сил и с освоением космоса, а также связанных с ними крупных государственных проектов.

В период 1960–1970-х годов широкое распространение идей и методов системного анализа, а также успешное их применение на практике стало возможным только с внедрением и повсеместным использованием вычислительных машин. Именно применение вычислительных машин как инструмента решения сложных задач позволило перейти от построения теоретических моделей систем к широкому их практическому применению. Кроме того, интенсивное расширение сферы использования системного анализа тесно связано с распространением программно-целевого метода управления, при котором специально для решения той или иной важной проблемы составляется программа, формируется организация (учреждение или сеть учреждений) и выделяются необходимые материальные и человеческие ресурсы.

Впоследствии сложились различные школы системного анализа, занимающиеся приложением теории систем к исследованию разных сфер –

от стратегического планирования и управления предприятиями, до управления проектами технических комплексов и принятия решений по отдельным видам деятельности при возникновении различных проблемных ситуаций в процессе функционирования социально-экономических и технических объектов. В 1972 году в Лаксенбурге, близ Вены, Австрия, создан Международный институт прикладного системного анализа (International Institute for Applied Systems Analysis; IIASA), в работе которого приняли участие 12 стран (в том числе СССР и США). В настоящее время Институт ведёт работу по применению методов системного анализа преимущественно к решению глобальных проблем, требующих международного сотрудничества.

В СССР, начиная с 1960-х годов, активно развивалась советская школа системного анализа и теории систем. Предшественником советской школы системного анализа был А. А. Богданов, предложивший в начале XX века концепцию всеобщей организационной науки – тектологии, послужившей предтечей общей теории систем Л. фон Берталанфи. Основная идея теории Богданова заключается в том, что все существующие объекты и процессы имеют определённый уровень организованности, который тем выше, чем сильнее свойства целого отличаются от простой суммы свойств комплекующих элементов. Именно анализ свойств целого и его частей был впоследствии заложен в качестве основной характеристики понятия сложной системы. Наряду с этим, Богданов изучает не только статическое состояние структур, а занимается исследованием динамического поведения объектов, уделяет внимание вопросам развития организации, подчёркивает значение обратных связей, указывает на необходимость учёта собственных целей организации, отмечает роль открытых систем. При этом он уделяет особое внимание роли моделирования и математического анализа как потенциальных методов решения задач теории организации. Позднее идеи этой теории развивались в трудах И. И. Шмальгаузена, В. Н. Беклемишева и ряда других специалистов. Первые методики системного анализа в СССР



были разработаны Ю. И. Черняком, С. А. Валуевым, Е. П. Голубковым. Затем начался период разработки методик структуризации, основанных на философских концепциях. Для развития этого направления при Всесоюзном научно-техническом обществе радиотехники, электроники и связи в 1973 году был создан семинар «Системный анализ в проектировании и управлении» (Ф. Е. Темников, Ю. И. Черняк, В. Н. Волкова). В дальнейшем отдельные школы системного анализа продолжали системные исследования при высших учебных заведениях.

*Главной задачей системного анализа является разрешение проблемной ситуации, возникшей перед объектом проводимого системного исследования.* Системный анализ занимается изучением проблемной ситуации, выяснением её причин, выработкой вариантов её устранения, принятием решения и организацией дальнейшего функционирования системы, разрешающего проблемную ситуацию. Начальным этапом любого системного исследования является изучение объекта проводимого системного анализа с последующей его формализацией. На этом этапе возникают задачи, в корне отличающие методологию системных исследований от методологии других дисциплин, а именно, в системном анализе решается двуединая задача. С одной стороны, необходимо формализовать объект системного исследования, с другой стороны, формализации подлежит процесс исследования системы, процесс постановки и решения проблемы.

*Следующей важной задачей системного анализа является проблема принятия решения.* Применительно к задачам исследования, проектирования и управления сложными системами, включающими в себя большое количество элементов и подсистем, проблема принятия решения связана с выбором определённой альтернативы развития системы в условиях различного рода неопределённости. Неопределённость может быть обусловлена наличием множества факторов, не поддающихся точной оценке – воздействием на систему неизвестных факторов,

многокритериальностью задач оптимизации, недостаточной определённойостью целей развития систем, неоднозначностью сценариев развития системы, недостаточностью априорной информации о системе, воздействием случайных факторов в ходе динамического развития системы и прочими условиями. Ещё один распространённый вид неопределённости представляет собой неопределённость, связанную с последующим влиянием результатов принятого решения на проблемную ситуацию. Дело в том, что поведению сложных систем свойственна неоднозначность, то есть после принятия решения возможны различные варианты поведения системы. *Оценка этих вариантов, вероятности их возникновения является также одной из основных задач системного анализа.*

Повышение степени обоснованности принимаемого решения, расширение множества вариантов, среди которых производится обоснованный выбор требует разработки модели принятия решений, методов выбора решений и обоснования критериев, характеризующих качество принимаемых решений. На этапе выработки и принятия решений необходимо учитывать взаимодействие системы с её подсистемами, сочетать цели системы с целями подсистем, выделять глобальные и второстепенные цели.

*Другой важной задачей системного анализа является исследование процессов целеобразования, их изучение и разработка средств работы с целями* (формулирование, структуризация или декомпозиция целевых структур, программ и планов, а также связей между ними), и это зачастую оказывается более трудной задачей, чем последующий выбор лучшего решения. В этом смысле системный анализ иногда определяют как методологию исследования целенаправленных систем. Формулирование цели при решении задач системного анализа является одной из ключевых процедур, потому что цель является объектом, определяющим постановку задачи системных исследований.

Важное место в системном анализе занимают и задачи организации, в том числе проблемы управления в иерархических системах, выбор оптимальной структуры, оптимальных режимов функционирования, оптимальной организации взаимодействия между подсистемами и элементами и другие организационные задачи. Выявление и решение подобных проблем может быть успешно решено при совместной работе системных аналитиков и специалистов в соответствующей отрасли исследования.

В системном анализе используется современный математический аппарат и вычислительные системы, однако для описания сложных систем, в том числе прогнозирования их поведения, оказывается невозможным опираться только на строгие математические методы. Поэтому в системном анализе широко используются неформальные процедуры, при этом одной из центральных методологических проблем системного анализа, возникающей при изучении сложных систем, является объединение формальных и неформальных методов анализа и синтеза. Основным инструментом, обеспечивающим это объединение, являются имитационные модели, созданные при помощи методов компьютерного моделирования.

*Задачей системного анализа является конструирование имитационных систем любой сложности, однако следует отметить, что в системных исследованиях не преследуется цель создания некоей «супермодели», речь идёт о разработке частных моделей, каждая из которых решает свои специфические вопросы. Даже после того как подобные имитационные модели созданы и исследованы, вопрос о сведении различных аспектов поведения системы в некую единую схему остаётся открытым. Однако решить его можно и нужно не посредством построения «супермодели», а анализируя реакции на наблюдаемое поведение других взаимодействующих объектов, то есть путём исследования поведения объектов — аналогов и перенесения результатов этих исследований на объект системного анализа. Такое исследование даёт основание для содержательного понимания*

ситуаций взаимодействия и структуры взаимосвязей, определяющих место исследуемой системы в структуре суперсистемы, компонентом которой она является.

*Отдельную группу задач системного анализа составляют задачи исследования комплекса взаимодействий анализируемых объектов с внешней средой.* Решение подобных задач предполагает проведение границы между исследуемой системой и внешней средой, предопределяющей предельную глубину влияния рассматриваемых взаимодействий, которыми ограничивается рассмотрение, определение реальных ресурсов такого взаимодействия, рассмотрение взаимодействий исследуемой системы с системой более высокого уровня. Задачи этого типа связаны с конструированием альтернатив взаимодействия системы с внешней средой, альтернатив развития системы во времени и в пространстве.

Универсальных методик и способов проведения системного анализа не существует. Чаще всего подобного типа методики разрабатываются и применяются в тех случаях, когда у исследователя нет достаточных сведений о системе, которые позволили бы формализовать процесс её исследования, включающий постановку и решение возникшей проблемы. Общим для всех методик системного анализа является определение закономерностей функционирования системы, формирование вариантов структуры системы (нескольких альтернативных алгоритмов, реализующих заданный закон функционирования) и выбор наилучшего варианта, осуществляемого путём решения задач декомпозиции, анализа исследуемой системы и синтеза системы, и снимающего проблему практики.

Основу построения методики анализа и синтеза систем в конкретных условиях составляет *перечень принципов системного анализа*, которые представляют собой обобщение практики работы со сложными системами. Различные авторы излагают принципы с теми или иными отличиями, поскольку единых общепринятых формулировок в настоящее время нет.

Однако все формулировки в сущности описывают одни и те же понятия. Наиболее часто к системным причисляют следующие принципы:

1. *Принцип конечной цели.* Этот принцип подразумевает приоритет конечной (глобальной) цели, достижению которой должна быть в конечном счёте подчинена деятельность системы. Так, применительно к организации цель определяется как состояние организации, которое необходимо (желательно) достичь к определённому моменту времени, затратив на это определённые (ограниченные) ресурсы (материальные, человеческие и другие). Без ясного понимания цели любое решение может оказаться бессмысленным. Принцип конечной цели включает несколько правил:

- для проведения системного анализа необходимо в первую очередь сформулировать цель исследования; расплывчатые, не полностью определённые цели влекут за собой неверные выводы;

- системный анализ следует вести на основе первоочередного уяснения основной цели (функции, основного назначения) исследуемой системы, что позволит определить её 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 задаётся, как правило, системой, в которой исследуемая система является составной частью.

2. *Принцип измерения.* О качестве функционирования какой-либо системы можно судить только применительно к системе более высокого порядка. Это значит, что для определения эффективности функционирования системы следует представить её как часть более общей и проводить оценку внешних свойств исследуемой системы относительно целей и задач суперсистемы.

3. *Принцип эквивалентности.* 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.

4. *Принцип единства.* В соответствии с этим принципом систему следует рассматривать как целое, состоящее из отдельных, связанных между собой определёнными отношениями, частей (элементов).

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

6. *Принцип модульного построения.* В соответствии с этим принципом осуществляется выделение модулей в исследуемой системе и рассмотрение её в целом как совокупности модулей. Модулем здесь называется группа элементов системы, описываемая только своим входом и выходом. Разбиение системы на взаимодействующие модули (подсистемы) зависит от цели исследования и может иметь различную основу, в том числе материальную (вещественную), функциональную, алгоритмическую, информационную и другие. Разбитие системы на модули способствует более эффективной организации анализа и синтеза систем, так как оказывается возможным, абстрагируясь от второстепенных деталей, уяснить суть основных соотношений, существующих в системе и определяющих исход системы. Вместо термина модуль зачастую используются термины «блок», «подсистема» и тому подобные.

7. *Принцип иерархии.* В соответствии с этим принципом осуществляется введение иерархии частей рассматриваемой системы и их ранжирование, что упрощает разработку системы и устанавливает порядок

рассмотрения частей. Иерархия свойственна всем сложным системам. Иерархия в структурах организационных систем неоднозначно связана с характером управления в системе, степенью децентрализации управления. В линейных (древовидных) иерархических организационных структурах реализуется идея полной централизации управления. В то же время в сложных нелинейных иерархически построенных системах может быть реализована любая степень децентрализации.

8. *Принцип функциональности.* В соответствии с этим принципом структура и функции в исследуемой системе рассматриваются совместно и с приоритетом функции над структурой. Данный принцип утверждает, что любая структура тесно связана с функцией системы и её составных частей. В случае придания системе новых функций, как правило, пересматривается и её структура. Поскольку выполняемые функции составляют процессы, то целесообразно рассматривать отдельно процессы, функции, структуры. В свою очередь, процессы сводятся к анализу основных потоков в системе:

- материальные потоки;
- потоки энергии;
- потоки информации;
- смена состояний.

С этой точки зрения структура представляет собой множество ограничений на потоки в пространстве и во времени. В организационных системах структура создаётся после определения набора функций и реализуется в виде совокупности персонала, методов, алгоритмов, технических устройств различного назначения. При появлении новых задач и соответственно функций может оказаться необходимой корректировка структуры. После создания системы возможно уточнение структуры системы и отдельных функций в рамках существующих целей и задач, то есть возможно обратное влияние структуры на функции. Зачастую организация, её структура создаются до выяснения целей и задач системы. В результате

имеют место параллелизм в работе органов управления, систематические попытки улучшить работу организации путём изменения её структуры.

9. *Принцип развития.* Этот принцип подразумевает учёт изменяемости системы, её способности к развитию, адаптации, расширению, замене частей, накоплению информации. В основу синтезируемой системы требуется закладывать возможность развития, наращивания, усовершенствования. Обычно расширение функций предусматривается за счёт обеспечения возможности включения новых модулей, совместимых с уже имеющимися. С другой стороны, при анализе принцип развития ориентирует на необходимость учёта предыстории развития системы и тенденций, имеющихся в настоящее время, для раскрытия закономерностей её функционирования. Одним из способов учёта этого принципа разработчиками является рассмотрение системы относительно её жизненного цикла. Условными фазами жизненного цикла системы являются проектирование, изготовление, ввод в эксплуатацию, эксплуатация, наращивание возможностей (модернизация), вывод из эксплуатации (замена), прекращение функционирования или применения.

10. *Принцип централизации и децентрализации.* Этот принцип подразумевает сочетание в сложных системах централизованного и децентрализованного управления, которое, как правило, заключается в том, что степень централизации должна быть минимальной, обеспечивающей выполнение поставленной цели. Основным недостатком 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. Основным недостатком децентрализованного управления — сложность управления, связанная со значительными объёмами потоков информации, подлежащей переработке в старшей системе управления. Поэтому в сложной системе обычно присутствуют два уровня управления. В медленно



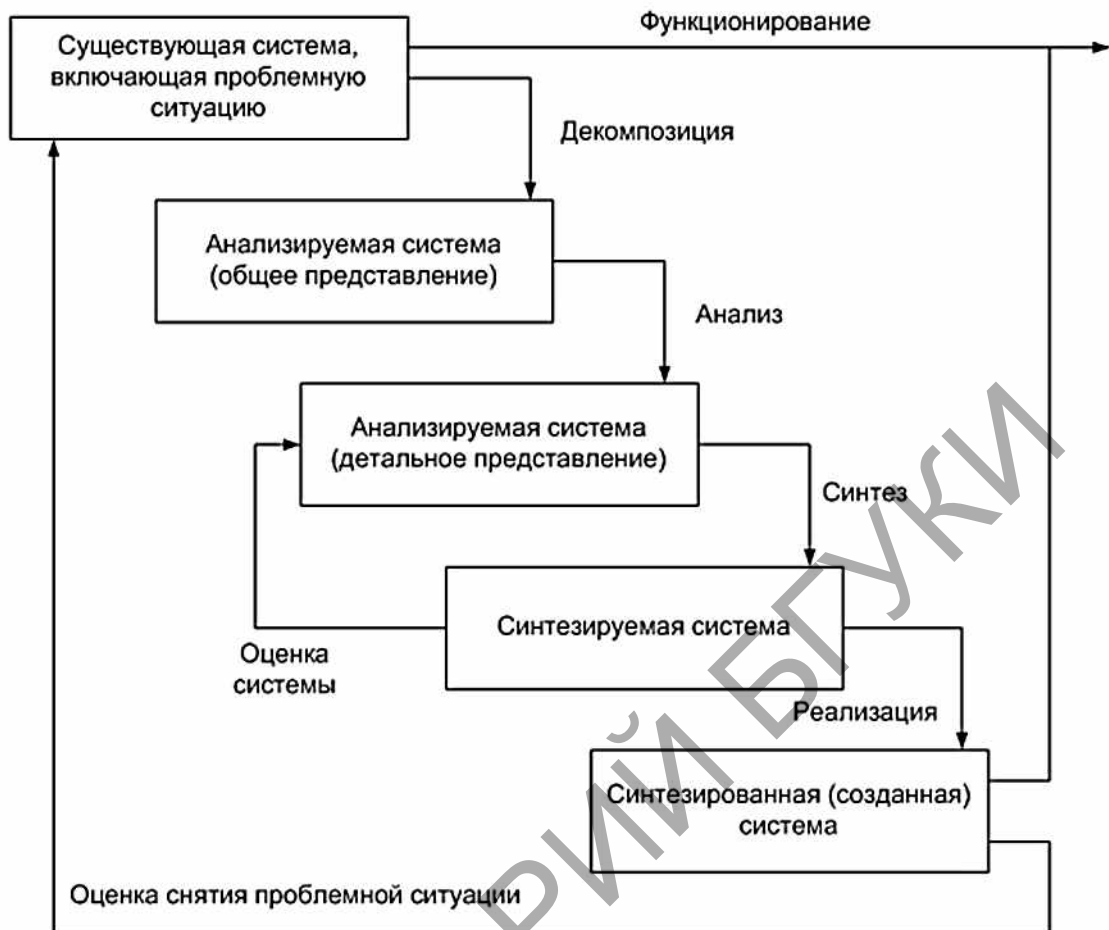
меняющейся обстановке децентрализованная часть системы успешно справляется с адаптацией поведения системы к среде и с достижением глобальной цели системы за счёт оперативного управления, а при резких изменениях среды осуществляется централизованное управление по переводу системы в новое состояние.

11. *Принцип неопределённости.* Этот принцип подразумевает учёт неопределённостей и случайностей в системе и является одним из основных принципов системного подхода. В соответствии с этим принципом считается, что можно иметь дело с системой, в которой структура, функционирование или внешние воздействия не полностью определены. Сложные открытые системы не подчиняются вероятностным законам. При анализе таких систем [в лучшем случае] могут быть получены вероятностные оценки прогнозируемых ситуаций, если эти оценки объективно существуют, и в этом случае рассмотрение проводится для них. Учёт неопределённостей возможен также с помощью метода гарантийного результата, с помощью статистических оценок (если условия для этого существуют), уточнения структур и расширения совокупности целей и ряда других. Подобные методы применяются, когда неопределённости и случайности не описываются аппаратом теории вероятностей. При наличии информации о вероятностных характеристиках случайностей (математическое ожидание, дисперсия и тому подобные) можно определять вероятностные характеристики выходов в системе. Во всех случаях неполноты знаний о предмете исследования, нечёткой или стохастической входной информации результаты исследований будут носить нечёткий или вероятностный характер, а принятые на основании этих исследований решения могут приводить к неоднозначным последствиям. В случае нечёткой (по своей природе) или неполной (при ограниченных возможностях исследователя) информации необходимо стремиться выявить и оценить все возможные, в том числе кажущиеся маловероятными последствия принимаемых решений, а также предусмотреть

обратные связи, которые обеспечат своевременное раскрытие и локализацию нежелательного развития событий.

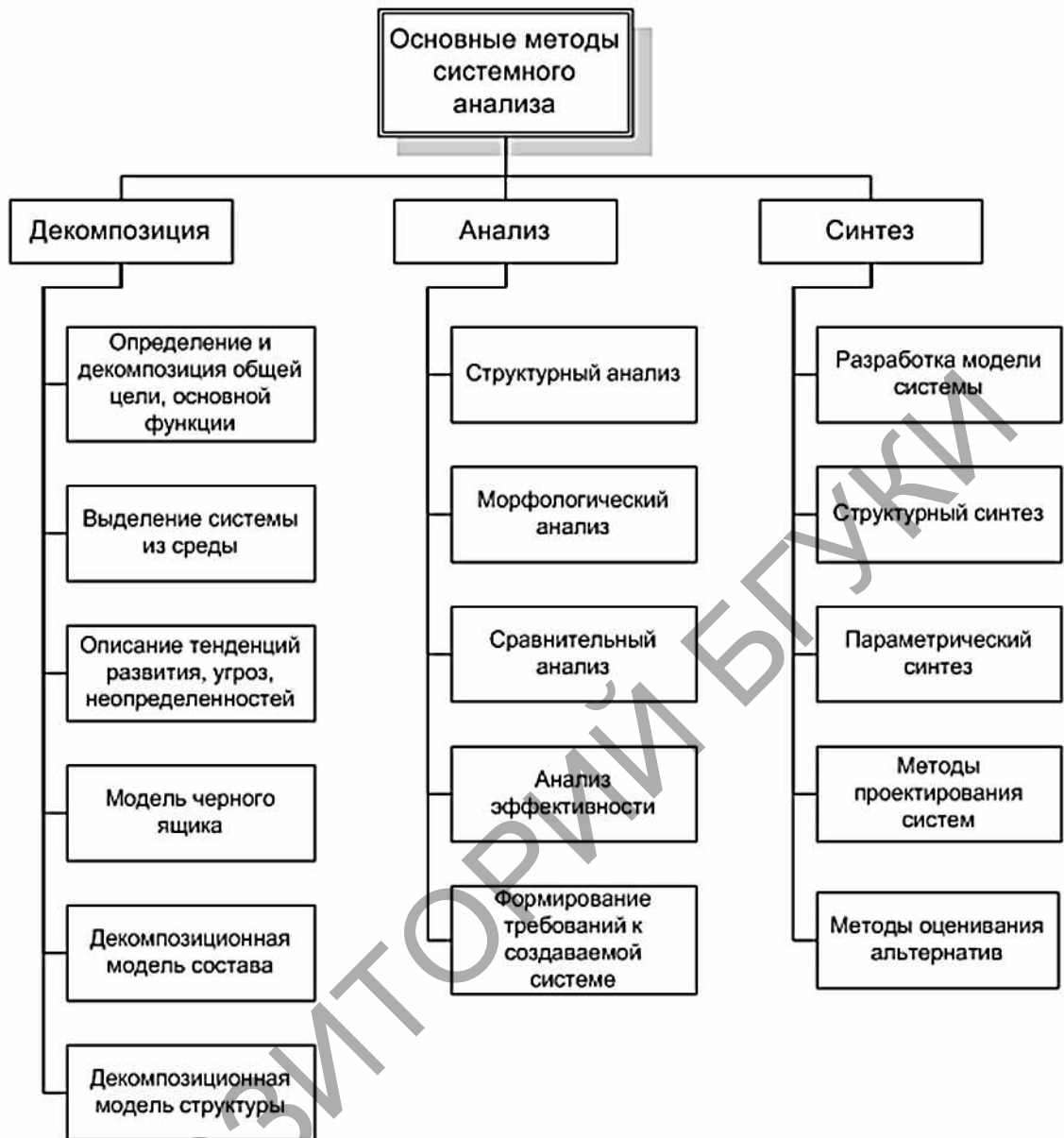
Все указанные принципы обладают очень высокой степенью общности. Для непосредственного применения исследователь наполняет их конкретным содержанием применительно к предмету исследования. В моделях систем они должны быть конкретизированы в зависимости от существа системы и решаемой задачи.

Методы системного анализа направлены на формулирование проблемы, выявление целей, выдвижение альтернативных вариантов решения проблем, выявление масштабов неопределённости по каждому из вариантов и сопоставление вариантов по тем или иным критериям эффективности, а также принятия решений и связанных организационных задач. В общем случае при рассмотрении существующей системы и процесса её функционирования выявляется проблемная ситуация как несоответствие существующего положения дел требуемому. Для разрешения проблемной ситуации проводится системное исследование при помощи методов декомпозиции, анализа и синтеза системы. Моделирование системы, то есть реализация системы в виде модели, позволяет провести оценку степени снятия проблемной ситуации. Общий подход к разрешению проблемных ситуаций, применяемый в рамках системного анализа, представлен на рисунке 7.



**Рисунок 7 – Системный подход к решению проблемной ситуации**

Основные методы системного анализа и соответствующие им процедуры в упрощённом виде представлены на рисунке 8.



**Рисунок 8 – Основные методы системного анализа**

Непосредственное применение тех или иных методов связано с предметом исследования и конкретным содержанием решаемой задачи.

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

1. определение и декомпозиция целей исследования и основной функции системы как ограничение траектории в пространстве состояний системы или в области допустимых ситуаций;

2. выделение системы из среды: определение ближнего и дальнего окружения системы, а также выявление и описание воздействующих факторов;

3. описание тенденций развития, ограничений и неопределённостей разного рода;

4. описание системы как «чёрного ящика»;

5. проведение компонентной (по виду элементов) и структурной (по видам отношений между элементами) декомпозиции системы.

Процесс декомпозиции довольно сложен и требует привлечения квалифицированных экспертов. Основной проблемой при этом является соблюдение двух противоречивых принципов:

1. принципа полноты – системная проблема должна быть рассмотрена максимально всесторонне и подробно;

2. принципа простоты – системное моделирование должно быть максимально компактным на всех уровнях.

Компромисс в указанном противоречии достигается с помощью четырёх основополагающих принципов:

1. принципа существенности – в системную модель включаются только компоненты, существенные по отношению к целям анализа;

2. принципа элементарности – доведение декомпозиции до простого, понятного, реализуемого результата;

3. принципа постепенной детализации модели;

4. принципа итеративности – возможность введения новых элементов в основания и продолжение декомпозиции по ним на разных ветвях дерева.

Глубина декомпозиции ограничивается. Так, декомпозиция должна прекращаться, если необходимо изменить уровень абстракции – представить элемент как подсистему. Если при декомпозиции выясняется, что модель начинает описывать внутренний алгоритм функционирования элемента вместо закона его функционирования в виде «чёрного ящика», то в этом случае произошло изменение уровня абстракции. Это означает выход за

пределы цели исследования системы и, следовательно, вызывает прекращение декомпозиции. В современных 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 даёт ключ к основам функционирования всей системы.

Согласно теории систем, большинство систем могут быть декомпоziрованы на базовые представления подсистем. К ним относят:

1. последовательное (каскадное) соединение элементов;
2. параллельное соединение элементов;
3. соединение элементов с помощью обратной связи.

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 (или одного варианта, если система отображена в виде иерархической структуры) декомпозиции системы.

Наиболее часто применяются следующие стратегии декомпозиции:

1. Функциональная 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.

2. Декомпозиция по жизненному циклу. Признак выделения подсистем – изменение закона функционирования подсистем на разных этапах цикла существования системы от создания до прекращения функционирования или применения. Так, в производственном жизненном цикле (в соответствии с ISO 9000) выделяют следующие его стадии:

- маркетинг;
- проектирование;
- подготовка и разработка;

- производство;
- контроль и испытания;
- упаковка и хранение;
- реализация и распределение;
- монтаж и эксплуатация;
- техническая помощь в обслуживании;
- утилизация.

В жизненном цикле управления организационно-экономической системы выделяют следующие его стадии:

- планирование;
- инициирование;
- координация;
- контроль;
- регулирование.

В жизненном цикле информационных систем его стадии соответствуют этапам обработки информации:

- регистрация;
- сбор;
- передача;
- обработка;
- отображение;
- хранение;
- защита;
- уничтожение.

Рекомендуется применять эту стратегию, когда целью системы является оптимизация процессов и когда можно с достаточной точностью определить последовательные стадии преобразования входов в выходы.

3. Декомпозиция по физическому процессу. Признак выделения подсистем – шаги выполнения алгоритма функционирования подсистемы, стадии смены состояний. Хотя эта стратегия полезна при описании

существующих процессов, результатом её часто может стать слишком последовательное описание системы, которое не будет в полной мере учитывать ограничения, диктуемые функциями друг другу. При этом может оказаться скрытой последовательность управления. Применять эту стратегию следует, только если целью модели является описание физического процесса как такового.

4. Декомпозиция по подсистемам, или структурная декомпозиция. Признак выделения подсистем – сильная связь между элементами по одному из типов отношений (связей), существующих в системе (информационных, логических, иерархических, энергетических и других). Силу связи, например, по информации можно оценить коэффициентом информационной взаимосвязи подсистем  $k = N/N_0$ , где  $N$  — количество взаимоиспользуемых информационных массивов в подсистемах,  $N_0$  — общее количество информационных массивов. 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 подсистемы быстро обесценит как отдельные модели, так и их объединение.

5. Декомпозиция по входам для организационных систем. Признак выделения подсистем – источник воздействия на систему, это может быть вышестоящая или нижестоящая система, а также существенная среда.

6. Декомпозиция по типам ресурсов, потребляемых системой. Формальный перечень типов ресурсов состоит из энергии, материи, времени и информации (для организационных систем в этот перечень добавляются кадры и финансы).

7. Декомпозиция по конечным продуктам системы. Основанием могут служить различные виды продукта, производимые системой.

8. Декомпозиция по деятельности. В системе выделяется субъект деятельности, объект, на который направлена деятельность, средства,



используемые в процессе деятельности, внешняя среда, а также все возможные связи между ними. Обычно декомпозиция по деятельности осуществляется по нескольким основаниям, порядок их выбора определяется предметом исследования и конкретным содержанием решаемой задачи.

*На этапе анализа системы, обеспечивающем формирование её детального представления, наиболее часто применяются следующие методы:*

1. Когнитивный анализ – акцентирует внимание на «знаниях» в конкретной предметной области, на процессах их представления, хранения, обработки, интерпретации и производстве новых знаний. Он применяется в тех случаях, когда объём и качество имеющейся о проблеме информации не позволяют использовать традиционные методы, а требуется извлечение знаний экспертов, изучение процессов понимания ими проблемы и дополнительная структуризация данных. История развития когнитивного анализа применительно к принятию решений и управлению ситуациями тесно связана с исследованиями процессов человеческого мышления и психологии.

2. Структурный анализ – позволяет рассмотреть существующую систему с тем, чтобы сформулировать требования к создаваемой системе. Он включает уточнение состава и закономерностей функционирования элементов, алгоритмов функционирования и взаимовлияний подсистем, разделение управляемых и неуправляемых характеристик, задание пространства состояний и параметрического пространства, в котором задано поведение системы, анализ целостности системы, формулирование требований к создаваемой системе.

3. Морфологический анализ – позволяет выбрать в анализируемой системе группу основных признаков. В качестве таких признаков могут быть взяты элементы структуры системы либо функции элементов. Для каждого признака предлагаются различные альтернативные варианты его реализации. Затем предложенные варианты комбинируют между собой. Из всего

множества получаемых комбинаций выбираются допустимые, а затем наиболее эффективные варианты по некоторым критериям качества.

4. Анализ эффективности – позволяет провести оценку системы по результативности, ресурсоёмкости, оперативности. Он включает выбор шкалы измерения, формирование показателей эффективности, обоснование и формирование критериев эффективности, непосредственно оценивание и анализ полученных оценок.

5. Формирование требований – позволяет сформировать требования к создаваемой системе, включая выбор критериев оценки и ограничений.

*На этапе синтеза системы осуществляются:*

1. Разработка модели требуемой системы. Этот этап включает выбор соответствующего исследованию математического аппарата, собственно моделирование системы, оценка модели по критериям адекватности, простоты, соответствия между точностью и сложностью, баланса погрешностей, многовариантности реализаций, модульности построения. Полученная модель исследуется с целью выяснения близости результата применения того или иного из вариантов её реализации к желаемому, сравнительных затрат ресурсов по каждому из вариантов, степени чувствительности модели к различным нежелательным внешним воздействиям.

2. Синтез альтернативных структур системы, разрешающий проблемную ситуацию. На этом этапе активно используются результаты структурного и морфологического анализа для генерации альтернатив.

3. Синтез параметров системы, снимающей проблему. Этот этап включает качественные и количественные характеристики функциональных элементов структуры и описание их функций, а также основные характеристики входящих и выходящих из системы потоков (материальных, энергии, времени и информации) и параметры их взаимодействия с внешней средой.

4. Оценивание альтернативных вариантов синтезированной системы. Этот этап проводится, как правило, с привлечением экспертов, и включает обоснование схемы оценивания вариантов реализации системной модели, проведение эксперимента по оценке, обработку результатов оценивания, анализ результатов, выбор наилучшего варианта.

В процессе исследования при проведении системного анализа используется комплекс процедур, которые направлены на формулирование проблемной ситуации, определение генеральной цели системы, целей её отдельных подсистем, выдвижение множества альтернатив достижения этих целей, которые сопоставляются по тем или иным критериям эффективности, а также построение обобщённой модели (или моделей), отображающей все факторы и взаимосвязи реальной ситуации, которые могут проявиться в процессе осуществления решений, в результате чего выбирается наиболее приемлемый способ решения проблемной ситуации и достижения требуемого (целевого) состояния системы.

## 3 ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 3.1 Методические указания к практическим и лабораторным работам

Темы практических и лабораторных занятий, предусмотренных в рамках дисциплины «Системный анализ и моделирование информационных процессов», определены в соответствии с учебной программой учреждения высшего образования по учебной дисциплине для студентов специальности 1-21 04 01 Культурология (по направлениям) направления специальности 1-21 04 01-02 Культурология (прикладная) специализации 1-21 04 01-02 04 Информационные системы в культуре. Практические и лабораторные работы направлены на практическое закрепление теоретического материала учебной дисциплины. Предложенные для работы темы практических и лабораторных занятий взаимосвязаны и требуют от студентов последовательного изучения содержания дисциплины. Основными материалами, используемыми студентами в ходе подготовки к лабораторным занятиям, являются конспекты лекций, печатные и электронные документные источники информации, приведенные в учебно-методическом комплексе. Объем заданий, определенный в практических и лабораторных работах, рассчитан на выполнение студентами в рамках учебных занятий. Практические и лабораторные работы выполняются на базе библиотеки учреждения образования «Белорусский государственный университет культуры и искусств» и в компьютерных аудиториях. Каждая работа оценивается по 10-балльной шкале. При отсутствии студента на занятии работа должна быть выполнена и передана преподавателю на проверку. В процессе освоения учебной дисциплины «Системный анализ и моделирование информационных процессов» возможно проведение со студентами индивидуальных консультаций.

Комплексное освоение учебной дисциплины «Системный анализ и моделирование информационных процессов» предусматривает овладение студентами знаний в соответствии с учебным содержанием материалов

лекционного курса, изучение основной и дополнительной литературы, приведенной в учебно-методическом комплексе, ответы на вопросы, имеющиеся в конце тем, выполнение практических и лабораторных работ, а также заданий, выносимых на управляемую самостоятельную работу.

### **3.2 Тематика практических работ**

Всего – 26 часов.

#### **Практическая работа № 1 Семантическое поле системы**

**Тема 2. Система. Семантическое поле системы**

(2 часа)

#### **Практическая работа № 2 Развитие системных представлений**

**Тема 2. Система. Семантическое поле системы**

(4 часа)

#### **Практическая работа № 3 Классификация систем**

**Тема 3 Классификация систем**

(2 часа)

#### **Практическая работа № 4 Решение логических задач**

**Тема 5. Системная инженерия**

(2 часа)

#### **Практическая работа № 5 Описание строения системы**

**Тема 6. Системный подход. Системные исследования**

(2 часа)

#### **Практическая работа № 6 Описание функционирования системы**

**Тема 6. Системный подход. Системные исследования**

(2 часа)

**Практическая работа № 7 Проведение системного исследования объекта**

**Тема 6. Системный подход. Системные исследования**

(2 часа)

## **Практическая работа № 8 Построение формальной модели системы**

### **Тема 8. Модели и моделирование систем**

(2 часа)

## **Практическая работа № 9 Измерение свойств системы**

### **Тема 9. Оценка сложных систем. Основные типы шкал измерения**

(2 часа)

## **Практическая работа № 10 Интеграция измерений**

### **Тема 9. Оценка сложных систем. Основные типы шкал измерения**

(2 часа)

## **Практическая работа № 11 Метод анализа иерархий**

### **Тема 10. Методология системного анализа**

(2 часа)

## **Практическая работа № 12 Алгоритм моделирования**

### **Тема 11. Алгоритм моделирования**

(2 часа)

### **3.3 Описание практических работ**

#### **Практическая работа № 1 Семантическое поле системы**

(2 часа)

#### **Тема 2. Система. Семантическое поле системы**

*Цель работы:* освоение студентами семантического поля системы.

*Задание.* Построить ментальную карту семантического поля системы.

*Методика выполнения*

1. Изучите лекционный материал.
2. Используя доступные программные приложения постройте ментальную карту семантического поля системы по категориям:
  - схема компонентов системы;

- основные признаки систем и соответствующие им системные принципы;

- классы системных структур: сетевая, иерархическая, матричная, многоуровневая иерархическая, смешанная иерархическая, структура с произвольными связями;

- взаимодействие системы с внешней средой;

- свойства системы;

- состояние системы;

- поведение системы;

- равновесие системы;

- устойчивость системы;

- развитие системы;

- внешние и внутренние причины преобразования системы;

- движение системы;

- ограничения системы;

- процессы системы;

- функции системы.

3. Составление отчета.

1) название работы; 2) цель работы; 3) задание; 4) результаты выполнения; 5) вывод по работе.

## **Практическая работа № 2 Развитие системных представлений**

**(4 часа)**

### **Тема 2. Система. Семантическое поле системы**

*Цель работы:* знакомство студентов с историей развития системных представлений.

*Задание.* Составить таблицу развития системных представлений

*Методика выполнения*

1. Прочтите приведённый материал:

#### **ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМНЫХ ИДЕЙ**

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

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

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

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

Становление философских основ системного подхода представляет собой длительный процесс. Слово «система» появилось в Древней Греции 2000–2500 тыс. лет назад. Однако зачатки системных идей возникли в еще более глубокой древности. В ее первооснове лежит целостное мифологическое восприятие людьми всего сущего. Системность как видение мира в виде целостности взаимосвязанных элементов складывалась в процессе эволюции человеческой практики и мышления. Ее становление происходило благодаря нескольким факторам:

во-первых, проникновению человека в ходе познания окружающего мира во внутреннее устройство вещей и явлений, где всякий раз обнаруживались многообразные взаимосвязи и иные атрибуты системности;

во-вторых, вследствие мыслительной деятельности, когда постоянно происходило разложение целого на части и, наоборот, соединение его составляющих;

в-третьих, в ходе практической деятельности по созданию целого из нескольких частей, а также делению целого на части. Разбивая, дробя, ломая, человек всякий раз улавливал потерю целого.

Отсюда следует, что в качестве источников системных идей выступали:

- **практическая деятельность людей**, которая постоянно обнаруживала структуры, целостность объектов и явлений, взаимосвязи между ними. Целое и части всегда присутствовали в хозяйственной деятельности, торговле, военном деле, строительстве и т.д.;

- **философия**, которая осмысливала, обтачивала основные понятия системности, отрывала от реальной действительности и поднимала в облака абстрактности;

- **естественные знания и науки**, которые формировали системность видения природы;

- **социальные науки, науки о человеке**, которые вырабатывали системный подход к обществу.



Исторический процесс накопления сокровищ системности был достаточно длительным.

Практической жизни людей, несомненно, принадлежит ведущая роль в формировании массовых системных представлений. Человек либо сталкивался с системами, либо создал их, либо подвергал нещадным разрушениям. Знаменитые египетские пирамиды, ирригационные системы Древнего Китая, как правило, открывают огромные списки сложнейших сооружений древности. Принципы целостности и соразмерности, учета влияния на рукотворный объект многообразных факторов окружающей среды широко применялись в строительстве, торговле, военном деле и других областях. Практика постоянно требовала соблюдения этих принципов. Классическим примером недооценки внешних факторов, действующих на систему, является одно из семи чудес света – 35–40-метровая статуя бога солнца Гелиоса, сооруженная на входе в гавань острова Родос, т. н. Колосс Родосский. Она простояла 50 лет (некоторые исследователи называют более точную цифру — 66 лет) и рухнула во время землетрясения в 225 г. до н.э. Самым уязвимым местом оказались колени — выше колен статуя согнулась таким образом, что голова и плечи уперлись в землю. Обломки почти 1000 лет лежали на берегу бухты уроком нарушения принципа системности, закрепив в сознании людей сентенцию «Колосс на глиняных ногах».

Важнейшие факторы практической жизни влияли на формирование системного отношения к действительности.

- *Усложнение и нарастание многообразия человеческой деятельности и ее продуктов.* Все более сложные и взаимосвязанные орудия и результаты труда, его организация заставляли задумываться о целом и частях, гармонии взаимодействий между ними. Переход от простой орудийной деятельности к машинному производству, а от него — к системно-техническому развитию наращивал практический эффект от системности.

- *Проникновение системных идей во все виды профессиональной деятельности.* Каждая профессия начинает оперировать определенной системой знаний, умений и навыков, которые периодически обновляются в зависимости от происходящих в обществе научных, технических и производственных революций.

- *Нарастание системности в образовании людей.* Образование в древних обществах предполагало обучение человека всему своду знаний. По мере роста и дифференциации знаний образование стало в той или иной мере разрешать противоречие между системами имеющихся профессиональных знаний. В современном образовании системность выступает не только характеристикой целостности и достаточности знаний, но и методом их получения.

Идеи системности в методологическом контексте встречаются уже в древних обществах. Гениальные догадки античных философов о системности мира. Так, Анаксагор (ок. 500–428 до н.э.) широко использовал два постулата: «~~в~~се во всем» и «~~н~~з всего — все», которые в зачаточном виде улавливают системные законы, которые будут открыты лишь в

XX ст. Демокрит из Абдер (ок. 470 или 460 — ок. 360 до н. э.) выдвинул идею атомного строения, взаимосвязи.

Чаще всего в древней философии использовался термин «целое». Древнеримский философ и оратор Марк Туллий Цицерон (106–43 до н. э.) неоднократно подчеркивал, что мировой организм есть неразрывное целое и все элементы мироздания гармонично связаны между собой. В трактате «О природе богов» писал: «...достойно восхищения больше всего то, что мир так устойчив и представляет собой неразрывное целое, настолько приспособленное к сохранению своего существования, что более приспособленного невозможно и вообразить себе» [37, с.139].

Однако системные идеи в древнем мире носили эпизодический характер. Понятие «система» употреблялось нечасто. Так, Эпикур (341–270 до н.э.) применял его для характеристики системы знаний. Чаще всего это понятие использовалось для обозначения космоса, мирового порядка, всеобщей организованности Вселенной. При этом вселенский порядок рассматривался как божественный порядок, т.е. заданный богами, или как естественный порядок, присущий изначально всему. Позже под системой стали понимать сложную философскую систему, которая объясняет все сущее. Такой вклад в системность внес великий философ древности Аристотель (384–322 до н. э.). Он создал первую философскую систему, в которой систематизировал знания античного мира. Важнейшей составляющей мировоззрения Аристотеля является учение о космосе, который воспринимался им как «порядок», «гармония», «закономерная Вселенная». Основную свою заслугу в понимании космоса он видел в том, что первым перестал «порождать Вселенную», изменил акцент ее толкования с генетического подхода на структурный.

В формировании основных категорий философии системного видения мира немаловажную роль сыграла средневековая философия, которая проделала огромную интеллектуальную работу в выработке категорий «целостность», «часть» и «целое». Изнурительные схоластические споры средневековых философов и теологов, их стремление систематизировать христианское учение в немалой степени способствовали открытиям ряда философских категорий, гносеологическому осмыслению целостности.

Идеи системности получают особенно интенсивное развитие в эпоху Возрождения, когда начинает возрождаться на новой основе мировоззрение целостного восприятия человеком действительности. Единство и целостность природы — основополагающий тезис философских доктрин этой удивительной эпохи. Нависающие над миром жизнелюбивые фигуры людей на фоне идеально проработанных пейзажей вселенского типа на портретах мастеров этой эпохи — это существенный признак усиления системного видения мира, подчиненного человеческим интересам. Бернардино Телезио (1509–1588) вплотную приближается к постижению принципа самодвижения, который реализуется в пассивной, как бы мертвой материи, за обладание которой борются активные начала.

В философских работах нового времени делается попытка придания понятию «система» четкости и привязки его к определенной области знания. Под системой тогда понимали чаще всего систему знания. Иммануил Кант (1724–1804) этим понятием пользуется довольно свободно. Его можно по праву считать создателем двух систем: философской и космологической. В работе «Всеобщая естественная история и теория

неба” он применяет это понятие к космическим образованиям и тем самым онтологизирует его. Вместе с тем он употребляет это понятие и в гносеологическом смысле, понимая под системой единство многообразных знаний, связанных общей идеей.

Выдающийся немецкий философ, представитель классического идеализма Иоганн Готлиб Фихте (1762–1814) предпосылкой практической философии считал научно разработанную теоретическую систему, науку о науке, развил систему категорий бытия и мышления, в качестве метода познания видел субъективную интеллектуальную интуицию. Он разработал проект устройства немецкого буржуазного общества в форме «замкнутого торгового государства». Признавал системность научного знания, но сводил ее к системности формы, а не содержания.

Обогащению категории «система» в немалой степени способствовал Георг Гегель (1770–1831). Система как философская категория не была у него предметом рассмотрения. Но зато всякий предмет, к которому он обращается, раскрывается им как органическая целостность, которая развивается и проходит некоторые этапы жизни. При этом объективный идеализм Гегеля наложил отпечаток и на системность, которая выступала у него как некоторое свойство движущейся идеи. Как пишет Л. А. Петрушенко, определенность, целостность и замкнутость, способность к диалектическому развитию как саморефлексии и рефлексии вовне, способность быть дискретным и непрерывным, частью и целым — это, с точки зрения Гегеля, такие особенности абсолютного духа, которые на уровне природы, материи отражаются как системность и иерархичность (стадийность), обладающие историческим характером [20, с. 131]. По сути дела системность у Гегеля обрела методологический характер. Но это не методология действующего субъекта, а способ существования идеи. Вместе с тем Гегель довольно четко понимал систему как развивающуюся внутри себя целостность, связывал системность с самодвижением, применял эту категорию к объектам природы, общества и к знанию.

Несомненный вклад в понимание природы систем, особенно социальных, внесли великие утописты-социалисты: Франсуа Мари Шарль Фурье (1772–1837) обосновал идею взаимосвязанности и гармонии социальных систем; Клод Анри Сен-Симон (1760–1825) развил идеи интеграции социальных систем, выступил основоположником европейской интеграции; Роберт Оуэн (1771–1858) — выдающийся организатор и рационализатор производства, предпринял попытку организации и проведения эксперимента по проверке общества, построенного на принципах социальной справедливости. Все утописты, начиная с Платона, обосновывали идеи проектирования и конструирования социальных систем.

Заслуга Карла Маркса (1818–1883) в развитии идей системности заключалась в том, что, благодаря ему, системность начали рассматривать с позиций материализма. Система стала полноценным явлением окружающей природы, общества и человеческого мышления. Маркс был первым философом, который создал целостную систему знаний об обществе, где системность становится системным подходом, методом научного познания. Однако К. Маркс специально не исследовал системность. Будучи противником построения абстрактных систем, он чаще пользовался термином «организм», широко

использовал основные понятия системного подхода. Идеи системности были распространены К. Марксом на общество и его подсистемы.

Идея развития систем получила основательное обоснование в работах Фридриха Энгельса (1820–1895) «*Анти-Дюринг*», «*Диалектика природы*», «*Людвиг Фейербах и конец классической немецкой философии*». Энгельс сформулировал важнейшие положения системного мировоззрения. Наиболее важные:

- представление об объективном мире как бесконечно большой, вечной, неоднородной и саморазвивающейся системе;
- наличие всеобщей объективной взаимосвязи и взаимообусловленности в природе;
- обоснование идеи организации как на уровне природы, так и общества;
- рассмотрение взаимодействия между элементами на базе механизма притяжения и отталкивания;
- круговорот материи как форма всеобщего взаимодействия и направленного развития;
- положение о критических точках, в которых происходит перестройка объектов и переход их от одного качества к другому.

Не анализируя системные идеи в философии XX ст., которые требуют специального осмысления, рассмотрим сначала еще одно русло системных идей – естественнонаучное знание. При этом в самих естественных науках можно выделить несколько важнейших русел, по которым текли ручьи системности, образуя в последующем целые реки.

На первом плане, несомненно, стоит космология. Уже в глубокой древности сложились первые космологические взгляды. Они заключались в том, что Земля неподвижно покоится в центре Вселенной, а Солнце и другие планеты вращаются вокруг нее. Сформировавшаяся на основе опыта тысячелетий человечества и просуществовавшая почти 1400 лет система Клавдия Птолемея (ок. 90 — ок. 160), изложенная в его труде «*Альмагест*», была заменена космологической системой Николая Коперника (1473–1543), изложенной им в работе «*Об обращениях небесных сфер*» и опубликованной после смерти. На основании данных астрономических наблюдений Н. Коперник пришел к выводу, что геоцентрическая система Птолемея неверна и должна быть заменена гелиоцентрической.

В развитии нового системного видения Вселенной значительные роли сыграли немецкий ученый Иоганн Кеплер (1571–1630), установивший законы движения планет вокруг Солнца; итальянский ученый Галилео Галилей (1564–1642), открывший спутники Юпитера и выступивший как мученик науки, защищавший перед инквизицией истину – вращение Земли. Одна из его самых знаменитых книг называлась весьма показательно: «*Беседы о двух системах мира — птолемеевой и коперниковой*».

Значителен вклад в системность обвиненного в ереси и сожженного на костре инквизиции Джордано Бруно (1548–1600). Космологически мир по Бруно – это система

систем. Благодаря ему стала утверждаться концепция бесконечности Вселенной и бесчисленного множества миров.

Пьер Симон Лаплас (1749–1827) в своих трактатах «Наложение системы мира» и «Трактате о небесной механике» разработал основы небесной механики, обосновал возникновение Солнечной системы из первичной туманности, состоявшей из раскаленного газа и простиравшейся далеко за пределы самой дальней планеты. Солнечная система формировалась в процессе сплющивания туманности и возникновения в ней центробежной силы, под влиянием которой от туманности по ее краю отделялись кольца газовой материи. Из них потом формировались комки, давшие начало планетам и их спутникам. Таким образом, космологическая система перестала быть некогда божественной и единственной данностью, она обрела свое прошлое, настоящее и будущее.

В последующие столетия и десятилетия были созданы интересные концепции, дополняющие и развивающие представления о космосе. Наиболее революционная концепция расширяющейся Вселенной, созданной американским астрономом Эдвином Хабблом (1889–1953), который сформулировал ее, сопоставляя скорости движения галактик.

Не менее важную роль в становлении системных идей сыграло развитие теорий строения вещества, которые обосновали существование микромира систем.

У древних греков мир состоит из нескольких первооснов, стихий (огонь, воздух, земля, вода), затем появляются идеи строения всего сущего из атомов древнегреческих атомистов Левкиппа (ок. 500–440 до н.э.) и Демокрита из Абдер (ок. 470 или 460 – примерно 360 до н.э.). В основе мира согласно Демокриту лежат два начала – атомы и пустота. «Атомос» в переводе с греческого означает «неделимое». Атомы он считал мельчайшими, неделимыми частицами, которые носятся в пустоте и отличаются друг от друга лишь формой, размерами, порядком и положением. Сталкиваясь и сцепляясь один с другим, они образуют тела и вещи, с которыми мы имеем дело в повседневной жизни. Демокрит, однако, не объяснял, почему атомы соединяются так, а не иначе. С позиций атомизма объяснял он и духовные явления. Душа, согласно Демокриту, построена из наиболее подвижных шарообразных атомов, из которых состоит и огонь. Он обращал внимание также на такие свойства сущего, как гармония, симметрия и естественные причины явлений.

Революционным прорывом в области строения вещества явилось открытие в 1869 г. периодической системы элементов Д. И. Менделеевым (1834–1907). В работе «Опыт системы элементов, основанный на их атомном весе и химическом сходстве» ученый заложил принципиально новый подход к пониманию системности как всеобщего и основополагающего принципа материи. Дальнейшее развитие науки привело к построению модели атома как системы, а также так называемых элементарных частиц, которые сами оказались довольно сложными системами.

Понимание атома стало системным благодаря Эрнесту Резерфорду (1871–1937). Он предложил концепцию планетарного строения атома, когда вокруг позитивно

заряженного ядра вращаются негативно заряженные электроны. Концепция получила уточнения в работах датского физика Нильса Бора (1885–1962), который обнаружил дуализм электрона, выступавшего в виде частицы и волны. А позже Вернером Карлом Гейзенбергом (1901–1976) была заложена целая наука – квантовая механика, объяснявшая движение электрона в атоме.

Продвигали вперед идеи системности и биологические науки. Более полутора тысяч лет господствовали взгляды Клавдия Галена (ок. 130 – ок. 200) о том, что артериальная и венозная кровь – это разные жидкости. Первая «разносит движение, тепло и жизнь», а вторая призвана «питать органы». Систему кровообращения именно как систему в 1616 г. описал Вильям Гарвей (1578–1657). Антони Ван Левенгук (1632–1723) посредством наблюдений через усовершенствованный им микроскоп обнаружил мир микроорганизмов, что, несомненно, внесло важный вклад в понимание среды системы. Идея о микробиологических системах, микробиологической среде, что называется, «новисла в воздухе». Карл Линней (1707–1778) систематизировал весь растительный и животный мир Земли. Он не сделал выдающихся открытий ни в ботанике, ни в зоологии, но предложил систему научного наименования растений и животных. Показательно название одного из его трудов – «Система природы». Системность К. Линнея – это системность не столько природы, сколько способа ее видения, т.е. его системность носит методологический характер. Жан Батист Ламарк (1744–1829) аргументировал изменения растений и низших животных под воздействием окружающей среды, которые приобретают ту или иную форму и свойства.

Выдающийся английский ученый Чарлз Дарвин (1809–1882) на основе разнообразных фактов создал концепцию, которая объяснила происхождение видов благодаря естественному отбору, согласно которому выживают и оставляют потомство наиболее приспособленные к существующим условиям особи. В своей книге «Происхождение видов» он осмысливает влияние среды на организмы, процессы естественного отбора, адаптации и эволюции. Изложение всех ступеней на длинной лестнице восхождения к системному пониманию явлений природы требует специальных исследований. Не имея возможности изложить эволюцию системных идей, отметим, что многие достижения в науке и технике обусловлены системными представлениями, которые всякий раз, когда свершается новое открытие, подтверждают свои творческие потенции. Системный подход очень плодотворен. Он становится мощным генератором научных идей.

2. Разработайте сторитейлинг «Развите системных представлений», используя доступные программные приложения.

3. Составление отчета.

1) название работы; 2) цель работы; 3) задание; 4) результаты выполнения; 5) вывод по работе.

## Практическая работа № 3 Классификация систем

(2 часа)

### Тема 3 Классификация систем

*Цель работы:* научиться осуществлять классификацию систем по различным признакам, понять ее необходимость и предназначение.

#### *Задание 1*

#### *Методика выполнения*

1. Изучить пример классификации технической системы «Автомобиль» (рис. 3.1) и описание результатов выделения признаков.

#### Описание системы:

Автомобиль – это техническая (механическая), целостная система, состоящая из различных подсистем: охлаждения, подачи топлива и т.д. Система 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.

№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

Рисунок 3.1 – Пример классификации системы Автомобиль

2. Провести классификацию систем (одной технической и одной социально-экономической) результат занести в таблице 3.1. Варианты систем взять или из таблицы 3.2, или предложить свои.

Классифицируйте систему по следующим признакам:

- происхождение (естественные, искусственные, смешанные);
- сложность (простые, сложные);
- изолированность (открытые, закрытые);



-характер функционирования (стабильные, самостабилизирующиеся, самоорганизующиеся);

-способ задания целей (цели задаются извне, цели формируются внутри);

-способ управления (самоуправляемые, управляемые извне, с комбинированным управлением)

Таблица 3.1 – Наименование объекта классификации

№	Признак классификации	Тип объекта по признаку	Обоснование принадлежности
1			

3. 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 3.2 – Объекты для классификации

Техническая система	Социально-экономическая система
САПР	Клуб
Пианино	Кинотеатр
Самолет	Музей
Трамвай	Гостиница
Трактор	Вуз
Персональный компьютер	Кафедра
Телескоп	Ректорат
Микрофон	Зоопарк
Кофемолка	Бутик

4. Составление отчета.

1) название работы; 2) цель работы; 3) задание; 4) результаты выполнения; 5) вывод по работе.

## **Практическая работа № 4 Решение логических задач (2 часа)**

### **Тема 5. Системная инженерия**

*Цель:* 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.

### *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 Минске 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 Минске.

Определите, кто из офицеров какое звание имеет?

### *Методика решения 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. 4.1.).

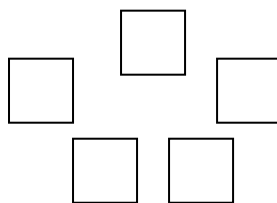


Рисунок 4.1 – Расположение по порядку

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 В – генерал. Продолжая рассуждать, приходим к выводу, что В, В и Г служили в Минске. 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 Махачкале. Следовательно, А, Д и Б либо А, Д и Г служили в Махачкале. А поскольку мы знаем, что Б не служил в Махачкале, 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 посылки истинны.

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

*Методика решения задачи:*

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

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

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

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

Объединим утверждения (1), (3) и (7) в одно, т. к. они взаимосвязаны между собой. Прочитав их в последовательности (1)-(7)-(3), приходим к следующему выводу: если исключить команды С и Е, то представители остальных команд могли прийти к финишу лишь в последовательности А, F, В, D. Следовательно, среди команд, занявших 3 первые места, заведомо должна быть европейская команда А. В худшем случае, она могла выйти на

третье место, но оказалась среди призеров. Это означает, что утверждение (6) ложно. Чтобы определить, какое место заняла каждая из шести команд, расположим истинные утверждения в следующем порядке: (2), (4), (5), (8), (1)-(7)-(3), (9).

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

Утверждения (8) и (1)-(7)-(3) позволяют схематически изобразить распределение мест между четырьмя остальными командами так, как показано на рис. 4.2 (острие стрелки направлено к команде, показавшей лучшее время, конец - к команде, занявшей последнее место).

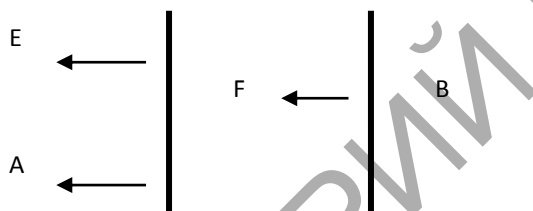


Рисунок 4.2 – Распределение мест между четырьмя не лидирующими командами

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

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

*Задание 3.* Решите задачу. Опишите ход решения задачи, логические рассуждения.

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.

*Задание 4.* Решите задачу. Опишите ход решения задачи, логические рассуждения.

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?

*Задание 5.* Решите задачу. Опишите ход решения задачи, логические рассуждения.

На банкете пять подруг сидели за одним столиком. Каждая из них заказывала какой-нибудь напиток, основное блюдо и десерт. Бренда и миссис Берн пили мартини, 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?

## **Практическая работа № 5 Описание строения системы (2 часа)**

### **Тема 5. Системный подход. Системные исследования**

*Цель:* Получить практические навыки в выделении компонент системы, описании свойств и структуры системы, ее взаимодействия со средой.



**Задание.** Выполните описание системы

*Методика выполнения*

1. Выбор задания.

Выберите систему, для которой будете составлять описание:

- технические устройства и комплексы (автомобили, компьютеры, телевизоры и т.д.);
- организации (предприятия, гостиницы, рестораны, магазины и т.д.);
- информационные системы (автоматизированные системы, программные комплексы, информационно-управляющие системы и т.д.);
- социальные, социально-экономические системы (система выборов, система безопасности, транспортная система региона и т.д.).

2. Классификация системы.

Классифицируйте систему по следующим признакам:

- происхождение (естественные, искусственные, смешанные);
- сложность (простые, сложные);
- изолированность (открытые, закрытые);
- характер функционирования (стабильные, самостабилизирующиеся, самоорганизующиеся);
- способ задания целей (цели задаются извне, цели формируются внутри);
- способ управления (самоуправляемые, управляемые извне, с комбинированным управлением).

3. Построение иерархии состава.

Выделите основные подсистемы исследуемой системы. В рамках каждой них выделите более мелкие подсистемы и элементы. Представьте компоненты системы в виде иерархии. Пример иерархии состава для радиоприемника представлен на рис. 5.1



Рисунок 5.1 – Иерархия состава радиоприемника

4. Дайте краткое описание основных подсистем и элементов.

5. Описание сущностных свойств системы.

Опишите сущностное свойство системы и его внешнее проявление (явление). Определите, является ли данное свойство эмерджентным. Ответ обоснуйте. Например, для радиоприемника сущностное свойство – способность воспроизводить звук, закодированный в виде радиоволн и посланный радиостанцией. Явление – звучание приемника, передающего радиопередачу. Данное свойство является эмерджентным, т.к. ни один из компонентов радиоприемника по отдельности не обладает им: антенна способна только улавливать радиоволны, преобразователь преобразовывать радиоволны в звуковые и т.д.

6. Описание структуры системы и ее взаимодействия с окружением. Выделите объекты окружающей среды. Дайте им краткую характеристику. Опишите их связь с исследуемой системой. Например, для радиоприемника основными объектами среды являются:

- передатчик радиостанции, передающий радиоволны, которые воспринимает приемник;

- пользователь, воспринимающий звучание радиоприемника и управляющий параметрами (частота радиоволн, громкость звучания) посредством механических воздействий на регуляторы).

7. Составьте схему взаимодействия компонент системы, а также схему взаимодействия со средой (это может быть одна общая схема). Если система

слишком большая и сложная, можете составить схему для некоторой подсистемы.

8. Опишите внутренние и внешние связи. Пример схемы взаимодействия компонент радиоприемника друг с другом и с окружающей средой представлен на рис 5.2.

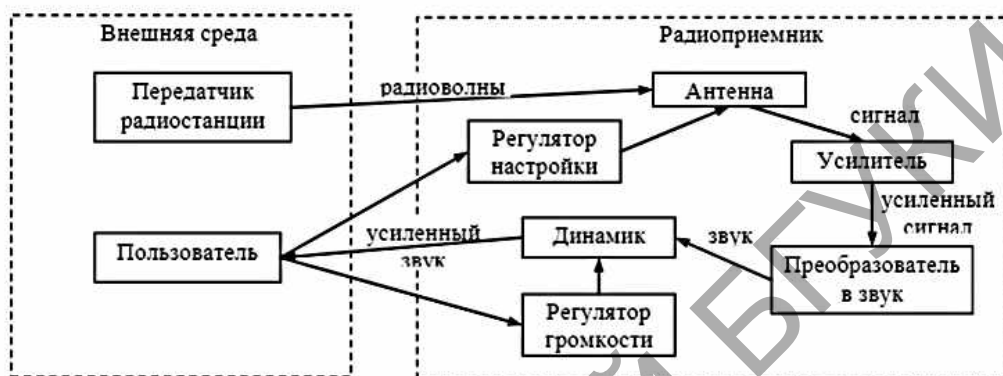


Рисунок 5.2 – Структура радиоприемника

6. Составление отчета.

1) название работы; 2) цель работы; 3) задание; 4) результаты выполнения; 5) вывод по работе.

В отчет должны войти: наименование системы, ее классификация; иерархия состава системы (схема), описание подсистем и элементов; описание существенных свойств системы; описание структуры системы и ее взаимодействия с окружением (схема).

## Практическая работа № 6 Описание функционирования системы (2 часа)

### Тема 5. Системный подход. Системные исследования

*Цель* : Получить практические навыки в описании функционирования системы во времени и управления системой.

*Задание.* Изучить понятия функционирования (поведения), закономерностей функционирования систем и описать функционирование системы.

*Методика выполнения*

1. Выбор задания.

Выберите систему, для которой будете составлять описание. Желательно, чтобы это была система, выбранная на предыдущей практической работе.

2. Описание функционирования системы в пространстве состояний. Выделите характеристики (параметры) системы.

Параметры могут быть сгруппированы по типам: физические характеристики, технические характеристики, экономические показатели и т.д. Например, для радиоприемника могут быть выделены следующие параметры:

- физические (размер, цвет, материал, дизайн корпуса);
- технические (напряжение питания, диапазон радиоволн);
- параметры производителя (компания-производитель, страна, марка, дата производства, гарантийный срок); и т.д.

Из множества параметров выделите те, которые могут характеризовать поведение (функционирование) системы, т.е. которые изменяются во времени. Опишите различные состояния системы, указав конкретные значения параметров.

Пример описания состояний радиоприемника приведен в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Описание состояний радиоприемника

Параметр	I состояние	II состояние	III состояние
Принимаемый диапазон радиоволн	101 FM	150 FM	150 FM
Уровень громкости	70 дб	70 дб	75 дб
Наличие помех	слабые	нет	нет

Укажите события, вызывающие переход из состояния в состояние. Например, для состояний, приведенных в таблице 5.1:

- переход из состояния I в II настройка регулятора на другой диапазон радиоволн;

- переход из II в III настройка уровня звука.

Переход может быть вызван и внешними возмущающими воздействиями. Например, атмосферные изменения могут вызвать помехи, механический удар может вызвать повреждения приемника.

### 3. Описание жизненного цикла.

Выделите этапы жизненного цикла исследуемой системы, характеризующиеся определенными предсказуемыми состояниями. Опишите каждый этап. Пример описания этапов жизненного цикла радиоприемника приведен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Описание этапов жизненного цикла радиоприемника

№	Этап ЖЦ	Характеристика
I	До эксплуатации	Эксплуатируется редко (только в тестовом режиме), все элементы в хорошем состоянии
II	Активная эксплуатация	Активно эксплуатируется, время от времени состояние некоторых элементов может ухудшаться (повреждения корпуса,...)
III	Утилизация	Не эксплуатируется ввиду морального или физического износа (сломан)

### 4. Описание управления системой.

Определите основную цель системы. Цель может быть имманентной (внутренне присущей) или задаваемой извне, субъективной или объективной. Если система является неживым объектом, цель, как правило, определяется пользователем. Например, для радиоприемника цель, задаваемая владельцем радиоприемника, получить качественное (необходимой громкости и без помех) воспроизводство выбранной радиопередачи.

Определите, кто (что) и как управляет системой, с помощью каких управляющих воздействий осуществляется управление, используется ли в процессе управления обратная связь и если используется, то каким образом.

Например, управление радиоприемником осуществляет пользователь (внешнее управление) посредством изменения положений ручек и переключателей на корпусе радиоприемника. Управляющие воздействия: поворот ручки настройки диапазона и ручки тюнинга, поворот регулятора громкости. Обратная связь определение на слух, наличия помех и уровня громкости звука, наблюдение за положением индикатора принимаемого диапазона радиоволн.

5. Составление отчета. В отчет должны войти: наименование системы; описание функционирования системы в пространстве состояний (характеристики, состояния, события); описание этапов жизненного цикла системы; описание управления системой (цель, управляющие воздействия, обратная связь).

## **Практическая работа № 7 Проведение системного исследования объекта (2 часа)**

### **Тема 5. Системный подход. Системные исследования**

*Цель:* получить навыки системного исследования объекта

*Задание:* Системное исследование социальной системы в трех аспектах: предметном, функциональном и историческом в соответствии с таблицей 7.1.

Таблица 7.1 – Системный анализ объекта

Тип анализа	Направленность анализа	
	Внутри	Наружу
Предметный	Анализ строения и внутренних связей системы	Анализ строения надсистемы и внешних связей исследуемой системы
Функциональный	Анализ внутреннего функционирования системы, «работы» ее связей	Анализ внешнего функционирования системы, ее входов и выходов
Исторический	Генетический анализ системы	Прогноз развития системы

*Методика выполнения*

1. Выберите социальную систему, например, распределение квартальной премии.

2. Определите тип системы (система распределения квартальной премии относится к типу «процесс» и «мероприятию»).

Мероприятие (социальная система типа «процесс») – это искусственно выстроенная последовательность целесообразно организованных в пространстве и времени и находящихся во взаимной связи действий и операций, имеющая целью своей реализации удовлетворение некоторой общественной потребности за счет преобразования (создания, обработки, передачи, и т.д.) социально значимых ценностей; мероприятие всегда осуществляется людьми, и цель его соотносится с определенной группой людей. Данное определение является определением-предписанием.

3. Ответьте на вопросы таблицы 7.2

Таблица 7.2 – Тестовые вопросы системного анализа

Тип анализа	Тест-вопросы	
	Внутренний анализ	Внешний анализ
Предметный	Из чего состоит система? Как связаны между собой элементы системы?	Какие еще системы входят в надсистему, кроме нашей? Как в надсистеме наша система связана с другими?
Функциональный	Как работает каждый элемент системы? Какие внутренние функции выполняет каждая из подсистем, входящих в нашу систему ?	Как наша система в целом работает в надсистеме? Какие внешние задачи решает система?
Исторический	Когда и в каком виде возникла система? На каком этапе жизненного цикла находится система?	Как, в каком направлении будет развиваться система? Что будет модифицироваться в системе в первую очередь?

4. Определить надсистему – систему более высокого ранга. Для социальной системы она тоже должна быть социальной.

Например, для распределения премии:

- возбуждение чувства материальной заинтересованности сотрудников предприятия;

- повышение благосостояния сотрудников предприятия;

- материализация справедливого вознаграждения за труд;

- реализация регламента оплаты труда на данном предприятии.

5. Проверить корректность определения надсистемы:

Пример проверки.

Является ли распределение квартальной премии возбуждением чувства материальной заинтересованности? Вопрос получился настолько запутанным и двусмысленным, что автор, например, не решается сказать ни да, ни нет. То, что мероприятие это возбуждает в коллективе самые противоречивые чувства, никто спорить не будет. Но вот только ли чувство материальной заинтересованности – это вопрос... Но в такой ситуации есть иной выход, чисто грамматический. Заменяем в исходной формулировке глагольное существительное «распределение» инфинитивом «распределить» и в формулировках каждого из потенциальных «надмероприятий» заменим первое слово на соответствующий инфинитив. И в этой новой окраске проверочные предложения преобразуются из вопросительной формы в изъявительную.

Составляем инфинитивное проверочное предложение: «Для того, чтобы возбудить чувство материальной заинтересованности сотрудников предприятия, недостаточно только распределить квартальную премию». Так ли это? Если нет, то что еще нужно? Вот тут уже заметна неполнота формулировки. Если бы фраза была более развернутой: «Для того, чтобы возбудить чувство материальной заинтересованности сотрудников предприятия, недостаточно только распределить квартальную премию в соответствии с успехами каждого сотрудника», то отрицательный ответ был бы очевиден, так же как очевиден был бы и положительный смысл усиленной проверочной фразы 2.



1. Для <надмероприятие>, недостаточно только <мероприятие>. И если «инфинитивные» формулировки, подставленные в это предложение, формируют фразу, соответствующую реальному положению дел, то проверочная фраза наращивается следующим образом:

Для <надмероприятие>, недостаточно только <мероприятие>, нужно еще <  $\Sigma$  других мероприятий >. Здесь « $\Sigma$  других мероприятий» – это все дополнительные мероприятия, которые в совокупности с исходным составляют «надмероприятие» в полном его объеме. Если же инфинитивные формулировки имеют сомнительный или неверный смысл, окончательная проверка проводится по усиленной фразе:

Для < надмероприятие >, вполне достаточно <мероприятие>, и если она справедлива, то проверяемое «надмероприятие» не может быть признано таковым.

Проверяем второй вариант "надмероприятия": Для того, чтобы повысить благосостояние сотрудников предприятия, недостаточно только распределить квартальную премию. И опять ситуация спорная. А скорее даже бесспорная, т.к. от процесса распределения благосостояние не уменьшится и не увеличится, т.к. общая сумма премии остается той же. Таким образом, ответ отрицательный, и проверочную фразу теперь надо нарастить всем тем, что нужно для достижения "надмероприятия". А это:

- 1) увеличить суммарный размер премии,
- 2) повысить зарплату сотрудникам,
- 3) обеспечить богатые заказы предприятию,
- 4) обеспечить сотрудников более производительным и совершенным оборудованием,

5) обучить сотрудников приемам более производительного труда, и т.д.

Проверяем третий вариант: Для того, чтобы материализовать справедливое вознаграждение за труд, недостаточно только распределить квартальную премию. Опять недоговоренность. Полезно бы добавить в конце «в соответствии с трудовыми успехами каждого». Впрочем, эта добавка

вообще-то подразумевается (хотя некоторые начальники распределяют премию, руководствуясь другими принципами). А фраза звучит корректно, и многим, наверное, известны и другие средства справедливого вознаграждения за труд (в частности, прибавка к зарплате, повышение в должности, и т.п.). Эти «другие мероприятия» не являются обязательно сопутствующими исходному, скорее наоборот, они являются альтернативными (видели вы, чтобы кому-то сразу и зарплату прибавили, и в должности повысили, и увеличенную премию выписали?). Впрочем, если учесть, что речь идет о материализации справедливого вознаграждения за труд не одного сотрудника, а всех сотрудников предприятия, то с этой точки зрения все названные мероприятия в совокупности, распределенные во времени и в пространстве (т.е. в адресации), действительно могут обеспечить справедливое вознаграждение за труд. Только для каждого из добавочных мероприятий надо предусмотреть изменение, как в сторону увеличения, так и наоборот (т.е. «изменение в зарплате», «переаттестация по должности»). Таким образом, третий вариант вроде бы проходит на роль надсистемы.

Четвертый вариант. Проверочная фраза: Для того, чтобы реализовать регламент оплаты труда на данном предприятии, недостаточно только распределить квартальную премию. Фраза корректна, но, чувствуется, что она относится совсем к иной области, от конкретного человека более далекой, хотя тоже социальной. Регламент оплаты труда – это элемент финансовой подсистемы предприятия. И здесь приходится выбирать, по какому из двух прошедших проверку направлений двигаться дальше. Как правило, выбор бывает predetermined типом поставленной задачи или ситуацией. Если задача совершенствования процедуры распределения премии поставлена профсоюзом, то в работу пойдет третий ответ; если же планово-экономический отдел хочет навести порядок в финансовых потоках предприятия, то будет принят последний ответ.

6. Определиться с выбором.

Для предыдущего примера выберем для определенности третий ответ и в качестве надмероприятия будем считать «материализацию справедливого вознаграждения за труд». Теперь необходимо определить ГПФ (главную полезную функцию) мероприятия в надсистеме. Сравнивая мероприятие (распределение квартальной премии) с остальными двумя мероприятиями этой же надсистемы (изменение в зарплате и переаттестация по должности), нетрудно заметить, что распределение квартальной премии отличается от остальных мероприятий экспрессностью во времени и разовым характером. Иными словами, ГПФ распределения квартальной премии – это разовое экспрессное реагирование на последние трудовые достижения (или проколы) сотрудников предприятия.

#### 6. Определение подсистем

Перечень подсистем («подмероприятий») системы «Распределение премии», должен грамматически оформляться также, как и надсистемы. Для проверочных целей на отдельных этапах оказывается предпочтительной только одна из грамматических форм, но во избежание тупиковых или двусмысленных ситуаций полезно держать в поле зрения оба варианта формулировок.

Определяем, из каких действий, подмероприятий состоит мероприятие, т.е. распределение квартальной премии. Наводящий вопрос для определения подсистем: Из каких действий, подмероприятий состоит мероприятие, т.е. распределение квартальной премии? Он может быть сформулирован и иначе, в инфинитивной форме: Что и что нужно сделать, чтобы осуществить мероприятие, т.е. распределить квартальную премию?

Это эквивалент первого из вопросов предметного анализа системы типа «процесс». Ответы на это вопрос «закрывают» проблему предметного анализа. Для проведения структурного анализа (т.е. второй части предметного анализа) системы типа «процесс» наводящий вопрос также можно представить в двух вариантах:

В какой последовательности и в какой причинно-следственной взаимосвязи находятся эти действия (подмероприятия)?

Или: Что за чем следует делать из перечисленного, чтобы осуществить мероприятие (распределить квартальную премию)?

Применительно к задаче перечень подмероприятий можно предложить таким:

1. Получить сведения о суммарной денежной величине премии.
2. Собрать в подразделениях сведения об итогах их деятельности за квартал и свести эти сведения в единый список.
3. Раздать руководителям подразделений список итогов с предложением проранжировать (расставить места) все подразделения, кроме своего.
4. Собрать обработанные списки и, определив сумму мест для каждого из подразделений, в соответствии с этим вычислить объективный балл каждого подразделения.
5. Рассчитать сумму, выделяемую каждому подразделению в соответствии с его баллом и фондом зарплаты (согласно ранее принятому алгоритму расчета).
6. Сообщить руководителям подразделений результаты расчета и предложить им провести распределение премии между сотрудниками своих подразделений.
7. Собрать из подразделений сведения о распределении квартальной премии среди сотрудников и составить итоговый список распределения.
8. Вывесить итоговый список для ознакомления (конечно, в тех случаях, когда зарплата выдается не в конвертах, а по ведомости).
9. Назначить время приема сотрудников по вопросу премирования; принять и выслушать всех недовольных, решить возникшие вопросы с руководителями подразделений.

Естественно, предложенный список – не единственно возможный вариант. Список сократить, объединив, например, действия 2-4 в одно

действие «Провести экспертную оценку сравнительных успехов подразделений», а действия 6-7 – в одно действие «Провести распределение сумм внутри подразделений».

Внешний предметный анализ системы был проведен на этапе поиска надмероприятия.

Функциональный анализ социальной системы типа «процесс» почти ничего общего не имеет с функциональным анализом предметных систем. Для социальной системы чтобы ответить на вопрос «как осуществляется мероприятие (или подмероприятие, что не принципиально)?», надо ответить на семь вопросов:

1. Кто осуществляет мероприятие? (Исполнитель – человек!)
2. Что является объектом мероприятия? (Какой предмет или объект иного вида обрабатывается при реализации мероприятия?)
3. Где осуществляется мероприятие?
4. Когда осуществляется мероприятие? (Сколько времени оно занимает?)
5. Какими средствами (инструментами, приборами) осуществляется мероприятие?
6. Сколько стоит мероприятие? (денег, энергии, и т.п.)
7. Для чего осуществляется мероприятие? (какому объекту или другому мероприятию предназначен результат данного мероприятия?)

Комплекс ответов на эти вопросы практически соответствует почти полному системному анализу исследуемого «подмероприятия». Для начала, е достаточно ограничиться всего тремя вопросами 1, 2 и 7, т.к. любой из остальных четырех вопросов имеет существенное значение лишь в конкретной ситуации, которая автоматически приведет решателя к необходимости заняться именно этими аспектами проблемы (т.е. место, время, цена, оборудование).

7. Составление отчета.

1) название работы; 2) цель работы; 3) задание; 4) результаты выполнения; 5) вывод по работе.

Задание должно включать заполненные таблицы.

## **Практическая работа № 8 Построение формальной модели системы (2 часа)**

### **Тема 8. Модели и моделирование систем**

*Цель:* Получить практические навыки в формировании базовых моделей («черного ящика», состава, структуры) системы и описании их на формальном языке.

*Задание:* Постройте формальную модель системы, на основе изучения понятия модели, классификации моделей, языков описания моделей, базовых моделей систем.

#### *Методика выполнения*

##### 1. Выбор задания.

Выберите систему для моделирования. Желательно, чтобы это была система, выбранная на предыдущих практических работах.

##### 2. Построение формальной модели «черного ящика».

Введите множество переменных, описывающих входы системы (входные элементы, сигналы, данные, управляющие воздействия), и множество переменных, описывающих выходы системы (выходные элементы, сигналы, данные).

Перечислите элементы этих множеств. Используйте при этом язык теории множеств. Например, для радиоприемника множество  $X = \{x\}$  входных переменных включает:

$x_1$  – угол поворота ручки регулятора настройки,

$x_2$  – угол поворота ручки регулятора громкости,

$x_3$  – положение кнопки включения (0 выключено, 1 включено),

$x_4$  – диапазон частот улавливаемых радиоволн.

Множество  $Y = \{y_j\}$  выходных переменных включает:

$y_1$  – громкость воспроизводимого звука,

$y_2$  – частота воспроизводимого звука.

Введите множество переменных, описывающих состояние системы.

Например, для радиоприемника множество  $Z = \{z_k\}$  переменных состояния включает:

$z_1$  – частота воспринимаемых радиоволн,

$z_2$  – мощность динамика.

Опишите наличие зависимостей между входными, выходными переменными и переменными состояния, а также закономерности, присущие системе. Например, для радиоприемника:

$$y_1 = f_1(z_2), z_2 = f_2(x_2), y_2 = f_3(z_1), z_1 = f_4(x_1)$$

при условии  $x_3 = 1$  (включено),  $y_2 \in x_4$

### 3. Построение формальной модели состава.

Введите множество подсистем и элементов системы, перечислите элементы этого множества. В данное множество включите подсистемы разного уровня, в том числе и систему в целом. При формировании множества можете использовать иерархию состава, построенную при выполнении практической работы №4 (на шаге 3).

Например, для радиоприемника множество  $S = \{s\}$  подсистем и элементов включает:

$s_0$  радиоприемник в целом,

$s_1$  подсистема приема,

$s_2$  подсистема питания,

$s_3$  подсистема воспроизведения,

$s_4$  антенна,

$s_5$  усилитель,

$s_6$  регулятор настройки,

$s_7$  регулятор громкости,...

Опишите модель состава, используя отношение агрегации  $R^{ag} \in S \times S$  (оно устанавливается между подсистемами, одна из которых включает в

качестве составной части другую). Например, для радиоприемника модель состава:

$$s_0 R^{ag} s_1, s_0 R^{ag} s_2, s_0 R^{ag} s_3, s_1 R^{ag} s_4, s_1 R^{ag} s_5, s_1 R^{ag} s_6, \dots$$

Можете дополнительно описать закономерности, в частности, формально описать свойства антирефлексивности, асимметричности и транзитивности отношения агрегации.

#### 4. Построение формальной модели структуры.

Введите множество объектов окружающей среды, перечислите элементы этого множества. Например, множество объектов среды  $V = \{v_j\}$  для радиоприемника включает:

$v_1$  – передатчик радиостанции,

$v_2$  – пользователь (слушатель).

Опишите взаимодействие подсистем (элементов) системы друг с другом и с объектами окружающей среды. Для этого введите множество связей или несколько множеств (для разных типов связей). При описании связей можете использовать схему взаимодействия компонент радиоприемника друг с другом и с окружающей средой, построенную при выполнении практической работы №4 (на шаге 5).

Например, для модели структуры радиоприемника введем множество  $R^v$  механических воздействий пользователя и множество  $R^s$  сигналов (электрических, электромагнитных, звуковых и др.). Тогда модель структуры можно записать следующим образом:

$v_2 R^v s_6$  – пользователь воздействует на регулятор настройки;

$v_2 R^v s_7$  – пользователь воздействует на регулятор громкости;

$v_1 R^s s_4$  – передатчик радиостанции передает радиоволны на антенну;

$s_4 R^s s_5$  – с антенны сигнал передается на усилитель;

5. Составление отчета. В отчет должны войти: формальная модель «черного ящика»; формальная модель состава; формальная модель структуры.



## Практическая работа № 9 Измерение свойств системы с помощью шкал (2 часа)

### Тема 9. Оценка сложных систем. Основные типы шкал измерения

*Цель:* Получить практические навыки в измерении свойств системы с помощью различных типов шкал, а также в интеграции измерений.

*Задание 1* Измерение свойств с помощью номинальной шкалы.

*Методика выполнения*

1. Выберите систему для моделирования (система предыдущих практических работ).

2. Выберите три-пять свойств системы, которые можно измерять с помощью номинальной шкалы. Например, для радиоприемника это могут быть «Наименование», «Компания-изготовитель», «Тип», «Тип тюнера». По каждому измеряемому свойству перечислите шкальные значения (классы эквивалентности) для нескольких конкретных систем (от трех до пяти).

Пример описания свойств радиоприемников приведен в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Измерение свойств радиоприемников с помощью номинальной шкалы

Объект	Наименование	Компания-изготовитель	Тип	Тип тюнера
o <sub>1</sub>	Supra ST-113	Supra	переносной	аналоговый
o <sub>2</sub>	Hyunda H-1546	Hyunda	радиобудильник	аналоговый
o <sub>3</sub>	Supra SA-30FM	Supra	радиобудильник	аналоговый
o <sub>4</sub>	Sony ICF-15P	Sony	стационарный	цифровой

3. Запишите с помощью символа Кронекера по каждому измеряемому свойству результаты проверки совпадения свойства для каждой пары объектов.

Пример сравнения свойств радиоприемников приведен в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Сравнение совпадения свойств радиоприемников

Свойство	Символ Кронекера				
	$\delta_{12}$	$\delta_{13}$	$\delta_{14}$	$\delta_{23}$	$\delta_{24}$
Наименование	0	0	0	0	0
Компания-изготовитель	0	1	0	0	0
Тип	0	0	0	1	0
Тип тюнера	1	1	0	1	0

По каждому измеряемому свойству определите частоты для каждого класса эквивалентности. Выявите моду. Например, частоты для свойства «Компания-изготовитель»: для класса «Supra»  $p_1 = 2/4$ , для классов «Hyunda» и «Sony»  $p_2 = p_3 = 1/4$ . Мода класс «Supra».

*Задание 2* Измерение свойств с помощью ранговой шкалы.

*Методика выполнения*

1. Выберите два-три свойства системы, которые можно измерять с помощью ранговой шкалы. По каждому измеряемому свойству для нескольких конкретных систем  $o_j$  (лучше взять объекты, выбранные на предыдущем шаге) определите ранги  $r_j$ . Выявите медиану. Пример ранжирования радиоприемников приведен в таблице 9.3.

Таблица 9.3 Измерение свойств радиоприемников с помощью ранговой шкалы

Свойство	Ранги				Медиана
	$o_1$	$o_2$	$o_3$	$o_4$	
Надежность	2	3	1	4	$o_1, o_2$
Привлекательность	4	3	2	1	$o_2, o_3$

*Задание 3* Измерение свойств с помощью шкал интервалов и отношений.

*Методика выполнения*

1. Выберите три-пять свойства системы, которые можно измерять с помощью шкалы интервалов или отношений. Для каждого свойства укажите единицы измерения. По каждому измеряемому свойству перечислите шкальные значения для нескольких конкретных объектов. Пример в таблице 9.4.

Таблица 9.4 Измерение свойств радиоприемников с помощью шкал интервалов /отношений

Свойство	o <sub>1</sub>	o <sub>2</sub>	o <sub>3</sub>	o <sub>4</sub>
Объем корпуса, м <sup>3</sup>	0,0035	0,0026	0,0054	0,0040
Цена, руб	80	150	170	95
Выходная мощность, Вт	2,5	4	5	2,5

По каждому измеряемому свойству для различных пар объектов определите «на сколько» и/или «во сколько» (в зависимости от типа шкалы) один объект лучше другого.

### Практическая работа № 10 Интеграция измерений

(2 часа)

#### Тема 9. Оценка сложных систем. Основные типы шкал измерения

*Цель:* Получить практические навыки в интеграции измерений.

*Задание 1* Выбор частных критериев, определение их важности, измерение объектов по критериям.

*Методика выполнения*

1. Выберите частные критерии для сравнения объектов. Это должны быть свойства, измеряемые по шкалам интервалов или отношений. Приведите конкретные значения (результаты измерений объектов) по каждому критерию. Можете использовать измерения, полученные на предыдущем шаге. По каждому частному критерию определите диапазон значений (минимальное и максимальное значения). Диапазон рекомендуется

определять не по множеству оцениваемых объектов, а задать максимально и минимально возможные значения по всему множеству подобных объектов. Оцените важность каждого критерия по 10-балльной шкале. Результаты представьте в виде таблицы (таблица 10.1).

Таблица 10.1 Измерение объектов по множеству частных критериев

Критерий	Важность (балл)	Абсолютные значения			Максимальное значение	Минимальное значение
		o <sub>1</sub>	o <sub>2</sub>	o <sub>3</sub>		
Критерий 1	w <sub>1</sub>	q <sub>11</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>12</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>13</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>1</sub> <sup>max</sup>	q <sub>1</sub> <sup>min</sup>
Критерий 2	w <sub>2</sub>	q <sub>21</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>22</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>23</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>2</sub> <sup>max</sup>	q <sub>2</sub> <sup>min</sup>
Критерий 3	w <sub>3</sub>	q <sub>31</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>32</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>33</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>3</sub> <sup>max</sup>	q <sub>3</sub> <sup>min</sup>

2. Проведите нормирование оценок важности и значений критериев. Определите весовые коэффициенты критериев путем нормирования. Для этого определите сумму оценок важности критериев (в баллах) и поделите каждую оценку на эту сумму. Таким образом, сумма весовых коэффициентов должна быть равна 1:  $\sum_{i=1}^m v_i = 1$

Нормируйте значения критериев. В случае, когда чем больше значение критерия, тем оно должно оцениваться выше, используйте формулу:

$$q_i(x_j) = \frac{q_i(x_j) - q_i^{\min}}{q_i^{\max} - q_i^{\min}},$$

где  $q_i^{\max}$  и  $q_i^{\min}$  соответственно максимальное и минимальное значение  $i$ -го критерия.

В случае, когда чем больше значение критерия, тем оно должно оцениваться выше, используйте формулу:

$$q_i(x_j) = \frac{q_i^{\max} - q_i^{\text{ab}}(x_j)}{q_i^{\max} - q_i^{\min}}$$

Результаты представьте в виде таблицы (таблица 10.2).

Таблица 10.2 Результаты нормирования объектов

Критерий	Весовой коэффициент	Нормированные значения		
		O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>
Критерий1	$v_1$	$q_{11}^{ab}$	$q_{12}^{ab}$	$q_{13}^{ab}$
Критерий2	$v_2$	$q_{21}^{ab}$	$q_{22}^{ab}$	$q_{23}^{ab}$
Критерий3	$v_3$	$q_{31}^{ab}$	$q_{32}^{ab}$	$q_{33}^{ab}$

3. Определение интегральной оценки. Вычислите интегральные оценки объектов методом аддитивной свертки, используя формулу средневзвешенного арифметического:

$$q(x_j) = \sum_{i=1}^m v_i q_i(x_j), j = \overline{1, n}$$

Вычислите интегральные оценки объектов методом мультипликативной свертки, используя формулу средневзвешенного геометрического:

$$q(x_j) = \prod_{i=1}^m (q_i(x_j))^{v_i}, j = \overline{1, n}$$

Вычислите интегральные оценки объектов методом идеальной точки, используя формулу взвешенной суммы расстояний от идеальной точки:

$$q(x_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^m v_i (q_i(x_0) - q_i(x_j))^2}, j = \overline{1, n}$$

Идеальным значением по каждому критерию является наилучшее значение. Учитывая, что все оценки нормированы, т.е. находятся в интервале  $[0, 1]$ , наилучшим значением можно считать 1:  $q_i(x_0) = 1$ . Внесите результаты

оценки объектов различными методами в таблицу (таблица 10.3). Для каждого метода определите объект с наилучшей интегральной оценкой.

6. Составление отчета. В отчет должны войти:

- результаты измерения свойств с помощью номинальных шкал;
- результаты измерения свойств с помощью ранговых шкал;
- результаты измерения свойств с помощью шкал интервалов/отношений;
- результаты интеграции измерений.

## **Практическая работа № 11 Метод анализа иерархий**

**(4 часа)**

### **Тема 10. Методология системного анализа**

*Цель* : изучить принципы метода иерархий, произвести оценку и выбор объектов (услуг), 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. 11.1).

Таблица 11.1 – Критерии для построения матрицы парных сравнений

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

Задание Произвести выбор секретаря из девушек, подавших резюме.

*Методика выполнения*

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.11.1):



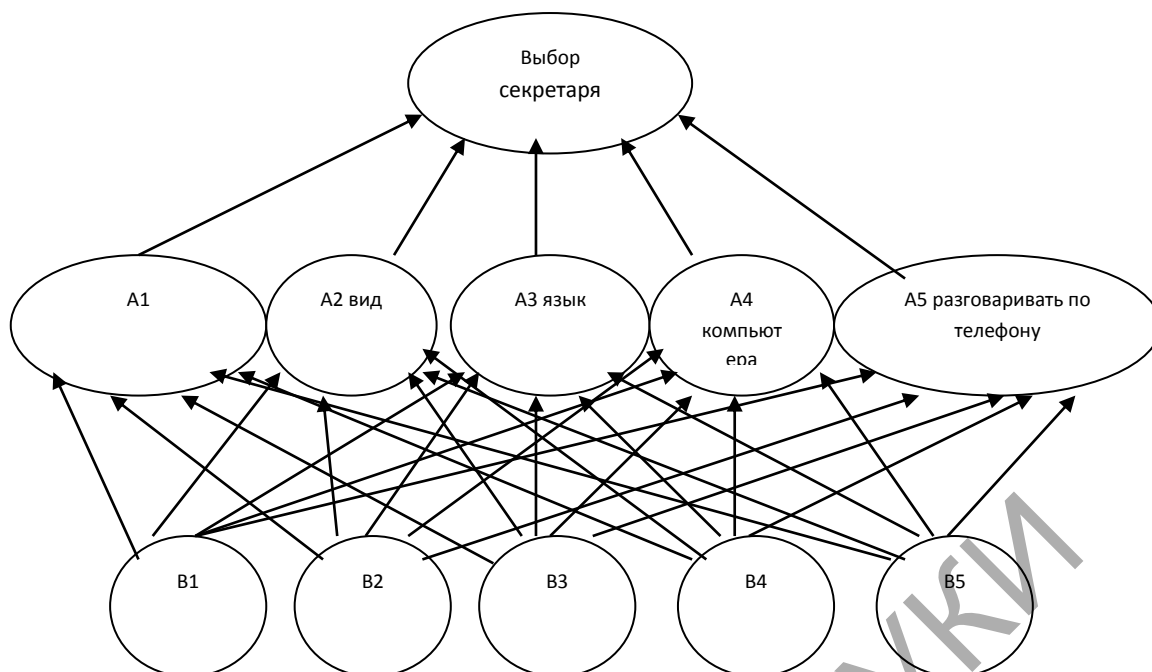


Рисунок 11.1 – Иерархия

Где:

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

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

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

Заполняем табл.11.2. Для этого попарно сравниваем критерий из строки с критерием из столбца по отношению к цели – выбору секретаря. Значения из шкалы относительной важности (табл. 11.1) вписываем в ячейки, образованные пересечением соответствующей строки и столбца.

Таблица 11.2 – Критерии для построения матрицы

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

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

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

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

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

Результаты заносим в табл. 11.3.

Таблица 11.3 – Результаты компонента «Внешность»

КРИТЕРИИ	Внешность	Язык	Делопр-во	Компьютер	Телефон	Оценки компонент собственного вектора	Нормализованные оценки вектора приоритета
Внешность	1	1/5	1/5	1/6	1/6	0,25654	0,04014
Язык	5	1	1/3	1/3	1/3	0,71226	0,11145
Делопр-во	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. 11.4):

Таблица 11.4 – Компонент  $L_{max}$  компонента «Внешность»

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.

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

$$Ис = (L_{\max} - n) / (n - 1)$$

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

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

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

3. Строим матрицу парных сравнений для альтернатив (девушек) по каждому критерию и рассчитываем оценки. Для этого строим матрицы размерностью 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. 11.1) вписываем в ячейки, образованные пересечением соответствующей строки и столбца.

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

Затем для каждой матрицы рассчитываем отношение согласованности и индекс согласованности. Расчеты приведены в табл. 11.5 – табл. 11.14.

### 3.1. Критерий «Внешность»

Таблица 11.5

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

Светлана	1/5	1/6	1	3	1/5	0,457305	0,063472
Галина	1/6	1/7	1/3	1	1/5	0,275507	0,038239
Жанна	4	1/2	5	5	1	2,186724	0,303506
Сумма						7,204876	

Рассчитаем  $L_{max}$ :

Таблица 11.6

Сумма по столбцам	9,3667	2,0095	17,3333	22,0000	3,6500	
Произведение суммы по столбцам и нормализованной оценки вектора приоритета	1,40986 3	0,8927 6	1,10017 4	0,84125 6	1,10779 7	Сумма ( $L_{max}$ ): 5,3518 5

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

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

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

### 3.2. Критерий «Знание языка»

Таблица 11.7

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

Рассчитаем  $L_{max}$ :

Таблица 11.8

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

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

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

### 3.3. Критерий «Делопроизводство»

Таблица 11.9

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

Рассчитаем  $L_{max}$ :

Таблица 11.10

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

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

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

### 3.4. Критерий «Знание компьютера»

Таблица 11.11

	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 11.12

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

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

Таблица 11.13

	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 11.14

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

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

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

#### 4. Рассчитаем вектор глобальных приоритетов.

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

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

Результаты заносим в табл. 11.15.

Таблица 11.15

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).

*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.

## **Практическая работа № 12 Алгоритм моделирования**

**(2 часа)**

### **Тема 11. Алгоритм моделирования**

*Цель:* получить практические навыки алгоритма моделирования на основе анализа состояния проблемосодержащей системы и ее окружения, а также в оформлении результатов с использованием инструментальных систем MS Visio и MS Excel.

#### **Задание 1 Анализ состояния системы и среды**

*Методика выполнения*

1. Выберите многофакторную проблему, возникшую в сложной системе. Примеры проблем:
  - низкая эффективность деятельности производственной системы (конкретной компании, предприятия);
  - низкая эффективность бизнес-процесса (производства продукции, оказания услуги, обслуживания клиента, поставки комплектующих, реализации продукции, логистики и т.д.);
  - недостаточный уровень развития информационно-коммуникационных технологий (в конкретной организации);



- недостаточный уровень развития определенной сферы деятельности в регионе (сферы занятости, транспортной системы, энергетики, туризма, демографии и т.д.);

- наличие угроз безопасности (экологической, энергетической, общественной).

2. Соберите информацию, необходимую для анализа состояния проблемосодержащей системы:

- об окружении системы, о связях системы и среды;
- о требованиях к системе со стороны всех заинтересованных лиц;
- об аналогичных системах (например, об аналогичных процессах у конкурентов или состоянии исследуемой сферы в других регионах);
- об изменении состояния исследуемой системы за прошедшие периоды времени (например, за несколько предыдущих лет).

Информацию можно почерпнуть из литературных источников, публикаций в Интернете, законодательных, нормативно-правовых актов, знаний и опыта коллег и знакомых.

3. Постройте диаграмму взаимосвязи системы с окружающей средой.

Выделите подсистемы окружающей среды для выбранной проблемосодержащей системы. Это могут быть как подсистемы макросреды, т.е. факторы общественной жизни, оказывающие влияние на систему, так и подсистемы микросреды, т.е. организации и люди, непосредственно или опосредованно связанные с системой. Можете использовать стандартные основания декомпозиции:

- «Подсистемы макросреды» – технологическое, экономическое, географическое, социально-культурное, политико-правовое окружение;

- «Подсистемы микросреды» – вышестоящие организации, подведомственные организации, поставщики, партнеры, клиенты, конкуренты.

При выделении подсистем давайте как можно более конкретные наименования. Например, при выделении подсистем микросреды можно

указать конкретные организации-поставщики, вышестоящие органы, группы потребителей.

Определите взаимосвязи подсистем – информационные, материальные, финансовые, энергетические потоки.

Для построения диаграммы связи системы со средой в MS Visio можете воспользоваться трафаретом Basic Flowchart Shapes. Для отображения проблемосодержащей системы и подсистем среды можно использовать фигуру Process, для связи подсистем - Dynamic Connector. Каждой связи дайте наименование, указывающее, что конкретно передается в соответствующем потоке.

Дайте описание отдельных объектов диаграммы (проблемосодержащей системы, подсистем среды, связей между подсистемами). Для этого можно использовать фигуру Annotation.

Пример диаграммы взаимосвязи системы с окружающей средой приведен на рис. 12.1.

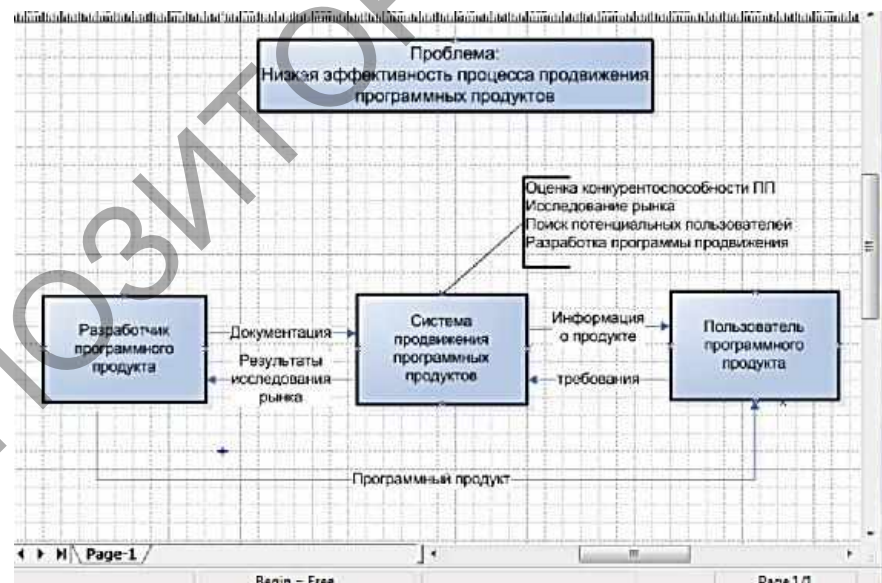


Рисунок 12.1 – Диаграмма взаимосвязи системы и среды

#### 4. Анализ требований акторов.

Определите, кто является основными заинтересованными сторонами (акторами, стейкхолдерами), причастными к решаемой проблеме. К ним могут относиться субъекты, входящие как в проблемосодержащую систему, так и во внешнюю среду. Например, для производственной системы это

могут быть потребители продукции, поставщики, вышестоящие органы, руководство компании, исполнители, собственники; для определенной сферы региона – население региона, органы государственного и муниципального управления и т.д.

Сформулируйте критерии, по которым акторы должны оценить уровень системы в сравнении с «идеалом». Критерии оценки для разных групп акторов могут быть разными. Например, пользователи оценивают результат деятельности системы и удобство взаимодействия с системой, собственники – финансовый результат, руководители – эффективность, исполнители – условия работы. Для каждого критерия необходимо выработать систему оценивания. Оценки могут быть представлены в лингвистическом виде ("да", "нет", "плохо", "хорошо", "устраивает", "не устраивает") или в виде баллов (по 5-, 10- 100-балльной шкале). Причем, лингвистическим значениям может быть сопоставлены определенные баллы для удобства обработки результатов опроса.

Придумайте, какие могут быть результаты опроса акторов. Результаты представьте в виде таблицы (рис.12.2). Таблицу можно создать с помощью элементов трафарета Charting Shapes, таких как Feature comparison или Grid. Другой путь – вставить таблицу MS Excel.

Время обработки заказа						
1 Клиенты						
2	Фактор	отл (5)	хор (4)	удовл(3)	плохо(2)	оч. плохо(1)
3	Качество услуги	5%	10%	40%	35%	10%
4	Время обработки заказа	25%	35%	25%	15%	0%
5	Удобство обслуживания	0%	15%	30%	40%	15%
6 Руководство						
7	Фактор	отл (5)	хор (4)	удовл(3)	плохо(2)	оч. плохо(1)
8	Затраты на обработку	35%	30%	25%	5%	5%
9	Время обработки заказа	5%	25%	30%	25%	15%

Рисунок 12.2 – Таблица результатов

Необходимо обработать результаты опроса для выявления обобщенного мнения. Если оценки представлены в баллах, можно применить метод аддитивной свертки, используя в качестве весовых коэффициентов долю опрошенных, давших соответствующую оценку. Например, на рис.12.2 видно, что доля опрошенных клиентов, давших оценку 5 – 0.05, оценку 4 – 0.1, 3 – 0.4, 2 – 0.35, 1 – 0.1. Обобщенная оценка:  $5*0.05 + 4*0.1 + 3*0.4 + 2*0.35 + 1*0.1 = 2.65$ . Обобщенные оценки можно поместить в таблицу в отдельной колонке.

По результатам анализа требований акторов сделайте выводы о наличии проблем.

Можно проранжировать проблемы по важности. Выводы могут быть отражены в таблице (в отдельной колонке) или помещены в текстовый блок.

Сравнительный анализ с аналогичными системами.

Выберите несколько систем, аналогичных исследуемой, которые будут являться базой для оценки уровня исследуемой системы. Например, для оценки уровня компании осуществляется сравнение показателей ее деятельности с показателями других фирм-лидеров, имеющих аналогичные

процессы. При оценке уровня развития определенной сферы региона сравниваются ее показатели с показателями в других регионах, в других странах, а также со средними значениями по стране, с мировым уровнем.

Для сравнения желательно использовать удельные показатели, например, затраты на 1 руб. объема отгруженной продукции, потребление энергоресурсов населением на 1 чел. и т.д. Помимо показателей с объективно измеряемыми значениями, могут использоваться и качественные параметры. В этом случае, их значения (например, в баллах) определяются экспертами. Вы сами также можете выступить экспертом.

Данные для сравнительного анализа представляются в виде таблицы и в виде гистограммы (столбиковой диаграммы данных). Пример создания гистограмм с помощью MS Excel приведен на рис. 12.3.

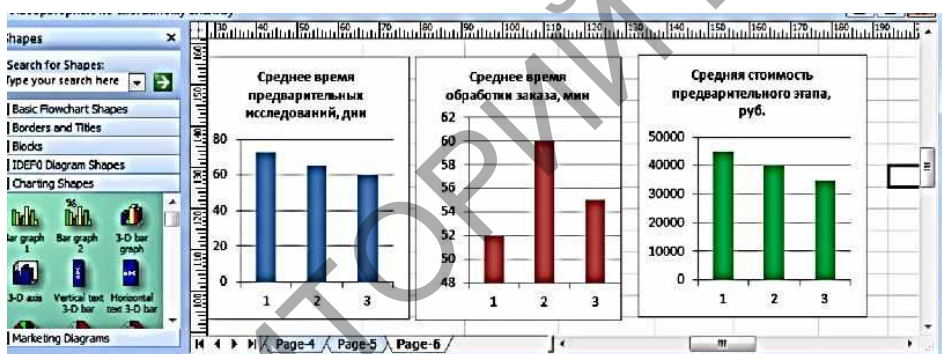


Рисунок 12.3 – Сравнение с аналогами

## 5. Ретроспективный анализ.

Задача ретроспективного анализа – выявить, как изменяются значения показателей деятельности системы с течением времени, определить тенденции изменения.

Необходимо выделить показатели (от одного до трех), динамику которых Вы хотите проанализировать. Это могут быть те же показатели, которые использовались при сравнении с аналогами (однако показатели обязательно должны быть количественными). Необходимо также определить предшествующие периоды времени (длительность временных промежутков и их количество), которые будут анализироваться. Например, можно

проанализировать ежегодные объемы продаж за последние пять лет или ежемесячные объемы за прошедший год или еженедельные объемы за предыдущий квартал.

Значения показателей деятельности системы за выбранные периоды нужно представить в виде таблицы. Затем для каждого показателя строится график изменения его значений и выделяется тренд. и времени. Для каждого показателя создайте график. Выделите тренд с помощью команды меню Макет – Анализ – линия тренда.

Для каждого из построенных трендов нужно определить его тип. Примеры типов трендов: возрастающая (убывающая) наклонная прямая; горизонтальная прямая; экспоненциальная возрастающая кривая и т.д. На основе выявленных типов трендов нужно сделать выводы о негативных и позитивных тенденциях. Выводы могут быть отражены в таблице (в отдельной колонке) или помещены в текстовый блок.

#### 6. Подведение итогов анализа.

В заключение нужно составить сводный список проблем, составляющих проблематику. Все проблемы, выявленные на основе анализа требований акторов, сравнительного анализа с аналогами, ретроспективного анализа, необходимо свести в единый список.

Дополнительно можете привести SWOT-матрицу, в которой отражены слабые и сильные стороны исследуемой системы, а также возможности и угрозы. Сильные и слабые стороны системы определяются на основе сравнительного анализа, а также на основе анализа требований акторов. Возможности и угрозы определяются на основе анализа окружающей среды. Хороший способ выявления возможностей - изучение аналогов, имеющих лучшие показатели. Угрозы могут выявляться и на основе ретроспективного анализа. Например, на основе выявленного тренда можно сделать прогноз, и если прогноз показывает ухудшение, то фиксируется угроза.

Для создания SWOT-матрицы в Visio имеется специальный элемент - SWOT в трафарете для схем маркетинга. Сохраните проект с помощью команды меню File – Save.

## **Задание 2 Структурный анализ системы**

### *Методика выполнения*

#### 1. Декомпозиция деятельности системы.

Декомпозируйте деятельность выбранной системы, используя стандартные основания декомпозиции:

- «Виды конечных продуктов» – процессы производства различных продуктов (оказания различных видов услуг);
- «Жизненный цикл основной деятельности» – маркетинг, проектирование и разработка продукта, материально-техническое снабжение (закупки); производство продукта (предоставление услуги); упаковка и хранение продукта; транспортировка и реализация.
- «Виды обеспечивающей деятельности» – обслуживание оборудования, обслуживание зданий, информационное обеспечение; управление персоналом, охрана труда и техника безопасности, PR-деятельность, финансовая деятельность, юридическое обеспечение.
- «Технологические этапы» – отдельные этапы основных или обеспечивающих процессов, предусмотренные технологией.

Можно использовать и нестандартные основания декомпозиции (ОД), предназначенные для конкретной системы. Например, для системы потребления энергоресурсов в регионе можно использовать ОД по видам энергоресурсов (электроэнергия, тепловая энергия, топливо) и ОД по сферам потребления (промышленность, транспорт, жилищный сектор).

Чтобы построить иерархию подсистем в Visio, откройте проект, созданный на предыдущей работе, и вставьте новую страницу с помощью команды меню Insert – New Page, либо создайте новый проект.

Загрузите трафарет Blocks (блоки) или Basic Flowchart (основная блок-схема). Для отображения подсистем можно использовать фигуру Box. Связи



между родительской и дочерними подсистемами можно рисовать с помощью элемента Multi-tree square. Для этого поместите данный элемент на лист, соедините конец, который не имеет разветвления (с зеленым маркером), с родительской подсистемой, разверните элемент, потянув за зеленый маркер, от которого начинается ветвление, соедините желтые маркеры с дочерними подсистемами (можно использовать желтый маркер, находящийся выше ветвления) (рис.12.4).

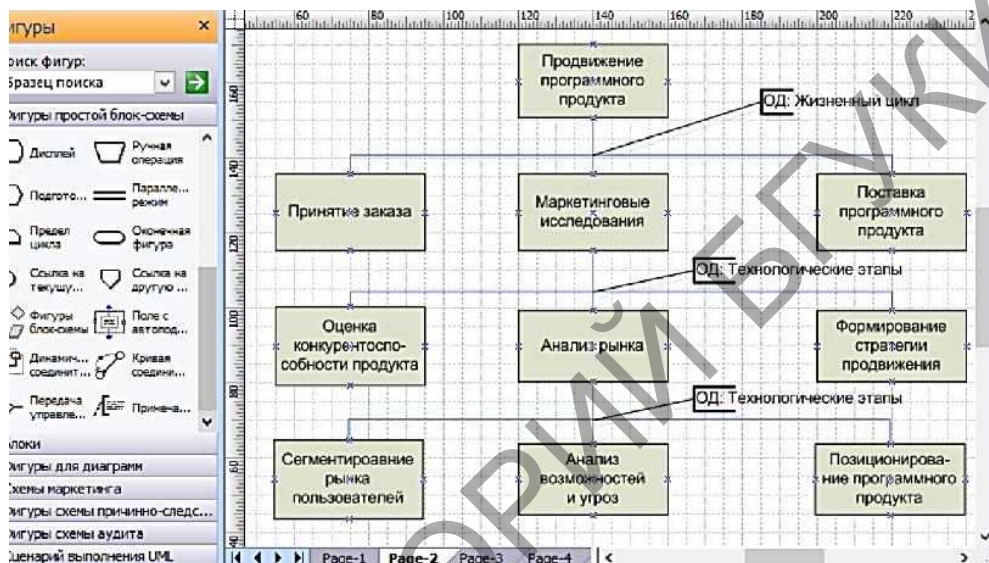


Рисунок 12.4 – Пример диаграммы

## 2. Выделение структурных элементов подсистем.

Для каждой из подсистем (для основных подсистем) необходимо выделить структурные элементы:

- предметы деятельности – элементы, подвергающиеся обработке, входы (сырье, материалы, комплектующие, заявка, входные данные);
- конечные продукты – результат преобразования, выходы (продукт, услуга, результаты обработки данных);
- исполнители – элементы, осуществляющие преобразование (люди, выполняющие деятельность, подразделения, организации);
- средства деятельности – элементы, используемые в процессе обработки (инструменты, станки, машины, средства связи, помещения);
- регламент деятельности – информация, как происходит преобразование (план, проект, инструкция).



Описание подсистем в виде списка элементов лучше всего представить в виде таблицы. Мастера таблиц хранятся в трафарете Charting Shapes (фигуры Feature comparison или Grid). Можно вставить таблицу MS Excel.

Подсистема	Предметы деятельности	Средства деятельности	Исполнители	Регламент деятельности	Конечный продукт
Принятие заказа	Заявка клиента	Компьютер, Word	Отдел по работе с клиентами	Регламент, каталог услуг	Оформленный заказ, договор
Маркетинговые исследования	Данные заказа, каталог фирм	Компьютер, Word	Отдел маркетинга	Регламент маркетинговых исследований	Маркетинговый отчет
Поставка программного продукта	Маркетинговый отчет, ПО	Компьютеры, спец. ПО	Отдел ПО	Инструкция по поставке ПО	Поставленное ПО

Рисунок 12.5 – Описание подсистем

### 3. Построение диаграмм взаимосвязи подсистем.

Для наглядности модели лучше отображать связи между подсистемами, полученными в результате декомпозиции одной материнской системы (подсистемы), на отдельной диаграмме. Сначала строится диаграмму взаимодействия подсистем второго уровня.

Для построения диаграммы можно использовать трафареты Blocks, Basic Flowchart. Изображение подсистемы может состоять из нескольких прямоугольников, объединенных в один блок, соответствующих наименованию подсистемы (функции) и отдельным структурным элементам (СД - средствам деятельности, И - исполнителям, РД - регламенту деятельности). Можно опустить некоторые структурные элементы. Входы (предметы деятельности) и выходы (конечные продукты) отображаются через связи с другими подсистемами и со средой. Связи лучше всего создавать с помощью элемента Dynamic Connector. Обязательно дайте наименования линиям связи. Для отображения внешнего актора можно использовать фигуру "Актор (Актер)" из трафарета Use case UML (Сценарий выполнения UML).

Для каждой подсистемы второго уровня можно создать отдельную

диаграмму взаимосвязей ее дочерних подсистем. Создайте хотя бы одну диаграмму для подсистем третьего уровня. Можете создать и диаграммы для четвертого уровня.

### **Задание 3 Анализ причин возникновения проблем**

#### *Методика выполнения*

#### 1. Сбор информации о причинах решаемой проблемы.

Соберите информацию (на основе поиска в статистических сборниках, в литературных источниках и Интернете, опроса экспертов, а также других лиц, причастных к анализируемой системе), необходимую для проведения причинного анализа:

- перечень причин неудовлетворительного состояния системы;
- причинно-следственные связи между факторами, являющимися причинами неудовлетворительного состояния системы.

#### 2. Построение диаграммы «рыбий скелет».

Откройте проект, созданный на предыдущей лабораторной работе, и вставьте новую страницу. Выберите одну из основных проблем, выявленных в ходе анализа среды и системы в целом или анализа состояния подсистем.

Для выбранной проблемы выделите факторы, влияющие на проблему (категории возможных причин ее возникновения). Примеры категорий:

- для производственных процессов:
- исполнители (персонал);
- машины и оборудование;
- материалы, сырье;
- используемые методы и технологии;
- окружающая среда;
- управление и т.д.

Используется, как правило, от трех до пяти факторов. По каждому из факторов сформулируйте причины, обусловившие появление выбранной проблемы. Представьте причины в виде диаграммы «рыбий скелет». Для ее создания в Visio имеется специальный трафарет Cause and Effect Diagram

Shapes. Он содержит все фигуры, необходимые для построения диаграммы: Effect (проблема), Category (категории для рисования как сверху от оси проблемы, так и снизу), Primary cause, Secondary cause (первичные и вторичные причины, изображаемые различными способами) (рис.12.6).

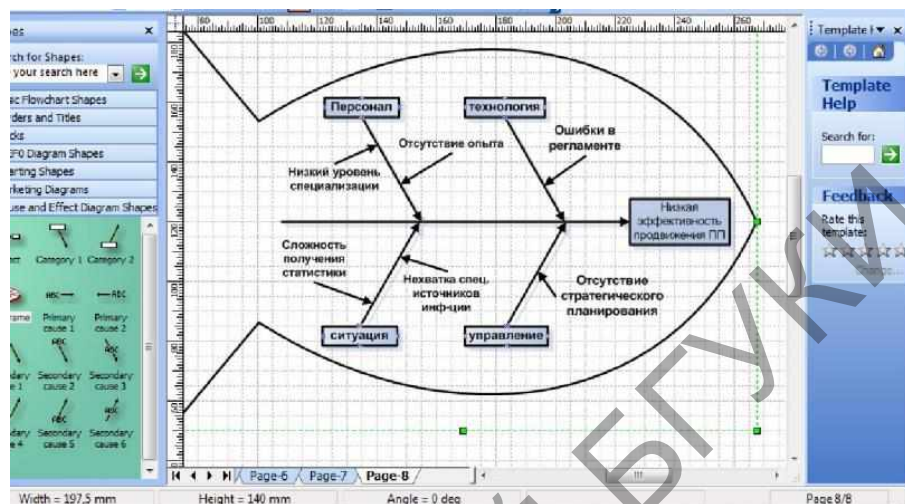


Рисунок 12.6 – Пример диаграммы

### 3. Построение дерева причин.

Дерево причин строится сверху вниз. Для основной проблемы выдвигаются "подпроблемы", являющиеся причинами ее появления. Для каждой из них также формулируются "подпроблемы" и так до тех пор, пока не будут достигнуты коренные причины.

Дерево причин позволяет объединить в единую систему все полученные ранее (на предыдущих лабораторных работах) результаты анализа.

Рекомендуется следующая структура дерева причин.

На верхнем уровне формулируется основная (глобальная) проблема, на втором уровне – основные проблемы, выявленные в ходе анализа состояния системы и среды (при выполнении лабораторной работы №1), на третьем уровне – проблемы, полученные в ходе структурного анализа (при выполнении лабораторной работы №2), на следующих уровнях - проблемы, выдвинутые при построении диаграмм «рыбий скелет» (связанные с основными факторами – людьми, методами, оборудованием, ...).

При этом в дерево могут включаться и не выявленные ранее проблемы. Дерево не обязательно должно иметь вид строгой иерархии, т.к. разные проблемы могут иметь одну и ту же причину.

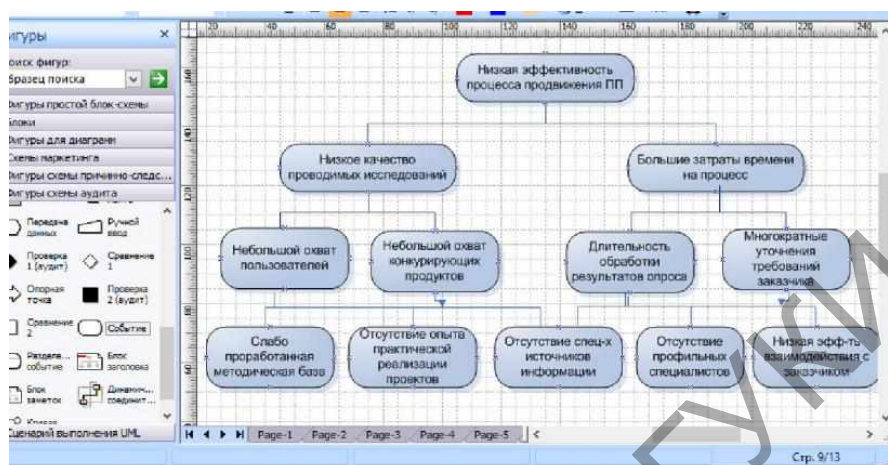


Рисунок 12.7 – Дерево причин

Для выявления причин возникновения той или иной проблемы можно провести мозговую атаку. Возможно, вам придется вернуться к структурному анализу и провести еще раз анализ состояний подсистем, при этом не обязательно использовать количественные показатели, можно проанализировать недостатки на качественном уровне. Причем причина проблемы может быть в отсутствии некоторых функциональных подсистем или в неэффективном их взаимодействии.

#### 4. Оценка важности коренных причин.

Составьте список коренных причин, выявленных на предыдущем шаге. Оцените важность причин одним из методов выявления и обобщения мнений экспертов (Дельфи, суммы мест, парных сравнений, непосредственной оценки, последовательного сравнения).

Результаты представьте либо в виде таблицы, либо в виде текстового блока. Сохраните проект с помощью команды меню File – Save.

### **Задание 4 Постановка целей и поиск решений**

#### *Методика выполнения*

1. Сформулируйте глобальную цель, отталкиваясь от формулировки изначально поставленной проблемы. Например, если проблема состоит в

неэффективности некоторого процесса, то целью является повышение эффективности данного процесса. Далее постройте дерево целей, последовательно декомпозируя сначала глобальную цель, затем цели второго уровня и т.д. При декомпозиции некоторой цели формулируются подцели, достижение которых обеспечивает достижение исходной цели. Нижний уровень составляют элементарные цели – достаточно конкретные задачи.

При формировании дерева целей можно использовать стандартные основания декомпозиции. В частности, для производственных систем может быть использована цепочка оснований: «конечные продукты» - «целеполагающие системы (акторы)» - «жизненный цикл производства» - «состав структурных элементов (ресурсов)» - «управленческий цикл».

Можно использовать последовательность, рекомендуемую в методе анализа иерархий (МАИ): «акторы» - «цели акторов» - «политики акторов» - «сценарии».

Полезно проанализировать дерево причин, построенное при выполнении предыдущей лабораторной работы, т.к. структура дерева целей может во многом повторять структуру дерева причин (проблеме сопоставляется цель, а причине – подцель) (рис.12.8).

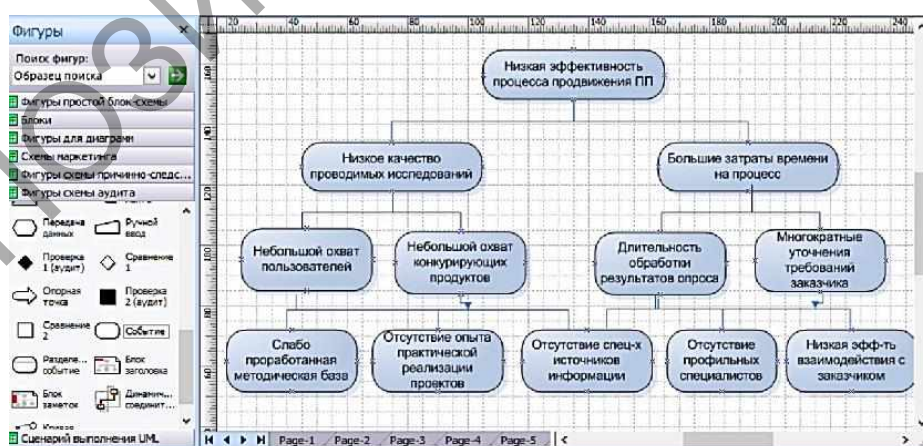


Рисунок 12.8 – Дерево причин

Для дальнейшей оценки целей по методу анализа иерархий (МАИ) необходимо, чтобы количество уровней для любой ветви дерева было одинаковым.

2. Построение матриц парных сравнений, определение локальных

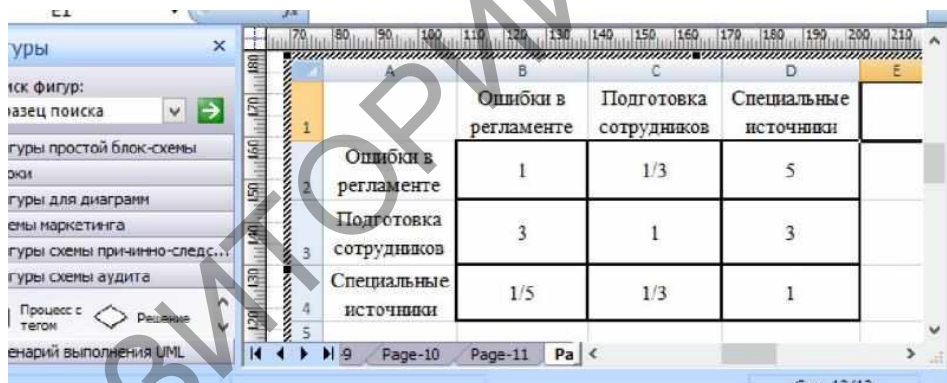


приоритетов.

Постройте матрицы парных сравнений для дерева целей, сформированного на предыдущем шаге. Каждой совокупности подцелей, полученных в результате декомпозиции одной цели, соответствует одна матрица.

Например, для иерархии, представленной на рис. 12.8, будут построены матрицы: для второго уровня – 1 матрица (2x2), для третьего уровня – 2 матрицы (3x3); для четвертого уровня – 5 матриц (2x2). При построении матриц используйте относительную шкалу от 1 до 9 (чем выше степень превосходства, тем больше балл). Матрицы должны быть обратносимметричными, по диагонали должны стоять единицы.

Матрицу можно создать с помощью либо с помощью MS Excel. Пример матрицы приведен на рис. 12.9.



	Ошибки в регламенте	Подготовка сотрудников	Специальные источники	
1	1	1/3	5	
2	3	1	3	
3	1/5	1/3	1	
4				
5				

Рисунок 12.9 – Пример матрицы

На основе каждой из построенных матриц парных сравнений формируются наборы локальных приоритетов, которые отражают относительную важность сравниваемых подцелей по отношению к вышестоящей цели.

На основе каждой из построенных матриц парных сравнений формируются наборы локальных приоритетов, которые отражают относительную важность сравниваемых подцелей по отношению к вышестоящей цели.

Вектор локальных приоритетов можно получить, перемножая элементы в каждой строке и извлекая корни  $n$ -й степени, где  $n$  – число элементов. Полученный таким образом столбец чисел нормализуется делением каждого числа на сумму всех чисел. Например, на основе матрицы, представленной на рис. 12.9, получим следующие значения для каждой из строк матрицы:

первая строка –  $\sqrt[3]{1 \cdot \left(\frac{1}{3}\right) \cdot 5} \approx 1,186$ , вторая строка –  $\sqrt[3]{3 \cdot 1 \cdot 3} \approx 2,08$ , третья

строка –  $\sqrt[3]{\frac{1}{5} \cdot \frac{1}{3} \cdot 1} \approx 0,405$ .

Если теперь поделить каждую из полученных компонент на их сумму, равную 3,671, то получим следующие нормализованные приоритеты: «Ошибки в регламенте» – 0,323, «Подготовка сотрудников» – 0,567; «Специальные источники» – 0,11.

Вы можете посчитать локальные приоритеты с помощью калькулятора, либо с помощью MS Excel.

### 3. Проверка согласованности матриц

Индекс согласованности обратносимметричной матрицы парных сравнений вычисляется по формуле:  $ИС = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ , где  $n$  – размерность матрицы (число сравниваемых элементов),  $\lambda_{\max}$  – наибольшее собственное значение матрицы.

Значение  $\lambda_{\max}$  может быть вычислено следующим образом. Суммируется каждый столбец матрицы, затем сумма первого столбца умножается на величину первой компоненты нормализованного вектора приоритетов, сумма второго столбца – на вторую компоненту и т.д. затем полученные числа суммируются. Например, для матрицы, приведенной на рис. 12.9:

$$\lambda_{\max} = ((1 + 3 + 0,2) \cdot 0,323 + (0,33 + 1 + 0,33) \cdot 0,567 + (5 + 3 + 1) \cdot 0,11) \approx 3,29$$

$$ИС = \frac{3,29 - 3}{2} = 0,145$$

Чтобы судить о согласованности матрицы, нужно сравнить вычисленный ИС с индексом, вычисленным для абсолютно не согласованной матрицы, полученной при случайном выборе суждений. В таблице 4.1 приведены средние значения случайной согласованности для матриц различной размерности.

Таблица 4.1 – Индексы согласованности для случайных матриц разного порядка

Размер матрицы	1	2	3	4	5	6	7	7	8	10
ИС <sub>случ</sub>	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Если разделить ИС на ИС<sub>случ</sub> для матрицы того же порядка, будет получено отношение согласованности (ОС). Для матрицы, приведенной на рис. 12.9,  $ОС = \frac{0,145}{0,58} = 0,25$   $ОС = 0,145 / 0,58 = 0,25$ .

Величина ОС должна быть порядка 10% или менее, чтобы быть приемлемой. Несогласованные матрицы необходимо скорректировать. Так, поскольку для матрицы, приведенной на рис. 4.2, ОС составляет 25%, ее необходимо скорректировать.

Вы можете посчитать  $\lambda_{\max}$ , ИС и ОС тремя способами – с помощью калькулятора или в MS Excel.

#### 4. Вычисление глобальных приоритетов.

Локальные приоритеты пересчитываются с учетом приоритетов направляемых элементов (вышестоящих целей). Глобальные приоритеты рассчитываются, начиная со второго уровня вниз.

Локальные приоритеты целей второго уровня умножаются на приоритет глобальной цели. Однако, учитывая, что вес единственной цели



самого верхнего уровня всегда равен единице, глобальные приоритеты целей второго уровня равны их локальным приоритетам.

Для определения глобального приоритета цели третьего уровня ее локальный приоритет «взвешивается», т.е. умножается на глобальный приоритет направляемого элемента (вышестоящей цели). Если направляемых элементов несколько, то находится сумма взвешенных приоритетов по всем направляемым элементам. Аналогичным образом определяются глобальные приоритеты целей следующего уровня. Процедура продолжается до самого нижнего уровня.

Вычислить глобальные приоритеты можно с помощью калькулятора, MS Excel или специализированных программ.

### **5. Оформление результатов, выводы.**

Отобразите на схеме дерева целей, построенной на шаге 1, вычисленные локальные и глобальные приоритеты. Локальные приоритеты помещайте возле линий, соединяющих блок с направляемым элементом (вышестоящей целью). Можете вписывать их как метки соединительных линий (метку можно выделить двойным щелчком на линии) или вставлять в виде текстовых блоков (можно использовать элемент Text block 8 pt трафарета Charting Shapes). Глобальные приоритеты поместите возле блоков. Для того, чтобы локальные и глобальные приоритеты отличались, сделайте их разного цвета (можно изменить не только цвет текста, но и цвет фона).

Пример того, как должна выглядеть иерархия целей после того, как на ней отобразили локальные и глобальные приоритеты, приведен на рис. 4.3.

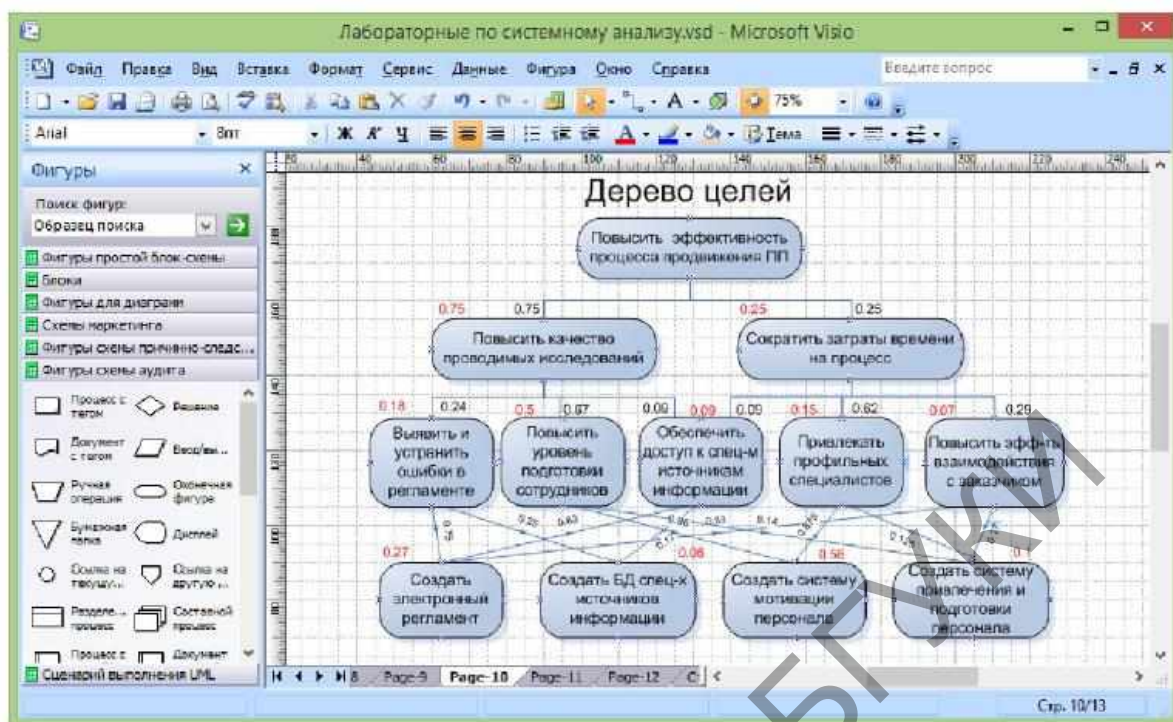


Рисунок 4.3 – Оформление результатов выявления приоритетов

По результатам сделайте выводы относительно того, по каким приоритетным направлениям должно идти устранение исходной проблемной ситуации. Можете подробнее описать наиболее приоритетные решения (задачи), размещенные на нижнем уровне дерева, – каким образом они должны быть реализованы.

Сохраните проект с помощью команды меню File – Save.

### **3.4 Тематика лабораторных работ**

Всего – 18 часов.

#### **Лабораторная работа № 1 Техническое задание**

##### **Тема 5. Системная инженерия**

(2 часа)

#### **Лабораторная работа № 2 Функциональное моделирование**

##### **Тема 12. Функциональное описание и моделирование систем и информационных процессов**

(2 часа)

#### **Лабораторная работа № 3 Морфологическое описание и моделирование систем**

##### **Тема 13. Морфологическое описание и моделирование систем и информационных процессов**

(2 часа)

#### **Лабораторная работа № 4 Моделирование диаграммы вариантов использования в среде Visual Paradigm**

##### **Тема 14. Объектно-ориентированный анализ и моделирование информационных процессов**

(4 часа)

#### **Лабораторная работа № 5 Моделирование диаграммы классов в среде моделирования Visual Paradigm**

##### **Тема 14. Объектно-ориентированный анализ и моделирование информационных процессов**

(4 часа)

#### **Лабораторная работа № 6 Моделирование диаграммы деятельности (активностей) для вариантов использования в среду Visual Paradigm**

##### **Тема 14. Объектно-ориентированный анализ и моделирование информационных процессов**

(4 часа)

### 3.5 Описание лабораторных работ

#### Лабораторная работа № 1 Техническое задание

(2 часа)

#### Тема 5. Системная инженерия

*Цель работы.* Научиться составлять техническое задание для разработки информационного ресурса, программного обеспечения.

#### Теоретическая часть

Основным стандартом в области построения и оформления технического задания к разработке программного обеспечения является ГОСТ 19.201-78 ЕСПД «Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению». (далее Стандарт) Данный Стандарт введен в действие с 01.01.1980 и является действующим на данный момент.

<http://nmo.basnet.by/documents/normative/standarts.php>

Согласно Стандарту техническое задание должно содержать следующие разделы:

- введение;
- основания для разработки;
- назначение разработки;
- требования к программе или программному изделию;
- требования к программной документации;
- технико-экономические показатели;
- стадии и этапы разработки;
- порядок контроля и приемки;
- приложения (является не обязательной составляющей).

Данная структура является базовой для разработки любого программного изделия, однако допускается расширения технического задания путем объединения отдельных разделов или же, наоборот, деления отдельных разделов на составляющие и подробное описание их.

#### *Содержание разделов технического задания*

1. Во «Введении» указывается наименование разработки, а также краткая характеристика области применения программы.

2. Раздел «Основание для разработки» включает наименование и выходные данные документа (или ряда документов) на основании которого ведется разработка. К выходным данным документа относится информация об организации, утвердившей данный документ, а также дата его утверждения и, при необходимости, условные обозначения темы разработки.

3. В «Назначении разработки» описывается функциональное и эксплуатационное назначение программного продукта.

4. Раздел "Требования к программе или программному изделию" должен содержать следующие подразделы:

- требования к функциональным характеристикам;
- требования к надежности;
- условия эксплуатации;
- требования к составу и параметрам технических средств;
- требования к информационной и программной совместимости;
- требования к маркировке и упаковке;
- требования к транспортированию и хранению;
- специальные требования.

4.1. В подразделе «Требования к функциональным характеристикам» должны быть указаны требования к составу выполняемых функций, организации входных и выходных данных, временным характеристикам и т.п.

4.2. В подразделе «Требования к надежности» должны быть указаны требования к обеспечению надежного функционирования (обеспечение устойчивого функционирования, контроль входной и выходной информации, время восстановления после отказа и т.п.).

4.3. В подразделе «Условия эксплуатации» должны быть указаны условия эксплуатации (температура окружающего воздуха, относительная влажность и т.п. для выбранных типов носителей данных), при которых должны обеспечиваться заданные характеристики, а также вид обслуживания,

необходимое количество и квалификация персонала.

4.4. В подразделе «Требования к составу и параметрам технических средств» указывают необходимый состав технических средств с указанием их основных технических характеристик.

4.5. В подразделе «Требования к информационной и программной совместимости» должны быть указаны требования к информационным структурам на входе и выходе и методам решения, исходным кодам, языкам программирования и программным средствам, используемым программой. При необходимости должна обеспечиваться защита информации и программ.

4.6. В подразделе «Требования к маркировке и упаковке» в общем случае указывают требования к маркировке программного изделия, варианты и способы упаковки.

4.7. В подразделе «Требования к транспортированию и хранению» должны быть указаны для программного изделия условия транспортирования, места хранения, условия хранения, условия складирования, сроки хранения в различных условиях.

5. В разделе «Требования к программной документации» должны быть указаны предварительный состав программной документации и, при необходимости, специальные требования к ней.

6. В разделе «Технико-экономические показатели» должны быть указаны: ориентировочная экономическая эффективность, предполагаемая годовая потребность, экономические преимущества разработки по сравнению с лучшими отечественными и зарубежными образцами или аналогами.

7. В разделе «Стадии и этапы разработки» устанавливают необходимые стадии разработки, этапы и содержание работ (перечень программных документов, которые должны быть разработаны, согласованы и утверждены), а также, как правило, сроки разработки и определяют исполнителей.

8. В разделе «Порядок контроля и приемки» должны быть указаны виды испытаний и общие требования к приемке работы.

9. В приложениях к техническому заданию, при необходимости, приводят:

- перечень научно-исследовательских и других работ, обосновывающих разработку;
- схемы алгоритмов, таблицы, описания, обоснования, расчеты и другие документы, которые могут быть использованы при разработке;
- другие источники разработки.

### **Задание 1 Разработка общих требований к сайту**

#### *Методика выполнения*

1. Указать в какой системе должен быть разработан сайт.

Сайт должен быть разработан с использованием системы управлением сайтами, например, 1С Bitrix. После окончания работ необходимо обеспечить возможность Заказчику самостоятельно вносить изменения (редактировать) в структуру и содержимое сайта.

2. Указать материалы, предоставляемые исполнителем по окончании работ.

По окончании работ Исполнитель обязан предоставить полностью функционирующий сайт, исходные графические материалы по дизайну, все необходимые данные для доступа к системе управления сайтом (аккаунты, пароли, адреса серверов и т.п.).

### **Задание 2 Разработка требований к дизайну сайта**

#### *Методика выполнения*

1. Обозначить характеристики дизайна сайта и среду для создания.

Дизайн должен быть выдержан в строгих и мягких тонах. Использовать преимущественно сине-голубые оттенки. Дизайн сайта должен быть выполнен с использованием языка HTML и CSS, при необходимости для создания отдельных графических элементов допустимо использование технологии FLASH.

2. Указать требования отображения сайта в браузерах.

Сайт должен корректно отображаться во всех современных браузерах.

### 3. Прописать требования к структуре сайта.

Необходимо создать структуру (шаблон) сайта, состоящую из следующих элементов:

1. «шапка» (хедер). В данном блоке необходимо расположить логотипы предприятия и герб города Полоцк, также название предприятия;
2. блок отображения меню главного меню сайта. Данный блок должен содержать перечень всех основных страниц. Требования к меню будут изложены далее. Меню должно поддерживать иерархическую структуру, дочерние элементы меню должны быть «выпадающими» (данный эффект необходимо создать с использованием языка JavaScript). Меню должно располагаться слева на сайте;
3. Блок отображения нескольких последних новостей;
4. Блок для входа зарегистрированных пользователей на сайт;
5. Блок отображения погоды;
6. «подвал» (футер) сайта. В данном блоке необходимо разместить краткую контактную информацию о предприятии;
7. Блок отображения различного рода графической информации (рекламные баннеры, изображения и т.п.). Данные блоки могут добавляться по мере необходимости.

### 4. Представить рисунком.





## Рисунок 1. 1 – Графическая схема шаблона сайта

5. Нарисовать карту географического расположения дочерних предприятий Заказчика.

Например, Карта должна представлять собой карту области, с выделенными по контуру и цветом административно-территориальными районами области. На карте должны быть отмечены населенные пункты, в которых располагается дочернее предприятие. Название каждого предприятия должно представлять собой ссылку на соответствующую страницу с подробным описанием данного предприятия.

Карта должна представлять собой изображение в одном из распространённых форматов (jpg, png и т.п.). Ссылки на страницы дочерних предприятий на карте должны быть реализованы в виде image map, т.е. с использованием HTML тега MAP.

6. Указать требования к функциональности сайта

Необходимо обеспечить возможность предоставлять пользователям информацию на английском и русском языках. Пользователь должен иметь возможность сменить локализацию (язык) сайта.

Сайт должен позволять пользователям:

1. осуществлять навигацию по сайту (переход между страницами);
2. скачивать (при наличии необходимых прав доступа) различного рода документы и файлы;
3. изменять язык сайта с русского на английский и наоборот;
4. выполнять вход на сайт как зарегистрированный пользователь для возможности просмотра конфиденциальной информации и/или добавления/редактирования содержимого сайта (при наличии соответствующих прав доступа).

Система управления сайтом должна позволять:

1. управлять страницами сайта (добавлять, удалять, изменять их содержимое);

2. управлять элементами меню;
3. добавлять/изменять/удалять новости на сайте;
4. загружать на сайт графический материал (фото-видео изображения, различные файлы и т.п.).

#### 7. Указать требования к содержимому сайта

Необходимо создать следующие страницы сайта: перечислить

1. главная страница сайта;
2. страница – «О нас»;
3. страница – «Контакты»;
4. страница – «История предприятия»;
5. страница – «Наш юбилей»;
6. страница дочернего предприятия \_\_\_\_\_;
- .....
31. страница – «Фото и видео»;
32. страница – «Публикации в СМИ»;
33. страница – «Карта сайта»;
34. страница входа зарегистрированных пользователей на сайт;
35. страница просмотра новостей сайта;

И т.д.

#### 8. Создать меню навигации по сайту.

Меню должно состоять из следующих элементов: перечислить нумерованным списком элементы страниц.

#### 9. Детально описать страницы сайта

##### Главная страница

Вначале данной страницы необходимо вставить изображение (фото) здания Заказчика (*использовать конкретное наименование*) и вводную информацию, описывающую назначение сайта и предприятия Заказчика. Фото здания и вводный текст будут предоставлены дополнительно.

Ниже вводной информации необходимо разместить карту географического расположения дочерних предприятий Заказчика. Требования к данной карте

были описаны в разделе данной ТЗ Требования к дизайну.

Ниже карты необходимо разместить список услуг, предоставляемых Заказчиком. Название каждой услуги должно быть в виде ссылки, ведущей на соответствующую страницу. Требования по каждой из подобных страниц будет представлено ниже. Список услуг будет представлен дополнительно.

Ниже списка услуг необходимо разместить информацию о видах деятельности, которыми занимается Заказчик. Список видов деятельности будет предоставлен дополнительно.

На главной странице сайта, а также на всех остальных страницах сайта, в «футере» (подвале) страницы необходимо разметить краткую контактную информацию и информацию о правообладании сайтом (авторском праве). Контактная информация будет предоставлена дополнительно.

Страница «О нас»

На данной странице необходимо разместить краткую информацию о предприятии Заказчика. Необходимая информация будет предоставлена дополнительно.

Ниже краткой информации о предприятии необходимо разметить изображения сертификатов и лицензий, полученных Заказчиком. Необходимые изображения будут предоставлены дополнительно.

Страница «Контакты»

На данной странице необходимо разместить контактную информацию Заказчика (адреса, телефоны и т.п.). Контактная информация будет представлена дополнительно.

Страница «История предприятия»

На данной странице необходимо разместить информацию об истории предприятия Заказчика. Информация об истории будет предоставлена дополнительно.

Страница «Наш юбилей»

На данной странице необходимо разместить информацию о 65-летнем юбилее Заказчика. Здесь будет размещен план торжественных мероприятий,

поздравления и т.п. Информация по данной странице будет предоставлена дополнительно.

И т.д.

10. Техническое задание согласовывается и подписывается сторонами Заказчика и исполнителя.

Техническое задание согласовано и принято в разработку.

От Исполнителя:

\_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

(Подпись)

М.П.

От Заказчика:

\_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

(Подпись)

М.П.

*Требование к отчету*

Отчет должен содержать титульный лист (рис.1.1), содержательную часть в соответствии с вариантом.

«Утверждаю»  
должность сотрудника кафедры ИТК  
\_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_ г.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**  
на разработку программного продукта  
«Учет успеваемости студентов института»

Минск, 202\_

**Рисунок 1.2 – Образец титульного листа технического задания**

**Лабораторная работа № 2 Функциональное моделирование  
(2 часа)**

**Тема 12. Функциональное описание и моделирование систем и  
информационных процессов**

*Цель:* изучить методологию функционального моделирования IDEF0,  
получить практические навыки в моделировании предметной области.

**Краткие теоретические сведения**

Модель – описание системы, отражающее определенную группу ее  
свойств.

Описание системы целесообразно начинать с трех точек зрения: функциональной, морфологической и информационной.

Всякий объект характеризуется результатами своего существования, местом, которое он занимает среди других объектов, ролью, которую он играет в среде. Функциональное описание необходимо для того, чтобы осознать важность системы, определить ее место, оценить отношения с другими системами.

Функциональное описание (функциональная модель) должно создать правильную ориентацию в отношении внешних связей системы, ее контактов с окружающим миром, направлениях ее возможного изменения.

Функциональное описание исходит из того, что всякая система выполняет некоторые функции: просто пассивно существует, служит областью обитания других систем, обслуживает системы более высокого порядка, служит средством для создания более совершенных систем.

В основе IDEF0 методологии лежит понятие блока, который отображает некоторую бизнес-функцию. Четыре стороны блока имеют разную роль: левая сторона имеет значение "входа", правая - "выхода", верхняя - "управления", нижняя - "механизма" (см. рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Функциональный блок

Взаимодействие между функциями в IDEF0 представляется в виде дуги, которая отображает поток данных или материалов, поступающий с выхода одной функции на вход другой. В зависимости от того, с какой стороной блока связан поток, его называют соответственно "входным", "выходным", "управляющим".

Принципы моделирования в IDEF0

В IDEF0 реализованы три базовых принципа моделирования процессов:

- принцип функциональной декомпозиции;
- принцип ограничения сложности;
- принцип контекста.

Принцип функциональной декомпозиции представляет собой способ моделирования типовой ситуации, когда любое действие, операция, функция могут быть разбиты (декомпозированы) на более простые действия, операции, функции. Другими словами, сложная бизнес-функция может быть представлена в виде совокупности элементарных функций. Представляя функции графически, в виде блоков, можно как бы заглянуть внутрь блока и детально рассмотреть ее структуру и состав.

Принцип ограничения сложности. При работе с IDEF0 диаграммами существенным является условие их разборчивости и удобочитаемости. Суть принципа ограничения сложности состоит в том, что количество блоков на диаграмме должно быть не менее двух и не более шести. Практика показывает, что соблюдение этого принципа приводит к тому, что функциональные процессы, представленные в виде IDEF0 модели, хорошо структурированы, понятны и легко поддаются анализу.

Принцип контекстной диаграммы. Моделирование делового процесса начинается с построения контекстной диаграммы. На этой диаграмме отображается только один блок – главная бизнес-функция моделируемой системы. Если речь идет о моделировании целого предприятия или даже крупного подразделения, главная бизнес-функция не может быть сформулирована как, например, "продавать продукцию". Главная бизнес-функция системы - это "миссия" системы, ее значение в окружающем мире. Нельзя правильно сформулировать главную функцию предприятия, не имея представления о его стратегии.

При определении главной бизнес-функции необходимо всегда иметь ввиду цель моделирования и точку зрения на модель. Одно и то же

предприятие может быть описано по-разному, в зависимости от того, с какой точки зрения его рассматривают: директор предприятия и налоговой инспектор видят организацию совершенно по-разному.

Контекстная диаграмма играет еще одну роль в функциональной модели. Она "фиксирует" границы моделируемой бизнес-системы, определяя то, как моделируемая система взаимодействует со своим окружением. Это достигается за счет описания дуг, соединенных с блоком, представляющим главную бизнес-функцию.

### **Задание 1 Разработка функциональной модели IDEF0**

#### *Методика выполнения*

В соответствии с вариантом задания разработать функциональную модель IDEF0. В модель должна состоять из:

1 Контекстной диаграммы, описывающей основную функцию проектируемой ИС, входную и выходную информацию, а также управление и механизмы. Кроме этого, контекстная диаграмма должна содержать точку зрения и цель моделирования.

2 Декомпозиции, уровень вложенности должен составлять не менее 7 уровней.

Количество функциональных блоков на каждом уровне должно соответствовать стандарту IDEF0 – и составлять от 3 до 6 блоков.

3 Для каждого блока указать длительность выполнения или трудозатраты.

4 Разработать глоссарий к модели.

### **Задание 2 Разработка документации к функциональной модели IDEF0**

#### *Методика выполнения*

В соответствии с вариантом задания и разработанной функциональной моделью IDEF0 разработать описание к функциональной модели. Данное



описание оформить как отчет к лабораторной работе. Пример диаграммы на рисунке 2.2.

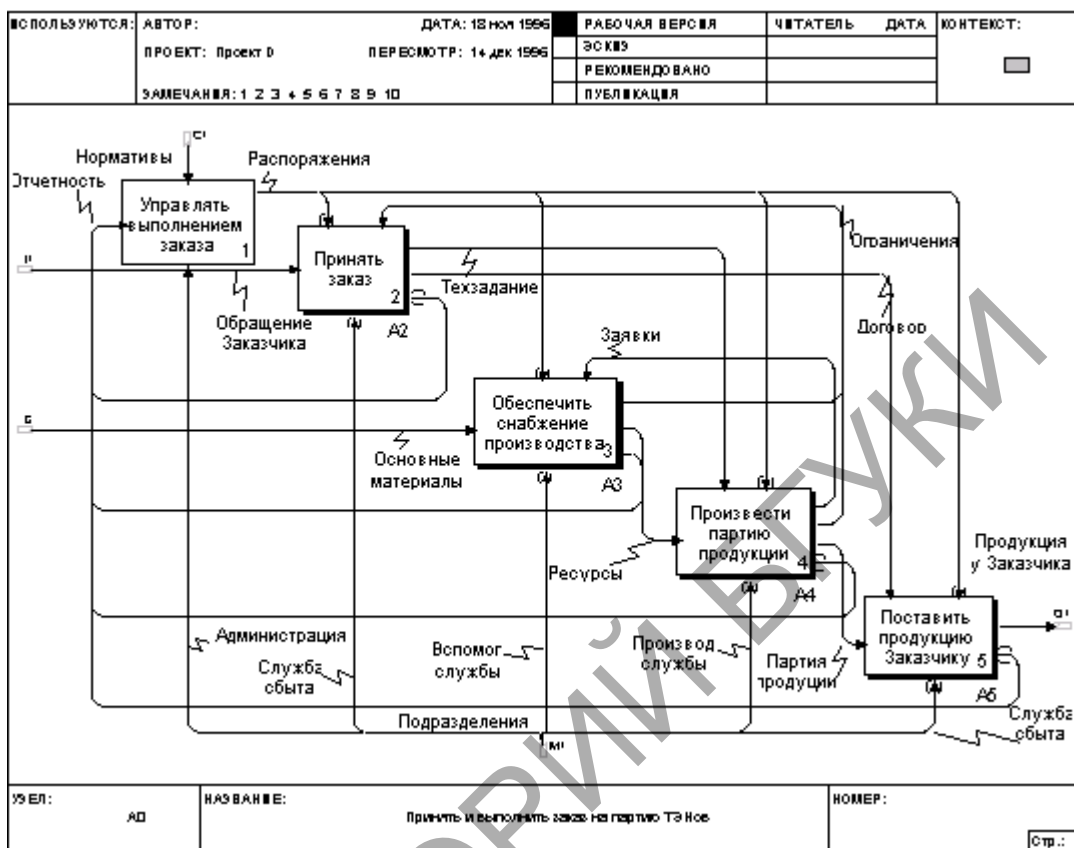


Рисунок 2.2 – Пример диаграммы

Функциональные Блоки на Диаграмме изображаются в виде прямоугольников, внутри которых записывается имя функции и номер Блок (в правом нижнем углу прямоугольника).

Блоки располагаются на Диаграмме согласно их степени важности (по мнению автора модели). При этом доминирующим является тот Блок, выполнение функции которого оказывает влияние на выполнение всех остальных функций, представленных на Диаграмме. К примеру, это может быть Блок, содержащий контролирующую или планирующую функцию, выходы которого являются управляющими для всех остальных функциональных Блоков Диаграммы.

Доминирующий Блок помещается, как правило, в верхнем левом углу листа Диаграммы, а наименее важный Блок — в правом нижнем углу. Таким

образом, ступенчатость Блоков на Диаграмме отражает мнение автора о доминировании одних Блоков относительно других.

Очень важно помнить, что доминирование блоков на диаграмме не задаёт чёткой временной зависимости операций.

Стороны Блока также имеют определенное значение. К левой границе Блока присоединяются входные Дуги, к верхней — управляющие Дуги, к правой — выходные Дуги, а к нижней — Дуги механизмов.

Дуги на IDEF0 Диаграмме изображаются в виде стрелок.

При IDEF0 моделировании используются пять типов взаимосвязей между Блоками, для описания их отношений.

Взаимосвязь по управлению, — когда выход одного Блока влияет (является управляющей) на выполнение функции в другом Блоке (рис.2.3).

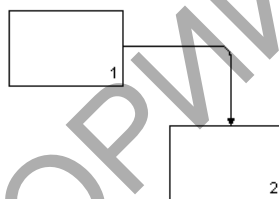


Рисунок 2.3 – Взаимосвязь по управлению

Взаимосвязь по входу, — когда выход одного Блока является входом для другого (рис.2.4).

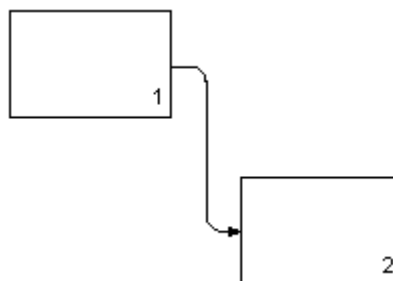


Рисунок 2.4 – Взаимосвязь по входу

Обратная связь по управлению, – когда выходы из одной функции влияют на выполнение других функций, выполнение которых в свою очередь влияет на выполнение исходной функции.

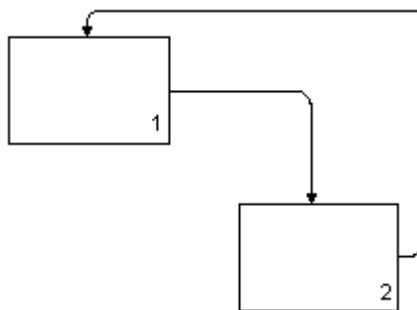


Рисунок 2.5 – Обратная связь по управлению

Обратная связь по входу, – когда выход из одной функции является входом для другой функции, выход которой является для него входом.

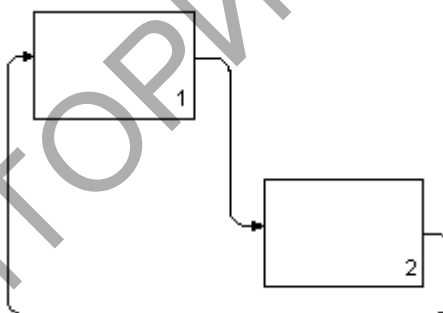


Рисунок 2.6 – Обратная связь по входу

Взаимосвязь «выход-механизм», – когда выход одной функции является механизмом для другой. Иначе говоря, выходная Дуга одного Блока является Дугой механизма для другого. Такой тип связи встречается редко и относится чаще всего к подготовительным операциям.

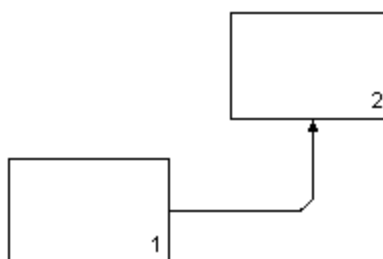


Рисунок 2.7 – Взаимосвязь «выход-механизм»

Поскольку содержание IDEF0 Диаграмм уточняется в ходе моделирования постепенно, Дуги на Диаграммах редко изображают один объект. Чаще всего они отображают определенный набор объектов и могут иметь множество начальных точек (источников) и определенное количество конечных точек (приемников). В ходе разработки графической Диаграммы для отражения этой особенности используют механизм разветвления/слияния Дуг. Это позволяет не только уточнить с использованием Замечаний содержание каждой ветви разветвленной Дуги (потока объектов), но и более точно описать из каких наборов объектов состоит входящая в функциональный Блок Дуга, если она получена путем слияния.

*Пример*

Отдел контроля, созданный для оценки эффективности управления и функционирования библиотеки (с равным успехом, можно было бы также рассмотреть отдел финансового контроля на некотором предприятии, налогового контроля и т.п.).

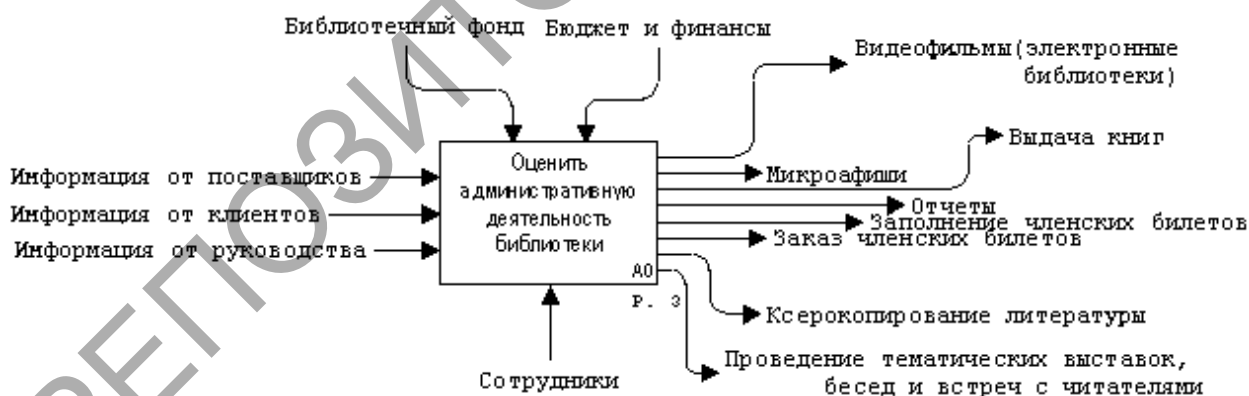


Рисунок 2.8 – Диаграмма верхнего уровня А-0, отражающая целевую функцию системы

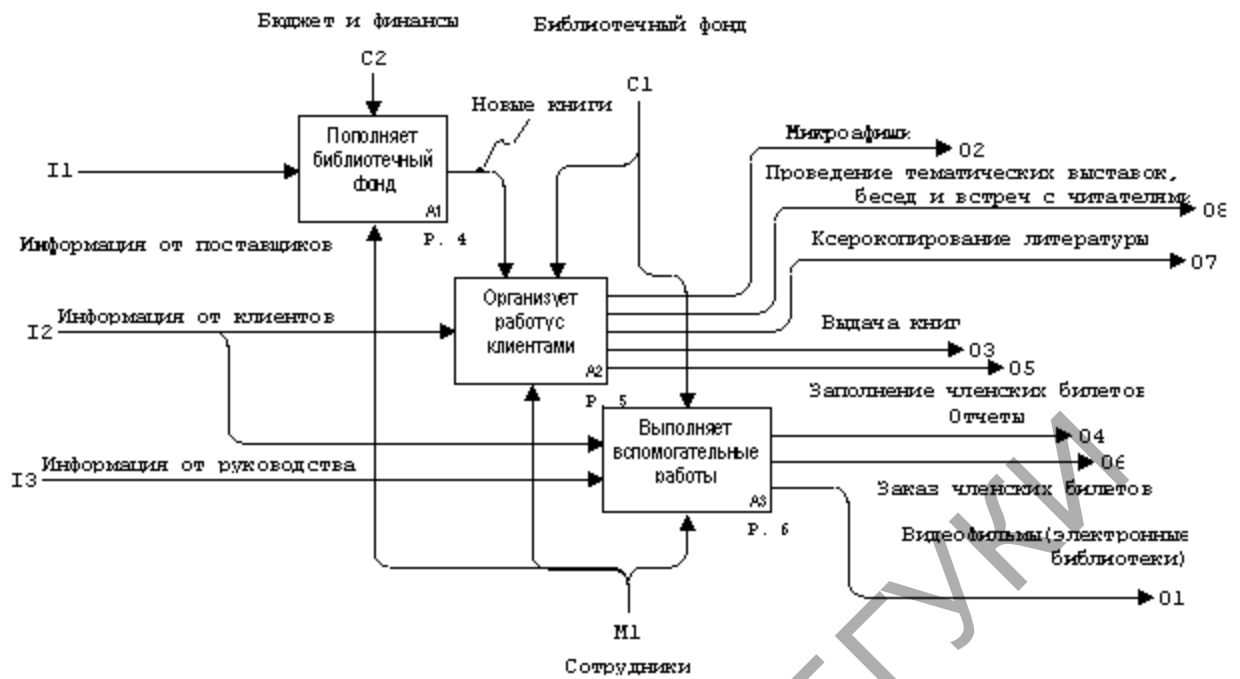


Рисунок 2.9 – Диаграмма A0, отражающая декомпозицию целевой функции на основные функции A1, A2, A3

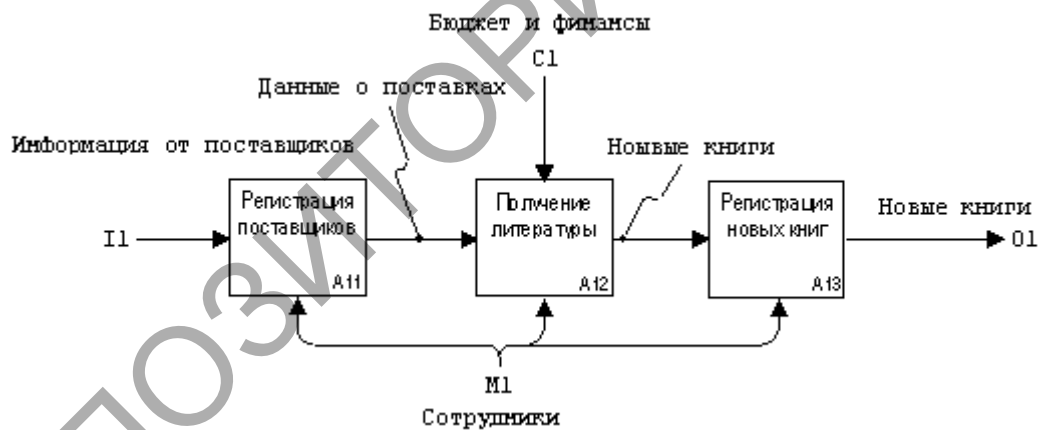


Рисунок 2.10 – Декомпозиция блока A1

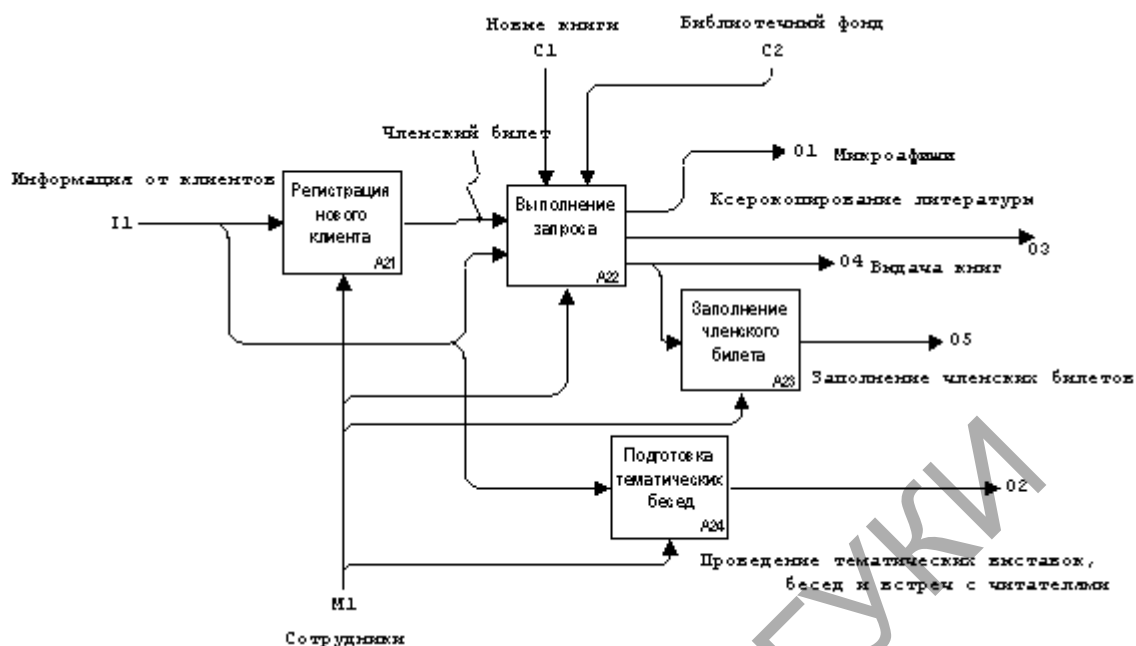


Рисунок 2.11 – Декомпозиция блока А2

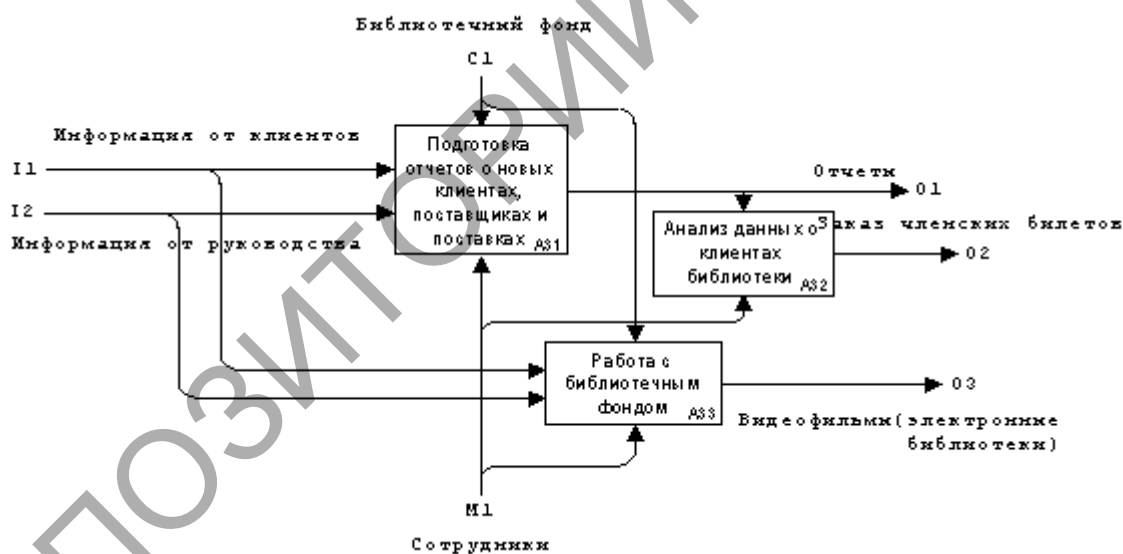


Рисунок 2.12 – Декомпозиция блока А3

### *Требования к содержанию и оформлению отчета*

Отчет должен быть продемонстрирован в электронной форме.

В отчете должна быть представлена функциональная модель системы (полностью), а также описание модели.

Титульный лист отчета должен содержать всю информацию, необходимую для однозначной идентификации авторов и работы.

Для этого на титульном листе указывают название дисциплины, тему и номер работы, вариант задания, номер группы, фамилии и инициалы студентов.

#### Контрольные вопросы

1. Опишите, для чего используется функциональное моделирование.
2. Приведите примеры, где применяется функциональное моделирование IDEF0.
3. В каких областях функциональное моделирование не применимо?
4. Зачем нужен глоссарий к модели?
5. Как выполняется ABC анализ на основе функционального моделирования?
6. Дайте определение понятию «цель». Как Вы понимаете отличие цели от функции?
7. Дайте определение понятию «дерево целей».
8. Перечислите правила построения «дерева целей».
9. В чем разница между моделью, построенной по принципу «дерева целей», и моделью процесса?

### **Лабораторная работа № 3 Морфологическое описание и моделирование систем**

**(2 часа)**

#### **Тема 13. Морфологическое описание и моделирование систем и информационных процессов**

*Цель:* Освоить приемы морфологического анализа.

#### **Теоретические сведения**

Морфологическое описание иерархично. Конфигурация морфологии дается на стольких уровнях, сколько их требуется для создания представления об основных свойствах системы.

Целями структурного анализа являются:

- разработка правил символического отображения систем;

- оценка качества структуры системы;
- изучение структурных свойств системы в целом и ее подсистем;
- выработка заключения об оптимальности структуры системы и рекомендаций по дальнейшему ее совершенствованию.

В структурном подходе можно выделить три этапа:

- определение состава системы, т.е. полное перечисление ее подсистем, элементов,
- определение связей и
- определение отношений между ними.

Определение состава системы

Изучение морфологии системы начинается с элементного состава. Он может быть:

- гомогенным (однотипные элементы);
- гетерогенным (разнотипные элементы) и
- смешанным.

Однотипность не означает полной идентичности и определяет только близость основных свойств.

Гомогенности, как правило, сопутствует избыточность и наличие скрытых (потенциальных) возможностей, дополнительных резервов.

Гетерогенные элементы специализированы, они экономичны и могут быть эффективными в узком диапазоне внешних условий, но быстро теряют эффективность вне этого диапазона.

Важным признаком морфологии является назначение (свойства) элементов. Различают элементы:

- информационные;
- энергетические;
- вещественные.

Следует помнить, что такое деление условно и отражает лишь преобладающие свойства элемента. В общем же случае, передача



информации не возможна без энергии, перенос энергии не возможен без информации.

Информационные элементы предназначены для приема, запоминания (хранения), преобразования и передачи информации. Преобразование может состоять в изменении вида энергии, которая несет информацию, в изменении способа кодирования (представления в некоторой знаковой форме) информации, в сжатии информации путем сокращения избыточности, принятия решений и т.д.

Различают обратимые и необратимые преобразования информации.

Обратимые не связаны с потерей (либо созданием новой) информации. Накопление (запоминание) является обратимым в том случае, если не происходит потерь информации в течение времени хранения.

Преобразование энергии состоит в изменении параметров энергетического потока. Поток входной энергии может поступать извне, либо от других элементов системы. Выходной энергетический поток направлен в другие системы, либо в среду. Процесс преобразования энергии, естественным образом, нуждается в информации.

Процесс преобразования вещества может быть механическим (например, штамповка), химическим, физическим (например, резка), биологическим. В сложных системах преобразование вещества носит смешанный характер.

В общем случае, следует иметь в виду, что любые процессы, так или иначе, приводят к преобразованию вещества, энергии и информации.

Определение связей

Морфологические свойства системы существенно зависят от характера связей между элементами.

Понятие связи входит в любое определение системы. Оно одновременно характеризует:

строение (статику), и

функционирование (динамику) системы.

Связи обеспечивают возникновение и сохранение структуры и свойств системы. Выделяют

информационные,

вещественные и

энергетические связи,

определяя их в том же смысле, в каком были определены элементы.

Качество связи определяется ее пропускной способностью и надежностью.

Характер связи определяется удельным весом соответствующего компонента (или целевой функцией).

Связь характеризуется:

· направлением:

– направленные и

– ненаправленные,

– силой:

– сильные и

– слабые,

· видом:

– подчинения (например, связи «род-вид», «часть-целое»),

– порождения или генетические (например, «причина-следствие»),

– равноправные и

– связи управления,

· местом приложения:

– внутренние и

– внешние,

· направленностью процессов:

– прямые,

– обратные,

– нейтральные

Прямые связи предназначены для передачи вещества, энергии, информации или их комбинаций от одного элемента другому в соответствии с последовательностью выполняемых функций.

Очень важную роль, как мы уже знаем, играют обратные связи – они являются основной саморегулирования и развития систем, приспособления их к изменяющимся условиям существования. Они в основном служат для управления процессами и наиболее распространены информационные обратные связи.

Нейтральные связи не относятся к функциональной деятельности системы, непредсказуемы и случайны. Однако нейтральные связи могут сыграть определенную роль при адаптации системы, служить исходным ресурсом для формирования прямых и обратных связей, являться резервом.

Морфологическое описание может

- включать указания на наличие и вид связи,
- содержать общую характеристику связи, либо их качественные и количественные оценки.

Морфологические свойства структуры характеризуются

- временем установления связи между элементами и
- пропускной способностью связи.

При наличии количественных характеристик связей можно доказать, что множество элементов структуры образует нормальное метрическое пространство. Следовательно, в нем можно определить метрику (понятие расстояния). Для решения некоторых задач целесообразно введение метрики в структурном пространстве.

Определение отношений

Структурные свойства систем определяются характером и устойчивостью отношений между элементами. По характеру отношений между элементами структуры делятся на:

- многосвязные,
- иерархические,

- смешанные.

По уровню устойчивости структуры делят на

- детерминированные;
- вероятностные;
- хаотические.

Детерминированные структуры наиболее устойчивы. В них отношения либо постоянны, либо изменяются во времени по детерминированным законам.

Вероятностные структуры изменяются во времени по вероятностным законам.

Хаотические структуры характерны отсутствием ограничений. Элементы в них вступают в связь в соответствии с индивидуальными свойствами.

Структура играет основную роль

- в формировании новых свойств системы, отличных от свойств ее компонентов,
- в поддержании целостности и устойчивости ее свойств по отношению к изменению элементов системы в некоторых пределах.

Важными структурными компонентами являются отношения координации и субординации.

Координация выражает упорядоченность элементов системы «по горизонтали». Здесь идет речь о взаимодействии компонент одного уровня организации.

Субординация – «вертикальная» упорядоченность подчинения и субподчинения компонент. Здесь речь идет о взаимодействии компонент различных уровней иерархии.

Иерархия (hiezosazche – священная власть, греч.) – это расположение частей целого в порядке от высшего к низшему. Термин «иерархия» (многоступенчатость) определяет упорядоченность компонентов системы по степени важности.

Сильная иерархия (иерархия типа «дерево») – такая иерархия, в которой задано взаимоотношение строгого подчинения компонент нижележащего уровня одному из компонент вышележащего уровня, т.е. отношения древовидного порядка.

Иерархические структуры со слабыми связями - такая иерархия, в которой элементы нижнего уровня могут быть в отношении подчинения с несколькими элементами верхнего уровня или заданы взаимоотношения не только между уровнями, но и в пределах одного уровня иерархии.

Для иерархических структур характерно наличие управляющих и исполнительных компонент. Могут существовать компоненты, являющиеся одновременно и управляющими и исполнительными.

Различают строго и нестрого иерархические структуры.

Система строгой иерархической структуры имеют следующие признаки:

- в системе имеется один главный управляющий компонент, который имеет не менее двух связей;
- имеются исполнительные компоненты, каждый из которых имеет только одну связь с компонентом вышележащего уровня;
- связь существует только между компонентами, принадлежащим двум соседним уровням, при этом компоненты низшего уровня связаны только с одним компонентом высшего уровня, а каждый компонент высшего уровня не менее, чем с двумя компонентами низшего.

Как правило, наличие иерархии является признаком высокого уровня организации структуры, хотя могут существовать и не иерархические высокоорганизованные системы.

В функциональном отношении иерархические структуры более экономичны.

Для не иерархических структур не существует компонент, которые являются только управляющими или только исполнительными. Любой компонент взаимодействует более чем с одним компонентом.

мешанные структуры представляют собой различные комбинации иерархических и неиерархических структур.

Лидирующая подсистема

Введем понятие лидерства.

Лидирующей называется подсистема, удовлетворяющая следующим требованиям:

подсистема не имеет детерминированного взаимодействия ни с одной подсистемой;

подсистема является управляющей (при непосредственном или опосредованном взаимодействии) по отношению к части (наибольшему числу подсистем);

· подсистема либо не является управляемой (подчиненной), либо управляется наименьшим (по сравнению с другими) числом подсистем.

Лидирующих подсистем может быть больше одной. При нескольких лидирующих подсистемах возможна главная лидирующая подсистема.

Подсистема высшего уровня иерархической структуры должна быть главной лидирующей. Если же этого нет, то предполагаемая иерархическая структура либо неустойчива, либо не соответствует истинной структуре системы.

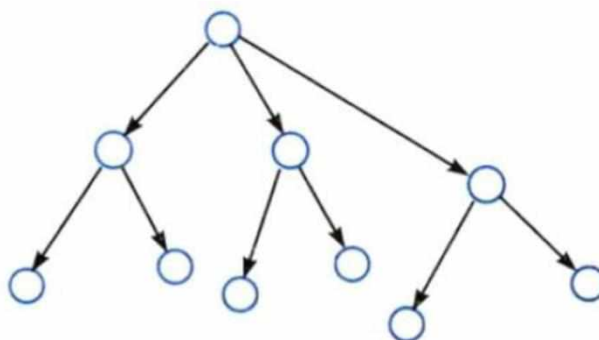


Рисунок 3.1 – Граф

Дерево (рис. 3.1) – это ориентированный граф, хотя при его изображении не всегда рисуются стрелки. Обычно вершины дерева располагаются по уровням сверху вниз. Дуги направлены от верхних вершин к нижним. Каждая вершина может быть связана с одной вершиной верхнего уровня (исходной) и множеством вершин нижнего уровня (порожденными). Такая связь называется «один ко многим». Единственная вершина самого верхнего уровня называется корнем дерева. Вершины самого нижнего уровня, у которых нет порожденных вершин, называются листьями дерева. Дерево является связным графом. Это значит, что между любыми двумя вершинами имеется хотя бы один путь, связывающий их между собой. В дереве отсутствуют петли – замкнутые траектории связей. Поэтому маршрут перемещения по дереву между любыми двумя вершинами всегда является единственным.

Главное отличие подхода к изучению любого объекта как системы состоит в том, что исследователь не ограничивается рассмотрением и описанием только вещественной и энергетической его сторон, но и (прежде всего) проводит исследование его информационных аспектов:

- целей,
- информационных потоков,
- управления,
- организации и т.д.

Создание новых и совершенствование существующих объектов (систем) зависят от решения вопросов, позволяющих

- анализировать имеющуюся информацию,
- отсеивать ее избыточную часть,
- выделять основную,
- производить оценку и
- обеспечивать формирование альтернатив для принятия решений.

**Задание Морфологическое описание системы**

### Порядок выполнения работы

Пример 1. Город Москва основан в 1147 году, город Санкт-Петербург основан в 1703 году. Расстояние от Москвы до Санкт-Петербурга 713 км. Год основания города Тверь 1135 год, расстояние от Москвы до Твери 175 км. Ярославль основан в 1010 год, расстояние от Москвы до Ярославля 272 км. Город Смоленск основан в 863 году, а расстояние от Москвы до Смоленска 400 км.

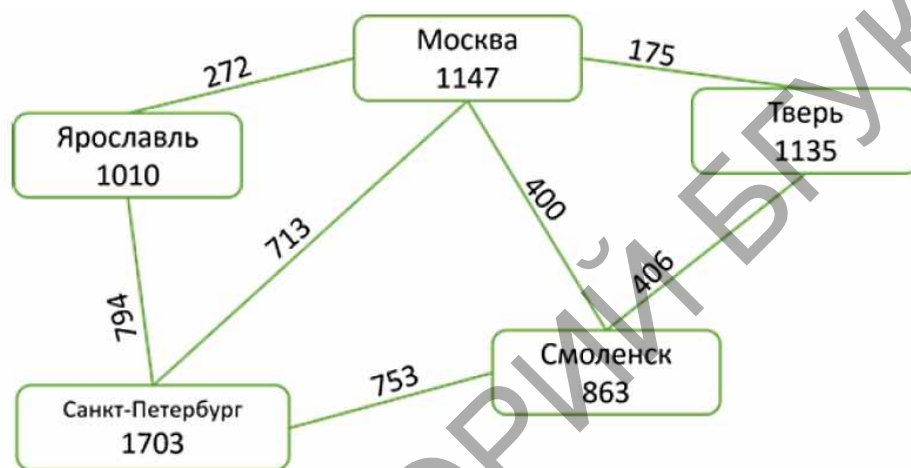


Рисунок 3.2 – Взвешенный граф

Пример 2. Рассмотрим вид графа с циклами, то есть граф, в цепи которого начальная и конечная вершины совпадают.

Построим граф по отрывкам из сказки о царе Солтане.

К морю лишь подходит он,

Вот и слышит будто стон...

Бьётся лебедь средь зыбей,

Коршун носится над ней;

Но как раз стрела запела,

В шею коршуна задела —

Коршун в море кровь пролил,

Лук царевич опустил;

Смотрит: коршун в море тонет

И не птичьим криком стонет,



Лебедь около плавёт,  
 Злого коршуна клюёт,  
 И царевичу потом  
 Молвит русским языком...  
 Вот открыл царевич очи;  
 Отрясая грёзы ночи  
 И дивясь, перед собой  
 Видит город он большой,  
 Мать и сын идут ко граду.  
 Лишь ступили за ограду,  
 Пышный двор встречает их;  
 Все их громко величают  
 И царевича венчают  
 Княжий шапкой, и главой  
 Возглашают над собой...  
 И так далее.



Рисунок 3.3 – Граф с циклами

Пример 3.

Дерево – это граф с иерархической системой, где Иерархия – это структура распределения частей целого от высшего к низшему. А

Иерархическая система – это система, части которой находятся в определённых отношениях. К отношениям иерархической системы относятся

«является разновидностью», «входит в состав» и другие «отношения подчинённости».



Рисунок 3.4 – Иерархический граф

Рассмотрим иерархическую систему фирмы, которая, например, занимается реализацией техники. Здесь будет такая система подчинённости: генеральный директор - самый главный человек и владелец фирмы, ему подчиняются директора магазинов, которые руководят работой администраторов, ну а тем, в свою очередь, подчиняются продавцы.



Рисунок 3.5 – Граф подчиненности (фирмы)

Рассмотрим систему, связанную системой подчинённости «входят в состав». Она имеет иерархическую структуру. Например, изобразим следующий граф иерархической системы:

Периодическая система элементов в неё состав входят металлы и неметаллы. В свою очередь металлы делятся на 2 группы – группа 1 и группа 2, неметаллы делятся также на 2 группы – группа 5 и группа 6 и так далее. В отличие от остальных графов дерево не содержит циклов и петель, так как между любыми двумя его вершинами существует только один путь.

Так же у графа «Дерево» выделяется главная вершина, которая называется корень дерева. У любой вершины дерева могут быть потомки. А вершины, у которых нет потомков, называются листьями.



Рисунок 3.6 – Иерархический граф подчиненности

Следующий вид древовидного графа с отношением «является разновидностью» применяется для представления классификации объектов.

Например, разновидностями отряда «Насекомые» являются: Прямокрылые к ним относятся кузнечики, сверчки. Полужесткокрылые – к ним относятся клопы, Чешуекрылые к ним относятся бабочки и Стрекозы.

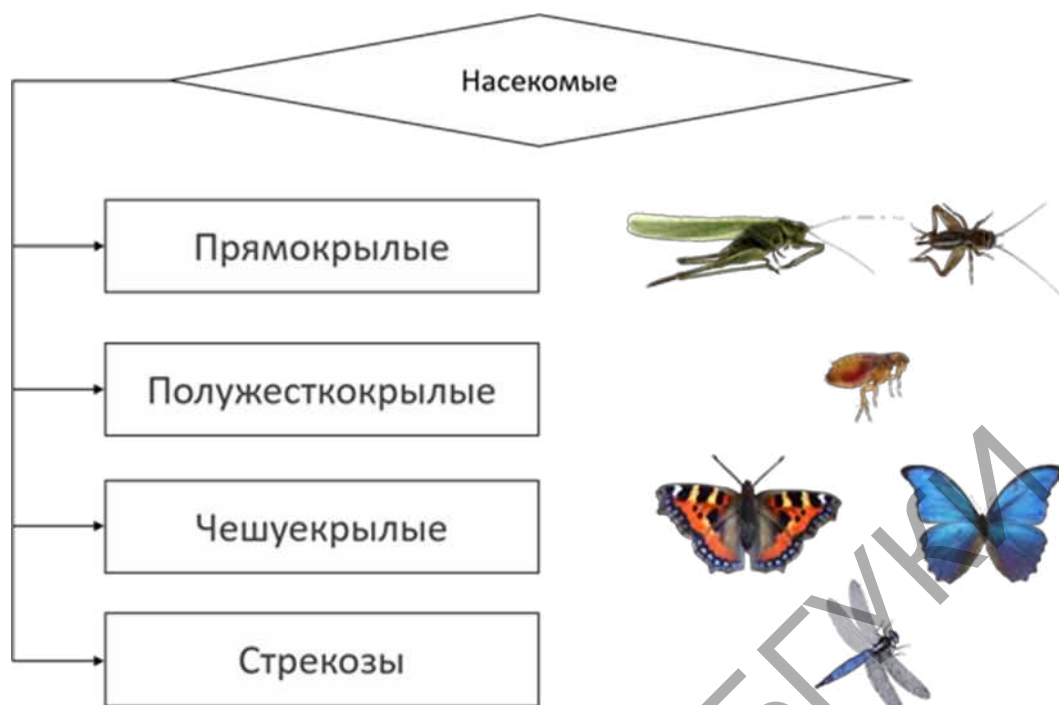


Рисунок 3.7 – Граф с разновидностью

#### Составление когнитивных схем

При системном анализе систем удобным инструментом их изображения является инструментарий когнитивной структуризации. Цель когнитивной структуризации – формирование и уточнение гипотезы о функционировании исследуемой системы, т.е. структурных схем причинно-следственных связей, их начальной количественной оценке.

Причинно-следственная связь между системами (подсистемами, элементами) А и В положительна (отрицательна), если увеличение или усиление А ведёт к увеличению или усилению (уменьшению или ослаблению) В.

Пример. Когнитивная структурная схема для анализа проблемы энергопотребления может иметь следующий вид:

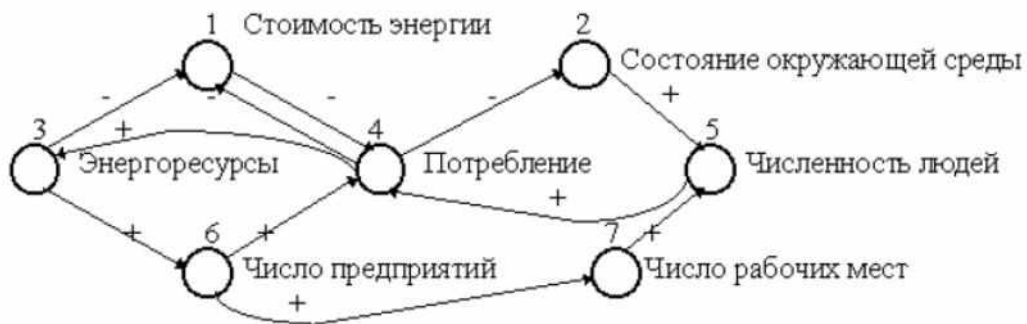


Рисунок 3.8 – Пример когнитивной карты.

Стрелка 1-4, означает: с увеличением стоимости потребление электроэнергии уменьшается (знак минус);

Стрелка 4-1 с другой стороны, означает, что с увеличением потребления энергии вследствие развития производства, стоимость электроэнергии уменьшается в связи развитием энергетической отрасли и отысканием новых источников энергии и новых технологий;

3-1 с увеличением количества энергоресурсов стоимость ресурсов уменьшается (если предложение опережает спрос, то производителю для увеличения объема продаж приходится уменьшать цену; введение новых способов получения электроэнергии, например ядерной, а в перспективе термоядерной, ветровой, солнечной, приливной, термальной направлено, в частности, на снижение стоимости);

3-6 увеличение ресурсов электроэнергии способствует увеличению количества предприятий;

4-3 возрастающее потребление вызывает необходимость увеличения энергоресурсов;

6-4 рост числа предприятий приводит к увеличению потребления;

6-7 увеличение числа предприятий способствует увеличению числа рабочих мест;

7-5 увеличение числа рабочих мест способствует увеличению численности людей, так как работа является источником заработка и

благополучия, что способствует образованию семей, и миграции населения в места, где имеется работа.

5-4 увеличение численности рабочих мест приводит к росту потребления энергии;

4-2 увеличение потребления энергии способствует ухудшению состояния окружающей среды (особенно влияют тепловые электростанции);

2-4 улучшение состояния окружающей среды приводит к росту численности людей за счет увеличения продолжительности жизни, роста рождаемости, уменьшения миграции из зон развитого производства.

Как видно, составление когнитивных схем позволяет выявить связи рассматриваемого процесса с другими процессами или их параметрами, определяющими окружающую среду.

Выше было рассмотрено влияние различных факторов на потребление электроэнергии. Вам следует рассмотреть одну из важнейших проблем для рассматриваемой системы и показать аналогичным образом когнитивную схему. Такими проблемами для торгующей организации могут быть ценообразование в данном секторе продукции, увеличение объема продаж с целью занятия доминирующего положения на местном, областном, государственном или межгосударственных рынках. Для производящих предприятий это может быть проблема повышения качества продукции, что должно обеспечить конкурентные преимущества продукции и так далее. Список проблем для самых разных систем может быть очень большим. Выберите одну из актуальных проблем для вашей системы, разрешение которой обеспечит решение какой-либо задачи и приблизит цель (или подцель), к которой стремится ваша система (или подсистема).

Когнитивный инструментальный позволяет снижать сложность исследования, формализации, структурирования, моделирования системы

## **Задание 2 Решить задачи с помощью графов.**

1. В коробке три шарика: жёлтый, зелёный и красный. Шестиклассница Таня со своими двумя друзьями Машей и Никитой вынимают их из коробки

по одному. Сколько комбинаций выбора при этом возможно? Нужно выписать все варианты выбора.

Решение данной задачи представить в виде дерева.

2. Нарисуйте два варианта графа системы «Компьютер», содержащего следующие вершины: процессор, оперативная память, внешняя память, клавиатура, монитор, принтер:

а) линия связи обозначает отношение «передает информацию»; б) линия связи обозначает отношение: «управляет».

### **Задание 3. Морфологическое описание экосистемы**

#### *Порядок выполнения*

Описание может включать структуру обитающих в ней хищников и жертв, их трофическую структуру или структуру пищи, их свойства, связи. Трофическая структура типа "хищники и жертвы" образуют две непересекающиеся совокупности  $X$  и  $Y$  со свойствами  $S(X)$  и  $S(Y)$ . Возьмем в качестве языка морфологического описания русский язык с элементами алгебры. Тогда можно предложить следующее упрощённое модельное морфологическое описание такой системы: где

$A = \{\text{человек, тигр, коршун, щука, баран, газель, пшеница, кабан, клевер, полевая мышь (полёвка), змея, жёлудь, карась}\}$ ,

$X = \{\text{человек, тигр, коршун, щука, кабан, змея, баран}\}$ ,

$Y = \{\text{газель, пшеница, клевер, полёвка, жёлудь, карась}\}$ ,

$S(X) = \{\text{пресмыкающееся, двуногое, четырёхное, плавающее, летающее}\}$ ,

$S(Y) = \{\text{живое существо, зерно, трава, орех}\}$ ,

$V = \{\text{обитатель суши, обитатель воды, растительность}\}$ ,

$R = \{\text{хищник, жертва}\}$ .

Описать трофическую структуру системы таблицей, указывая «1», если связь «хищник–жертва» есть, и «0», если связи нет.

$Y \setminus X$  Человек (1) Тигр (2) Коршун (3) Щука (4) Змея (5)  
Кабан (6) Баран (7)

Газель (8)

Пшеница (9)

Клевер (10)

Полевка (11)

Желудь (12)

Карась (13)

#### **Задание 4. Создать информационное описание системы,**

Для предыдущей задачи с помощью графа: указать объекты (номера объектов представлены в предыдущей таблице) и связи между ними.

#### **Задание 5. Структурная когнитивная схема для анализа проблемы налогообложения фирмы**

Когнитивная схема может иметь упрощенный вид, показанный на рисунке. Определить тип причинно-следственных связей (положительная или отрицательная).

#### **Задание 6. Дать информационное описание системы с помощью таблицы разрешенных ситуаций (таблицы состояний).**

1) Саша, Борис, Виктор и Григорий – друзья. Один из них – врач, другой – журналист, третий – спортсмен, а четвертый – строитель.

Журналист написал статьи о Саше и Григории. Спортсмен и журналист вместе с Борисом ходили в поход. Саша и Борис были на приеме у друга-врача.

У кого какая профессия?

2) В одном доме живут четверо знакомых.

Вадим и шофер старше Сергея. Николай и слесарь занимаются боксом. Электрик – самый младший из знакомых. По вечерам Антон и токарь играют в домино против Сергея и электрика.

Определить профессию каждого из знакомых.

#### **Задание 7. Какие системы являются развивающимися, а какие функционирующими.**



- 1) ВУЗ
- 2) Автомобиль
- 3) Здание
- 4) Учебник
- 5) Система цифр какой-либо системы счисления
- 6) Система налогообложения
- 7) Карандаш

**Задание 8. Определить, присуще ли указанным системам свойство гибкости.**

*Контрольные вопросы*

1. Какие существуют типы моделей систем? Чем они различаются?
2. Что такое граф? Из чего он состоит?
3. Какой граф называется неориентированным? Приведите примеры.
4. Какой граф называется ориентированным? Приведите примеры.

**Лабораторная работа № 4 Моделирование диаграммы вариантов использования в среде Visual Paradigm**  
**(4 часа).**

**Тема 14. Объектно-ориентированный анализ и моделирование информационных процессов**

*Цель работы:* Приобретение практических знаний в процессе моделирования диаграммы вариантов использования: познакомиться с возможностями среды моделирования Visual Paradigm, освоить процесс разработки UML диаграмм вариантов использования.

**Краткие теоретические сведения**

**UML (Unified Modeling Language – унифицированный язык моделирования)** – стандартный язык для написания моделей анализа, проектирования и реализации объектно-ориентированных программных систем [1, 2, 3]. UML может использоваться для визуализации,

спецификации, конструирования и документирования результатов программных проектов. UML – это не визуальный язык программирования, но его модели прямо транслируются в текст на языках программирования (Java, C++, Visual Basic и т.п.) и даже в таблицы для реляционной БД.

Процесс разработки визуальных моделей в нотации языка UML 2.0 обычно представляется в форме последовательной детализации модельных представлений от концептуальной модели к логической, а затем и к физической модели рассматриваемой программной системы. Этот процесс представляет собой построение ряда диаграмм.

*Диаграмма* в языке UML - это графическое представление множества элементов, наиболее часто изображается как связный граф из вершин (предметов) и дуг (отношений). Диаграммы рисуются для визуализации системы с разных точек зрения, затем они отображаются в систему. Обычно диаграмма дает неполное представление элементов, которые составляют систему. Хотя один и тот же элемент может появляться во всех диаграммах, на практике он появляется только в некоторых диаграммах. Теоретически диаграмма может содержать любую комбинацию предметов и отношений, на практике ограничиваются малым количеством комбинаций. По этой причине UML включает девять видов диаграмм:

- 1) диаграммы классов;
- 2) диаграммы объектов;
- 3) диаграммы Use Case (диаграммы прецедентов);
- 4) диаграммы последовательности;
- 5) диаграммы сотрудничества (кооперации);
- 6) диаграммы схем состояний;
- 7) диаграммы деятельности;
- 8) компонентные диаграммы;
- 9) диаграммы размещения (развертывания).

### **Диаграммы Use Case**

*Диаграмма Use Case* языка UML определяет поведение программной системы с точки зрения пользователя. Диаграмма Use Case рассматривается

как главное средство для первичного моделирования динамики системы, используется для выяснения требований к разрабатываемой системе, фиксации этих требований в форме, которая позволит проводить дальнейшую разработку. В русской литературе диаграммы Use Case часто называют *диаграммами прецедентов*, или *диаграммами вариантов использования*.

### **Основные графические элементы диаграммы вариантов использования**

*Вариант использования (use case)* представляет собой общую спецификацию совокупности выполняемых системой действий с целью предоставления некоторого наблюдаемого результата, который имеет значение для одного или нескольких актеров. Она играет основную роль в моделировании поведения системы, подсистемы или моделировании класса. Каждая диаграмма показывает множество прецедентов, актёров и отношений между ними.

Другими словами, вариант использования представляет собой законченный фрагмент поведения системы с точки зрения тех или иных заинтересованных лиц. Хотя каждый вариант использования предполагает реализацию системой некоторой последовательности действий, которые должны быть выполнены с целью предоставления соответствующего результата или сервиса, сами эти действия на диаграмме вариантов использования никак не изображаются.

В языке UML диаграммы прецедентов позволяют визуализировать поведение системы, подсистемы или класса, чтобы пользователи могли понять, как их использовать, а разработчики – реализовать соответствующий элемент. На 4.1. приводится диаграмма, описывающая использование устройства – сотового телефона.

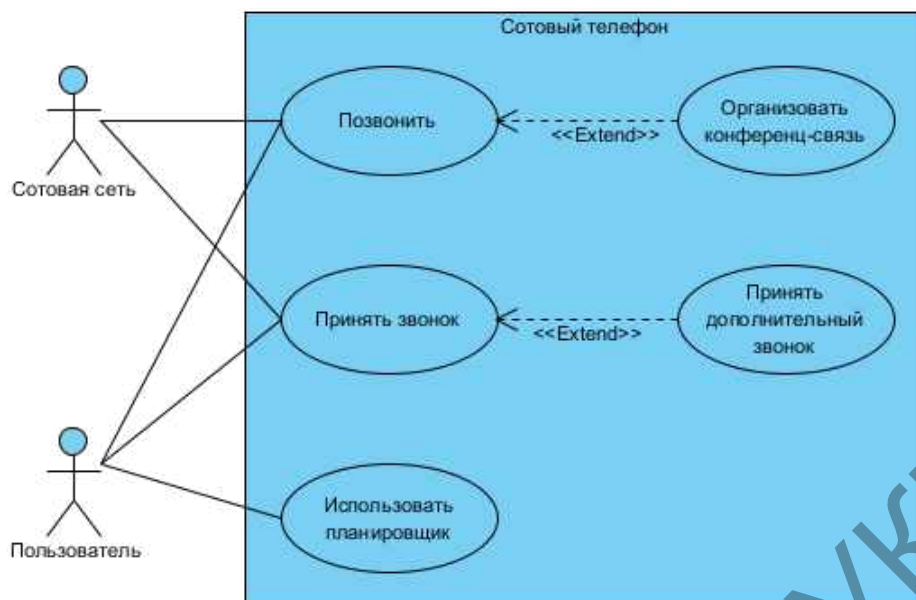


Рисунок 4.1 - Диаграмма использования (прецедентов)

Диаграмма использования (прецедентов) обычно включает в себя:

- Прецеденты - описание отдельного аспекта поведения системы;
- Актёры - сущности, взаимодействующие с системой в процессе её работы;
- Отношения - зависимости, обобщения и ассоциации.

#### *Вариант использования*

Отдельный вариант использования (use-case) обозначается на диаграмме эллипсом, внутри которого содержится его краткое название или имя в форме глагола с пояснительными словами.

Цель варианта использования заключается в том, чтобы определить законченный аспект или фрагмент поведения некоторой сущности без раскрытия её внутренней структуры. В качестве такой сущности может выступать система или любой элемент модели, который обладает собственным поведением.

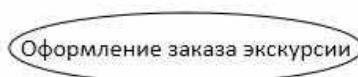
Каждый вариант использования соответствует отдельному сервису, который предоставляет моделируемая сущность по запросу актера, то есть определяет способ применения этой сущности. Сервис, который инициализируется по запросу актера, представляет собой законченную неделимую последовательность действий. Это означает, что после того как

система закончит обработку запроса, она должна возвратиться в исходное состояние, чтобы быть готовой к выполнению следующих запросов.

Варианты использования могут применяться как для спецификации внешних требований к проектируемой системе, так и для спецификации функционального поведения уже существующей системы. Множество вариантов использования в целом должно определять все возможные стороны ожидаемого поведения системы. Кроме этого, варианты использования неявно устанавливают требования, определяющие, как актеры должны взаимодействовать с системой, чтобы иметь возможность корректно работать с предоставляемыми сервисами. Для удобства множество вариантов использования может рассматриваться как отдельный пакет.

Примерами вариантов использования могут являться следующие действия: проверка состояния текущего счета клиента, оформление заказа на покупку товара, получение дополнительной информации о кредитоспособности клиента, отображение графической формы на экране монитора и другие действия.

Общепринятым графическим изображением варианта использования в нотации языка UML является эллипс, внутри которого или ниже его записывается имя в форме строки текста. Пример варианта использования представлен на рис. 4.2.



**Рисунок 4.2** - Стандартное графическое обозначение варианта использования

Примерами вариантов использования могут являться следующие фрагменты законченного функционального поведения системы: получение справки о состоянии заказа на экскурсию, оформление заказа на покупку концертного костюма, идентификация пользователя при входе в систему,

отображение графической формы на экране монитора и другие поведения рассматриваемых систем.

### *Актер*

Актер (actor) представляет собой внешнюю по отношению к проектируемой системе сущность, которая взаимодействует с системой и использует ее функциональные возможности для достижения определенных целей. При этом актеры служат для обозначения согласованного множества ролей, которые могут играть пользователи в процессе взаимодействия с проектируемой системой. Каждый актер может рассматриваться как некая отдельная роль относительно конкретного варианта использования. Стандартным графическим обозначением актера на диаграммах является фигурка человечка, под которой записывается имя актера.

Формально в контексте языка UML 2.0 каждый актер специфицирует некоторую роль, которую играет пользователь или любая другая система, взаимодействующая с субъектом. Термин «роль» здесь используется неформально. Общепринятым графическим изображением актера на диаграммах в нотации языка UML 2.0 является фигурка «проволочного человечка», под которой записывается обязательное имя актера (рис. 4.3).



**Рисунок 4.3** - Символ графического обозначения актера

В некоторых случаях актер может обозначаться в виде прямоугольника класса с ключевым словом «актер» и обычными составляющими элементами класса. Имена актеров должны записываться заглавными буквами и следовать рекомендациям использования имен для типов и классов модели.

Примерами актеров могут быть: администратор, клиент, менеджер, менеджер отдела продаж, библиотекарь, читатель, музей, экскурсовод и

другие сущности, имеющие отношение к концептуальной модели соответствующей предметной области.

Так как в общем случае актер всегда находится вне системы, его внутренняя структура никак не определяется. Для актера имеет значение только то, как он воспринимается со стороны системы.

Актеры взаимодействуют с системой посредством обмена сообщениями с вариантами использования. Сообщение представляет собой запрос актером определенного сервиса системы и получение этого сервиса. Это взаимодействие может быть выражено посредством ассоциаций между отдельными актерами и вариантами использования или классами. Кроме этого, с актерами могут быть связаны интерфейсы, которые определяют, каким образом другие элементы модели взаимодействуют с этими актерами.

Два и более актера могут иметь общие свойства, то есть взаимодействовать с одним и тем же множеством вариантов использования одинаковым образом. Такая общность свойств и поведения представляется в виде отношения обобщения с другим, возможно, абстрактным актером, который моделирует соответствующую общность ролей.

### *Интерфейсы*

Интерфейс (interface) служит для спецификации параметров модели, которые видимы извне, без указания их внутренней структуры. В языке UML интерфейс является классификатором и характеризует только ограниченную часть поведения моделируемой сущности. Применительно к диаграммам вариантов использования, интерфейсы определяют совокупность операций, которые обеспечивают необходимый набор сервисов для актеров.

На диаграмме вариантов использования интерфейс изображается в виде маленького круга, рядом с которым записывается его имя. В качестве имени может быть существительное или строка текста. Если имя записывается на английском языке, то оно должно начинаться с заглавной буквы I.

Графический символ отдельного интерфейса соединяется на диаграмме сплошной линией или пунктирной линией со стрелкой с тем вариантом использования, который его поддерживает. Сплошная линия указывает, что связанный с интерфейсом вариант использования должен реализовывать все необходимые для него сервисы. Пунктирная линия со стрелкой означает, что вариант использования предназначен для спецификации только того сервиса, который необходим для реализации данного интерфейса.

Таким образом, интерфейс отделяет спецификацию операций системы от их реализации и определяет общие границы проектируемой системы.

### *Субъект*

Субъектом (subject) в контексте языка UML называется любой элемент модели, который обладает функциональным поведением.

Субъект вариантов использования может быть некоторой физической системой или любым другим элементом с поведением, таким как подсистема, класс или компонент. Графически субъект на диаграмме вариантов использования изображается в форме прямоугольника, внутри которого размещаются отдельные варианты использования. Каждый субъект имеет имя, которое должно соответствовать имени элемента моделируемой системы, владеющего данным поведением.

### *Комментарий (примечания)*

Комментарий (comment) в языке UML предназначен для включения в модель произвольной текстовой в форме примечания, которое может быть присоединено к одному или нескольким элементам разрабатываемой модели. В качестве такой информации могут быть, например, пояснения разработчика относительно назначения элементов диаграммы, рекомендации руководителя проекта по реализации модели, справочная информация об авторе и особенностях разработки отдельных элементов модели. Применительно к диаграммам вариантов использования комментарий может иметь уточняющую информацию, относящуюся к контексту тех или иных вариантов использования или актеров.



Графически комментарий на всех типах диаграмм изображается в форме прямоугольника с «загнутым» правым верхним уголком (рис. 4.4).



Рисунок 4.4 - Пример комментария в языке UML

#### *Отношения на диаграмме вариантов использования*

Под **отношением (relationship)** в языке UML понимается произвольная семантическая взаимосвязь между отдельными элементами модели.

Между элементами диаграммы вариантов использования могут существовать различные отношения (relationship), которые описывают взаимодействие экземпляров актеров и вариантов использования.

В языке UML существует несколько стандартных видов отношений между актерами и вариантами использования:

- ассоциации (association relationship);
- расширения (extend relationship);
- обобщения (generalization relationship);
- включения (include relationship).

Рассмотрим их поподробнее.

*Ассоциация (association)* является одним из фундаментальных понятий в языке UML и может использоваться на различных канонических диаграммах при построении визуальных моделей. Применительно к

диаграммам вариантов использования отношение ассоциации может служить только для обозначения взаимодействия актера с вариантом использования.

Применительно к диаграммам вариантов использования ассоциация специфицирует семантические особенности взаимодействия актеров и вариантов использования в графической модели системы, то есть, это отношение устанавливает, какую конкретную роль играет актер при взаимодействии с экземпляром варианта использования. На диаграмме вариантов использования отношение ассоциации обозначается сплошной линией между актером и вариантом использования. Эта линия может иметь условные обозначения, такие как имя и кратность.

Кратность (multiplicity) ассоциации указывается рядом с обозначением компонента диаграммы, который является участником данной ассоциации, и характеризует количество экземпляров данного компонента, которые могут выступать в качестве элементов данной ассоциации. Применительно к диаграммам вариантов использования кратность имеет специальное обозначение в форме одной или нескольких цифр и символа звездочка.

Для диаграмм вариантов использования наиболее распространенными являются четыре основные формы записи кратности отношения ассоциации:

- целое неотрицательное число (включая 0). Предназначено для указания кратности, которая является строго фиксированной для элемента соответствующей ассоциации. В этом случае количество экземпляров актеров или вариантов использования, которые могут выступать в качестве элементов отношения ассоциации, в точности равно указанному числу;

- два целых неотрицательных числа, разделенные двумя точками. Данная запись соответствует нотации для множества или интервала целых чисел, который применяется в некоторых языках программирования для обозначения границ массива элементов. Эту запись следует понимать как множество целых неотрицательных чисел, следующих в последовательно возрастающем порядке;

– два символа, разделенные двумя точками. При этом первый из них является целым неотрицательным числом или 0, а второй - специальным символом «\*», который обозначает произвольное конечное целое неотрицательное число, значение которого неизвестно на момент задания соответствующего отношения ассоциации;

– единственный символ «\*», который является сокращением записи интервала «0..\*».

Если кратность отношения ассоциации не указана, то, по умолчанию, принимается значение равное 1.

На диаграммах вариантов использования, так же как и на других диаграммах, отношение ассоциации обозначается сплошной линией, соединяющей актера и вариант использования. При этом следует различать *направленные* (рис. 4.5) и *ненаправленные* (рис. 4.6) ассоциации.



**Рисунок 4.5** - Пример графического представления отношения направленной ассоциации между актером и вариантом использования



**Рисунок 4.6** - Пример графического представления отношения ненаправленной ассоциации между актером и вариантом использования

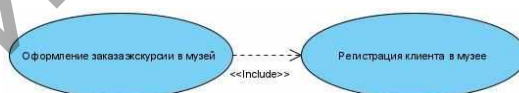
В контексте диаграммы вариантов использования направленная ассоциация от актера к варианту использования может указывать на тот факт, что данный актер является инициатором выполнения соответствующего варианта использования. Направленная ассоциация от варианта использования к актеру может указывать также на тот факт, что данному

актеру предоставляется справочная или отчетная информация о результатах функционирования моделируемой системы.

**Отношение зависимости (dependency)** определяется как форма взаимосвязи между двумя элементами модели, предназначенная для спецификации того обстоятельства, что изменение одного элемента модели приводит к изменению некоторого другого элемента.

**Отношение включения (include)** является частным случаем отношения зависимости и специфицирует тот факт, что некоторый вариант использования содержит поведение, определенное в другом варианте использования.

Графически данное отношение обозначается как отношение зависимости в форме пунктирной линии с «V»-образной стрелкой, направленной от зависимого варианта использования к независимому варианту использования (рис. 4.7). Зависимый вариант использования часто называют также *базовым* или *включающим*, а независимый - *включаемым* вариантом использования. При этом линия со стрелкой обязательно помечается ключевым словом «include», записанным в форме стереотипа.



**Рисунок 4.7** - Пример графического изображения отношения включения между вариантами использования

Отношение включения между двумя вариантами использования указывает, что некоторое заданное поведение для одного варианта использования включается в качестве составного компонента в последовательность поведения другого варианта использования.

Семантика этого отношения определяется следующим образом. Когда экземпляр первого варианта использования в процессе своего выполнения достигает точки включения в последовательность поведения экземпляра второго варианта использования, экземпляр первого варианта использования

выполняет последовательность действий, определяющую поведение экземпляра второго варианта использования, после чего продолжает выполнение действий своего поведения. При этом предполагается, что даже если экземпляр первого варианта использования может иметь несколько включаемых в себя экземпляров других вариантов, выполняемые ими действия должны закончиться к некоторому моменту, после которого должно быть продолжено выполнение прерванных действий экземпляра первого варианта использования в соответствии с заданным для него поведением.

Один вариант использования может быть включен в несколько других вариантов, а также включать в себя другие варианты. Включаемый вариант использования может быть независимым от базового варианта в том смысле, что он предоставляет ему некоторое инкапсулированное поведение, детали реализации которого скрыты и могут быть перераспределены между несколькими включаемыми вариантами использования. Более того, базовый вариант может зависеть только от результатов выполнения включаемого в него поведения, но не от структуры включаемых в него вариантов.

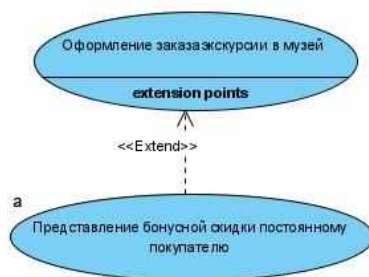
Отношение включения, направленное от варианта использования А к варианту использования В, указывает, что каждый экземпляр варианта А включает в себя функциональные свойства, заданные для варианта В. Эти свойства специализируют поведение соответствующего варианта А на данной диаграмме. Графически данное отношение обозначается пунктирной линией со стрелкой, которая помечается ключевым словом «include» (включает).

*Отношение расширения (extend)* является частным случаем отношения зависимости и определяет взаимосвязь одного варианта использования с некоторым другим вариантом использования, функциональность или поведение которого задействуется первым не всегда, а только при выполнении некоторых дополнительных условий.

Отношение расширения определяет взаимосвязь экземпляров отдельного варианта использования с более общим вариантом, свойства

которого определяются на основе способа совместного объединения данных экземпляров. В метамодели отношение расширения является направленным и указывает, что применительно к отдельным примерам некоторого варианта использования должны быть выполнены конкретные условия, определенные для расширения данного варианта использования. Так, если имеет место отношение расширения от варианта использования А к варианту использования В, то это означает, что свойства экземпляра варианта использования В могут быть дополнены благодаря наличию свойств у расширенного варианта использования А.

Графически данное отношение обозначается как отношение зависимости в форме пунктирной линии с «У»-образной стрелкой, направленной от зависимого варианта использования к независимому варианту использования и соединенной с ним в так называемой *точке расширения (extension point)* (рис. 4.8). Зависимый вариант использования часто называют также *расширяющим*, а независимый - *базовым* или *расширяемым* вариантом использования. При этом линия со стрелкой обязательно помечается ключевым словом <<extend>>, записанным в форме стереотипа.



**Рисунок 4.8.** - Пример графического изображения отношения расширения между вариантами использования

Отношение расширения отмечает тот факт, что один из вариантов использования может присоединять к своему поведению некоторое дополнительное поведение, определенное для другого варианта использования. Данное отношение включает в себя некоторое условие и

ссылки на точки расширения в базовом варианте использования. Чтобы расширение имело место, должно быть выполнено определенное условие данного отношения. Ссылки на точки расширения определяют те места в базовом варианте использования, в которые должно быть помещено соответствующее расширение при выполнении условия.

Один вариант использования может быть расширением для нескольких базовых вариантов, а также иметь в качестве собственных расширений несколько других вариантов. Базовый вариант использования может дополнительно никак не зависеть от своих расширений.

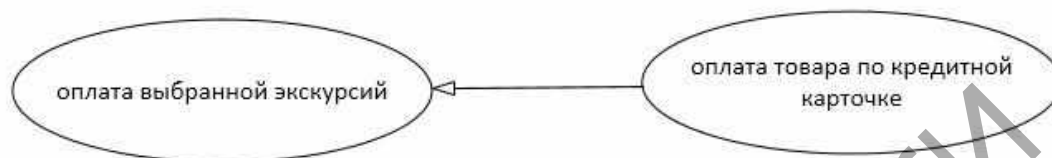
Семантика отношения расширения определяется следующим образом. Если экземпляр варианта использования выполняет некоторую последовательность действий, которая определяет его поведение, и при этом имеется точка расширения на экземпляр другого варианта использования, которая является первой из всех точек расширения исходного варианта, то проверяется условие данного отношения. Если условие выполняется, исходная последовательность действий расширяется посредством включения действий экземпляра другого варианта использования. Следует заметить, что условие отношения расширения проверяется лишь один раз при первой ссылке на точку расширения, и если оно выполняется, то все расширяющие варианты использования вставляются в базовый вариант.

**3. Отношение обобщения (*generalization*)** предназначено для спецификации того факта, что один элемент модели является специальным или частным случаем другого элемента модели.

Графически отношение обобщения обозначается сплошной линией со стрелкой в форме не закрашенного треугольника, которая указывает на общий элемент модели.

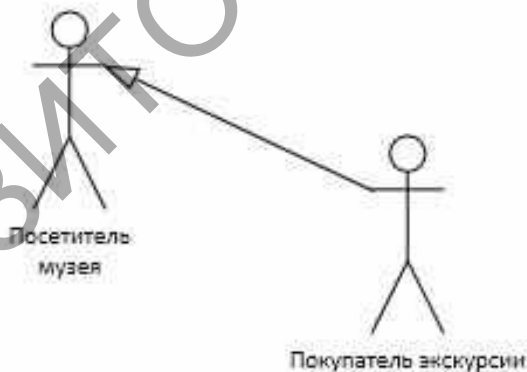
В изображенном на рис. 3.4.1.8 фрагменте диаграммы вариантов использования отношение обобщения специфицирует то, что вариант использования «Оплата товара по кредитной карточке» является специальным случаем варианта использования «Оплата выбранного в музее

экскурсии». При этом вариант использования «Оплата выбранного в музее экскурсии», который является *потомком*, наследует все свойства поведения своего *родителя*, т.е. варианта использования «Оплата товара по кредитной карточке».



**Рисунок 4.9.** - Пример графического изображения отношения обобщения между вариантами использования

Пример графического изображения отношения обобщения между актерами показан на рис. 4.10.



**Рисунок 4.10** - Пример графического изображения отношения обобщения между актерами

Отношение обобщения служит для указания того факта, что некоторый вариант использования А может быть обобщен до варианта использования В. В этом случае вариант А будет являться специализацией варианта В. При этом, В называется предком или родителем по отношению А, а вариант А - потомком по отношению к варианту использования В. Потомок



наследует все свойства и поведение своего родителя, а также может быть дополнен новыми свойствами и особенностями поведения. Графически данное отношение обозначается сплошной линией со стрелкой в форме незакрашенного треугольника, которая указывает на родительский вариант использования.

Отношение обобщения между вариантами использования применяется в том случае, когда необходимо отметить, что дочерние варианты использования обладают всеми атрибутами и особенностями поведения родительских вариантов. При этом, дочерние варианты использования участвуют во всех отношениях родительских вариантов. В свою очередь, дочерние варианты могут наделяться новыми свойствами поведения, которые отсутствуют у родительских вариантов использования, а также уточнять или модифицировать наследуемые от них свойства поведения.

Применительно к данному отношению, один вариант использования может иметь несколько родительских вариантов. В этом случае реализуется множественное наследование свойств и поведения отношения предков. С другой стороны, один вариант использования может быть предком для нескольких дочерних вариантов, что соответствует таксономическому характеру отношения обобщения.

Между отдельными актерами также может существовать отношение обобщения. Данное отношение является направленным и указывает на факт специализации одних актеров относительно других. Например, отношение обобщения от актера А к актеру В отмечает тот факт, что каждый экземпляр актера А является одновременно экземпляром актера В и обладает всеми его свойствами. В этом случае актер В является родителем по отношению к актеру А, а актер А потомком актера В. При этом актер А обладает способностью играть такое же множество ролей, что и актер В. Графически данное отношение также обозначается стрелкой обобщения.

## **Модель вариантов использования**

**Требование (requirement)** - желательное свойство, характеристика или условие, которым должна удовлетворять программная система в процессе своей эксплуатации.

Спецификация требований к проектируемой системе в форме диаграммы вариантов использования и дополнительных сценариев может представлять собой самостоятельную модель, которая в языке UML получила название **модели вариантов использования**.

Содержание варианта использования может быть дополнительно специфицировано в форме пояснительного текста, который раскрывает смысл или семантику выполняемых действий при выполнении варианта использования. Такой пояснительный текст применительно к диаграммам вариантов использования получил специальное название текста-сценария или просто - сценария.

**Сценарий (scenario)** - специально написанный текст, который описывает поведение моделируемой системы в форме последовательности выполняемых действий актеров и самой системы.

Один из шаблонов для написания сценария отдельного варианта использования рассматривается в табл. 1.

Для удобства записи и чтения сценария часто используют модификацию данного шаблона, располагая разделы последовательно сверху вниз. При этом написание сценариев модели начинают с базовых или основных вариантов использования, после чего рассматриваются сценарии второстепенных или включаемых вариантов использования. Сценарии расширяющих вариантов использования обычно помещаются в разделе исключений базового варианта использования.

Таблица 1 - Шаблон для написания сценария отдельного варианта использования

Шаблон для написания сценария отдельного варианта использования Главный раздел	Раздел «Типичный ход событий»	Раздел «Исключения»	Раздел «Примечания»
Имя варианта использования Актеры Цель Краткое описание Тип Ссылка на другие варианты использования	Типичный ход событий, приводящий к успешному выполнению данного варианта использования	Исключение № 1	Примечание № 1
Исключение № 2		Примечание № 2	
Исключение № n		Примечание № n	

#### *Типичные примеры применения*

Диаграммы прецедентов, или использования, применяют для моделирования статического вида системы с точки зрения прецедентов. Этот вид охватывает главным образом поведение системы, то есть видимые извне сервисы, предоставляемые системой в контексте ее окружения.

При моделировании статического вида системы с точки зрения прецедентов диаграммы использования обычно применяются два способа:

1. для моделирования контекста системы. Моделирование контекста подразумевает, что мы обводим систему воображаемой линией и выявим актеров, которые находятся за этой линией и взаимодействуют с системой. Диаграммы прецедентов нужны на этом этапе для идентификации актеров и семантики их ролей;

2. для моделирования требований к системе. Моделирование требований к системе предполагает указание на то, что система должна делать (с точки зрения внешнего наблюдателя), независимо от того, как она

должна это делать. Диаграммы прецедентов необходимы здесь для специфицирования желаемого поведения системы. Они позволяют рассматривать всю систему как "черный ящик": вы видите все, что находится вне ее, наблюдаете за ее реакцией на события, но ничего не знаете о ее внутреннем устройстве.

## **Задание 1 Моделирование контекста системы**

### *Контекст системы*

Любая система содержит внутри себя какие-либо сущности, в то время как другие сущности остаются за ее пределами. Например, в системе проверки кредитных карточек имеются счета, транзакции и механизмы проверки подлинности. В то же время обладатели кредитных карточек и торговые предприятия находятся вне системы. Сущности внутри системы отвечают за реализацию поведения, которого ожидают сущности, находящиеся снаружи. Сущности, находящиеся вне системы и взаимодействующие с ней, составляют ее контекст. Таким образом, контекстом называется окружение системы.

UML позволяет моделировать контекст с помощью диаграмм прецедентов, в которых внимание акцентируется на окружающих систему актерах. Важно правильно определить актеров, поскольку это позволяет описать класс сущностей, взаимодействующих с системой. Еще важнее определить, что не является актером, так как при этом ограничивается окружение системы: в нем остаются только те элементы, которые участвуют в ее работе.

### *Методика выполнения*

1. Идентифицируйте окружающих систему актеров. Для этого нужно найти группы, которым требуется участие системы для выполнения их задач; группы, которые необходимы для осуществления системой своих функций; группы, взаимодействующие с внешними программными и аппаратными

средствами, а также группы, выполняющие вспомогательные функции администрирования и поддержки;

2. Организуйте похожих актеров с помощью отношений обобщения/специализации;

3. Введите стереотипы для каждого актера, если это облегчает понимание;

4. Поместите актеров на диаграмму прецедентов и определите способы их связи с прецедентами системы.

Например, на рис. 4.11 показан контекст системы, работающей с кредитными карточками, где основное внимание уделяется окружающим ее актерам. В первую очередь это Клиенты двух типов (Индивидуальный клиент и Корпоративный клиент), соответствующие ролям, которые играют люди при взаимодействии с системой. В этом контексте показаны и актеры, представляющие другие организации, такие как Торговые предприятия (с ними покупатели совершают карточные транзакции, приобретая вещи или услуги) и Субсидирующие финансовые институты (выполняющие роль клиринговой палаты для карточных счетов). В реальном мире последние два актера, скорее всего, сами будут программными системами.



Рисунок 4.11 – Моделирование контекста системы

Тот же метод позволяет моделировать и контекст подсистемы. Вообще, элемент, который на одном уровне абстракции выглядит как система, часто становится подсистемой на другом, более высоком уровне абстракции. Моделирование контекста подсистемы может пригодиться при построении системы из нескольких взаимосвязанных частей.

## **Задание 2 Моделирование требований к системе**

### *Требования к системе*

Требование (requirement) - это особенность проекта, свойство или поведение системы. Приступая к сбору требований, описываются условия контракта, заключаемого между системой и сущностями вне ее, в котором декларируется, что система должна делать. При этом, как правило, пользователя заботит не то, как именно система будет выполнять поставленные задачи, а только то, что она будет делать. Хорошо спроектированная система должна полностью выполнять все требования, причем делать это предсказуемо и надежно. Ее создание начинается с соглашения о том, каково ее назначение, хотя в ходе разработки понимание требований будет постепенно изменяться. Аналогично при работе с готовой системой понимание того, как она себя ведет, имеет принципиальное значение для ее правильного использования.

Требования можно выразить по-разному, от неструктурированного текста до выражений на формальном языке (или, например, с помощью примечаний). Большая часть функциональных требований к системе или даже все они могут быть выражены в виде прецедентов использования, в чем помогают диаграммы прецедентов UML.

### *Методика выполнения*

Моделирование требований к системе производится следующим образом:

1. Установите контекст системы, идентифицировав окружающих ее актеров;
2. Для каждого актера рассмотрите поведение, которого он ожидает или требует от системы;
3. Поименуйте эти общие варианты поведения как прецеденты;
4. Выделите общее поведение в новые прецеденты, которые будут использоваться другими; выделите вариации поведения в новые прецеденты, расширяющие основные потоки событий;
5. Смоделируйте этих прецедентов, актеров и отношения между ними на диаграмме прецедентов;
6. Дополните прецеденты примечаниями, описывающими нефункциональные требования; некоторые из таких примечаний можно присоединить к системе в целом.

Рисунок 4.12 расширяет предыдущую диаграмму. Хотя отношения между актерами и прецедентами на ней опущены, но присутствуют дополнительные прецеденты, которые описывают важные, пусть и невидимые для обычного пользователя, элементы поведения системы. Эта диаграмма удобна, поскольку дает возможность пользователям, экспертам и разработчикам совместно визуализировать, специфицировать, конструировать и документировать свои решения относительно функциональных требований к системе. Например, прецедент Обнаружение фальшивых карточек описывает поведение, важное как для Торговых предприятий, так и для Субсидирующих финансовых институтов. Другой прецедент - Отчет о состоянии счета - также описывает поведение, требуемое от системы различными организациями в своих контекстах.

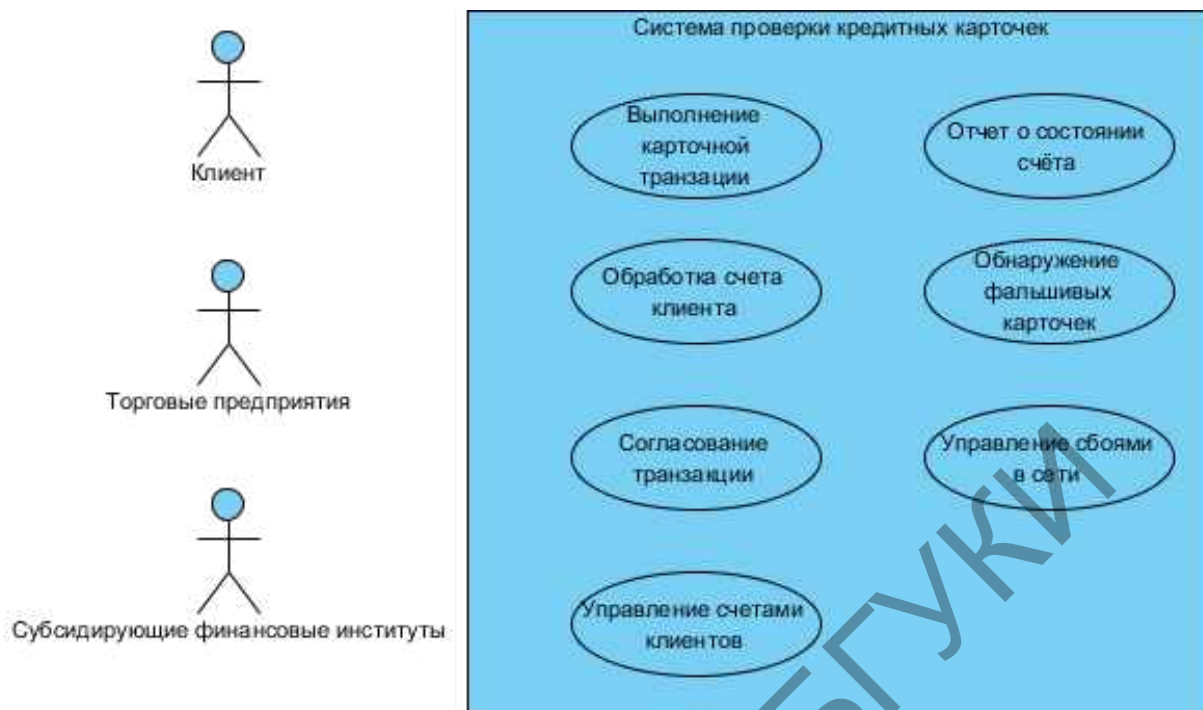


Рисунок 4.12 – Моделирование требований к системе

Создавая диаграммы прецедентов в UML, помните, что каждая из них является всего лишь графическим представлением статического вида системы с точки зрения прецедентов. Это означает, что ни одна диаграмма прецедентов, взятая в отдельности, не может, да и не должна охватывать весь этот вид целиком. В совокупности диаграммы прецедентов дают полное представление о виде системы с точки зрения прецедентов, а каждая из них в отдельности - только об одном из его аспектов.

### Задание 3 Работа со средой Visual Paradigm

#### Методика выполнения

1. Для знакомства со средой Visual Paradigm, надо её установить на персональный компьютер (ПК). Для этого необходимо посетить официальный сайт компании разработчика перейдя по ссылке: <https://www.visual-paradigm.com/download/community.jsp>.

2. Перейдя на страницу выберите «Download Visual Paradigm Community Edition» (рис. 4.13) и вы сможете скачать бесплатную версию для операционной системы Windows. Если у вас другая операционная система, то



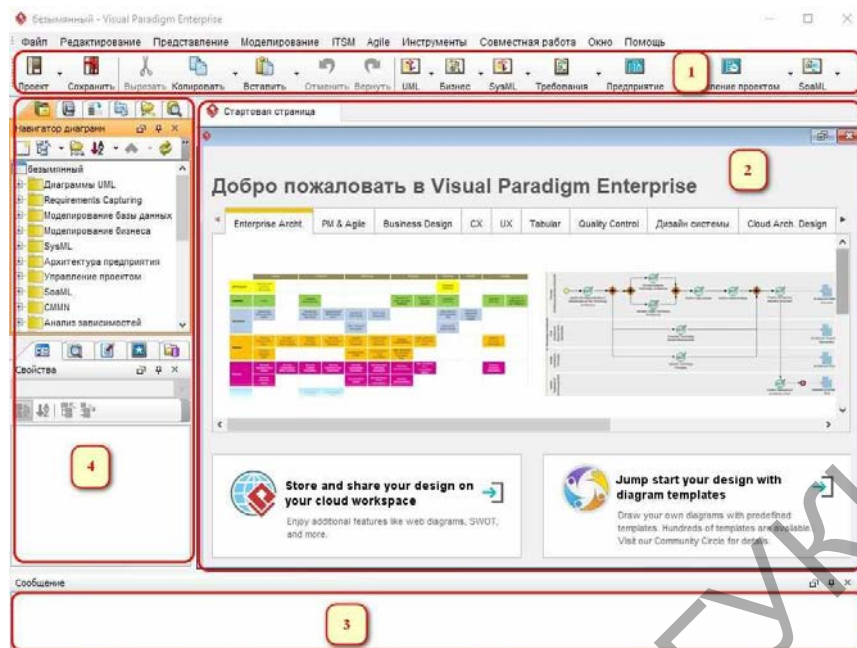
надо выбрать пункт «More Options», и вам будет предложен полный список поддерживаемых операционных систем, в котором можно выбрать нужную.

3. После того, как дистрибутив был скачан, его требуется установить. После запуска появится окно выбора рабочего пространства. Можно выбрать какую-либо удобную папку, куда будут сохраняться все созданные диаграммы



**Рисунок 4.13** - Страница загрузки официального сайта разработчика среды Visual Paradigm

и элементы, или использовать в качестве рабочего пространства, предложенную по умолчанию папку. Также, пользователю предоставлена возможность сохранить его выбор и при следующем запуске не выдавать данный диалог. Для этого требуется установить галочку напротив пункта «Use this as the default and do not ask again». Затем появится главное окно программы.



**Рисунок 4.14** - Главное окно средства моделирования Visual Paradigm

Среда моделирования имеет дружелюбный интерфейс. Все элементы оформленны в виде панелей, которые можно переносить в удобное для пользователя место на экране, а также прикреплять к той или иной части области экрана. Интерфейс продукта условно можно разделить на три составляющие: панель инструментов, редактор диаграмм и статусную строку.

*Панель инструментов* (Toolbar) предназначена для выбора различных операций совершаемых над диаграммами. Панель инструментов отображается в верхней части окна приложения Visual Paradigm. Она представляет собой коллекцию наиболее часто используемых инструментов сгруппированных по категориям. Панель инструментов отображается по умолчанию, но ее можете свернуть двойным щелчком на любой вкладке.

*Редактор диаграмм* (Diagram editor) является контейнером для отображения всех составляющих диаграмм.

В редакторе диаграмм можно выделить 5 основных элементов интерфейса:

–Навигация - состоит из двух частей. Левая часть показывает имя схемы и расположение на схеме. Правая содержит две кнопки. Одна для переключения между диаграммами, другой для открытия диспетчера проектов.

–Имя пакета - имя пакета, в котором расположена диаграмма. Имя пакет доступно только в некоторых схемах, но не все. Для того чтобы изменить нужно дважды щелкнуть на нем, и ввести имя другого пакета, диаграмма будет перемещена в этот пакет.

–Панель инструментов для редактирования диаграмм – предназначена для создания и редактирования элементов диаграмм.

–Область расположения диаграммы.

–Панель эффектов - предназначена для переключения набора инструментов для работы с той или иной диаграммой.

*Панель сообщений* (Message Pane) предназначена для вывода уведомлений.

Панель сообщений отображается в нижней части окна приложения. В ней выводятся описания событий, которые происходят при работе в среде Visual Paradigm. Примеры некоторых ситуаций при которых выводятся сообщения:

- не удалось сгенерировать код проекта (Failed to generate code from project);
- кто-то создал пост в PostMania (Someone has created a post in PostMania);
- рефакторинг не удался (Refactoring failed).

Слева находится основная панель, которая называется «Навигатор по диаграммам». Все диаграммы делятся на ряд категорий:

- Диаграммы UML;
- Моделирование требований;
- Моделирование базы данных;
- Моделирование бизнеса;

- SysML;
- Архитектура предприятия;
- Управление проектом и т.д.

## Задание 4 Создание диаграммы прецедентов в Visual Paradigm

### Методика выполнения

Создание нового проекта можно осуществить следующим способом, представленным на рисунках 4.15 – 4.16.

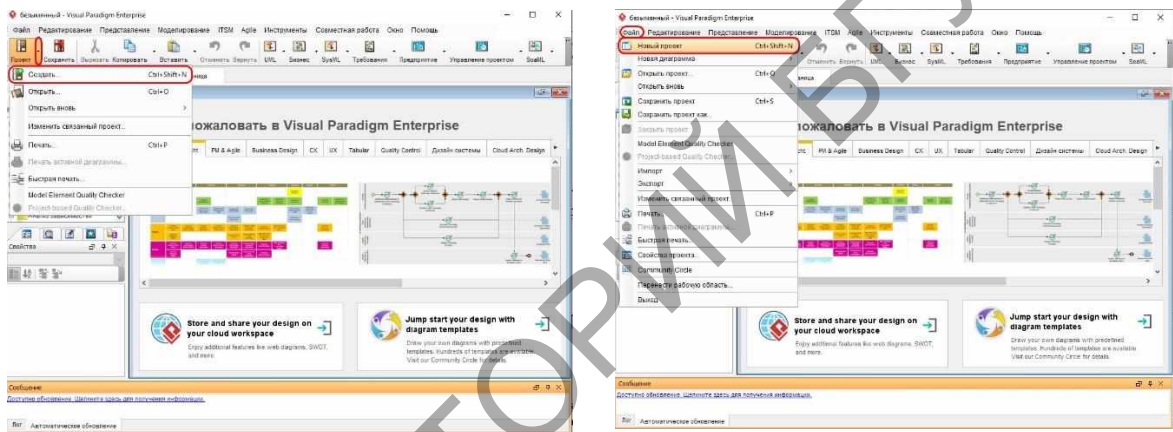


Рисунок 4.15

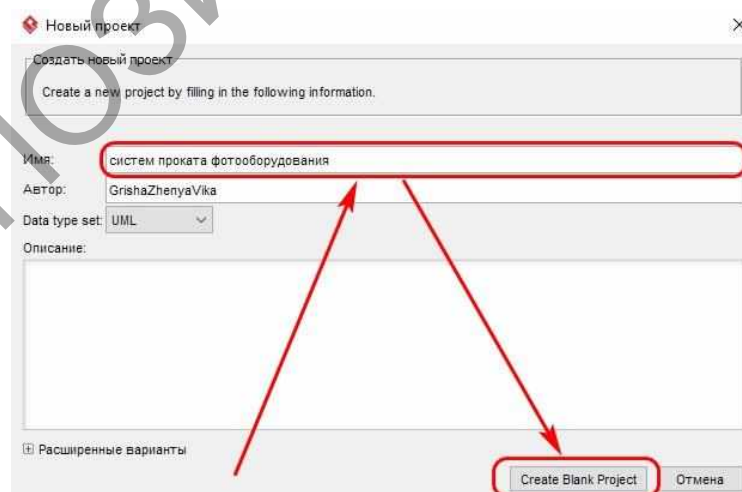


Рисунок 4.16

Создание диаграмм вариантов использования в среде Visual Paradigm Community Edition происходит одним из следующих способов:

- 1) Выбрать кнопку Файл/ Новая диаграмма /Диаграммы UML / Диаграммы вариантов использования. (рисунок 4.17)
- 2) На панели «Навигатор по диаграммам» выбрать Диаграммы UML / Диаграммы вариантов использования, затем щелкнуть правой клавишей мыши и в появившемся окне появится Новая диаграмма вариантов использования. (рисунок 4.18)
- 3) На панели инструментов выбрать инструмент UML/ Диаграммы вариантов использования. (рисунок 4.19)

В появившемся окне введите имя Диаграмма1 (рисунок 4.20).

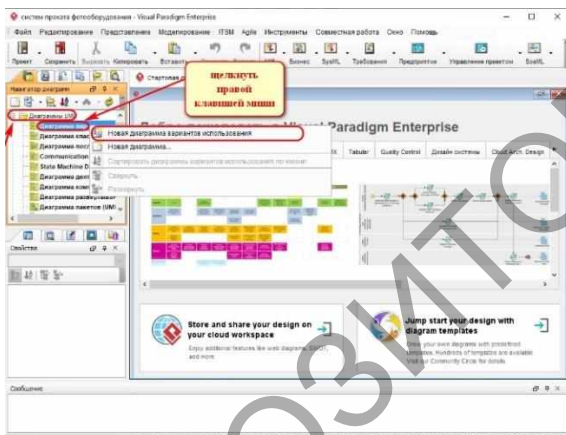


Рисунок 4.18

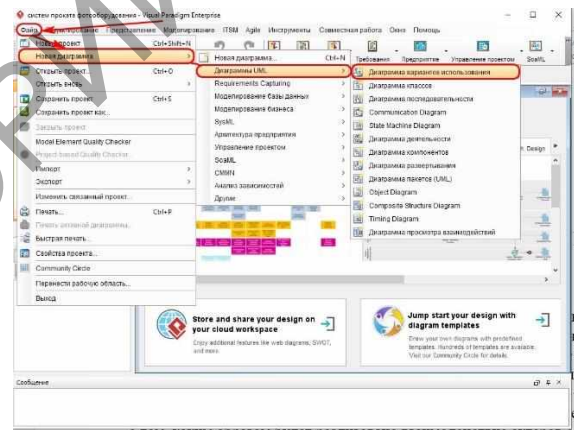


Рисунок 4.17



Рисунок 4.19

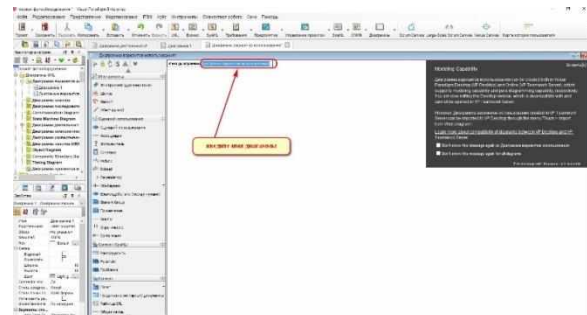
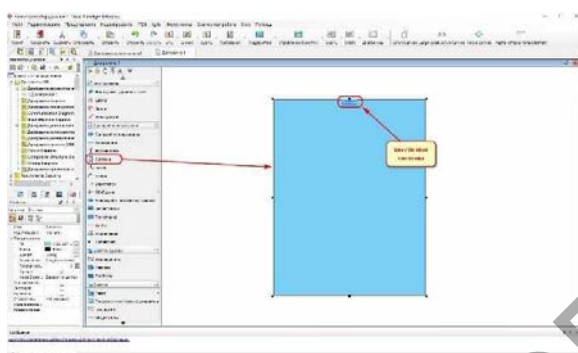


Рисунок 4.20

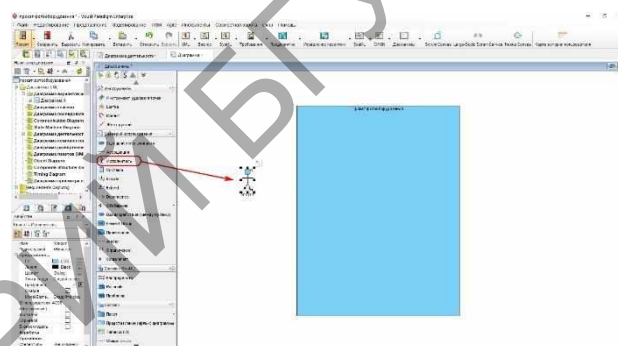
В левом верхнем углу, в текстовом поле всплывающего окна, вводится имя для только что созданной диаграммы использования (прецедентов) (Рисунок 4.20).

#### *Обозначение системы*

Для создания системы, необходимо выбрать на панели инструментов **Система** и перетащить в область **Редактор диаграмм** (или на панели инструментов выбрать **Система** и затем щелкнуть в нужном месте области **Редактора диаграмм** левой клавишей мыши) и затем щелкнув левой клавишей мыши ввести имя системы. (Рисунок 4.21)



**Рисунок 4.21**



**Рисунок 4.22**

#### *Обозначение актёра*

Для того чтобы добавить актёра необходимо в панели инструментов выбрать **Исполнитель** и затем щелкнуть левой клавишей мыши щелкнуть в нужном месте области **Редактора диаграмм** для размещения актёра на диаграмме (Рисунок 4.22).

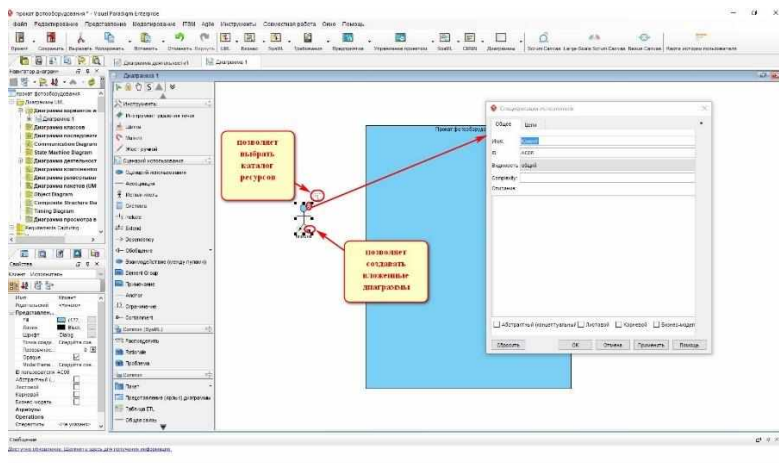


Рисунок 4.23

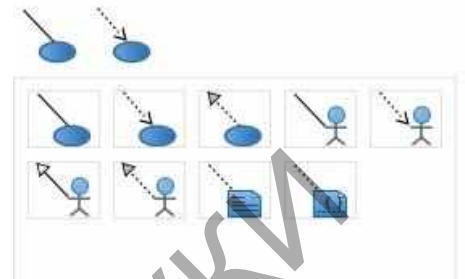




Рисунок 4.24

### Обозначение варианта использования

Помимо создания прецедента через панель инструментов диаграммы, также можно создавать его через иконку Каталог ресурсов .

Для этого необходимо привести указатель мыши на фигуру и нажать на значок . Далее необходимо перетащить его на нужное место, а затем отпустите кнопку мыши. Исходный элемент диаграммы и вновь созданный прецедент (вариант использования) автоматически свяжутся. После создание можно дать новое имя созданному прецеденту (Рисунок 4.25).

Если при задании имени варианта использования оно не помещается, то размер графического представления варианта использования можно изменить нажав **Подогнать размер**. (рисунок4.26.)



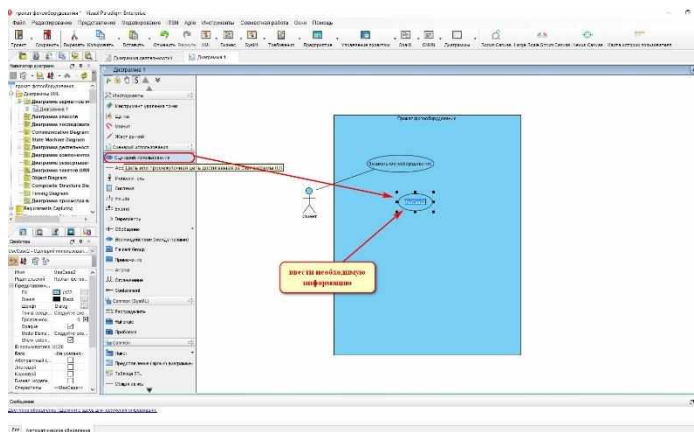



Рисунок 4.25



Рисунок 4.26

Обозначение отношения «расширение» и «включает».

Чтобы создать связь "Extend" или "Include", наведите курсор вариант использования и нажмите значок . В появившемся окне (Рисунок 4.27-28) выберите необходимую связь, затем появится окно (Рисунок 4.29) в котором необходимо указать имя варианта прецедента с которым вы хотите установить связь. После этого прецеденты будут связаны.

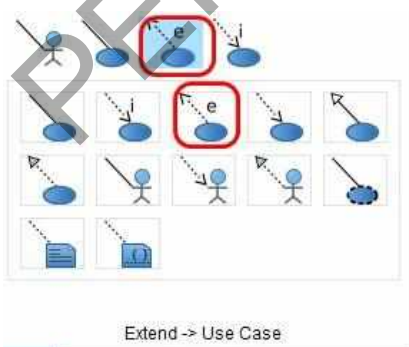


Рисунок 4.27

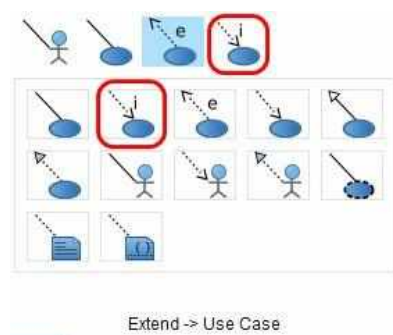


Рисунок 4.28



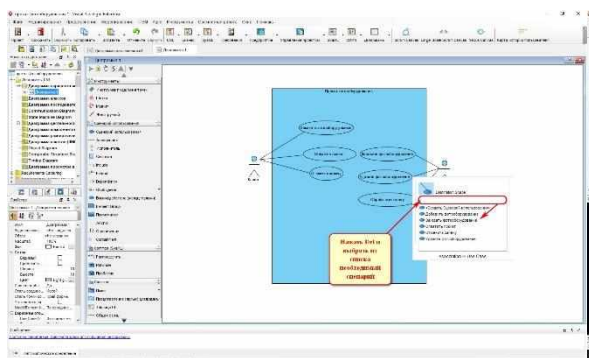


Рисунок 4.29

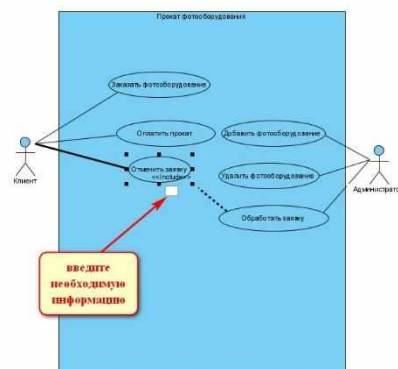


Рисунок 4.30

Далее, необходимо назвать созданный прецедент.

### ***Пример построения диаграммы прецедентов***

***Предварительное описание.*** Система обеспечивает автоматическую выдачу билетов с использованием точки доступа и мобильных устройств, оснащенных модулем беспроводной связи. Система должна осуществлять проверку доступа студента к билетам только с использованием одного мобильного устройства. Для составления пар студент-устройство используются ФИО студента и MAC-адрес устройства. Преподаватель должен иметь информацию о том, какой студент вытянул какой вопрос, и время, в которое было произведено это действие. Доступ к экзаменационным билетам должен быть только у студентов группы, указанной преподавателем и допущенных к экзамену. Преподаватель должен иметь возможность допускать студентов до экзамена и разрешать сдавать экзамен студентам из другой группы в виде исключения. После регистрации студента и его мобильного устройства система выдает случайный, еще не занятый, билет, и при последующих обращениях с мобильного устройства выдает тот же самый билет.

В процессе проведения экзамена студент может вытянуть билет позволяющий получить оценку автоматически (без ответа на вопросы). Для

этого в течение семестра использовалась система промежуточной оценки остаточных знаний, результатом работы которой являются 4 пары тема - оценка. Весь курс разбит на 10 тем, таким образом, чтобы ответив на любой вопрос из темы в течение семестра, можно было получить оценку за всю тему. Для вычисления автоматической оценки на основе выбранного билета система должна проверить в какие темы попадают вопросы, выбранного билета, и сопоставить их с оценками, полученными студентом, вытянувшим билет.

**Выделение прецедентов.** *Определение рамок системы:* для того чтобы яснее очертить рамки проектируемой системы определим те функции, которые она не должна выполнять, т.е. определим внешних вспомогательных исполнителей:

1) Система не отвечает за процессы подключения и аутентификации мобильных устройств студентов, за это отвечают протоколы безопасности беспроводных сетей;

2) Система не отвечает за сопоставление конкретных MAC адресов и адресов мобильных устройств в сети IP, за это отвечают протоколы DHCP и ARP, реализованные в рамках операционной системы или роутера (точки доступа);

3) Система не отвечает за визуализацию содержимого экзаменационного билета, это выполняет браузер на мобильном устройстве.

Таким образом, внешними вспомогательными исполнителями являются: операционная система, беспроводной роутер, браузер мобильного устройства.

**Определение основных исполнителей и задач.** Для того чтобы не упустить некоторые не очевидные моменты в процессе определения основных исполнителей и задач полезно ответить на следующие вопросы:

- 1) Кто запускает и выключает систему?
- 2) Кто является системным администратором?

- 3) Кто осуществляет управление пользователями и безопасностью?
- 4) Относится ли время к числу исполнителей, другими словами, должна ли система выполнять какие-либо действия в ответ на события времени?
- 5) Существует ли процесс мониторинга, благодаря которому система перезапускается в случае сбоя?
- 6) Кто контролирует деятельность и производительность системы?
- 7) Как выполняется обновление программного обеспечения?
- 8) Кто анализирует журналы регистрации? Можно ли обеспечить удаленный доступ к ним?
- 9) Могут ли в качестве исполнителей выступать внешние программы или автоматические системы?
- 10) Кого следует уведомлять при ошибках или сбоях системы?

Составим перечень исполнителей и задач в виде таблицы 2:

Таблица 2 - Перечень исполнителей и задач

Исполнитель	Задачи
Студент	Регистрируется на экзамене Получает билет
Преподаватель	Включает и выключает систему Уточняет участие студента в сдаче экзамена Анализирует информацию о вытянутых билетах Анализирует информацию о времени получения билетов
Ассистент (деканат)	Формирует списки студентов
Система промежуточной оценки знаний	Предоставляет информацию для выставления автоматической оценки за экзамен

Как правило, каждой задаче пользователя соответствует один прецедент. Его имя должно начинаться с существительного, описывающего действие. Из таблицы выше, можно сделать вывод, что в разрабатываемой системе присутствует два основных исполнителя: Студент и Преподаватель. Поэтому в качестве прецедентов определим те, которые соответствуют задачам основных исполнителей. (Регистрация на экзамене, Получение билета, Допуск на экзамен, Вызов на собеседование, Собеседование на экзамене)

**Описание прецедентов.** В качестве примера, рассмотрим развернутое описание прецедента Получение билета.

### **Прецедент П1. Получение билета.**

*Рамки.* Система поддержки проведения экзамена.

*Уровень.* Задача, определенная пользователем.

*Основной исполнитель.* Студент.

Заинтересованные лица и их требования.

- Студент. Хочет получить билет и узнать о возможности выставления автоматической оценки. Все это он хочет проделать без лишних волнений и не отвлекая остальных участников экзамена;
- Преподаватель. Хочет быстро определить, кому и какую оценку можно поставить автоматически;
- Деканат. Хочет получить аккуратно заполненные ведомости о проведении экзамена.

*Предусловия.* Студент зарегистрировался на экзамене и имеет допуск.

*Результаты (Постусловия).* Студенту предоставлен случайный и еще не занятый билет. Зафиксировано время получения билета. Определены автоматические оценки за каждый вопрос в полученном билете.

### **Основной успешный сценарий (или основной процесс).**

1. Студент сообщает системе о своем желании получить билет;

2. Система проверяет факт выдачи билета студенту во время его предыдущих обращений;
3. Система случайным образом выбирает билет, который до этого ни разу не был выбран и делает пометку о том, что билет занят конкретным студентом;
4. Система запоминает время начала подготовки студента;
5. Система определяет номер темы, к которой относится вопрос, выбранного билета;
6. Система определяет оценку, которую можно поставить автоматически за данный вопрос на основании информации полученной от системы промежуточной оценки знаний;
7. Система повторяет пункты 5 и 6 для всех вопросов, выбранного билета;
8. Система формирует билет в виде возможном для отображения и передает его на мобильное устройство;
9. Студент получает на экране мобильного устройства все вопросы и автоматические оценки и начинает готовиться к ответу.

#### **Расширения (или альтернативные потоки).**

2-4а. При повторном обращении студента к системе для получения билета:

1. Система определяет, какой билет был выдан студенту при его первом обращении.

4а. Если в системе не осталось ни одного билета, который еще ни разу не был выдан:

1. Система сообщает студенту о том, что необходимо подождать, пока билеты не освободятся;
2. Система сообщает преподавателю о том, что свободных билетов нет и конкретный студент не может начать подготовку к ответу;
3. Система завершает обслуживание студента.

*Специальные требования*

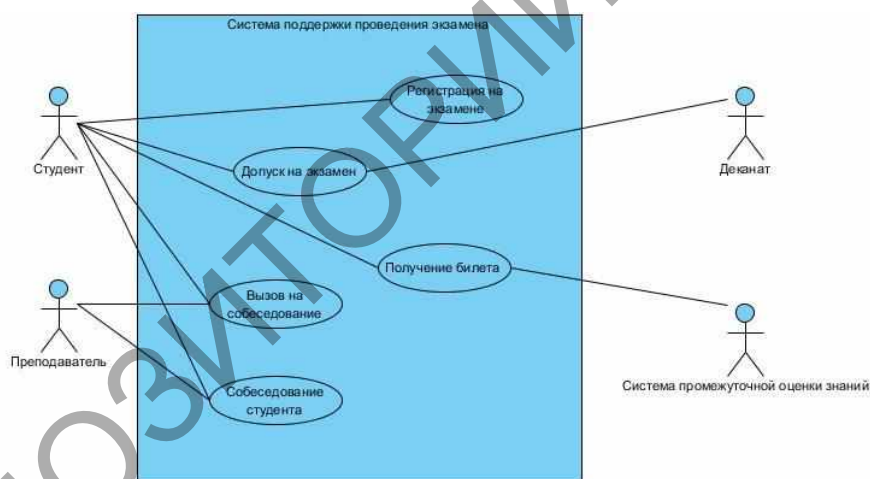
На 3 шаге основного сценария необходимо обеспечить, чтобы у разных студентов выполнивших одновременное обращение к системы были разные билеты

### *Список технологий и типов данных*

Для возможности работы с более широким кругом различных устройств содержание билетов должно формироваться в виде html разметки.

### ***Построение диаграммы вариантов использования (прецедентов)***

В качестве CASE-средства в данном описании будет использоваться Visual Paradigm. Диаграмма вариантов использования (прецедентов) может выглядеть так, как показано на рисунке 4.31.



**Рисунок 4.31** – Диаграмма вариантов использования (прецедентов)

На этой диаграмме основные исполнители показаны слева, а вспомогательные справа. Связь взаимодействия может соединять так же и двух исполнителей, и два прецедента. Однако для этого вводятся специальные виды взаимодействия: обобщение, расширение и включение (использование этих типов связи в рамках анализа начальной фазы не является желательным).

**Задача** Построить модель вариантов использования для системы продажи экскурсии в музей.

#### *Методика выполнения*

Посетитель музея может просматривать список экскурсий, помещать экскурсию в виртуальную корзину и изменять содержимое этой корзины.

Посетитель может стать покупателем, если он принимает решение об оформлении заказа на покупку выбранной им экскурсии.

Менеджер может изменять список экскурсии и специфицировать условия для предоставления бонусной скидки, а бухгалтер — принимать оплату за выбранную покупателем экскурсию.

При оформлении заказа на покупку товара необходима регистрация покупателя.

При оформлении заказа постоянному покупателю может быть предоставлена специальная бонусная скидка.

В рамках рассматриваемой системы продажи экскурсии в музей возможна оплата выбранных покупателем экскурсий, как наличными, так и по кредитной карточке.

#### ***Выделение актеров и вариантов использования***

В соответствии с определением терминов «актер» и «вариант использования», для данной предметной области актерами будут люди, участвующие в работе музея, а вариантами использования те действия, которые они выполняют в музее.

1. В качестве основного актера описываемой системы можно рассматривать актера «Посетитель музея». В соответствии с теми действиями, которые может выполнять посетитель музея, можно выделить два варианта использования, связанных с актером «Посетитель музея» отношением ассоциации: «Просмотр списка экскурсий» и «Изменение содержания корзины».

2. Т.к. посетитель музея может стать покупателем, то можно выделить актера «Покупатель», связанного отношением обобщения с актером «Посетитель музея», при этом в качестве родителя будет выступать актер «Посетитель музея», а в качестве потомка «Покупатель», т.к. последний наследует все свойства поведения посетителя музея, но и обладает собственными. Вариантами использования, связанными отношением ассоциации с актером «Покупатель», будут «Оформление заказа на экскурсию» и «Оплата выбранной экскурсии».

3. В качестве других актеров рассматриваемой системы могут выступать «Менеджер» и «Бухгалтер». При этом «Менеджер» будет связан отношением ассоциации с вариантами использования «Изменение списка экскурсии» и «Предоставление бонусной скидки», а бухгалтер - с вариантом использования «Оплата выбранной экскурсии».

4. Поскольку при оформлении заказа на покупку экскурсии необходима регистрация покупателя, и эта функциональность выполняется всегда, она может быть выделена в отдельный вариант использования «Регистрация покупателя», который будет связан с базовым отношением включения. С другой стороны, при оформлении заказа постоянному покупателю может быть предоставлена специальная бонусная скидка. Это требование может быть также представлено в качестве отдельного варианта использования «Предоставление бонусной скидки», который будет связан с базовым отношением расширения.

5. Дальнейшая детализация модели может быть выполнена на основе установления дополнительного отношения обобщения для варианта использования «Оплата выбранной экскурсии». Если в рамках рассматриваемой системы продажи экскурсии в музее возможна оплата выбранных покупателем экскурсии, как наличными, так и по кредитной карточке, то в этом случае диаграмма может быть дополнена соответствующими вариантами использования. При этом варианты использования «Оплата экскурсии наличными» и «Оплата экскурсии по



кредитной карточке» будут связаны с вариантом использования «Оплата выбранной экскурсии» отношением обобщения.

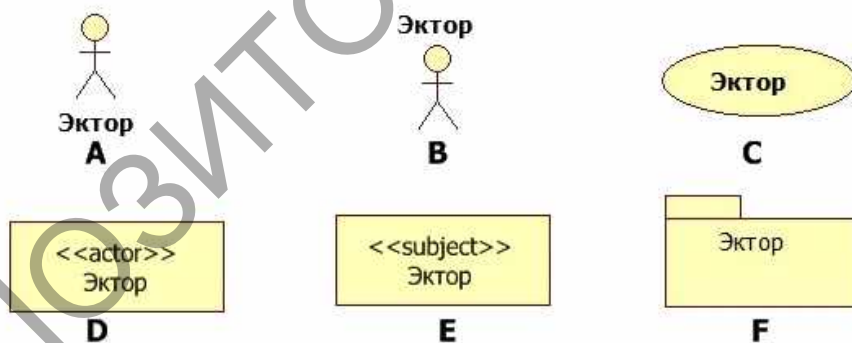
В результате разрабатываемая диаграмма должна содержать 9 вариантов использования и 4-х актеров, между которыми установлены соответствующие отношения ассоциации, включения, расширения и обобщения. Все варианты использования желательно заключить в прямоугольник, который служит для обозначения субъекта проектируемой системы.

Разработайте по описанному сценарию диаграмму вариантов использования (прецедентов).

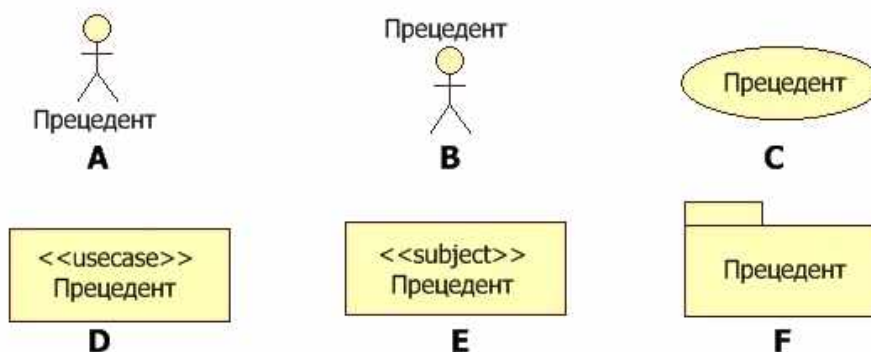
**Задача 3.** Выполнить индивидуальное задание в соответствии с приведенным примером построения диаграммы вариантов использования (прецедентов). Список индивидуальных заданий приводится в п.3.5.

#### Контрольные вопросы

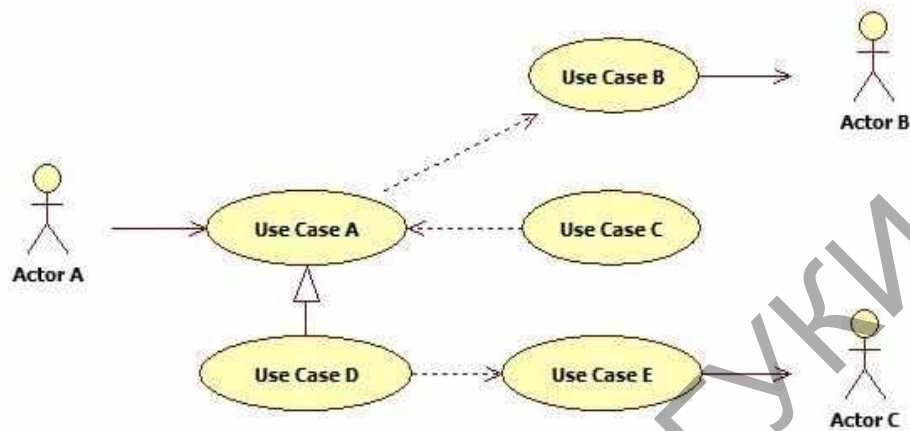
1. Какие символы являются стандартными представлениями актёра?



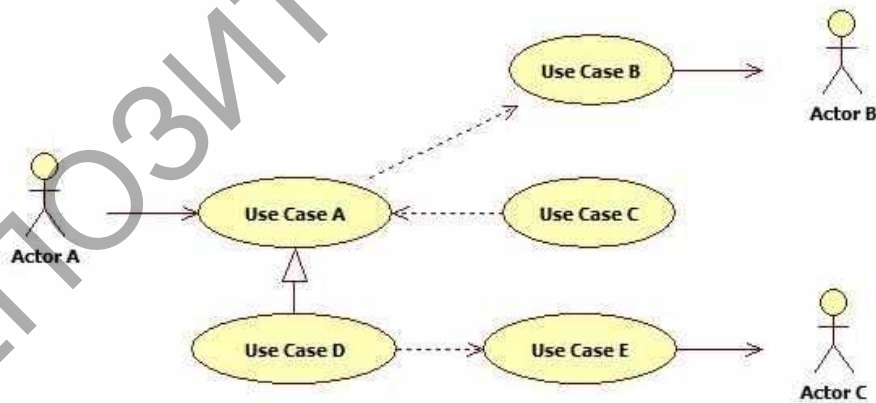
2. Каким символом изображается прецедент?



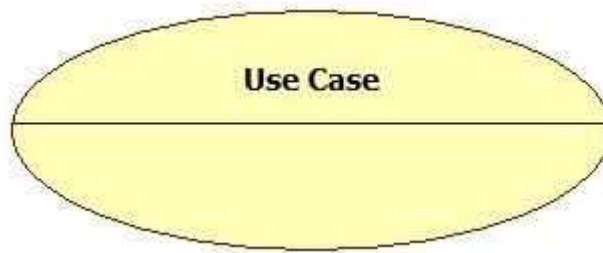
3. Какое значение имеет стрелка, изображенная на линии, связывающей актёра и прецедент?
4. Какие актёры вовлечены в выполнение прецедента Use Case E?



5. В каком количественном отношении находятся сценарии и прецеденты?
6. В каком отношении находятся понятия прецедента и кооперации?
7. Что такое прецедент?
8. Какой смысл вкладывают в понятие актёра?
9. В каких отношениях могут состоять прецеденты?
10. Какие актёры вовлечены в выполнение прецедента Use Case E?



11. В чем состоит смысл операции расширения прецедента?
12. Что описывается в дополнительном разделе прецедента, отделенном от его названия горизонтальной линией?



13. Как на диаграммах прецедентов изображается включение прецедентов?
- в виде зависимости со стереотипом <<include>>;
  - в виде зависимости со стереотипом <<inside>>;
  - в виде зависимости со стереотипом <<within>>;
  - в виде зависимости со стереотипом <<switch on>>;
  - в виде зависимости со стереотипом <<contain>>.

*Содержание отчета*

- титульный лист;
- цель работы;
- скриншоты выполненных заданий;
- выводы.

### **Лабораторная работа № 5 Моделирование диаграммы классов в среде моделирования Visual Paradigm**

**(4 часа).**

#### **Тема 14. Объектно-ориентированный анализ и моделирование информационных процессов**

*Цель:* познакомиться с методами построения диаграммы классов, освоить элементы, используемые в процессе построения диаграммы, и научиться понимать назначение каждого из элементов.

#### **Краткие теоретические сведения**

Диаграмма классов (class diagram) служит для представления статической структуры модели системы в терминологии классов объектно-ориентированного программирования. Диаграмма классов может отражать, в

частности, различные взаимосвязи между отдельными сущностями предметной области, такими как объекты и подсистемы, а также описывает их внутреннюю структуру (поля, методы...) и типы отношений (наследование, реализация интерфейсов ... ). На данной диаграмме не указывается информация о временных аспектах функционирования системы. С этой точки зрения диаграмма классов является дальнейшим развитием концептуальной модели проектируемой системы. На этом этапе принципиально знание ООП подхода и паттернов проектирования.

Диаграмма классов может отражать, в частности, различные взаимосвязи между отдельными сущностями предметной области, такими как объекты и подсистемы, а также описывает их внутреннюю структуру и типы отношений. На данной диаграмме не указывается информация о временных аспектах функционирования системы. С этой точки зрения диаграмма классов является дальнейшим развитием концептуальной модели проектируемой системы.

Диаграмму классов принято считать графическим представлением таких структурных взаимосвязей логической модели системы, которые не зависят или инвариантны от времени.

Диаграмма классов показывает объекты и отношения между ними. Она предоставляет подробную информацию о свойствах и интерфейсах классов, её можно рассматривать в качестве основной модели, а также рассматривать другие схемы в качестве дополнительных моделей.

**Класс (class)** в языке UML служит для обозначения множества объектов, которые обладают одинаковой структурой, поведением и отношениями с объектами из других классов. Графически класс изображается в виде прямоугольника, который дополнительно может быть разделен горизонтальными линиями на разделы или секции (Рисунок 5.1). В этих разделах могут указываться имя класса, атрибуты (переменные) и операции (методы).

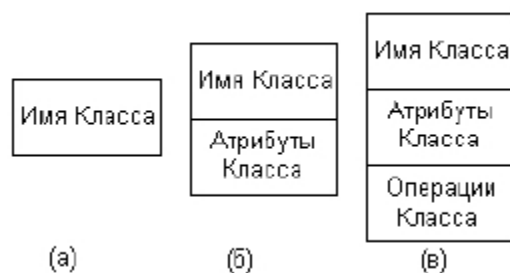


Рисунок 5.1 – Графическое изображение класса на диаграмме классов  
Например:

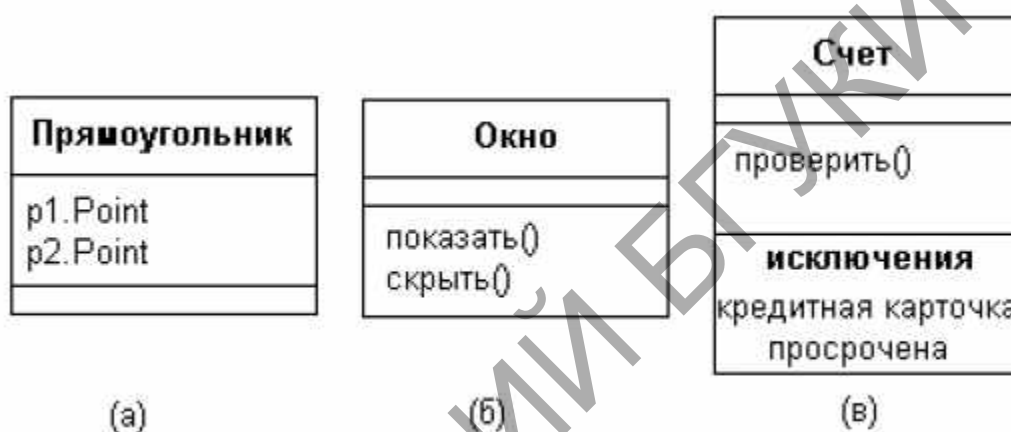


Рисунок 5.2 – Примеры классов

Имя класса должно быть уникальным в пределах пакета, который описывается некоторой совокупностью диаграмм классов (возможно, одной диаграммой). Оно указывается в первой верхней секции прямоугольника. В дополнение к общему правилу наименования элементов языка UML, имя класса записывается по центру секции имени полужирным шрифтом и должно начинаться с заглавной буквы.

Класс может не иметь экземпляров или объектов. В этом случае он называется абстрактным классом, а для обозначения его имени используется наклонный шрифт (курсив). В языке UML принято общее соглашение о том, что любой текст, относящийся к абстрактному элементу, записывается курсивом. Данное обстоятельство является семантическим аспектом описания соответствующих элементов языка UML.

*Атрибуты.* Во второй сверху секции прямоугольника класса записываются его атрибуты (attributes) или свойства. В языке UML принята

определенная стандартизация записи атрибутов класса, которая подчиняется некоторым синтаксическим правилам. Каждому атрибуту класса соответствует отдельная строка текста, которая состоит из квантора видимости атрибута, имени атрибута, его кратности, типа значений атрибута и, возможно, его исходного значения.

Квантор видимости может принимать одно из трех возможных значений и, соответственно, отображается при помощи специальных символов:

- Символ "+" обозначает атрибут с областью видимости типа общедоступный (public). Атрибут с этой областью видимости доступен или виден из любого другого класса пакета, в котором определена диаграмма.

- Символ "#" обозначает атрибут с областью видимости типа защищенный (protected). Атрибут с этой областью видимости недоступен или невиден для всех классов, за исключением подклассов данного класса.

- И, наконец, знак "-" обозначает атрибут с областью видимости типа закрытый (private). Атрибут с этой областью видимости недоступен или невиден для всех классов без исключения.

#### *Примеры атрибутов*

- цвет: Color – здесь цвет является именем атрибута, Color – именем типа данного атрибута.

- имя\_сотрудника [1..2] : String – здесь имя\_сотрудника является именем атрибута, который служит для представления информации об имени, а возможно, и отчестве конкретного сотрудника. Тип атрибута String (Строка)

- форма:Многоугольник – здесь имя атрибута форма может характеризовать такой класс, который является геометрической фигурой на плоскости. В этом случае тип атрибута Многоугольник указывает на тот факт, что отдельная геометрическая фигура может иметь форму треугольника, прямоугольника, ромба, пятиугольника и любого другого многоугольника, но не окружности или эллипса.

### Примеры значения атрибутов

- цвет:Color = (255, 0, 0) – в RGB-модели цвета это соответствует чистому красному цвету в качестве исходного значения для данного атрибута.

- имя\_сотрудника[1..2]:String = Иван Иванович – возможно, это нетипичный случай, который, скорее, соответствует ситуации имя\_руководителя[2]:String = Иван Иванович.

- форма:Многоугольник = прямоугольник – вряд ли требует комментариев, поскольку здесь речь идет о геометрической форме создаваемого объекта.

**Операция.** Операция (operation) представляет собой некоторый сервис, предоставляющий каждый экземпляр класса по определенному требованию. Совокупность операций характеризует функциональный аспект поведения класса.

При этом каждой операции класса соответствует отдельная строка, которая состоит из квантора видимости операции, имени операции, выражения типа возвращаемого операцией значения и, возможно, строка-свойство данной операции.

Для повышения производительности системы одни операции могут выполняться параллельно или одновременно, а другие – только последовательно. В этом случае для указания параллельности выполнения операции используется строка-свойство вида «{concurrency = имя}», где имя может принимать одно из следующих значений: последовательная (sequential), параллельная (concurrent), охраняемая (guarded). При этом придерживаются следующей семантики для данных значений:

- последовательная (sequential) – для данной операции необходимо обеспечить ее единственное выполнение в системе, одновременное выполнение других операций может привести к ошибкам или нарушениям целостности объектов класса.

–параллельная (concurrent) – данная операция в силу своих особенностей может выполняться параллельно с другими операциями в системе, при этом параллельность должна поддерживаться на уровне реализации модели.

–охраняемая (guarded) – все обращения к данной операции должны быть строго упорядочены во времени с целью сохранения целостности объектов данного класса, при этом могут быть приняты дополнительные меры по контролю исключительных ситуаций на этапе ее выполнения.

### *Примеры операций*

–+создать() –Эта операция не возвращает никакого значения после своего выполнения.

–+нарисовать(форма: Многоугольник = прямоугольник, цвет\_заливки: Color = (0, 0, 255)) – может обозначать операцию по изображению на экране монитора прямоугольной области синего цвета, если не указываются другие значения в качестве аргументов данной операции.

–запросить\_счет\_клиента(номер\_счета:целое):целое – обозначает операцию по установлению наличия средств на текущем счете клиента банка. При этом аргументом данной операции является номер счета клиента, который записывается в виде целого числа (например, «123456»).

–выдать\_сообщение():{"Ошибка деления на ноль"} – смысл данной операции не требует пояснения, поскольку содержится в строке-свойстве операции. Данное сообщение может появиться на экране монитора в случае попытки деления некоторого числа на ноль, что недопустимо.

**Отношения между классами.** Базовыми отношениями или связями в языке UML являются:

- Отношение зависимости (dependency relationship)
- Отношение ассоциации (association relationship)
- Отношение обобщения (generalization relationship)
- Отношение реализации (realization relationship)

### *Отношение зависимости*



Отношение зависимости в общем случае указывает некоторое семантическое отношение между двумя элементами модели или двумя множествами таких элементов.

Отношение зависимости используется в такой ситуации, когда некоторое изменение одного элемента модели может потребовать изменения другого зависящего от него элемента модели.

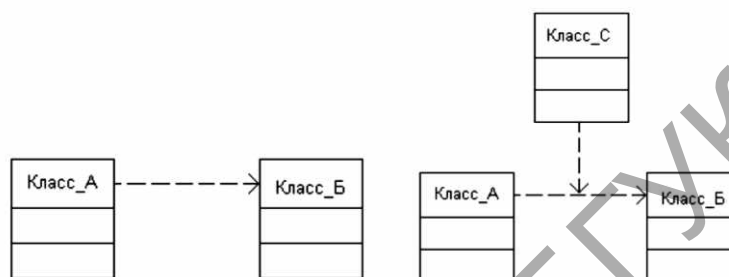


Рисунок 5.3 – Графическое изображение отношения зависимости на диаграмме классов

### Отношение ассоциации

Отношение ассоциации соответствует наличию некоторого отношения между классами. Данное отношение обозначается сплошной линией с дополнительными специальными символами, которые характеризуют отдельные свойства конкретной ассоциации.

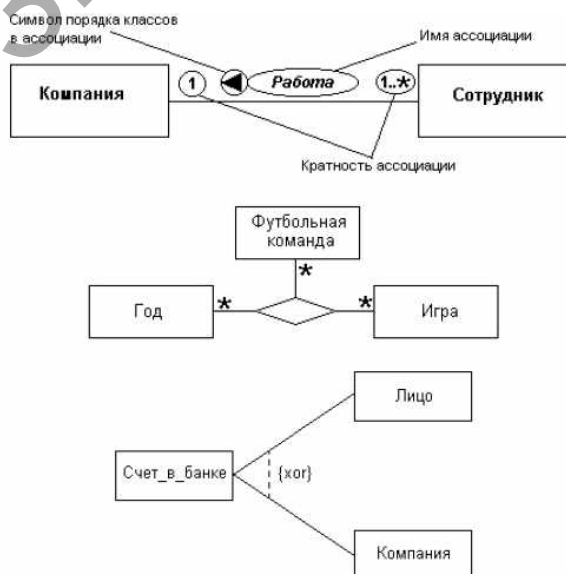


Рисунок 5.4 – Графическое изображение отношения зависимости на диаграмме классов

Отношение агрегации имеет место между несколькими классами в том случае, если один из классов представляет собой некоторую сущность, включающую в себя в качестве составных частей другие сущности («часть-целое»). Части системы никак не обязаны наследовать ее свойства и поведение, поскольку являются вполне самостоятельными сущностями. Более того, части целого обладают своими собственными атрибутами и операциями, которые существенно отличаются от атрибутов и операций целого.



Рисунок 5.5 – Пример отношения агрегации

#### *Отношение композиции*

Отношение композиции является частным случаем отношения агрегации. Это отношение служит для выделения специальной формы отношения «часть-целое», при которой составляющие части в некотором смысле находятся внутри целого. Специфика взаимосвязи между ними заключается в том, что части не могут выступать в отрыве от целого, т. е. с уничтожением целого уничтожаются и все его составные части.

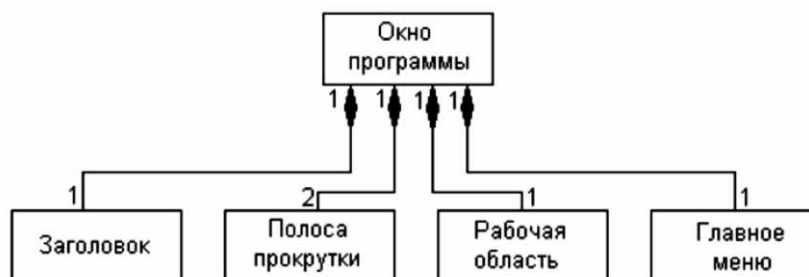


Рисунок 5.6 – Пример отношения композиции

## *Отношение обобщения*

Отношение обобщения является обычным таксономическим отношением между более общим элементом (родителем или предком) и более частным или специальным элементом (дочерним или потомком).

Данное отношение может использоваться для представления взаимосвязей между пакетами, классами, вариантами использования и другими элементами языка UML.

Применительно к диаграмме классов данное отношение описывает иерархическое строение классов и наследование их свойств и поведения. При этом предполагается, что класс-потомок обладает всеми свойствами и поведением класса-предка, а также имеет свои собственные свойства и поведение, которые отсутствуют у класса-предка.

Рядом со стрелкой обобщения может размещаться строка текста, указывающая на некоторые дополнительные свойства этого отношения. Данный текст будет относиться ко всем линиям обобщения, которые идут к классам-потомкам. Другими словами, отмеченное свойство касается всех подклассов данного отношения. При этом текст следует рассматривать как ограничение, и тогда он записывается в фигурных скобках.

В качестве ограничений могут быть использованы следующие ключевые слова языка UML:

—{complete} – означает, что в данном отношении обобщения специфицированы все классы-потомки, и других классов-потомков у данного класса-предка быть не может. Пример – класс Клиент\_банка является предком для двух классов: Физическое\_лицо и Компания, и других классов-потомков он не имеет. На соответствующей диаграмме классов это можно указать явно, записав рядом с линией обобщения данную строку-ограничение;

–{disjoint} – означает, что классы-потомки не могут содержать объектов, одновременно являющихся экземплярами двух или более классов. В приведенном выше примере это условие также выполняется, поскольку предполагается, что никакое конкретное физическое лицо не может являться одновременно и конкретной компанией. В этом случае рядом с линией обобщения можно записать данную строку-ограничение;

–{incomplete} – означает случай, противоположный первому. А именно, предполагается, что на диаграмме указаны не все классы-потомки. В последующем возможно восполнить их перечень не изменяя уже построенную диаграмму. Пример – диаграмма класса «Автомобиль», для которой указание всех без исключения моделей автомобилей соизмеримо с созданием соответствующего каталога. С другой стороны, для отдельной задачи, такой как разработка системы продажи автомобилей конкретных моделей, в этом нет необходимости. Но указать неполноту структуры классов-потомков все же следует;

–{overlapping} – означает, что отдельные экземпляры классов-потомков могут принадлежать одновременно нескольким классам. Пример – класс «Многоугольник» является классом-предком для класса «Прямоугольник» и класса «Ромб». Однако существует отдельный класс «Квадрат», экземпляры которого одновременно являются объектами первых двух классов. Вполне естественно такую ситуацию указать явно с помощью данной строки-ограничения.

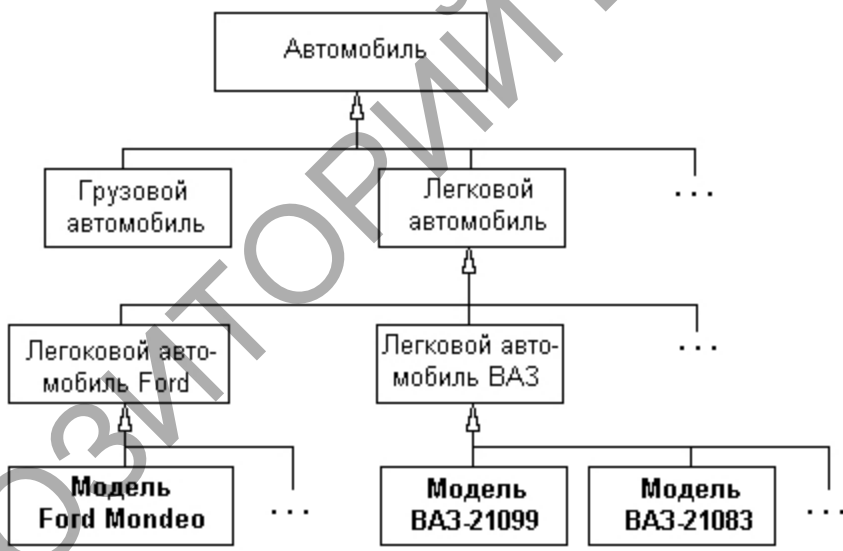
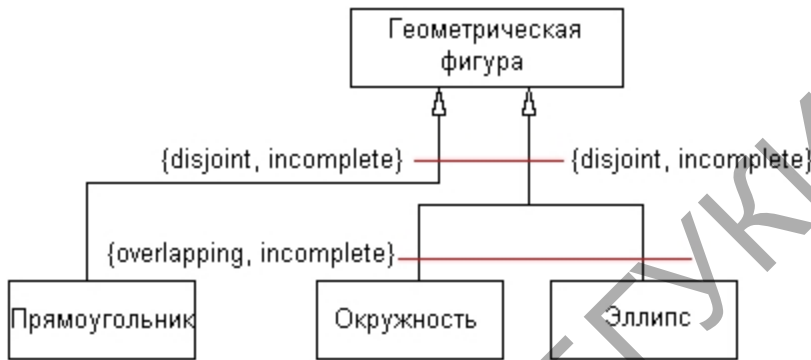
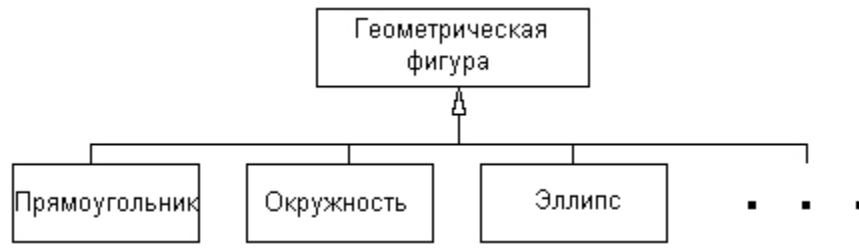
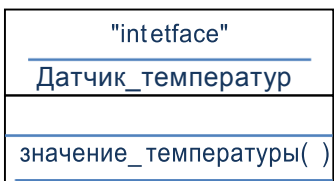


Рисунок 5.7 – Пример отношения обобщения

### Интерфейсы



При этом секция атрибутов у прямоугольника отсутствует, а указывается только секция операций.

### Объекты

Объект (object) является отдельным экземпляром класса, который создается на этапе выполнения программы. Он имеет свое собственное имя и конкретные значения атрибутов. В силу самых различных причин может возникнуть необходимость показать взаимосвязи не только между классами модели, но и между отдельными объектами, реализующими эти классы.

Для графического изображения объектов используется такой же символ прямоугольника, что и для классов. Отличия проявляются при указании имен объектов, которые в случае объектов обязательно подчеркиваются

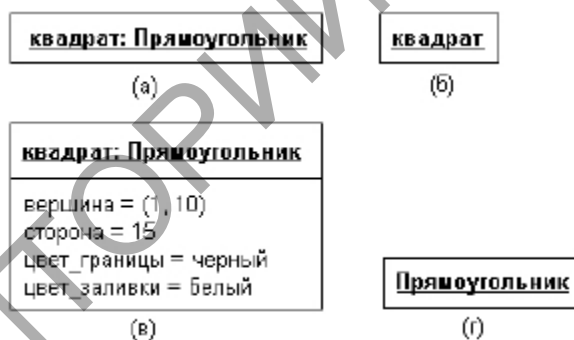


Рисунок 5.8 – Пример объектов класса



Рисунок 5.9 – Пример диаграммы класса

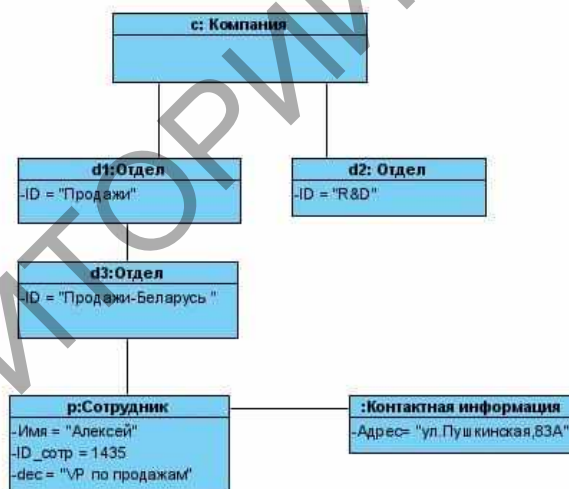


Рисунок 5.10 – Пример диаграммы объектов классов

## Задание 1 Построение диаграммы классов в Visual Paradigm

*Методика выполнения*

*1 Создание диаграммы классов*

Чтобы создать диаграмму классов, надо:

Щелкнуть по панели инструментов UML и в выпадающем меню выбрать пункт «Class Diagram».

Щелкнуть правой кнопкой мыши по «Class Diagram» в навигаторе диаграмм, и в контекстном меню выбрать «New Class Diagram».

Создание диаграмм вариантов использования в среде Visual Paradigm Community Edition происходит одним из следующих способов:

- 4) Выбрать кнопку Файл/ Новая диаграмма /Диаграммы UML /Диаграммы вариантов использования. (рисунок 5.11)
- 5) На панели «Навигатор по диаграммам» выбрать Диаграммы UML /Диаграммы вариантов использования, затем щелкнуть правой клавишей мыши и в появившемся окне появится Новая диаграмма вариантов использования. (рисунок 5.12)
- 6) На панели инструментов выбрать инструмент UML/ Диаграммы вариантов использования. (рисунок 5.13)

В появившемся окне введите имя Диаграмма 2 (рисунок 5.14).

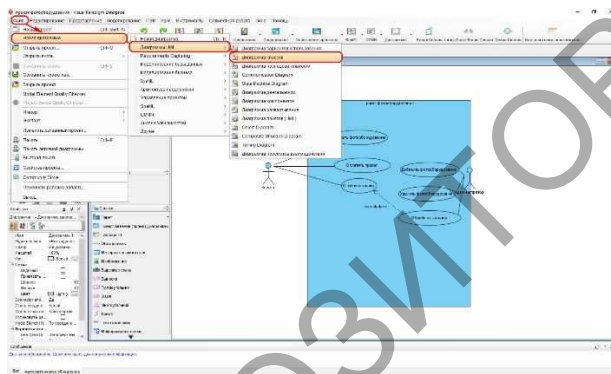


Рисунок 5.11

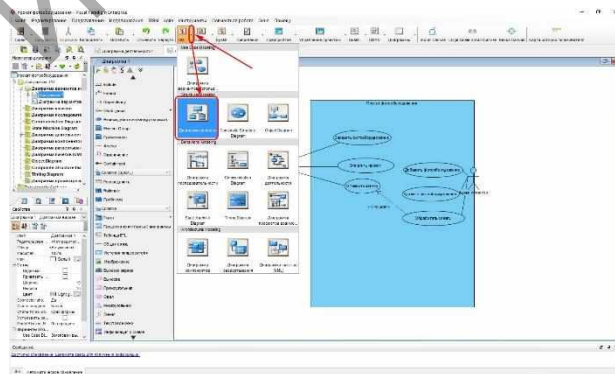


Рисунок 5.12

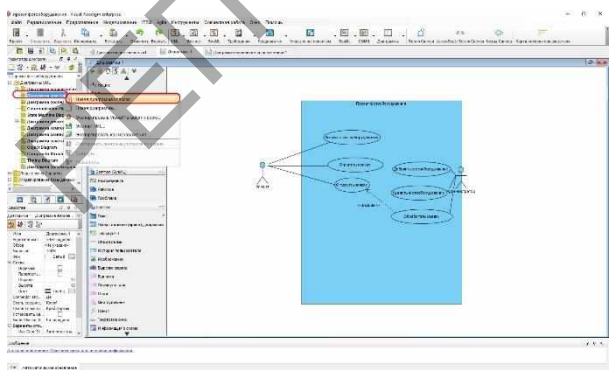


Рисунок 5.13

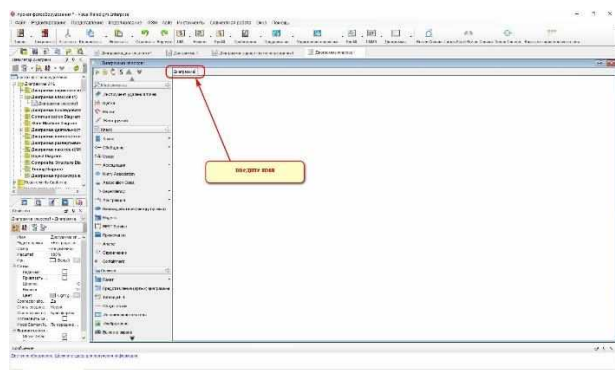


Рисунок 5.14



Для создания класса необходимо щелкнуть на элементе «Class», который находится на панели инструментов диаграммы. После этого щелкнуть по пустому месту на полотне построения диаграммы.

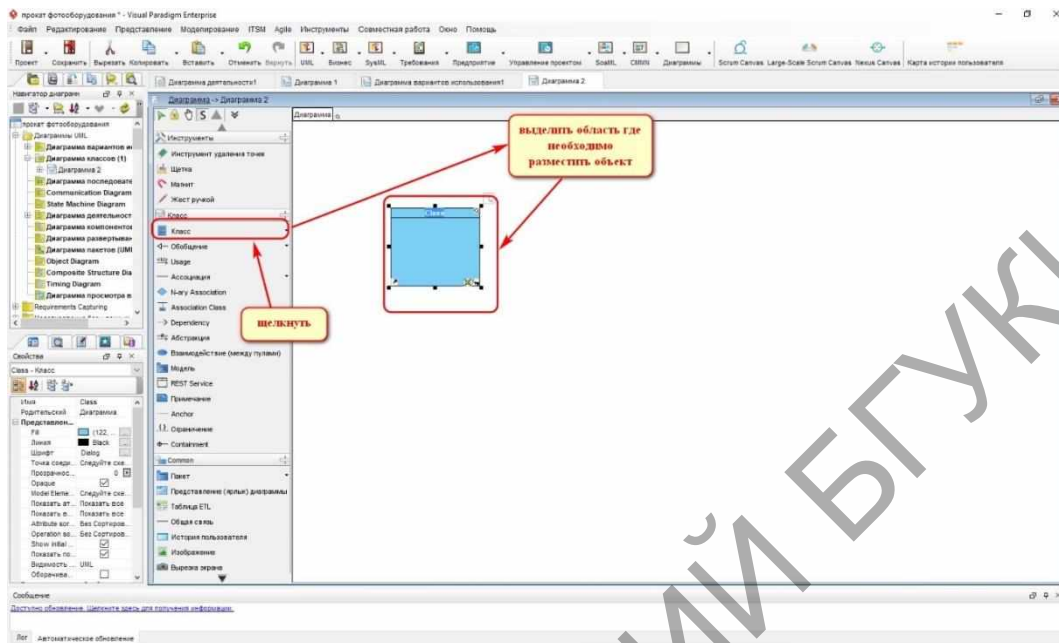


Рисунок 5.15 – Создание и размещение нового класса

### 3 Создание атрибутов

Чтобы создать новый атрибут класса, надо щелкнуть правой кнопкой мыши по классу и в контекстном меню выбрать Добавить /Признак (Рисунок 5.16).

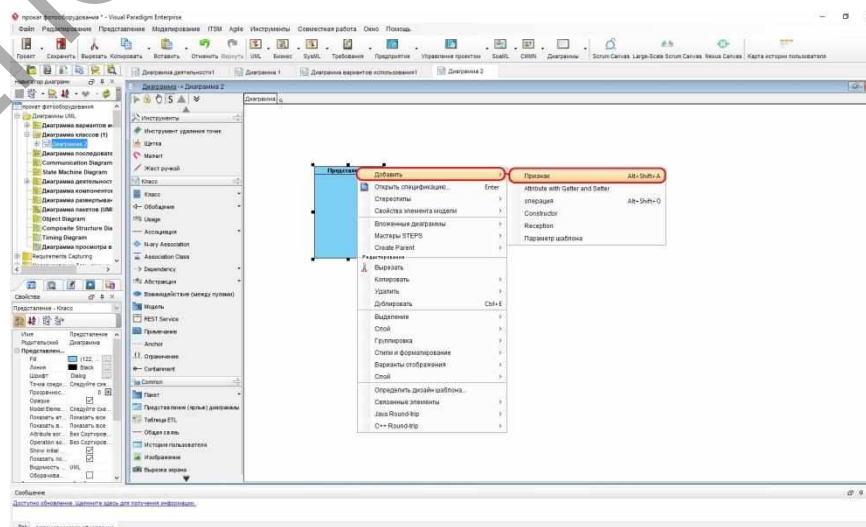


Рисунок 5.16 – Диалог добавления нового атрибута

После того, как атрибут добавится, можно нажать по клавише «Enter», после чего добавится ещё один новый атрибут. Этот метод позволяет быстро добавить несколько атрибутов (Рисунок 5.17).

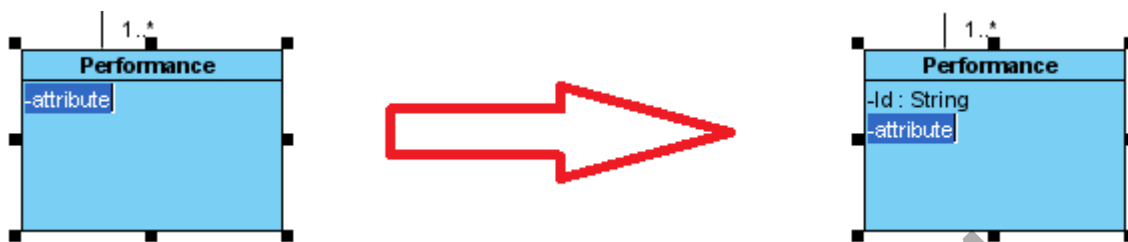


Рисунок 1– Добавление нового атрибута

#### 4 Создание операций

Для создания операции щелкните правой кнопкой мыши на классе и выберите Добавить /Операция (Рисунок 5.18).



Рисунок 5.19 – Создание операции

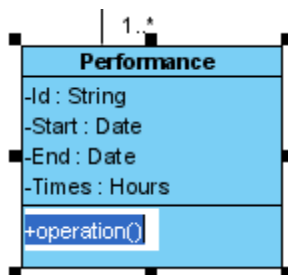


Рисунок 5.20 — Созданная операция

#### 5 Работа с классами

Для того чтобы переупорядочить члены класса необходимо зацепить курсором мышки один из членов и перетащить (Рисунки 5.21 – 5.22)

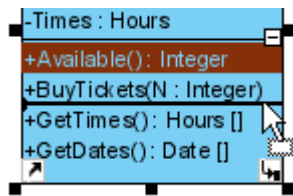


Рисунок 5.21 – Перетаскивание члена класса

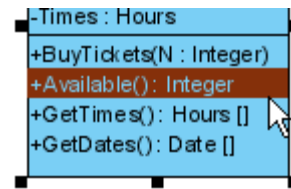


Рисунок 5.22 – Результат перетаскивания

Для копирования члена из одного класса в другой необходимо выбрать курсором мыши этот член класса с зажатой клавишей Ctrl и указать другой класс (Рисунки 5.23 – 5.24).

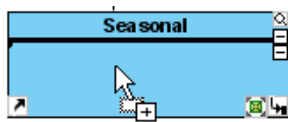


Рисунок 5.23 – Копирования члена класса

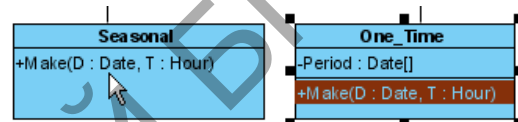


Рисунок 5.24 – Результат копирования члена класса

Перетаскивание члена класса из одного класса в другой производится подобным образом что и копирования, за исключением того, что не нужно зажимать клавишу Ctrl.

Для того чтобы выбрать все члены класса необходимо выбрать один член класса и нажать сочетание клавиш Ctrl+A.

### 6 Создание отношения

Для создания новой связи, необходимо щелкнуть по символу «Association» в меню ресурсов, которое находится рядом с каким-либо классом, и перетащить её в свободное место на диаграмме, чтобы создать новый класс, или перетащите на существующий класс для установления связи с ним. Затем, отпустите клавишу мыши для создания связи.

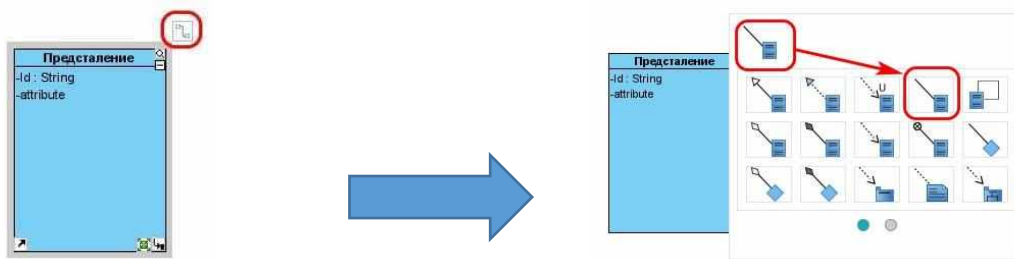



Рисунок 225 – Создание новой связи между классами

### 7 Создание отношения агрегация

Для создания связи типа агрегация, необходимо выбрать в меню ресурсов , в появившемся окне выбрать Агрегация (Рисунок 5.26). Чтобы установить множественность для ассоциации, необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши у того конца связи, который требуется модифицировать. В контекстном меню кликнуть по пункту «Множество», а затем выбрать требуемый вариант множественности (Рисунок 5.27).

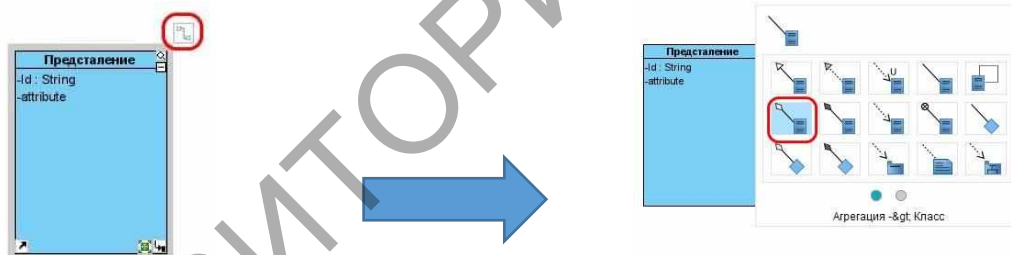


Рисунок 5.26 – Создание новой связи между классами

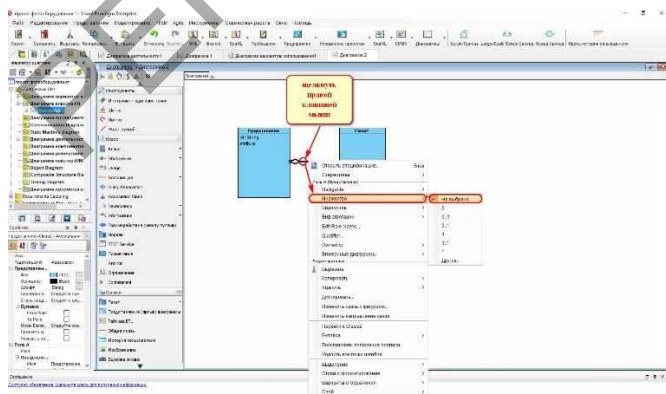


Рисунок 5.27 – Диалог выбора множественности

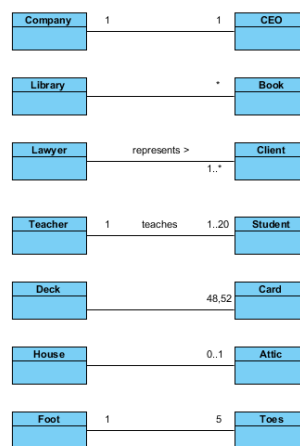


Рисунок 5.28 – Примеры возможных множественностей

Для отображения направления связи, кликните правой кнопкой мыши по связи и выберете «Варианты отображения», а затем выберите пункт «Показать направление» (Рисунок 5.29). Стрелка направления связи располагается рядом со связью (Рисунок 5.30).



Рисунок 5.29 – Обозначение направления связи

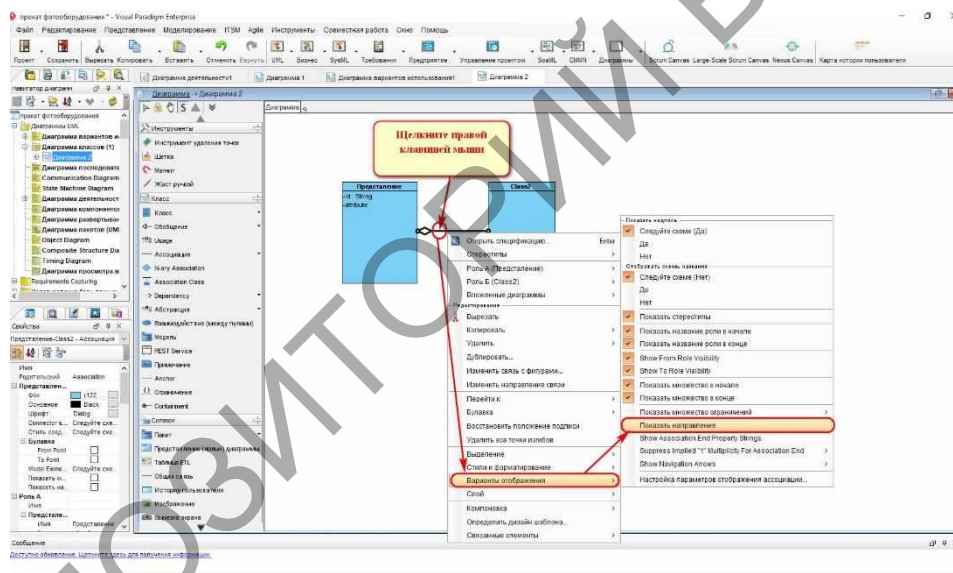



Рисунок 5.30 – Диалог включения свойства «Показать направление»

## 8 Создание отношения обобщение

Для создания отношения типа обобщение, необходимо щелкнуть по пункту «Generalization» в меню ресурсов , расположенном рядом с классом (Рисунок.31). Затем перетащить вновь созданную связь на пустое место диаграммы, чтобы создать новый класс, или перетащить на

существующий класс, для соединения с ним, потом отпустить кнопку мыши, чтобы создать новое отношение.



Рисунок 5.31 – Создание отношения обобщение

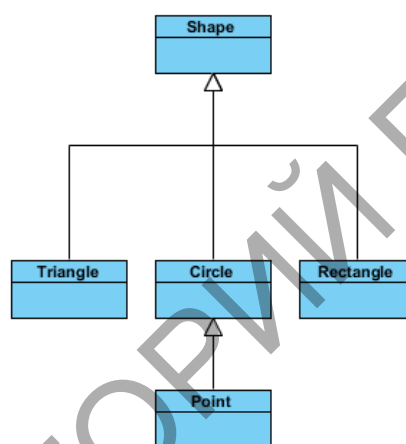




Рисунок 5.32 – Пример обобщения

### 9 Создание отношения реализация

Для создания отношения типа реализация, необходимо кликнуть по

пункту «Realization»  в меню ресурсов  Затем перетащить вновь созданную связь на пустое место диаграммы, чтобы создать новый интерфейс, или перетащить на существующий интерфейс, для соединения с ним. Далее, отпустить кнопку мыши, чтобы создать новое отношение.

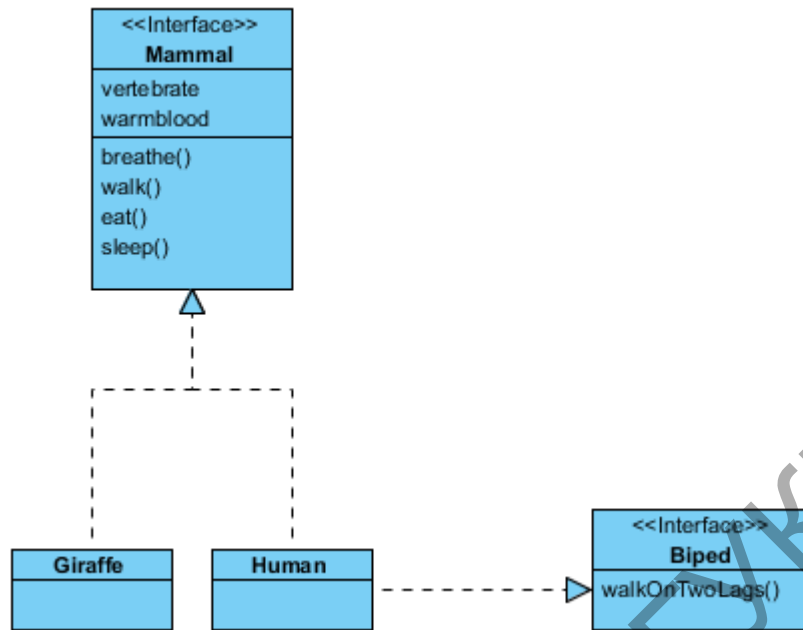


Рисунок 5.33 – Пример отношения реализация

### 10 Связывание классов

Связывание классов производится по следующему алгоритму:

1. Выбрать тип связи из панели инструментов (Рисунок 5.34)

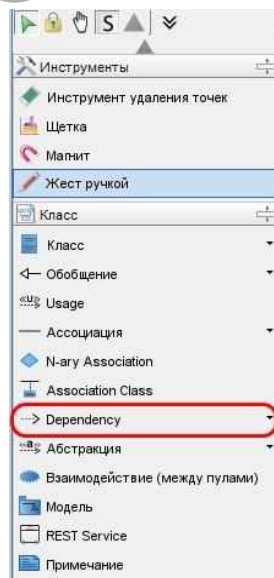


Рисунок 5.34 – Выбор зависимости

2. Переместить курсор мыши на атрибут-источник исходного класса (5.35).

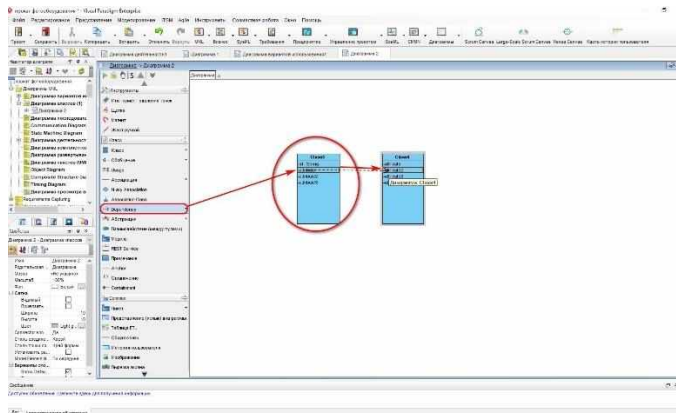


Рисунок 5.35 – Определение связи по члену класса

- 3 Зажать клавишу мыши и не отпускать ее.
4. Переместить курсор мыши на член другого класса для связи (Рисунок 5.26).

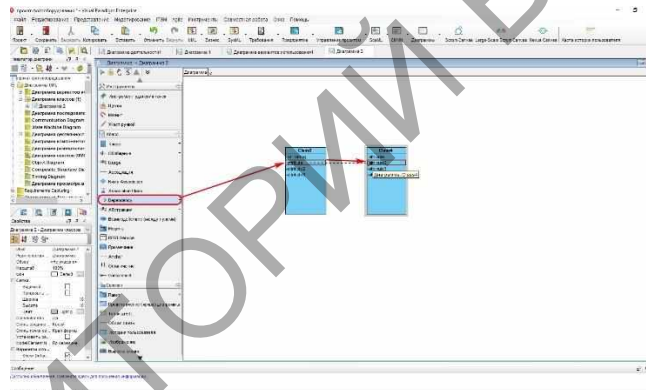


Рисунок 5.36 – Определение члена класса в целевом классе

- 5 Отпустить клавишу мыши для определения соединения. В спецификации можно убедиться, что связь определена именно по указанным атрибутам. Для это щелкнуть правой клавишей по связи, в появившемся контекстном меню выбрать Открыть спецификацию (Рис. 5.37)



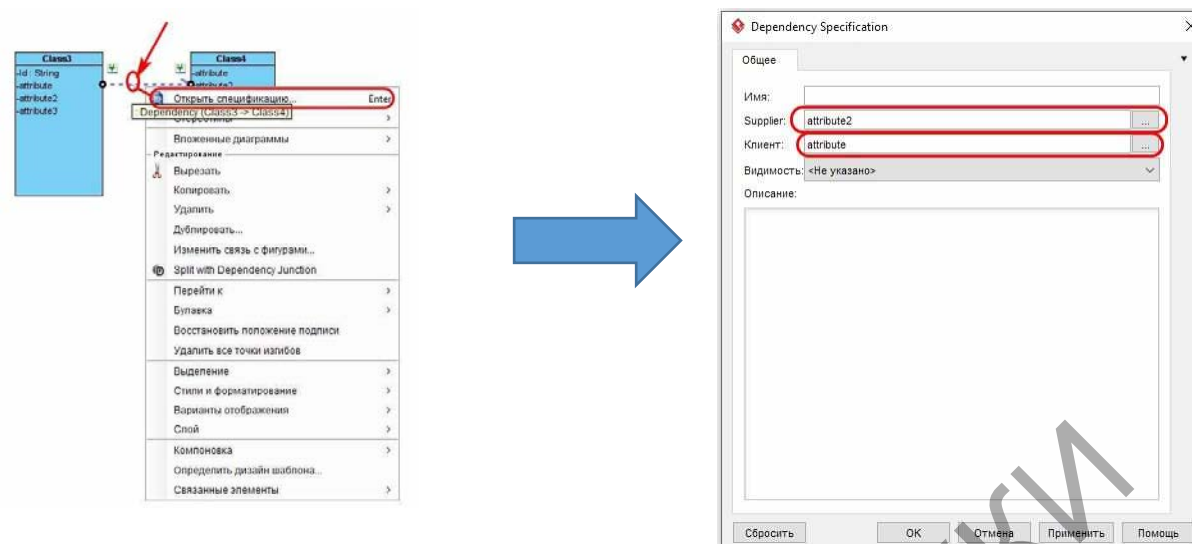


Рисунок 5.37 – Созданная связь

## Задание 2 Построение диаграммы классов базы данных автоматизированной информационной системы регистрации учебных курсов

*Порядок выполнения работы.*

1. Построить диаграмму классов, изображающую логическую схему базы данных, на примере базы данных автоматизированной информационной системы регистрации учебных курсов, используя Visual Paradigm.

Для этого:

1.1. В новом окне самостоятельно создать диаграмму классов, которая состоит из следующих классов:

- Вуз;
- Факультет;
- Студент;
- Курс;
- Преподаватель.

1.2. Для созданных классов установить атрибуты как показано на рисунке 5.38.

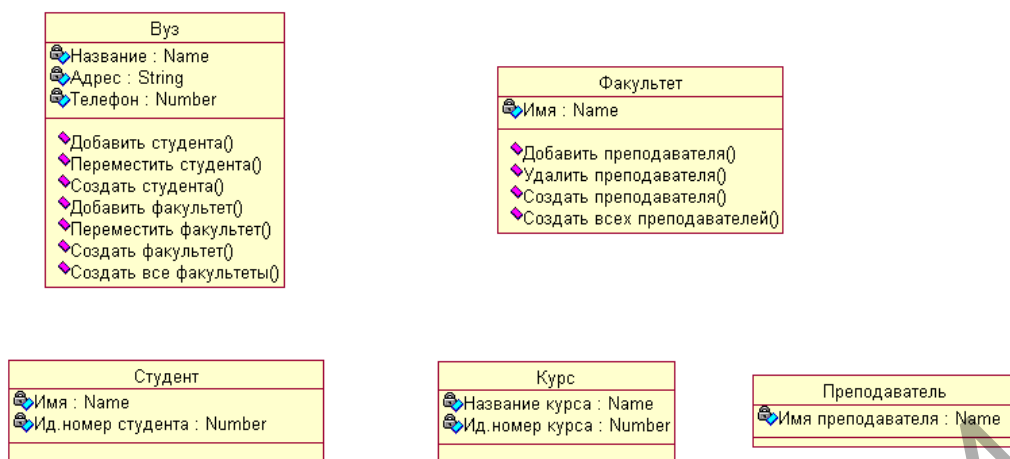


Рисунок 5.38 – Диаграмма классов с атрибутами

1.3. Установить взаимосвязи между классами в соответствии с рисунком 5.39.

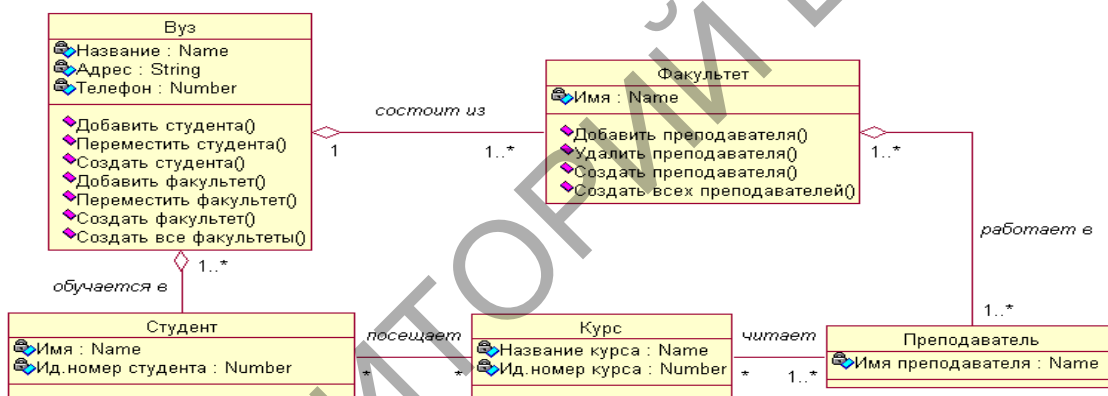


Рисунок 5.39 – Диаграмма классов, моделирующая объекты системы регистрации курсов и отношения между ними

**Задача 3.** Построить диаграмму объектов класса для индивидуального задания. Требования к диаграмме классов: содержит несколько классов с различными связями. Каждый класс должен иметь поля, свойства, различные методы.

Список индивидуальных заданий приводится в таблице:

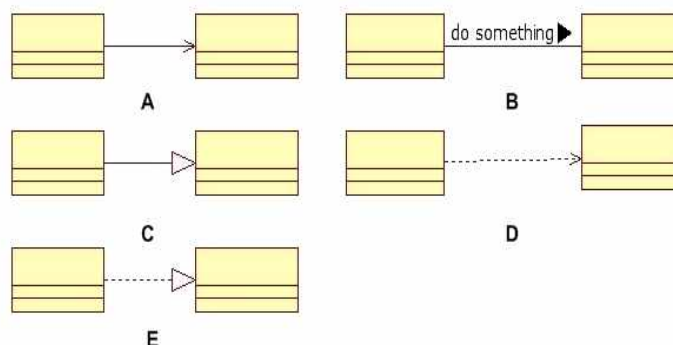
№	Системы
1	Пассажир бронирует и покупает билет на рейс
2	Определение списка студентов закрывших сессию в срок из указанной группы
3	Выдача книг в библиотеке
4	Формирование чека для оплаты объекта арт искусства
6	Формирование анкеты, проведение анкетирования и обработка результатов
7	Формирование журнала группы
8	Печать фотографий и фотосувениров
9	Пассажир приходит на регистрацию рейса в аэропорт
10	Учет музыкальных инструментов, хранящихся на складе

**Задача 4.** Оформить отчет, который включает вариант задания, диаграмму классов, диаграмму объектов классов.

#### Контрольные вопросы

1. Назначение диаграммы классов?
2. Как обозначается класс и что в себя включает?
3. Что такое атрибут в диаграмме классов?
4. Как обозначаются области видимости у атрибута?
5. Что такое операция в диаграмме классов?
6. Перечислить виды отношений между классами, охарактеризовать каждое из них?
7. Как обозначается объект (экземпляр) класса?
8. Что такое интерфейс?
9. Что является основой для реализации механизма интерфейсов в языках программирования?

10. Какими способами может изображаться однонаправленная ассоциация на диаграммах UML?



11. Что такое класс ассоциации?
12. Перечислите основные элементы диаграммы классов.
13. Как обозначается рекурсивная связь? Приведите пример.
14. Как обозначаются отношения агрегация и композиция. В чем разница между ними?
15. Может ли класс реализовывать несколько интерфейсов одновременно? Ответ обоснуйте.
16. Приведите примеры (не менее трёх) обозначения множественности на диаграмме классов.

Содержание отчета

5. титульный лист;
6. цель работы;
7. скриншоты выполненных заданий;
8. выводы.

**Лабораторная работа № 6 Моделирование диаграммы деятельности (активностей) для вариантов использования в среде Visual Paradigm**

**(4 часа).**

**Тема 14. Объектно-ориентированный анализ и моделирование информационных процессов**

**Цель:** приобрести навыки построения диаграммы деятельности (активностей) для вариантов использования, познакомиться с основными элементами диаграммы, изучить их назначение и обозначение.

### **Краткие теоретические сведения**

**Диаграмма активностей (деятельности) отражает динамические аспекты поведения системы.** По существу, эта диаграмма представляет собой блок-схему, которая наглядно показывает, как поток управления переходит от одной деятельности к другой.

**Диаграммы деятельности (Activity diagram),** называемые также диаграммами активности или диаграммами видов деятельности, были введены в язык UML сравнительно недавно. Диаграмма деятельности – это, по существу, блок-схема, которая показывает, как поток управления переходит от одной деятельности к другой, при этом внимание фиксируется на результате деятельности. Результат может привести к изменению состояния системы или возвращению некоторого значения.

Диаграмма деятельности отличается от традиционной блок-схемы

–более высоким уровнем абстракции;

–возможностью представления с помощью диаграмм деятельности управления параллельными потоками наряду с последовательным управлением.

Основными направлениями использования диаграмм деятельности являются

–визуализация особенностей реализации операций классов;

–отображение внутрисистемной точки зрения на прецедент.

В последнем случае диаграммы деятельности применяют для описания шагов, которые должна предпринять система после того, как инициирован прецедент

Разработка диаграммы деятельности преследует цели:

–детализировать особенности алгоритмической и логической реализации выполняемых системой операций и прецедентов;

- выделить последовательные и параллельные потоки управления;
- подготовить детальную документацию для взаимодействия разработчиков системы с ее заказчиками и проектировщиками.

Графически диаграмма деятельности представляется в форме графа деятельности, вершинами которого являются состояния действия или состояния деятельности, а дугами - переходы от одного состояния действия/деятельности к другому. Каждая диаграмма деятельности должна иметь единственное начальное и единственное конечное состояния (на практике иногда можно видеть несколько конечных состояний на одной диаграмме, но это одно и то же состояние, изображенное несколько раз для лучшей читабельности диаграммы). Саму диаграмму деятельности принято располагать таким образом, чтобы действия следовали сверху вниз. В этом случае начальное состояние будет изображаться в верхней части диаграммы, а конечное – в ее нижней части.

На рисунке Рисунок 6.1 приведена диаграмма деятельности прецедента «Прокат видео».

Рассмотрим основные элементы диаграммы деятельности.

*Состояние деятельности (Activity, Process)* – это продолжающийся во времени неатомарный шаг вычислений в автомате. Состояния деятельности могут быть подвергнуты дальнейшей декомпозиции, вследствие чего выполняемую деятельность можно представить с помощью других диаграмм деятельности. Состояния деятельности не являются атомарными, то есть могут быть прерваны. Предполагается, что для их завершения требуется заметное время.

*Состояния действия (action state)* — состояние, которое представляет вычисление атомарного действия, как правило - вызов операции. Состояния действия не могут быть подвергнуты декомпозиции. Они атомарны, то есть внутри них могут происходить различные события, но выполняемая в состоянии действия работа не может быть прервана. И наконец, обычно предполагается, что длительность одного состояния действия занимает

неощутимо малое время. Действие может заключаться в вызове другой операции, посылке сигнала, создании или уничтожении объекта либо в простом вычислении.

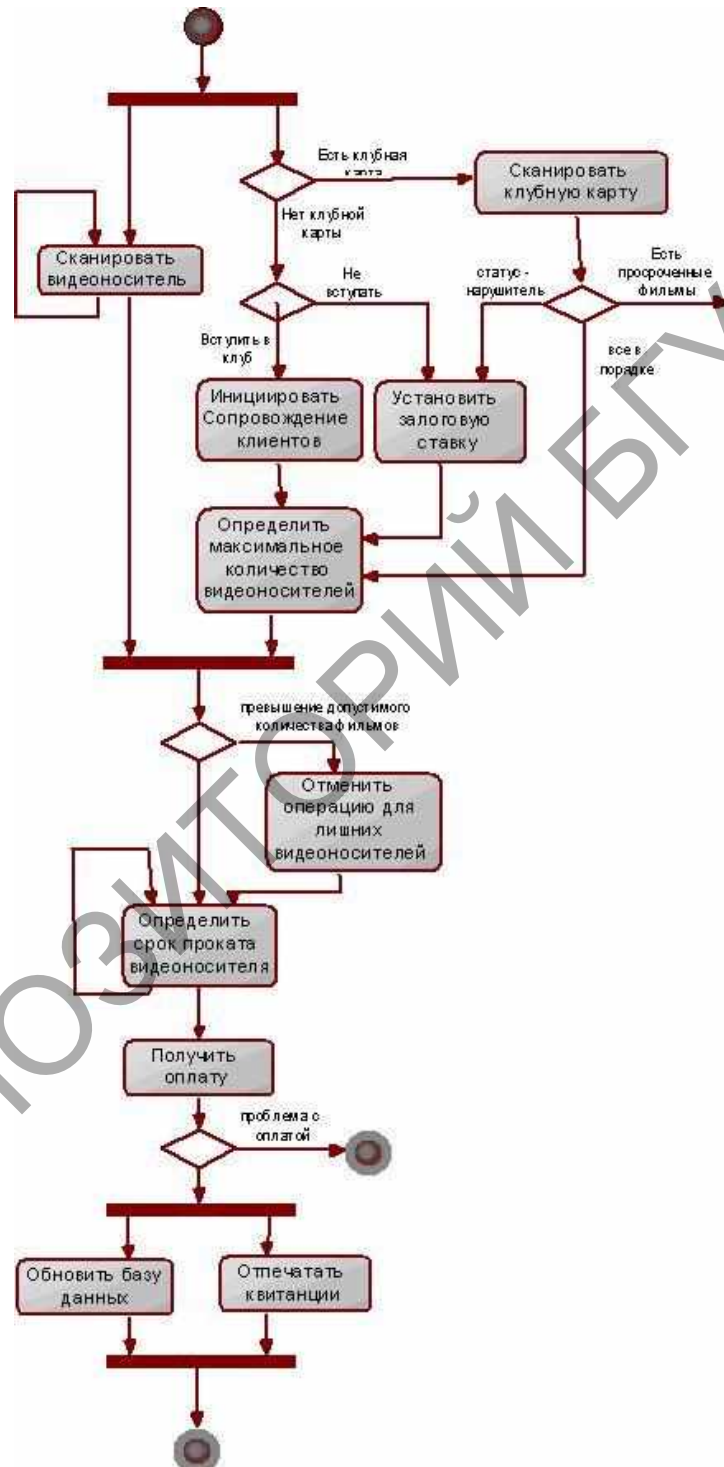


Рисунок 6.1 – Диаграмма деятельности для вариантов использования "Прокат видео"

Состояния деятельности и состояния действия имеют одинаковое стандартное графическое обозначение - прямоугольник с закругленными краями. Внутри такого символа записывают произвольное выражение (action-expression), которое должно быть уникальным в пределах одной диаграммы деятельности.

*Начальное и конечное состояния* на диаграммах деятельности изображаются как закрашенный кружок и закрашенный кружок внутри окружности, соответственно.

*Переход (Transitions)* – отношение между двумя состояниями, показывающее, что объект, находящийся в первом состоянии, должен выполнить некоторые действия и перейти во второе состояние. Когда действие или деятельность в некотором состоянии завершается, поток управления сразу переходит в следующее состояние действия или деятельности. Для описания этого потока и используются переходы, показывающие путь из одного состояния действия или деятельности в другое. В UML переход представляется простой линией со стрелкой.

*Ветвления.* Простые последовательные переходы встречаются наиболее часто, но их одних недостаточно для моделирования любого потока управления. Как и в блок-схему, в диаграмму деятельности может быть включено ветвление или множественный переход со сторожевыми условиями. Ветвление описывает различные пути выполнения в зависимости от значения некоторого булевского выражения. Графически точка ветвления представляется ромбом. В точку ветвления может входить ровно один переход, а выходить – два или более. Для каждого исходящего перехода задается булевское выражение, которое вычисляется только один раз при входе в точку ветвления. Ни для каких двух исходящих переходов сторожевые условия не должны одновременно принимать значение "истина", иначе поток управления окажется неоднозначным. Но эти условия должны покрывать все возможные варианты, иначе поток остановится.



*Разделения и слияния.* Простые и ветвящиеся последовательные переходы в диаграммах деятельности используются чаще всего. Однако часто возникает потребность изображения параллельных потоков, и это особенно характерно для моделирования бизнес-процессов. В UML для обозначения разделения и слияния таких параллельных потоков выполнения используется синхронизационная черта, которая рисуется в виде жирной вертикальной или горизонтальной линии. При этом разделение (concurrent fork) имеет один входящий переход и несколько выходящих, слияние (concurrent join), наоборот, имеет несколько входящих переходов и один выходящий.

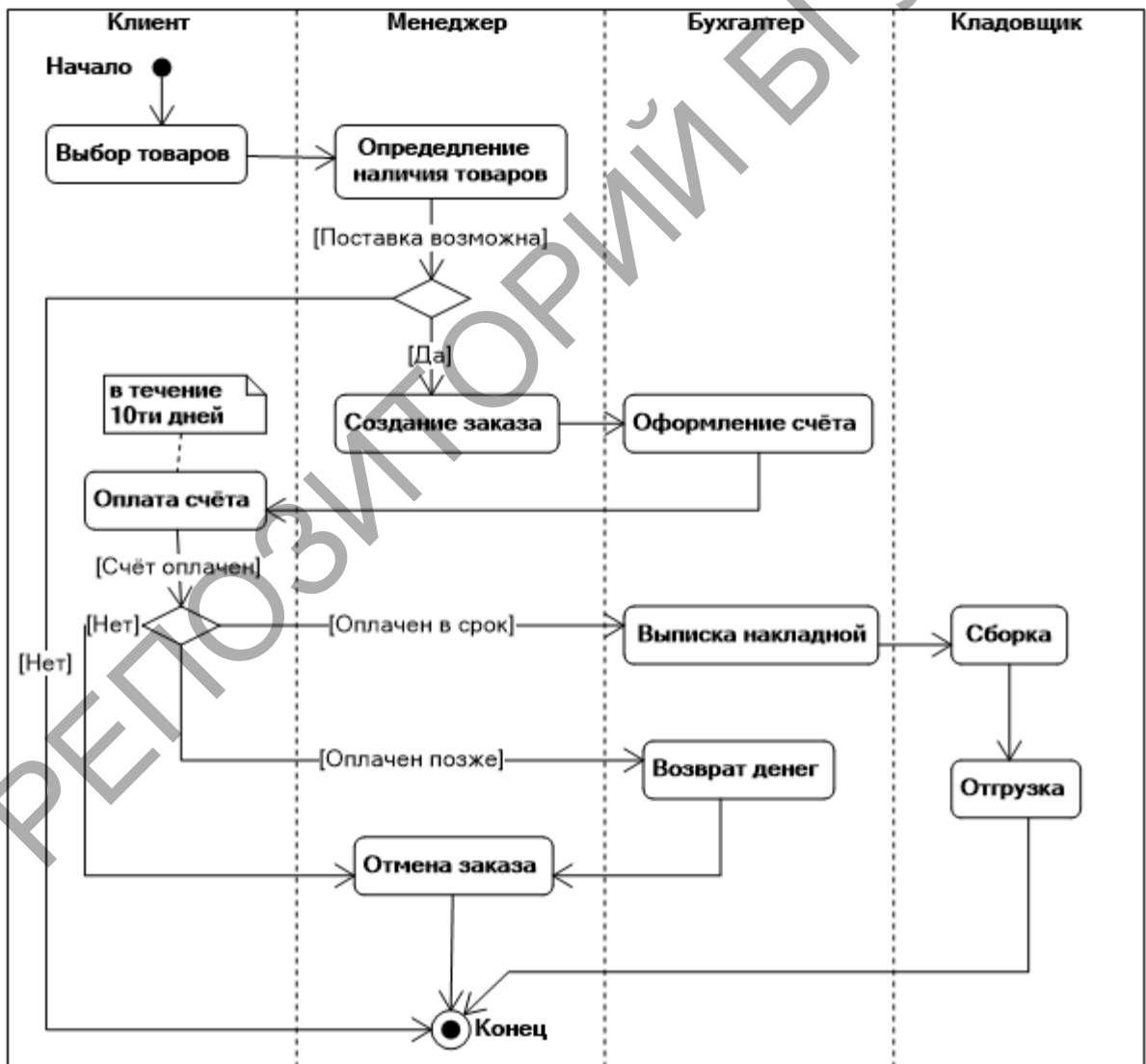


Рисунок 6.2 – Диаграмма деятельности (активности)

*Дорожки.* При моделировании процессов иногда бывает полезно разбить состояния деятельности на диаграммах деятельности на группы, каждая из которых представляет отдел компании, отвечающий за ту или иную работу. В UML такие группы называются дорожками (Swimlanes), поскольку визуально каждая группа отделяется от соседних вертикальной чертой (Рисунок 6.2). Дорожки – это разновидность пакетов, описывающие связанную совокупность работ.









Каждой присутствующей на диаграмме дорожке присваивается уникальное имя. Благодаря этому легко определить, каким из объектов выполняется каждая из действий (активностей). Имя раздела может означать роль или объект, которому она соответствует. Никакой глубокой семантики дорожка не несет, разве что может отражать некоторую сущность реального мира. Каждая дорожка представляет сферу ответственности за часть всей работы, изображенной на диаграмме. На диаграмме деятельности, разбитой на дорожки, каждая деятельность принадлежит ровно одной дорожке, но переходы могут пересекать границы дорожек. Дорожки используют для представления или группирования действий, выполняемых различными действующими лицами в одном потоке, поэтому обычно при их использовании используют следующий ряд правил:

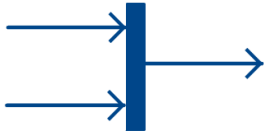



- Добавлять дорожки линейных процессов. Это позволяет легко читать.
- Не добавляйте более 5 дорожек.
- Располагайте дорожки в логическом порядке.

Имеется некоторая связь между дорожками и параллельными потоками выполнения. Концептуально деятельность внутри каждой дорожки обычно – но не всегда – рассматривается отдельно от деятельности в соседних дорожках. Это разумно, поскольку в реальном мире подразделения организации, представленные дорожками, как правило, независимы и функционируют параллельно.

В UML указан набор символов и правил для построения диаграмм активности. Ниже приведены часто используемые символы диаграммы деятельности с пояснениями.

Таблица 6.1. – Символы, которые используют при построении диаграммы деятельности

Символ	Имя	Использовать
	Пуск/ начальный узел	Используется для представления отправной точки или начального состояния деятельности
	Действие / Состояние действия	Используется для представления деятельности процесса
	Действие	Используется для представления исполняемых подрайонов деятельности
	Поток управления / Край	Используется для представления потока управления от одного действия к другому
	Поток объекта / края управления	Используется для отображения пути движения объектов по активности
	Конечный узел активности	Используется для обозначения конца всех контрольных потоков в рамках деятельности
	Поток конечный узел	Используется для обозначения конца одного потока управления
	Узел принятия решений	Используется для представления условной точки отвлечения с одним входом и несколькими выходами
	Узел слияния	Используется для представления слияния потоков. Он имеет несколько входов, но один выход.
	Разделение (Вилка)	Используется для представления потока, который может разветвляться на два и более параллельных потока

	Слияние	Используется для представления двух входов, которые объединяются в один выход
	Отправка сигнала	Используется для представления действия по отправке сигнала на приемную деятельность
	Получение сигнала	Используется для обозначения того, что сигнал получен
	Примечание/комментарий	Используется для добавления соответствующих комментариев к элементам

Диаграммы деятельности могут быть использованы для моделирования требований, создания высокоуровневого представления о функциональных возможностях системы, анализа сценариев использования и для различных других целей. Рассмотрим некоторые шаги, помогающие спроектировать диаграмму.

Шаг 1: Определите шаги действия по сценарию использования. (Здесь вам необходимо определить различные виды деятельности и действия, из которых состоит ваша система.)

Шаг 2: Определите участвующих субъектов. (Если вы уже выяснили, кто эти актеры, то легче разобраться в каждом действии, за которое они отвечают.)

Шаг 3: Найти поток среди мероприятий. (Необходимо выяснить, в каком порядке обрабатываются действия. Отметить условия, которые должны быть выполнены для выполнения определенных процессов, какие действия происходят одновременно, и нужно ли добавлять какие-то ветки на диаграмме.)

Шаг 4: Добавить разделы (Swimlanes) (так как уже выявлено, кто отвечает за каждое действие, то можно добавлять дорожки и назначать им группу действий, за которые они несут ответственность).

**Пример 1:** Проект прокат фотооборудования. Необходимо построить диаграммы активности для варианта использования, системы проката фотооборудования.

На первоначальном этапе строится диаграмма вариантов использования (представлена на рисунке 6.3 )

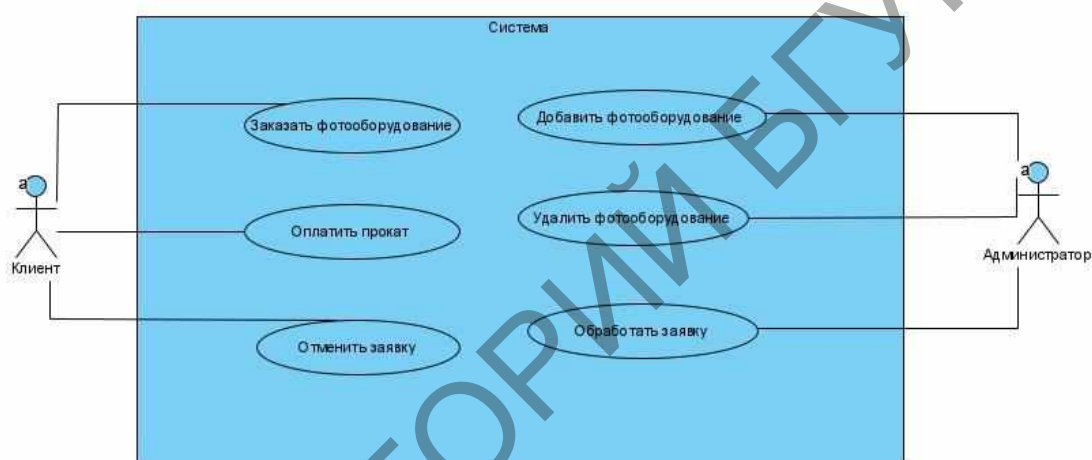


Рисунок 6.3 — Диаграмма вариантов использования (прецедентов)

Затем рассматриваются **сценарии исполнения** вариантов использования.

### 1. Варианты использования, инициируемые Клиентом

*Вариант использования «Заказать фотооборудование»*

**Предусловие:** Клиент находится на Главной странице.

**Сценарий** «Заказать фотооборудование».

**Тип сценария:** основной.

1. Клиент заполняет форму «Поиск фотооборудования».
2. Клиент отправляет запрос на поиск фотооборудования в систему.
3. Система ищет необходимое фотооборудование в базе данных.
4. Система показывает клиенту список фотооборудования.
5. Клиент выбирает фотооборудование из списка.

6. Клиент заказывает фотооборудование.
7. Система сохраняет заказ в базе данных.
8. Система показывает клиенту, что закрепила за ним заказ.
9. Клиент подтверждает заказ.

*Замечание:* Если необходимого фотооборудования нет, то система отображает клиенту пустой список.

*Вариант использования «Оплатить прокат»*

**Предусловие:** Клиент находится в своем профиле.

**Сценарий** «Оплатить прокат».

**Тип сценария:** основной.

1. Клиент отправляет запрос в систему на просмотр заявок.
2. Система ищет заявки клиента в базе данных.
3. Система отображает клиенту список заявок.
4. Клиент выбирает заявку, которую хочет оплатить.
5. Клиент отправляет в систему данные об оплате.
6. Система проверяет введенные клиентом данные.
7. Система отображает клиенту сообщение «Заявка оплачена».
8. Клиент подтверждает сообщение.

*Замечание:* Если заявок нет, то система отображает клиенту пустой список.

*Вариант использования «Отменить заявку»*

**Предусловие:** Клиент находится в своем профиле.

**Сценарий** «Отменить заявку».

**Тип сценария:** основной.

1. Клиент отправляет запрос в систему на просмотр заявок.
2. Система ищет заявки клиента в базе данных.
3. Система отображает клиенту список заявок.
4. Клиент выбирает заявку, которую нужно отменить.
5. Клиент отправляет в систему информацию о заявке.
6. Система сохраняет в базу отмену заявки.
7. Система отображает сообщение «Заявка отменена».

8. Клиент подтверждает сообщение

*Замечание:* Если заявок нет, то система отображает клиенту пустой список.

## **2. Варианты использования, инициируемые Администратором**

*Вариант использования «Добавить фотооборудование»*

**Предусловие:** Администратор находится в своем профиле.

**Сценарий** «Добавить фотооборудования».

**Тип сценария:** основной.

1. Администратор отправляет запрос на Добавление фотооборудования.
2. Система отображает администратору форму «Добавление фотооборудования».
3. Администратор заполняет форму «Добавление фотооборудования».
4. Администратор отправляет форму в систему.
5. Система добавляет Фотооборудование в базу данных.
6. Система отображает администратору сообщение «Фотооборудование добавлено».
7. Администратор подтверждает сообщение.

*Вариант использования «Удалить фотооборудование»*

**Предусловие:** Администратор находится в своем профиле.

**Сценарий** «Удалить фотооборудование».

**Тип сценария:** основной.

1. Администратор отправляет запрос «Просмотреть всё фотооборудование».
2. Система ищет фотооборудование в базе данных.
3. Система отображает список фотооборудования.
4. Администратор выбирает фотооборудование.
5. Администратор отправляет запрос на удаление фотооборудования в систему.
6. Система ищет информацию о том, заказано ли фотооборудование.
7. Если фотооборудование заказано, выполнить альтернативный сценарий «Фотооборудование заказано».
8. Система отображает сообщение «Фотооборудование удалено».

9. Администратор подтверждает сообщение.

*Замечание:* Если фотооборудования нет, то система отображает администратору пустой список.

**Сценарий:** «Фотооборудование заказано».

**Тип сценария:** альтернативный.

1. Система отображает сообщение «Фотооборудование заказано, удаление невозможно».

2. Администратор подтверждает сообщение.

*Вариант использования «Обработать заявку»*

**Предусловие:** Администратор находится в своем профиле.

**Сценарий** «Обработать заявку».

**Тип сценария:** основной.

1. Администратор отправляет запрос «Просмотреть заявки» в систему.

2. Система ищет входящие заявки в базе данных.

3. Система отображает администратору список заявок.

4. Администратор выбирает заявку.

5. Администратор отправляет запрос в систему на одобрение или отклонение заявки.

6. Система отображает администратору сообщение «Заявка одобрена» или «Заявка отклонена».

*Замечание:* Если заявок нет, то система отображает администратору пустой список.

На основании выявленных сценариев строят диаграмма активности.

Примеры некоторых их них представлены на рисунках 6.4–6.5



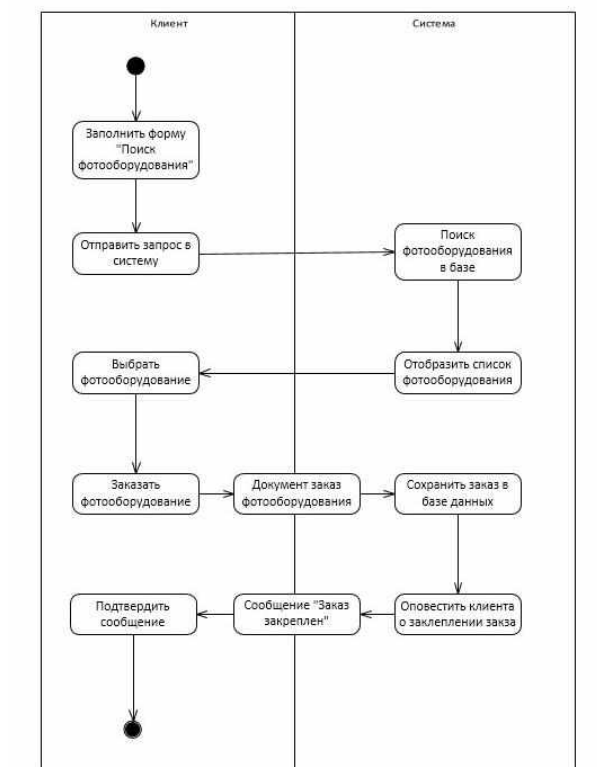


Рисунок 6.4. – Диаграмма активности для варианта использования «Заказать фотооборудование»

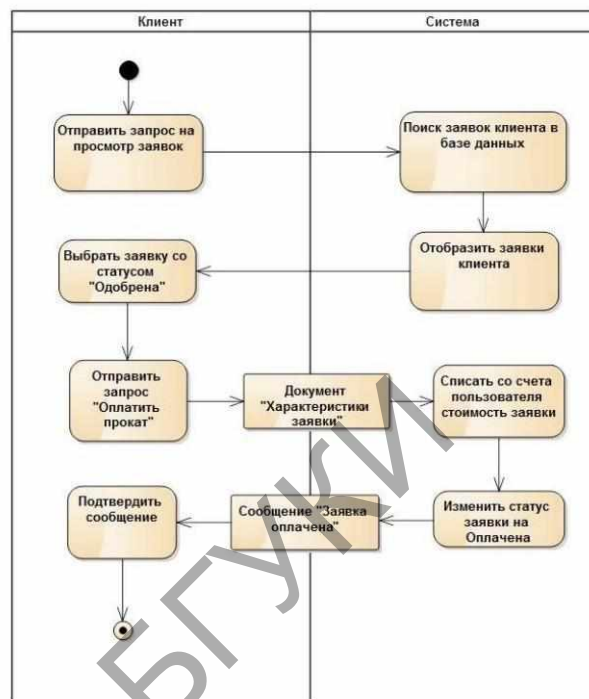


Рисунок 6.5. – Диаграмма активности для варианта использования «Оплатить прокат»

**Пример 2:** Проект прокат фотооборудования. Необходимо построить диаграммы активности для варианта использования, системы представления риэлтерских услуг.

На первоначальном этапе строится диаграмма вариантов использования (представлена на рисунке 6.6)

Затем рассматриваются **сценарии исполнения** вариантов использования.

## 1. Варианты использования, инициируемые Клиентом

*Вариант использования «Заказать фотооборудование»*

**Предусловие:** Клиент находится на форме Клиента.

**Сценарий «Создать заявку».**

**Тип сценария:** основной.

1. Клиент. Выбрать действие «Создать новую заявку».

2. Клиент. Выбрать тип заявки:

– покупка недвижимости;

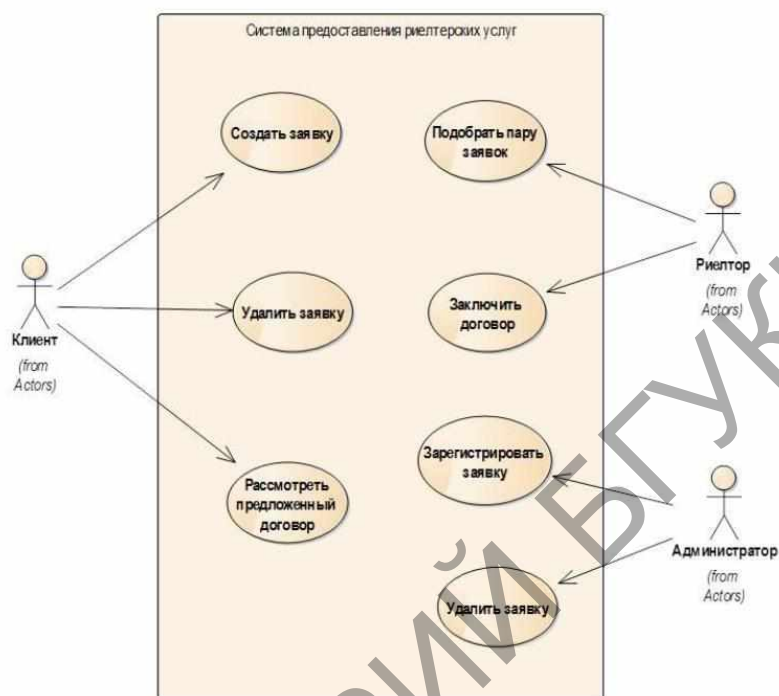


Рисунок 6.6. – Диаграмма вариантов использования для системы представления риэлтерских услуг.

- аренда недвижимости;
- продажа недвижимости;
- сдача в аренду недвижимости.

3. Клиент. Заполнить заявку.

4. Клиент. Подтвердить создание заявки.

5. Система. Проверить правильность заявки.

6. Система. Если заявка некорректна, выполнить альтернативный сценарий «Заявка некорректна».

7. Система. Сохранить заявку в хранилище данных.

8. Система. Выдать сообщение «Заявка создана».

9. Пользователь. Подтвердить сообщение.

**Сценарий** «Заявка некорректна».

**Тип сценария:** альтернативный.

1. Система. Выделить на заявке некорректные данные.
2. Система. Выдать сообщение «Заявка некорректна».
3. Пользователь. Подтвердить сообщение.

*Вариант использования «Удалить заявку»*

**Предусловие:** Клиент находится на главной форме Клиента.

**Сценарий «Удалить заявку».**

**Тип сценария:** основной.

1. Клиент. Выбрать действие «Просмотр заявок».
2. Система. Отобразить список заявок клиента.
3. Клиент. Выбрать заявку для удаления.
4. Клиент. Подтвердить удаление.
5. Система. Удалить заявку из хранилища данных.
6. Система. Выдать сообщение «Заявка удалена».

*Вариант использования «Рассмотреть предложенный договор»*

**Предусловие:** Клиент находится на форме Клиента.

**Сценарий «Рассмотреть предложенный договор».**

**Тип сценария:** основной.

1. Клиент. Выбрать просмотр предложенных вариантов.
2. Система. Отобразить предложенные варианты.
3. Клиент. Выбирает:
  - Детальный просмотр предложенного варианта
  - Одобрить вариант без просмотра
  - Отклонить вариант без просмотра
  - ничего не делать
4. Клиент. Закончить просмотр предложенных вариантов.

## **2. Варианты использования, инициируемые Риелтором**

*Вариант использования «Подобрать пару заявок»*

**Предусловие:** Риелтор находится на форме Риелтора.

**Сценарий** «Подобрать пару заявок».

**Тип сценария:** основной.

1. Риелтор. Открыть для просмотра зарегистрированные в системе заявки.
2. Система. Отобразить зарегистрированные заявки.
3. Риелтор. Выбрать заявки на предоставление недвижимости и на получение недвижимости.
4. Система. Посылать клиентам-владельцам выбранных заявок вариант договора на основании их заявок.
5. Система. Отображает зарегистрированные заявки.
6. Риелтор. Закрыть форму.

*Вариант использования «Заключить договор»*

**Предусловие:** Риелтор находится на форме Риелтора.

**Сценарий** «Заключить договор».

**Тип сценария:** основной.

1. Риелтор. Открыть для просмотра незарегистрированные договоры.
2. Система. Отобразить незарегистрированные договоры, созданные риелтором.
3. Риелтор. Выбрать незарегистрированный договор, в котором оба клиента одобрили предложение.
4. Риелтор. Зарегистрировать выбранный договор.
5. Система. Отметить договор как зарегистрированный, заявки как удовлетворенные.
6. Система. Отобразить список всех незарегистрированных договоров, созданных риелтором.
7. Риелтор. Закрыть форму.

### 3. Варианты использования, инициируемые Администратором

*Вариант использования «Зарегистрировать заявку»*

**Предусловие:** Администратор находится на форме Администратора.

**Сценарий «Зарегистрировать заявку».**

**Тип сценария:** основной.

1. Администратор. Выбрать просмотр поданных заявок.
2. Система. Отобразить поданные заявки.
3. Администратор. Выбрать заявку для регистрации.
4. Администратор. Зарегистрировать заявку.

*Вариант использования «Удалить заявку»*

**Предусловие:** Администратор находится на главной форме Администратора.

**Сценарий «Удалить заявку».**

**Тип сценария:** основной.

1. Администратор. Выбрать действие «Просмотр заявок».
2. Система. Отобразить список заявок.
3. Администратор. Выбрать заявку для удаления.
4. Администратор. Подтвердить удаление.
5. Система. Удалить заявку из хранилища данных.
6. Система. Выдать сообщение «Заявка удалена».

На основании выявленных сценариев строят диаграмма активности.

Примеры некоторых из них представлены на рисунках 6.7–6.11

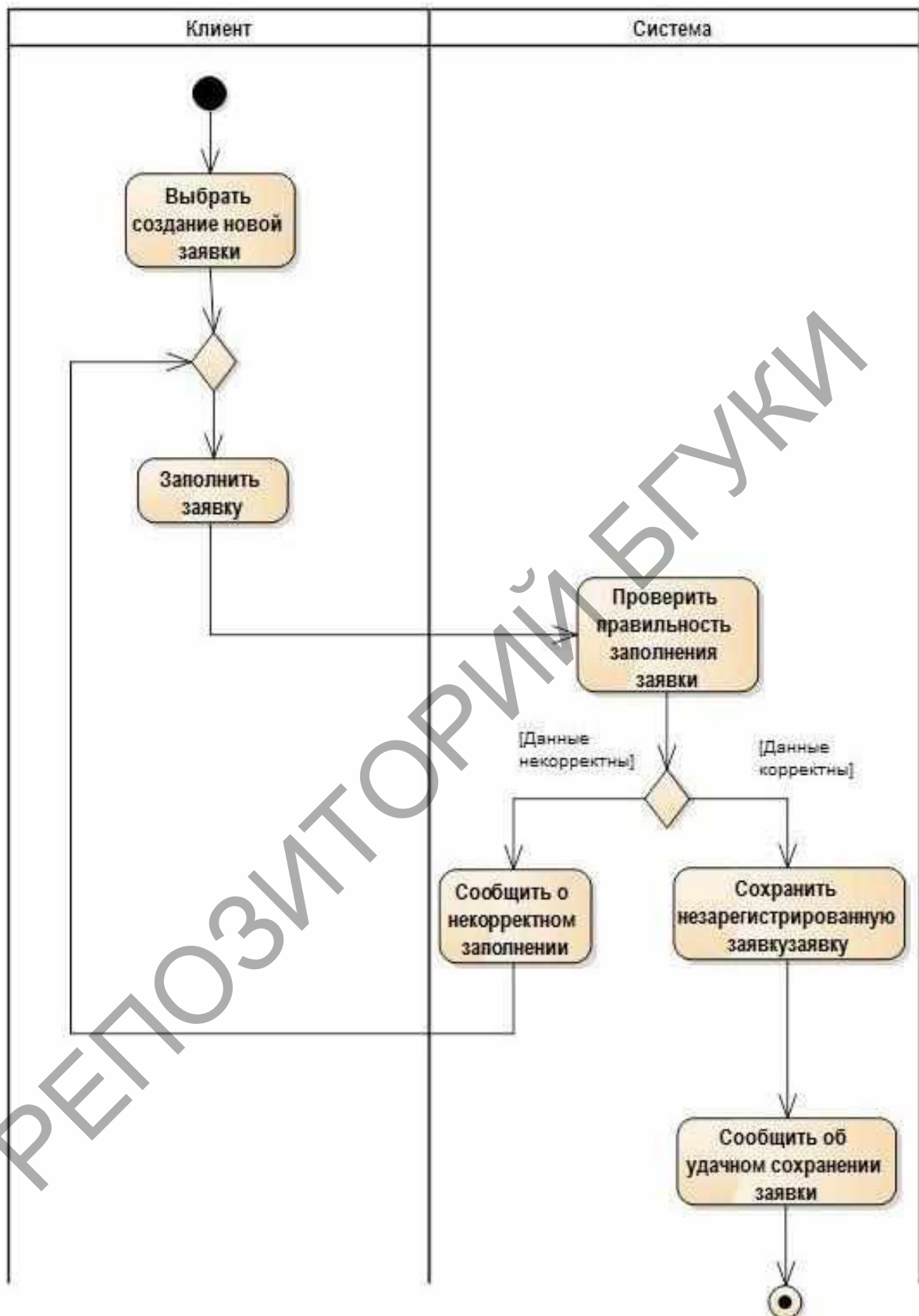


Рисунок 6.7.– Диаграмма активности для варианта использования «Создать заявку»

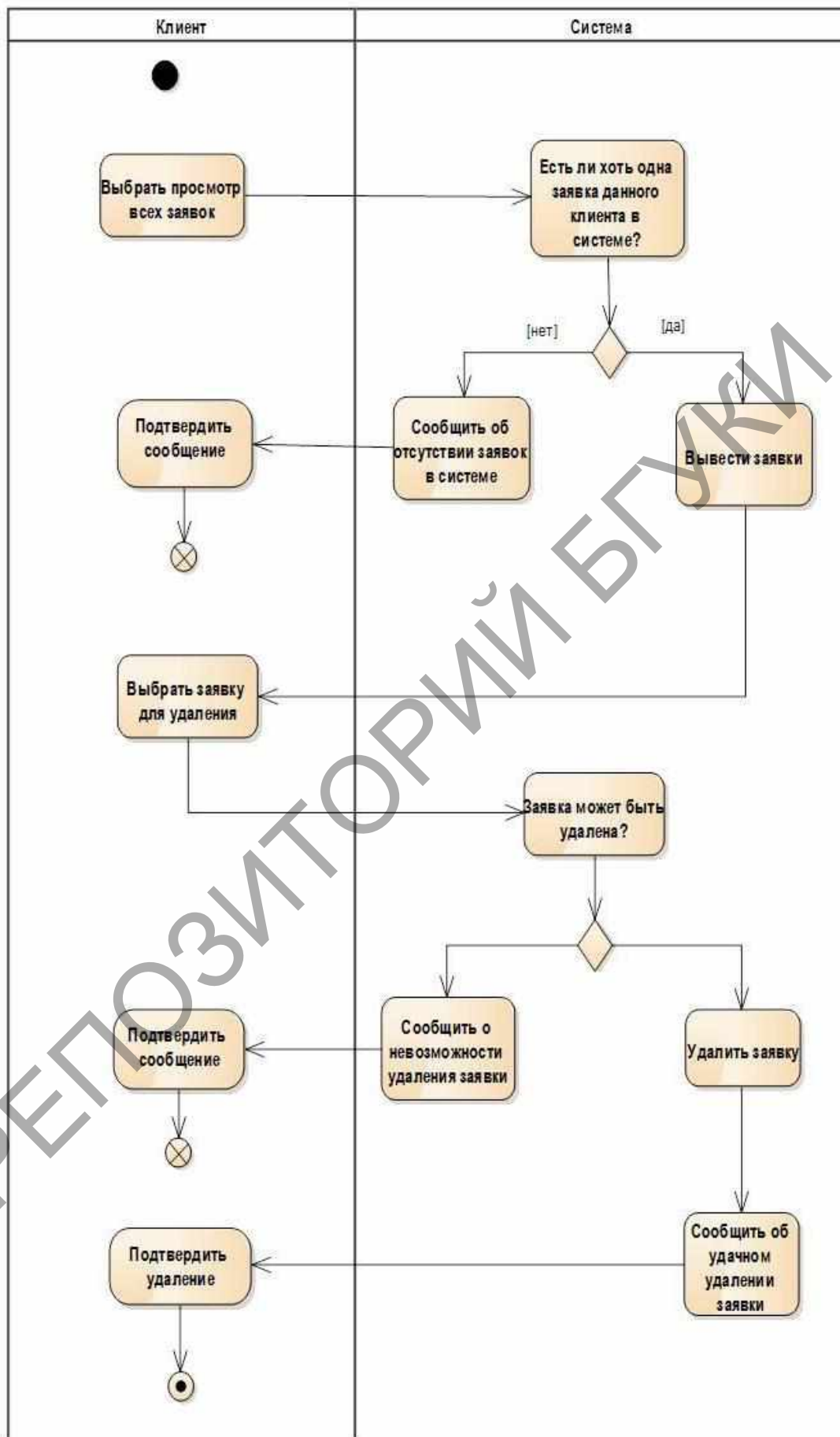


Рисунок 6.8 .– Диаграмма активности для варианта использования «Удалить заявку»

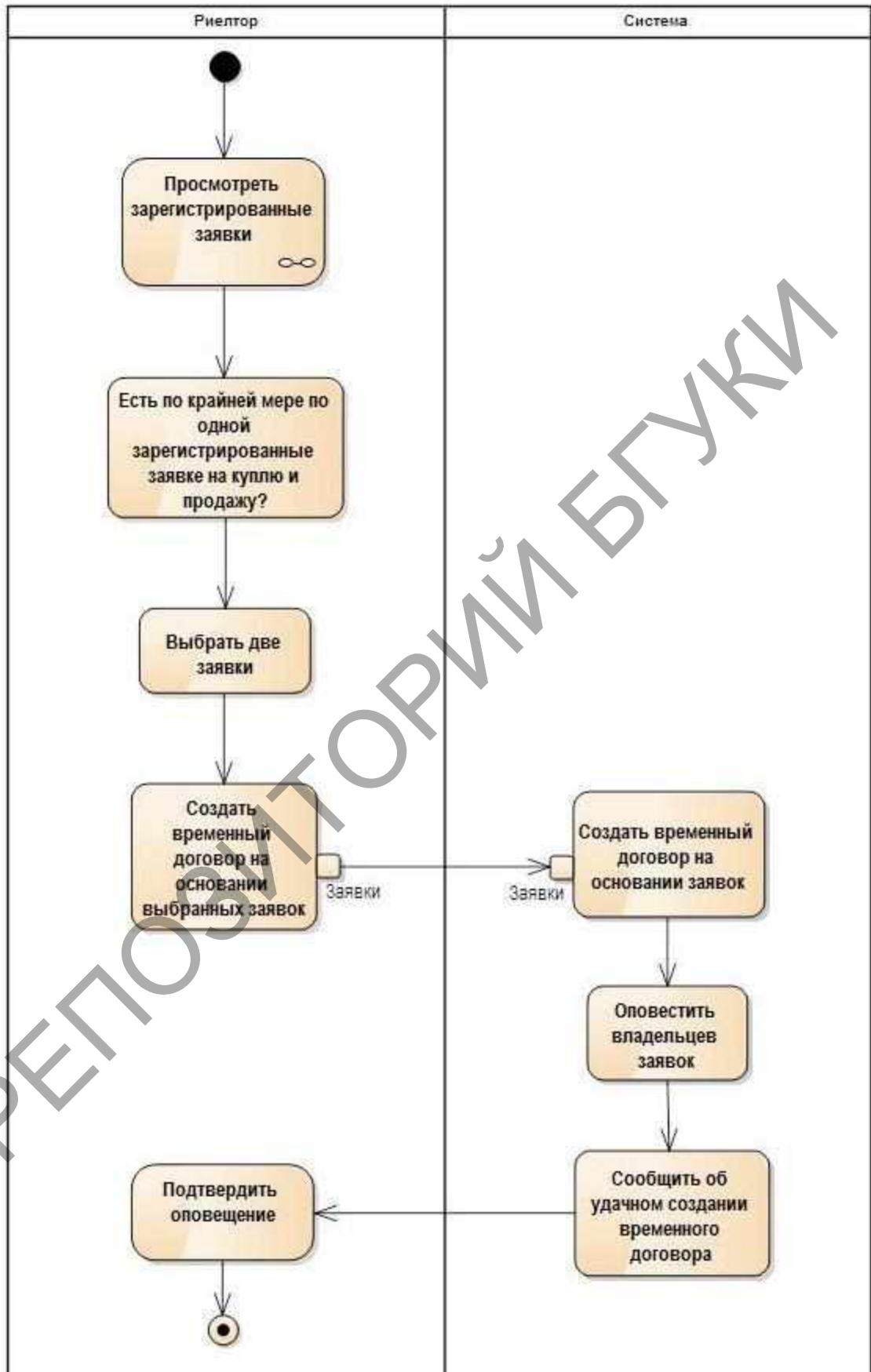


Рисунок 6.9 .– Диаграмма активности для варианта использования «Подобрать пару заявок»



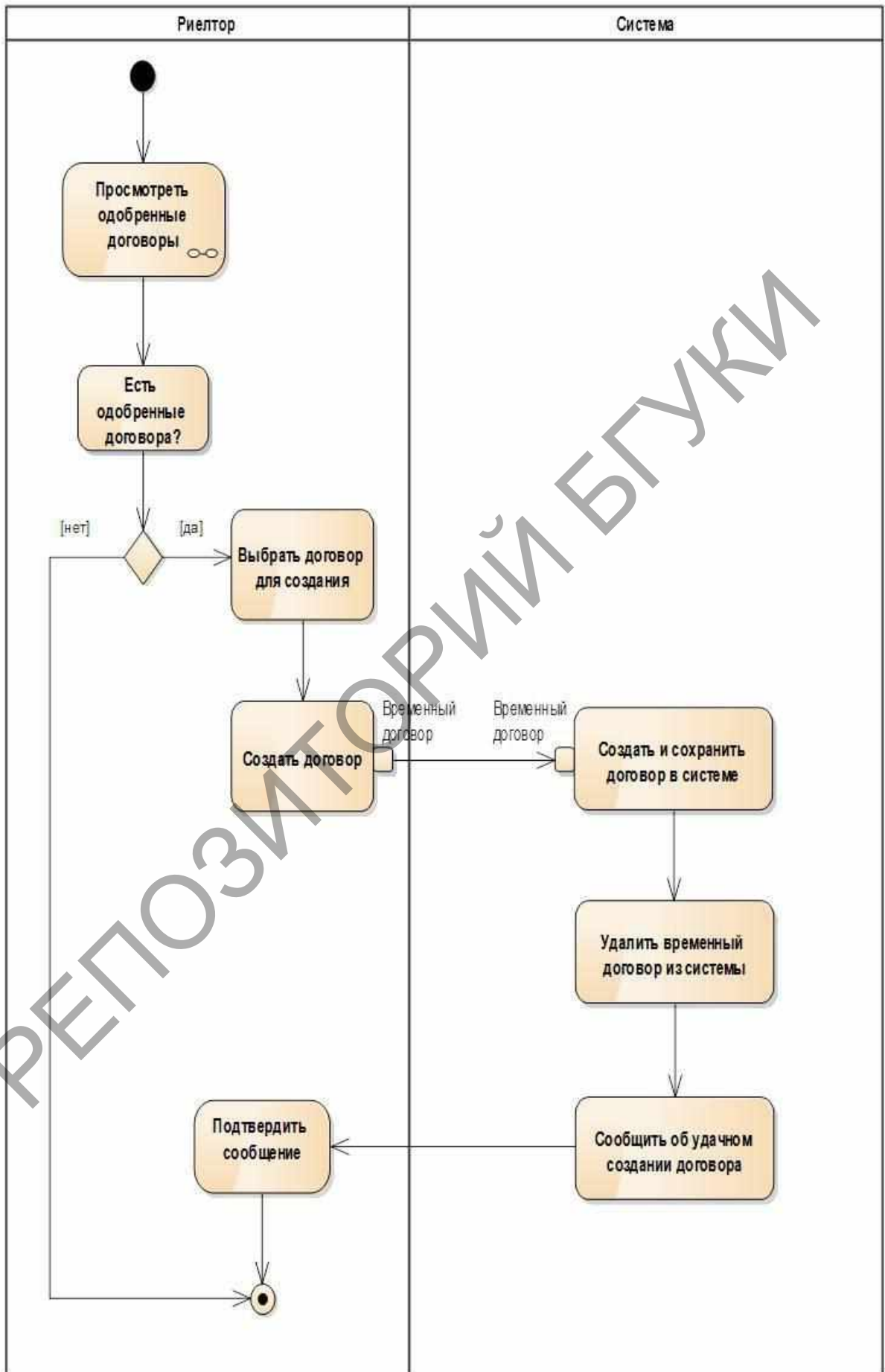


Рисунок 6.10 .– Диаграмма активности для варианта использования «Заключить договор»

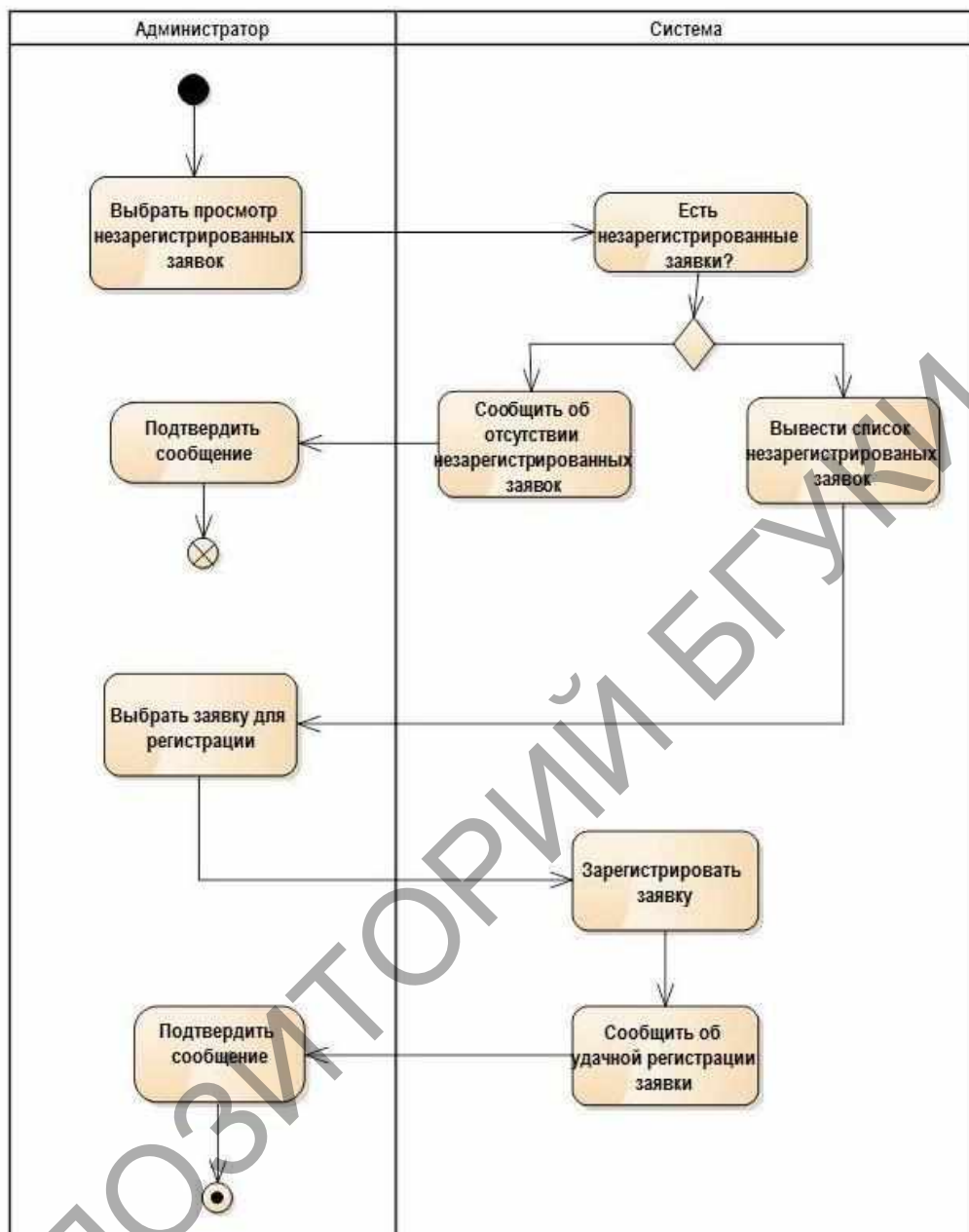


Рисунок 6.11 .– Диаграмма активности для варианта использования «Зарегистрировать заявку»

## Построение диаграммы классов в Visual Paradigm

### Создание диаграммы классов

Создание диаграмм вариантов использования в среде Visual Paradigm Community Edition происходит одним из следующих способов:

Выбрать кнопку Файл/ Новая диаграмма /Диаграммы UML /Диаграмма активности классов (рисунок 6.12).

На панели «Навигатор по диаграммам» выбрать Диаграммы UML /Диаграмма активности, затем щелкнуть правой клавишей мыши и в появившемся окне появится Новая диаграмма классов. (рисунок 6.13).

На панели инструментов выбрать инструмент UML/ Диаграмма активности. (рисунок 6.14).

В появившемся окне ввести имя Диаграммы (рисунок 6.15).

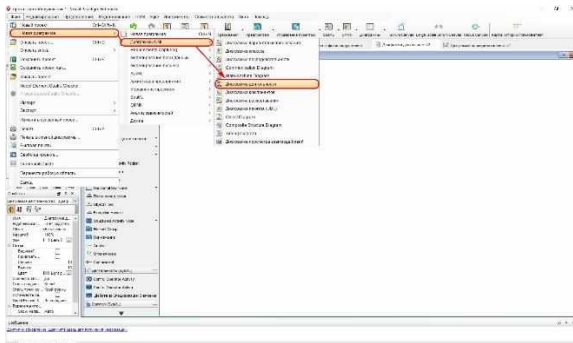


Рисунок 6.12

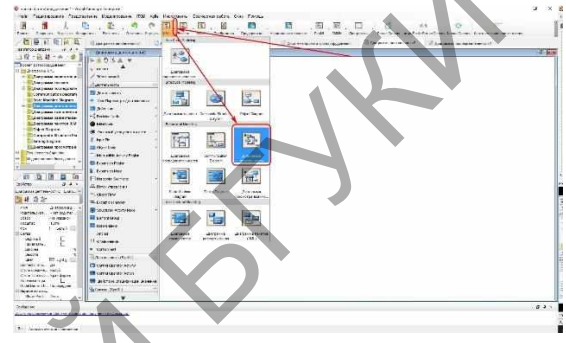


Рисунок 6.13

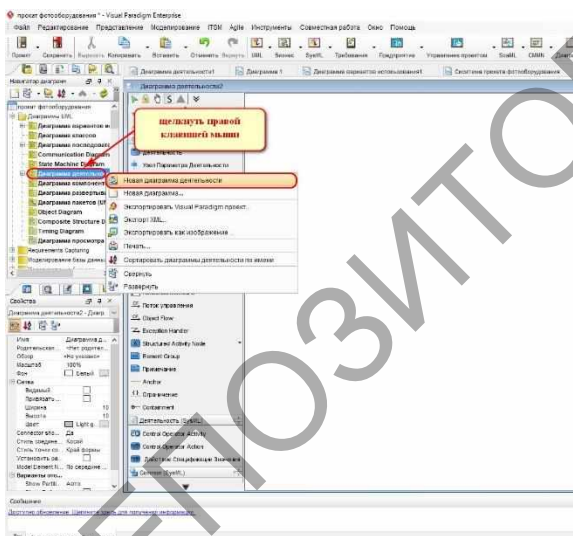


Рисунок 6.14

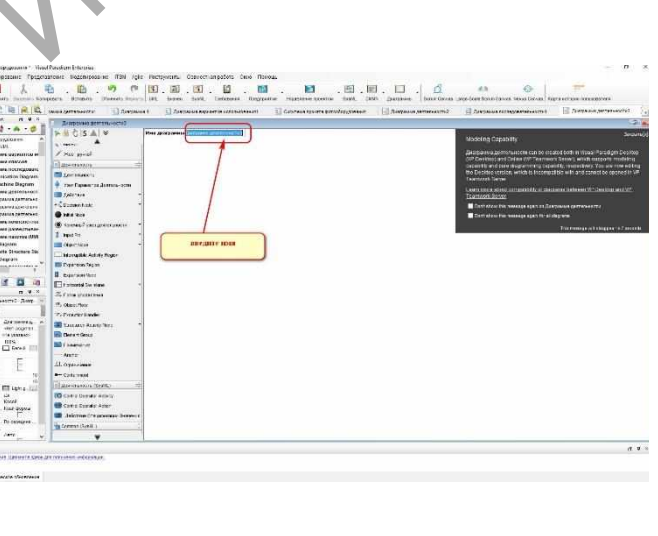


Рисунок 6.15

### Добавление дорожек

Для создания дорожек, необходимо выбрать на панели инструментов **Вертикальная дорожка** и перетащить в область **Редактор диаграмм** и затем, щелкнув левой клавишей мыши, ввести имя системы. (Рисунок 6.16).

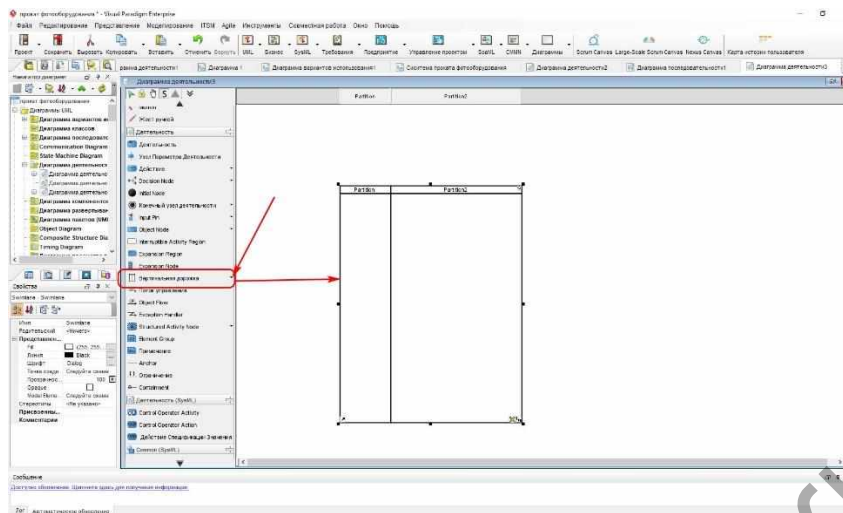


Рисунок 6.16

Для того, чтобы добавить необходимое имя дорожке сделайте действия указанные на рисунке 6.17.

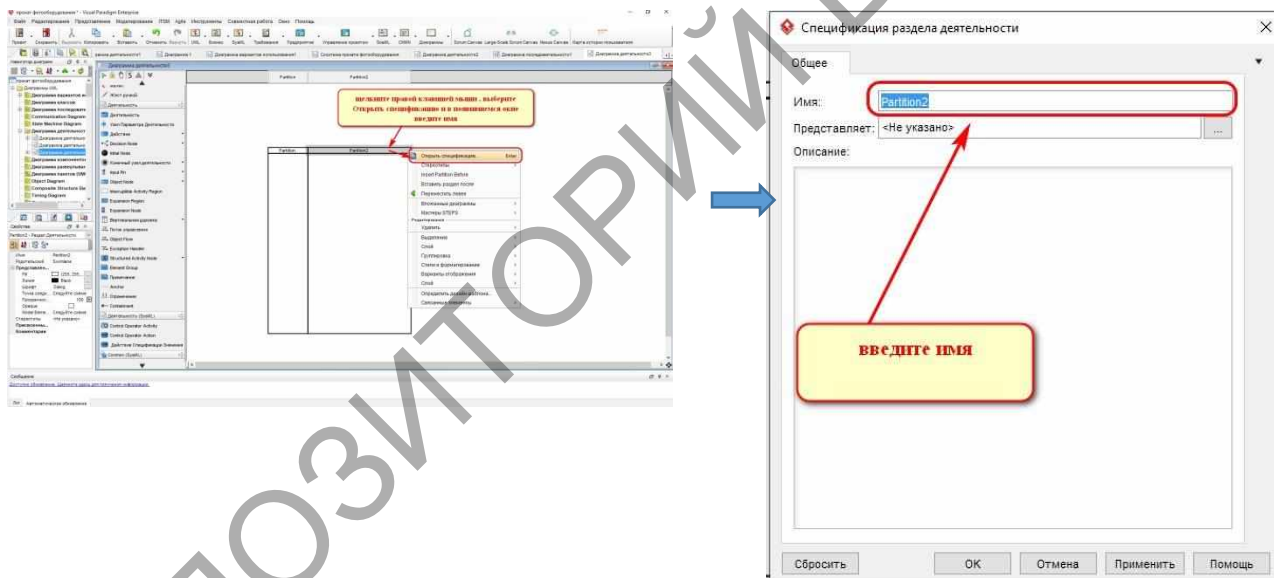


Рисунок 6.17

Добавление дорожек показано на рисунке 6.17.



Рисунок 6.18

### *Добавление начального конечного состояния на диаграмму*

Добавление начального состояния на диаграмму, происходит при выборе инструмента  Initial Node на панели инструментов

диаграммы. Добавление конечного


состояния на диаграмму, происходит при выборе инструмента  Конечный

узел деятельности на панели инструментов диаграммы, причем если щелкнуть на маленький треугольник, то можно выбрать будет инструмент

### *Добавление действия*

Действие можно создать выбрав предварительно на панели инструментов диаграммы **Действие** (Рисунок 6.19), также можно «действие»

можно создавать его через иконку **Каталог ресурсов** . Для этого

необходимо навести указатель мыши на фигуру и нажать на значок .

Далее необходимо выбрать необходимый элемент и перетащить его на нужное место, а затем отпустить кнопку мыши. Исходный элемент диаграммы и вновь созданный автоматически свяжутся.

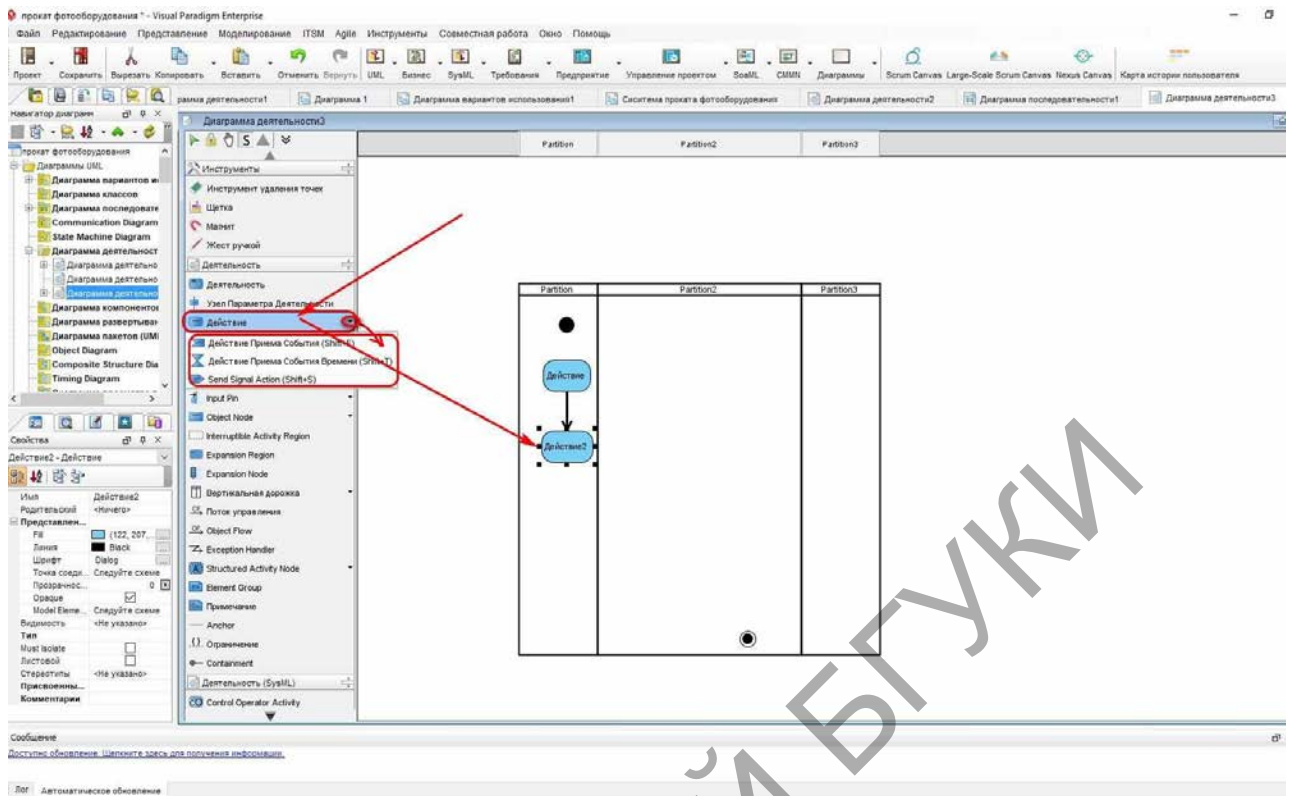


Рисунок 6.19

Требования к отчету.

Содержание отчета:

- титульный лист;
- цель работы;
- скриншоты выполненных заданий;
- **ВЫВОДЫ.**

### **3.6 ТЕМАТИКА СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

#### ***Тема 2. Система. Семантическое поле системы***

1. Понятие системы. Схема компонентов системы. Основные признаки систем и соответствующие им системные принципы.

2. Классы системных структур: сетевая, иерархическая, матричная, многоуровневая иерархическая, смешанная иерархическая, структура с произвольными связями. Взаимодействие системы. Внешняя среда системы.

3. Свойства системы. Состояние системы. Поведение системы. Равновесие системы. Устойчивость системы. Развитие системы. Внешние и внутренние причины преобразования системы. Движение системы. Ограничения системы. Процессы системы. Функции системы.

4. Понятие системы в античной философии и науке.

5. Понятие системы в философии и науке Нового времени.

6. Принципы системной природы знания в немецкой классической философии, марксистской философии.

7. Понятия системы в различных областях конкретно-научного знания второй половины XIX века – начала XX века (неокантианство, холизм, гештальт-психология, неопозитивизм, тектология).

8. Задача специализированных теорий систем. Системные парадоксы.

#### ***Тема 3 Классификация систем***

1. Материальные системы.

2. Идеальные (абстрактные) системы. Естественные и искусственные системы. Постоянные и временные системы.

3. Статичные и динамичные системы. Закрытые и открытые системы. Активные и пассивные системы.

4. Системы с управлением и без управления. Системы по степени сложности и организованности: большие, простые, сложные и организационные. Признаки сложных систем.

5. Целенаправленные системы. Организационные системы.

#### ***Тема 4. Общая теория систем***

1. Понятие общей теории систем.
2. Задачи общей теории систем. Этапы развития научного анализа систем. Предпосылки построения общей теории систем.
3. Общая теория систем Берталанфи.
4. Концепция общей теории систем.
5. Онтологический и эпистемологический подходы в определении систем.

#### ***Тема 5. Системная инженерия***

1. Понятие системной инженерии.
2. Теоретическая и методологическая основа системной инженерии. Развитие системной инженерии.
3. Положения системной инженерии. Системотехника. Системная инженерия в СССР.
4. План ГОЭРЛО. Автоматизированные системы управления предприятиями (АСУП). Единая система программной документации» (ЕСПД).
5. Школа системо-мыследеятельностной методологии.
6. Определения системной инженерии. Основания системной инженерии. Концепции системной инженерии.
7. Принципы системной инженерии по Д. Хитчинсу. Синтез. Холизм. Органицизм.
8. Разумная достаточность.
9. Принципы системной инженерии Б. Боэма.

#### ***Тема 6. Системный подход. Системные исследования***

1. Понятие системного подхода. Основные преимущества системного подхода.



2. Принцип системного подхода. Целостность. Иерархичность строения. Структуризация. Множественность. Системность.

3. Этапы системного подхода. Задачи системного подхода.

4. Свойства объекта как целостной системы.

5. Системный подход в понимании поведения системы. Роль системного подхода в развитии научного, технического и практически-ориентированного знания. Современное развитие системного подхода.

6. Объект системных исследований. Основные методологические особенности системных исследований.

7. «Мягкая» системная методология. «Жесткая» системная методология.

8. Специфика системного исследования.

### ***Тема 7. Системность. Мировоззренческий аспект системности***

1. Системность. Парадигмы системности.

2. Очевидные и обязательные признаки системности. Оценки системности.

3. Системность, монополизм и функциональность. Системность технических систем.

4. Системность и алгоритмичность.

5. Уровни системности практической деятельности. Механизация, автоматизация и кибернетизация.

6. Автоматические и автоматизированные системы. Компоненты автоматизированных информационных систем (АИС). Кибернетические системы.

### ***Тема 8. Модели и моделирование систем***

1. Модель. Абстрактная модель системы произвольной природы. Входные и выходные параметры модели системы.

2. Моделирование. Способы моделирования: теоретический и эмпирический.

3. Материальные и идеальные модели.
4. Предметно-физическое и предметно-математическое.
5. Абстрактно-математическое, знаковое моделирование.
6. Понятие «черный ящик».
7. Понятие «белый ящик».

### ***Тема 9. Оценка сложных систем. Основные типы шкал измерения***

1. Этапы оценивания сложных систем.
2. Понятие шкалы. Виды шкал.
3. Шкалы номинального и классификационного типа.
4. Шкалы последовательности и ранга.
5. Шкалы порядка. Шкалы интервалов.
6. Шкалы отношений. Шкалы разностей.
7. Абсолютные шкалы. Шкала уровней качества систем с управлением.
8. Обработка характеристик, измеренных в разных шкалах.
9. Методы оценивания: количественные, качественные.

### ***Тема 10. Методология системного анализа***

1. Понятие системного анализа. Развитие системного анализа. Задачи системного анализа.
2. Принципы системного анализа. Принцип измерения.
3. Принцип эквивалентности.
4. Принцип единства. Принцип связности.
5. Принцип модульного построения. Принцип иерархии.
6. Принцип функциональности. Принцип развития.
7. Принцип централизации и децентрализации. Принцип неопределённости.
8. Системный подход к решению проблемной ситуации. Основные методы системного анализа.

9. Декомпозиция системы. Функциональная декомпозиция. Декомпозиция по жизненному циклу. Декомпозиция по физическому процессу. Декомпозиция по подсистемам. Декомпозиция по входам для организационных систем. Декомпозиция по типам ресурсов, потребляемых системой. Декомпозиция по конечным продуктам системы. Декомпозиция по деятельности.

10. Этапы и последовательность системного анализа.

11 Анализ системы. Когнитивный анализ. Структурный анализ. Морфологический анализ. Анализ эффективности. Формирование требований.

12. Алгоритм решения задач системного исследования конкретной проблемы.

*При подготовке к семинарским занятиям рекомендуется:*

1. Подготовить краткий конспект по каждому вопросу семинарского занятия.
2. Подготовить интерактивную презентацию по любому из вопросов.
3. Подготовить видео, которое поясняет подготовленный для интерактивной презентации материал (по возможности).

## 4 РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

### 4.1 Задания для контролируемой самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов направлена на совершенствование их умений и навыков по дисциплине «Системный анализ и моделирование информационных процессов». Цель самостоятельной работы студентов – способствование усвоению в полном объеме учебного материала дисциплины через систематизацию, планирование и контроль собственной деятельности. Преподаватель дает задания по самостоятельной работе и регулярно проверяет их исполнение.

Содержание и формы контролируемой самостоятельной работы студентов рекомендуется непосредственно связывать с использованием метода проектов, что позволяет реализовывать индивидуальный подход к обучению. В ходе решения задач и работы над проектами студенты лучше углубляются в предметную область. В результате каждый студент разрабатывает в процессе самостоятельной работы целостный проект выбранной модели информационной системы и ее обоснование. Такая организация работы способствует формированию специальной компетенции по применению основных методов системного анализа при моделировании информационных процессов в социокультурной сфере.

*Вопросы и творческие задания (24 часа)*

1. Тема 5. Системная инженерия (6 часов)

*Задание 1.* Разработайте техническое задание по своей теме.

*Методические рекомендации*

Соблюдайте требования основного стандарта в области построения и оформления технического задания к разработке программного обеспечения – ГОСТ 19.201-78 ЕСПД «Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению» (далее Стандарт).

Схематично представьте страницы сайта.

*Задание 2* Решение логических задач

### *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 французенкой на синей машине ехал желтый «Ситроен». Замыкала колонну англичанка на фиолетовом «Форде».

«Плимут» был новее «Бьюика», но менее мощный, поэтому он ехал в середине колонны, а полька восхитительно выглядела в своем брючном костюме. Одна из машин была зеленого цвета.

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

*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?

2. Тема 9. Оценка сложных систем. Основные типы шкал измерения  
(6 часов)

*Задание* Принятие решений в условиях недостатка информации

Решите задачи

*Методика выполнения*

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.*

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 4.1

Номер стратегии	Действия компании	Выигрыш, при состоянии	
		благоприятном	неблагоприятном
1	Декоративная косметика	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

На основе табл. 4.1 выигрышей (потерь) можно построить дерево решений  (рис. 4.1, 4.2).

\*

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.

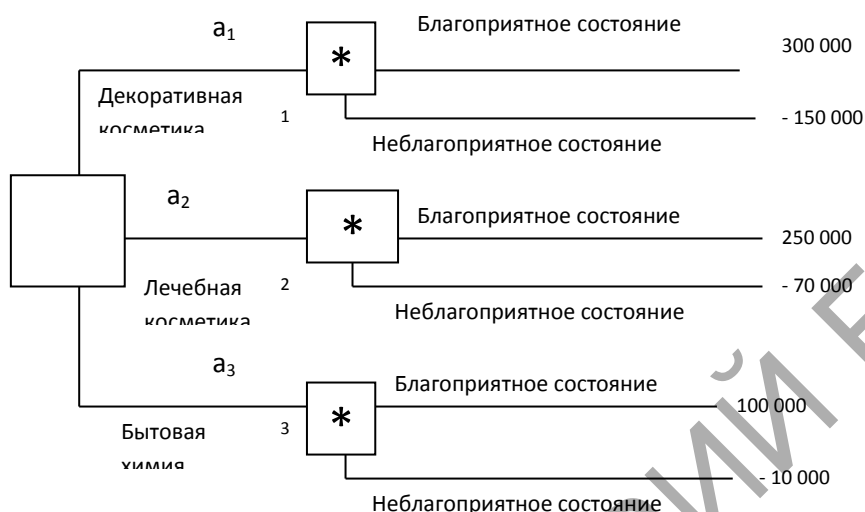


Рисунок 4.1. Дерево решений без дополнительного обследования рынка

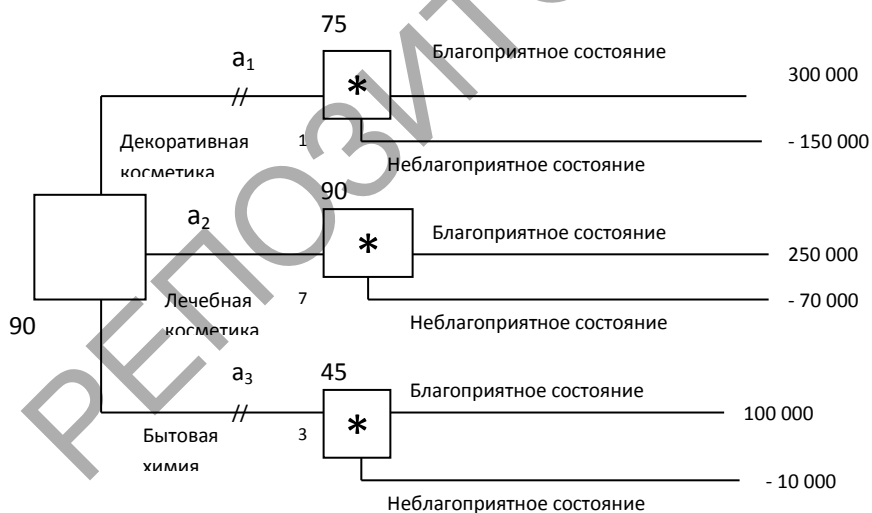


Рисунок 4.2. Итоговое дерево решений

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.

Задание

Решите задачи, 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?

Тема 13. Морфологическое описание и моделирование систем и информационных процессов (6 часов)

*Задание.* Для своего проекта выполните функциональное и морфологическое описание модели.

*Методика выполнения*

1. Разработайте функциональную модель IDEF0

2. Разработайте документацию к функциональной модели IDEF0 3-х уровневую

3. Представьте структуру модели в виде графов.

Тема 14. Объектно-ориентированный анализ и моделирование информационных процессов (6 часов)

*Задание.* Разработайте модель информационного процесса  
Используя стандартный язык для написания моделей разработайте

1 Диаграмму вариантов использования.

2. Диаграмма классов.

3. Диаграмма активности для варианта использования.

4. Диаграмма последовательностей.

*Методика выполнения.*

Задача 1. Ознакомиться с методологией моделирования деятельности на основе языка UML.

Задача 2. Построить, используя Visual Paradigm, диаграммы деятельности, для разобранных примеров 1 и 2.

Задача 3. Построить диаграммы деятельности, используя Visual Paradigm, для индивидуального задания.

Список индивидуальных заданий приводится в таблице:

№	Системы
1	Пассажир бронирует и покупает билет на рейс
2	Определение списка студентов закрывших сессию в срок из указанной группы
3	Выдача книг в библиотеке
4	Формирование чека для оплаты объекта арт искусства
6	Формирование анкеты, проведение анкетирования и обработка результатов
7	Формирование журнала группы
8	Печать фотографий и фотосувениров
9	Пассажир приходит на регистрацию рейса в аэропорт
10	Учет музыкальных инструментов, хранящихся на складе

## 4.2 Контрольные вопросы

### *Тема 2. Система. Семантическое поле системы*

1. Понятие системы. Схема компонентов системы. Основные признаки систем и соответствующие им системные принципы.
2. Классы системных структур: сетевая, иерархическая, матричная, многоуровневая иерархическая, смешанная иерархическая, структура с произвольными связями. Взаимодействие системы. Внешняя среда системы.
3. Свойства системы. Состояние системы. Поведение системы. Равновесие системы. Устойчивость системы. Развитие системы. Внешние и внутренние причины преобразования системы. Движение системы. Ограничения системы. Процессы системы. Функции системы.
4. Понятие системы в античной философии и науке.
5. Понятие системы в философии и науке Нового времени.
6. Принципы системной природы знания в немецкой классической философии, марксистской философии.
7. Понятия системы в различных областях конкретно-научного знания второй половины XIX века – начала XX века (неокантианство, холизм, гештальт-психология, неопозитивизм, тектология).
8. Задача специализированных теорий систем. Системные парадоксы.

### *Тема 3 Классификация систем*

9. Материальные системы.
10. Идеальные (абстрактные) системы. Естественные и искусственные системы. Постоянные и временные системы.
11. Статичные и динамичные системы. Закрытые и открытые системы. Активные и пассивные системы.
12. Системы с управлением и без управления. Системы по степени сложности и организованности: большие, простые, сложные и организационные. Признаки сложных систем.
13. Целенаправленные системы. Организационные системы.

#### ***Тема 4. Общая теория систем***

14. Понятие общей теории систем.
15. Задачи общей теории систем. Этапы развития научного анализа систем. Предпосылки построения общей теории систем.
16. Общая теория систем Берталанфи.
17. Концепция общей теории систем.
18. Онтологический и эпистемологический подходы в определении систем.

#### ***Тема 5. Системная инженерия***

19. Понятие системной инженерии.
20. Теоретическая и методологическая основа системной инженерии. Развитие системной инженерии.
21. Положения системной инженерии. Системотехника. Системная инженерия в СССР.
22. План ГОЭРЛО. Автоматизированные системы управления предприятиями (АСУП). Единая система программной документации» (ЕСПД).
23. Школа системно-мыследеятельностной методологии.
24. Определения системной инженерии. Основания системной инженерии. Концепции системной инженерии.
25. Принципы системной инженерии по Д. Хитчинсу. Синтез. Холизм. Органицизм.
26. Разумная достаточность.
27. Принципы системной инженерии Б. Боэма.

#### ***Тема 6. Системный подход. Системные исследования***

28. Понятие системного подхода. Основные преимущества системного подхода.

29. Принцип системного подхода. Целостность. Иерархичность строения. Структуризация. Множественность. Системность.

30. Этапы системного подхода. Задачи системного подхода.

31. Свойства объекта как целостной системы.

32. Системный подход в понимании поведения системы. Роль системного подхода в развитии научного, технического и практически-ориентированного знания. Современное развитие системного подхода.

33. Объект системных исследований. Основные методологические особенности системных исследований.

34. «Мягкая» системная методология. «Жесткая» системная методология.

35. Специфика системного исследования.

#### ***Тема 7. Системность. Мировоззренческий аспект системности***

36. Системность. Парадигмы системности.

37. Очевидные и обязательные признаки системности. Оценки системности.

38. Системность, монополизм и функциональность. Системность технических систем.

39. Системность и алгоритмичность.

40. Уровни системности практической деятельности. Механизация, автоматизация и кибернетизация.

41. Автоматические и автоматизированные системы. Компоненты автоматизированных информационных систем (АИС). Кибернетические системы.

#### ***Тема 8. Модели и моделирование систем***

74. Модель. Абстрактная модель системы произвольной природы. Входные и выходные параметры модели системы.

43. Моделирование. Способы моделирования: теоретический и эмпирический.

44. Материальные и идеальные модели.

45. Предметно-физическое и предметно-математическое.

46. Абстрактно-математическое, знаковое моделирование.

47. Понятие «черный ящик».

48. Понятие «белый ящик».

### ***Тема 9. Оценка сложных систем. Основные типы шкал измерения***

49. Этапы оценивания сложных систем.

50. Понятие шкалы. Виды шкал.

51. Шкалы номинального и классификационного типа.

52. Шкалы последовательности и ранга.

53. Шкалы порядка. Шкалы интервалов.

54. Шкалы отношений. Шкалы разностей.

55. Абсолютные шкалы. Шкала уровней качества систем с управлением.

56. Обработка характеристик, измеренных в разных шкалах.

57. Методы оценивания: количественные, качественные.

### ***Тема 10. Методология системного анализа***

58. Понятие системного анализа. Развитие системного анализа. Задачи системного анализа.

59. Принципы системного анализа. Принцип измерения.

60. Принцип эквивалентности.

61. Принцип единства. Принцип связности.

62. Принцип модульного построения. Принцип иерархии.

63. Принцип функциональности. Принцип развития.

64. Принцип централизации и децентрализации. Принцип неопределённости.

65. Системный подход к решению проблемной ситуации. Основные методы системного анализа.

66. Декомпозиция системы. Функциональная декомпозиция. Декомпозиция по жизненному циклу. Декомпозиция по физическому процессу. Декомпозиция по подсистемам. Декомпозиция по входам для организационных систем. Декомпозиция по типам ресурсов, потребляемых системой. Декомпозиция по конечным продуктам системы. Декомпозиция по деятельности.

67. Этапы и последовательность системного анализа.

68. Анализ системы. Когнитивный анализ. Структурный анализ. Морфологический анализ. Анализ эффективности. Формирование требований.

69. Алгоритм решения задач системного исследования конкретной проблемы.

#### ***Тема 11. Алгоритм моделирования.***

70. Понятие проблемной ситуации.

71. Классификация целей. Метод построения дерева целей.

72. Код Дьюи.

73. Метод PATTERN.

74. Оценка целей.

75. Способы генерации альтернатив.

76. Метод коллективной генерации идей.

77. Метод сценариев.

78. Экспертные методы.

79. Метод медианы Кемени.

80. Метод Дельфи.

81. Методы QUEST и SEER.

82. Методы морфологического анализа.

83. Формализация задачи.

84. Типовые проблемы исследования.



85. Интерполяция, экстраполяция, прогнозирование.

86. Линейность и нелинейность. Дискретность и непрерывность. Детерминированность и случайность.

87. Планирование эксперимента. Стратегическое и тактическое планирование. Проверка модели.

***Тема 12. Функциональное описание и моделирование систем и информационных процессов***

88. Графические способы функционального описания систем. Функционал эффективности.

89. Способы описания: алгоритмически, аналитически, графически, таблично, посредством временных диаграмм функционирования, вербально (словесно).

90. Графические способы функционального описания систем. Дерево функций системы.

91. Стандарт функционального моделирования IDEF0. Описание синтаксиса языка моделирования.

***Тема 13. Морфологическое описание и моделирование систем и информационных процессов***

92. Описание структуры системы. Признак морфологии.

93. Анализ элементного состава.

94. Информационные элементы.

95. Обратимые и необратимые преобразования информации.

96. Виды связей. Направленные и ненаправленные, сильные и слабые, равноправные связи и связи управления. Связи «род-вид», «часть-целое», «причина-следствие».

97. Качество связи. Характер отношений между элементами структуры.

98. Отношения координации и субординации.

99. Методы описания структур. Структурные схемы. Графы.

***Тема 14. Объектно-ориентированный анализ и моделирование информационных процессов***

100. Унифицированный язык визуального моделирования Unified Modeling Language (UML).

101. Синтаксис и семантика основных объектов. Классы.

102. Диаграммы классов.

103. Диаграммы использования.

104. Диаграммы последовательностей.

105. Кооперативные диаграммы.

106. Диаграммы состояний. Диаграммы деятельности.

107. Диаграммы компонентов.

108. Пакеты UML.

РЕПОЗИТОРИЙ БГУКИ

### 4.3 Критерии оценки результатов учебной деятельности студентов

Основными средствами диагностики усвоения знаний, умений и овладения необходимыми навыками по учебной дисциплине являются:

- фронтальный опрос на лекционных занятиях, направлен на систематизацию знаний студентов, определение уровня готовности аудитории к восприятию нового материала, а также на формирование у преподавателя представление об усвоении студентами основополагающих понятий и фактов изучаемой учебной дисциплины;

- проверка практических заданий (репродуктивных, продуктивных, творческих заданий), выполняемых на лабораторных занятиях, представляет собой диагностику систематичности подготовки студентов к занятиям и уровня усвоения ими практико-ориентированного содержания программного материала учебной дисциплины;

- групповые и индивидуальные консультации студентов, которые предназначены для диагностики уровня овладения знаниями, умениями и навыками, устранения возможных ошибок, пробелов в знаниях студентов;

- самостоятельные работы используются для определения индивидуальных особенностей, темпа продвижения студентов и усвоения ими необходимых знаний;

- компьютерное тестирование позволяет быстро провести диагностику усвоения студентами учебного материала как по отдельным темам и разделам учебной дисциплины, так и по учебной дисциплине в целом;

- зачет используется для осуществления итоговой диагностики усвоения учащимися содержания учебной дисциплины за учебный семестр с оценкой, в соответствии с критериями оценки результатов учебной деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования.

Для выявления и исключения пробелов в знаниях студентов рекомендуется использовать следующие средства:

- 1) фронтальный опрос на лекциях, лабораторных и семинарских занятиях;
- 2) критериально-ориентированные тесты для контроля теоретических знаний по созданию и обработке графической информации;
- 3) выполнение тестовых заданий с произвольной формой ответа для контроля умения анализировать и грамотно излагать и формулировать свои соображения и выводы в данной предметной области;
- 4) выполнение творческих заданий, которые предполагают эвристическую деятельность и поиск неформальных решений.

#### 4.4 Вопросы к экзамену

1. Понятие системы. Схема компонентов системы. Основные признаки систем и соответствующие им системные принципы.
2. Классы системных структур: сетевая, иерархическая, матричная, многоуровневая иерархическая, смешанная иерархическая, структура с произвольными связями. Взаимодействие системы. Внешняя среда системы.
3. Свойства системы. Состояние системы. Поведение системы. Равновесие системы. Устойчивость системы. Развитие системы. Внешние и внутренние причины преобразования системы. Движение системы. Ограничения системы. Процессы системы. Функции системы.
4. Понятие системы в античной философии и науке.
5. Понятие системы в философии и науке Нового времени.
6. Принципы системной природы знания в немецкой классической философии, марксистской философии.
7. Понятия системы в различных областях конкретно-научного знания второй половины XIX века – начала XX века (неокантианство, холизм, гештальт-психология, неопозитивизм, тектология).
8. Задача специализированных теорий систем. Системные парадоксы.
9. Материальные системы.

10. Идеальные (абстрактные) системы. Естественные и искусственные системы. Постоянные и временные системы.

11. Статичные и динамичные системы. Закрытые и открытые системы. Активные и пассивные системы.

12. Системы с управлением и без управления. Системы по степени сложности и организованности: большие, простые, сложные и организационные. Признаки сложных систем.

13. Целенаправленные системы. Организационные системы.

14. Понятие общей теории систем.

15. Задачи общей теории систем. Этапы развития научного анализа систем. Предпосылки построения общей теории систем.

16. Общая теория систем Берталанфи.

17. Концепция общей теории систем.

18. Онтологический и эпистемологический подходы в определении систем.

19. Понятие системной инженерии.

20. Теоретическая и методологическая основа системной инженерии. Развитие системной инженерии.

21. Положения системной инженерии. Системотехника. Системная инженерия в СССР.

22. План ГОЭРЛО. Автоматизированные системы управления предприятиями (АСУП). Единая система программной документации» (ЕСПД).

23. Школа системо-мыследеятельностной методологии.

24. Определения системной инженерии. Основания системной инженерии. Концепции системной инженерии.

25. Принципы системной инженерии по Д. Хитчинсу. Синтез. Холизм. Органицизм.

26. Разумная достаточность.

27. Принципы системной инженерии Б. Бозма.

28. Понятие системного подхода. Основные преимущества системного подхода.

29. Принцип системного подхода. Целостность. Иерархичность строения. Структуризация. Множественность. Системность.

30. Этапы системного подхода. Задачи системного подхода.

31. Свойства объекта как целостной системы.

32. Системный подход в понимании поведения системы. Роль системного подхода в развитии научного, технического и практически-ориентированного знания. Современное развитие системного подхода.

33. Объект системных исследований. Основные методологические особенности системных исследований.

34. «Мягкая» системная методология. «Жесткая» системная методология.

35. Специфика системного исследования.

36. Системность. Парадигмы системности.

37. Очевидные и обязательные признаки системности. Оценки системности.

38. Системность, монополизм и функциональность. Системность технических систем.

39. Системность и алгоритмичность.

40. Уровни системности практической деятельности. Механизация, автоматизация и кибернетизация.

41. Автоматические и автоматизированные системы. Компоненты автоматизированных информационных систем (АИС). Кибернетические системы.

74. Модель. Абстрактная модель системы произвольной природы. Входные и выходные параметры модели системы.

43. Моделирование. Способы моделирования: теоретический и эмпирический.

44. Материальные и идеальные модели.

45. Предметно-физическое и предметно-математическое.
46. Абстрактно-математическое, знаковое моделирование.
47. Понятие «черный ящик».
48. Понятие «белый ящик».
49. Этапы оценивания сложных систем.
50. Понятие шкалы. Виды шкал.
51. Шкалы номинального и классификационного типа.
52. Шкалы последовательности и ранга.
53. Шкалы порядка. Шкалы интервалов.
54. Шкалы отношений. Шкалы разностей.
55. Абсолютные шкалы. Шкала уровней качества систем с управлением.
56. Обработка характеристик, измеренных в разных шкалах.
57. Методы оценивания: количественные, качественные.
58. Понятие системного анализа. Развитие системного анализа. Задачи системного анализа.
59. Принципы системного анализа. Принцип измерения.
60. Принцип эквивиальности.
61. Принцип единства. Принцип связности.
62. Принцип модульного построения. Принцип иерархии.
63. Принцип функциональности. Принцип развития.
64. Принцип централизации и децентрализации. Принцип неопределённости.
65. Системный подход к решению проблемной ситуации. Основные методы системного анализа.
66. Декомпозиция системы. Функциональная декомпозиция. Декомпозиция по жизненному циклу. Декомпозиция по физическому процессу. Декомпозиция по подсистемам. Декомпозиция по входам для организационных систем. Декомпозиция по типам ресурсов, потребляемых

системой. Декомпозиция по конечным продуктам системы. Декомпозиция по деятельности.

67. Этапы и последовательность системного анализа.

68. Анализ системы. Когнитивный анализ. Структурный анализ. Морфологический анализ. Анализ эффективности. Формирование требований.

69. Алгоритм решения задач системного исследования конкретной проблемы.

70. Понятие проблемной ситуации.

71. Классификация целей. Метод построения дерева целей.

72. Код Дьюи.

73. Метод PATTERN.

74. Оценка целей.

75. Способы генерации альтернатив.

76. Метод коллективной генерации идей.

77. Метод сценариев.

78. Экспертные методы.

79. Метод медианы Кемени.

80. Метод Дельфи.

81. Методы QUEST и SEER.

82. Методы морфологического анализа.

83. Формализация задачи.

84. Типовые проблемы исследования.

85. Интерполяция, экстраполяция, прогнозирование.

86. Линейность и нелинейность. Дискретность и непрерывность. Детерминированность и случайность.

87. Планирование эксперимента. Стратегическое и тактическое планирование. Проверка модели.

88. Графические способы функционального описания систем. Функционал эффективности.



89. Способы описания: алгоритмически, аналитически, графически, таблично, посредством временных диаграмм функционирования, вербально (словесно).

90. Графические способы функционального описания систем. Дерево функций системы.

91. Стандарт функционального моделирования IDEF0. Описание синтаксиса языка моделирования.

92. Описание структуры системы. Признак морфологии.

93. Анализ элементного состава.

94. Информационные элементы.

95. Обратимые и необратимые преобразования информации.

96. Виды связей. Направленные и ненаправленные, сильные и слабые, равноправные связи и связи управления. Связи «род-вид», «часть-целое», «причина-следствие».

97. Качество связи. Характер отношений между элементами структуры.

98. Отношения координации и субординации.

99. Методы описания структур. Структурные схемы. Графы.

100. Унифицированный язык визуального моделирования Unified Modeling Language (UML).

101. Синтаксис и семантика основных объектов. Классы.

102. Диаграммы классов.

103. Диаграммы использования.

104. Диаграммы последовательностей.

105. Кооперативные диаграммы.

106. Диаграммы состояний. Диаграммы деятельности.

107. Диаграммы компонентов.

108. Пакеты UML.

## **5 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ**

### **5.1 Учебная программа**

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### ***Тема 1. Место и роль теории систем в системе научных знаний***

Место и роль теории систем в системе научных знаний. Области применения методов системного анализа. Место курса в системе специальностей, специализаций. Цели и задачи дисциплины. Обзор литературы.

### ***Тема 2. Система. Семантическое поле системы***

Понятие системы. Схема компонентов системы. Основные признаки систем и соответствующие им системные принципы. Классы системных структур: сетевая, иерархическая, матричная, многоуровневая иерархическая, смешанная иерархическая, структура с произвольными связями. Взаимодействие системы. Внешняя среда системы.

Свойства системы. Состояние системы. Поведение системы. Равновесие системы. Устойчивость системы. Развитие системы. Внешние и внутренние причины преобразования системы. Движение системы. Ограничения системы. Процессы системы. Функции системы.

Развитие системных представлений. Понятие системы в античной философии и науке. Понятие системы в философии и науке Нового времени. Принципы системной природы знания в немецкой классической философии, марксистской философии. Понятия системы в различных областях конкретно-научного знания второй половины XIX века – начала XX века (неокантианство, холизм, гештальт-психология, неопозитивизм, тектология). Задача специализированных теорий систем. Системные парадоксы.

### ***Тема 3 Классификация систем***

Материальные системы. Идеальные (абстрактные) системы. Естественные и искусственные системы. Постоянные и временные системы. Статичные и динамичные системы. Закрытые и открытые системы. Активные и пассивные системы. Системы с управлением и без управления. Системы по степени сложности и организованности: большие, простые, сложные и организационные. Признаки сложных систем. Целенаправленные системы. Организационные системы.

### ***Тема 4. Общая теория систем***

Понятие общей теории систем. Задачи общей теории систем. Этапы развития научного анализа систем. Предпосылки построения общей теории

систем. Общая теория систем Берталанфи. Концепция общей теории систем. Онтологический и эпистемологический подходы в определении систем.

### ***Тема 5. Системная инженерия***

Понятие системной инженерии. Теоретическая и методологическая основа системной инженерии. Развитие системной инженерии. Положения системной инженерии. Системотехника. Системная инженерия в СССР. План ГОЭРЛО. Автоматизированные системы управления предприятиями (АСУП). Единая система программной документации» (ЕСПД). Школа системо-мыследеятельностной методологии.

Определения системной инженерии. Основания системной инженерии. Концепции системной инженерии. Принципы системной инженерии по Д. Хитчинсу. Синтез. Холизм. Органицизм. Адаптивная оптимизация. Постепенное уменьшение энтропии. Разумная достаточность. Принципы системной инженерии Б. Бозма.

Методы системной инженерии. Предмет системной инженерии. Стандарты в области системной инженерии. Официальные стандарты в области системной инженерии. Фактические стандарты в области системной инженерии. Системная инженерия процессов разработки информационных систем и процессов.

### ***Тема 6. Системный подход. Системные исследования***

Понятие системного подхода. Основные преимущества системного подхода. Принцип системного подхода. Целостность. Иерархичность строения. Структуризация. Множественность. Системность. Этапы системного подхода. Задачи системного подхода. Свойства объекта как целостной системы. Системный подход в понимании поведения системы. Роль системного подхода в развитии научного, технического и практически-ориентированного знания. Современное развитие системного подхода.

Объект системных исследований. Основные методологические особенности системных исследований. «Мягкая» системная методология. «Жесткая» системная методология. Специфика системного исследования.

### ***Тема 7. Системность. Мировоззренческий аспект системности***

Системность. Парадигмы системности. Очевидные и обязательные признаки системности. Оценки системности. Системность, монополизм и функциональность. Системность технических систем. Системность и

алгоритмичность. Уровни системности практической деятельности. Механизация, автоматизация и кибернетизация.

Автоматические и автоматизированные системы. Компоненты автоматизированных информационных систем (АИС). Кибернетические системы.

### ***Тема 8. Модели и моделирование систем***

Модель. Абстрактная модель системы произвольной природы. Входные и выходные параметры модели системы.

Моделирование. Способы моделирования: теоретический и эмпирический. Материальные и идеальные модели.

Предметно-физическое и предметно-математическое, абстрактно-математическое, знаковое моделирование. Понятие «черный ящик», «белый ящик».

Классификация моделей. Процесс моделирования.

### ***Тема 9. Оценка сложных систем. Основные типы шкал измерения***

Этапы оценивания сложных систем. Понятие шкалы. Виды шкал. Шкалы номинального и классификационного типа. Шкалы последовательности и ранга. Шкалы порядка. Шкалы интервалов. Шкалы отношений. Шкалы разностей. Абсолютные шкалы. Шкала уровней качества систем с управлением.

Обработка характеристик, измеренных в разных шкалах.

Методы оценивания: количественные, качественные.

### ***Тема 10. Методология системного анализа***

Понятие системного анализа. Развитие системного анализа. Задачи системного анализа.

Принципы системного анализа. Принцип измерения. Принцип эквивалентности. Принцип единства. Принцип связности. Принцип модульного построения. Принцип иерархии. Принцип функциональности. Принцип развития. Принцип централизации и децентрализации. Принцип неопределённости.

Системный подход к решению проблемной ситуации. Основные методы системного анализа. Декомпозиция системы. Функциональная декомпозиция. Декомпозиция по жизненному циклу. Декомпозиция по физическому процессу. Декомпозиция по подсистемам. Декомпозиция по входам для организационных систем. Декомпозиция по типам ресурсов, потребляемых системой. Декомпозиция по конечным продуктам системы. Декомпозиция по деятельности.

Этапы и последовательность системного анализа.

Анализ системы. Когнитивный анализ. Структурный анализ. Морфологический анализ. Анализ эффективности. Формирование требований.

Алгоритм решения задач системного исследования конкретной проблемы.

### ***Тема 11. Алгоритм моделирования.***

Понятие проблемной ситуации. Классификация целей. Метод построения дерева целей. Код Дьюи. Метод PATTERN. Оценка целей.

Способы генерации альтернатив. Метод коллективной генерации идей. Метод сценариев. Экспертные методы. Метод медианы Кемени. Метод Дельфи. Методы QUEST и SEER. Методы морфологического анализа.

Формализация задачи. Типовые проблемы исследования. Интерполяция, экстраполяция, прогнозирование. Линейность и нелинейность. Дискретность и непрерывность. Детерминированность и случайность. Планирование эксперимента. Стратегическое и тактическое планирование. Проверка модели.

### ***Тема 12. Функциональное описание и моделирование систем и информационных процессов***

Графические способы функционального описания систем. Функционал эффективности. Способы описания: алгоритмически, аналитически, графически, таблично, посредством временных диаграмм функционирования, вербально (словесно). Графические способы функционального описания систем. Дерево функций системы. Стандарт функционального моделирования IDEF0. Описание синтаксиса языка моделирования.

### ***Тема 13. Морфологическое описание и моделирование систем и информационных процессов***

Описание структуры системы. Признак морфологии. Анализ элементного состава. Информационные элементы. Обратимые и необратимые преобразования информации. Виды связей. Направленные и ненаправленные, сильные и слабые, равноправные связи и связи управления. Связи «род-вид», «часть-целое», «причина-следствие». Качество связи. Характер отношений между элементами структуры. Отношения координации и субординации. Методы описания структур. Структурные схемы. Графы.

***Тема 14. Объектно-ориентированный анализ и моделирование информационных процессов***

Унифицированный язык визуального моделирования Unified Modeling Language (UML). Синтаксис и семантика основных объектов. Классы. Диаграммы классов. Диаграммы использования. Диаграммы последовательностей. Кооперативные диаграммы. Диаграммы состояний. Диаграммы деятельности. Диаграммы компонентов. Пакеты UML.

РЕПОЗИТОРИЙ БГУКИ

## 5.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины

Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР	Форма контроля знаний
	Лекции	Семинарские занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия		
Тема 1. Место и роль теории систем в системе научных знаний	2					
Тема 2. Система. Семантическое поле системы	2	4	6			
Тема 3 Классификация систем	2	2	2			
Тема 4. Общая теория систем	2	4				
Тема 5. Системная инженерия	2	2	2	2	6	Задачи Тех.задание
Тема 6. Системный подход. Системные исследования	2	2	6			
Тема 7. Системность. Мирозренческий аспект системности	2	2				
Тема 8. Моделирование систем	2	2	2			
Тема 9. Оценка сложных систем. Основные типы шкал измерения	2	2	4		6	Задачи
Тема 10. Методология системного анализа	2	2	2			
Тема 11. Алгоритм моделирования			2			
Тема 12. Функциональное описание и моделирование систем и информационных процессов				2		
Тема 13. Морфологическое описание и моделирование систем и информационных процессов				2	6	Проект
Тема 14. Объектно-ориентированный анализ и моделирование информационных процессов				12	6	Проект
<b>Всего</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	<b>18</b>	<b>24</b>	

### 5.3 Список основной литературы

1. Королев, А. С. Основы теории систем и системного анализа : методические указания / А. С. Королев. – Москва : РТУ МИРЭА, 2020. – 46 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/163829> (дата доступа: 08.05.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Пищухин, А. М. Общая теория систем. Метасистемы : учебное пособие / А. М. Пищухин. – Оренбург : ОГУ, 2019. – 163 с. – ISBN 978-5-7410-2396-9. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160004> (дата доступа: 08.05.2022).

3. Червенчук, И. В. Моделирование объектно ориентированных систем с помощью UML : учебное пособие : [16+] / И. В. Червенчук, А. С. Грицай ; Омский государственный технический университет. – Омск : Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2019. – 108 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=682248> (дата доступа: 24.04.2022). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8149-3012-5. – Текст : электронный.

### 5.4 Список дополнительной литературы

4. Вдовин, В. М. Теория систем и системный анализ : учебник / В. М. Вдовин, Л. Е. Суркова, В. А. Валентинов. – 6-е изд., стер. – Москва : Дашков и К°, 2022. – 643 с. : ил., табл., схем., граф. – (Учебные издания для бакалавров). – Режим доступа: по подписке. – Режим доступа : URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=684426>. –Дата доступа: 24.04.2022. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-394-04581-3. – Текст : электронный.

5. Ипатова, Э. Р. Методологии и технологии системного проектирования информационных систем : учебник / Э. Р. Ипатова, Ю. В. Ипатов. – 3-е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА, 2021. – 256 с. : табл., схем. – (Информационные технологии). – Режим доступа: по подписке. – Режим доступа : URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=79551>. –Дата доступа: 24.04.2022. – Библиогр.: с. 95-96. – ISBN 978-5-89349-978-0. – Текст : электронный.

6. Ловцов, Д. А. Системный анализ : учебное пособие / Д. А. Ловцов ; Российский государственный университет правосудия. – Москва : Российский государственный университет правосудия (РГУП), 2018. – Часть 1. Теоретические основы. – 224 с. : схем., табл. – Режим доступа : URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=560886>. – Дата доступа :



24.04.2022. – Библиогр.: с. 178-181. – ISBN 978-5-93916-701-7. – Текст : электронный.

7. Матвеев, А. В. Системный анализ : учебное пособие / А. В. Матвеев. – Омск : ОмГУ, 2019. – 56 с. – ISBN 978-5-7779-2381-3. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – Режим доступа : URL: <https://e.lanbook.com/book/119814>. – Дата доступа: 08.05.2022. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Теория систем и системный анализ : учебник : [16+] / С. И. Маторин, А. Г. Жихарев, О. А. Зимовец [и др.] ; под ред. С. И. Маторина. – Москва ; Берлин : Директмедиа Паблишинг, 2019. – 509 с. : 509 – Режим доступа: URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574641>. – Дата доступа: 24.04.2022. – Библиогр.: с. 477-489. – ISBN 978-5-4499-0675-5. – DOI 10.23681/574641. – Текст : электронный.

РЕПОЗИТОРИЙ БГУИМ