

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию РФ**

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

**УТВЕРЖДАЮ**

Зав. каф. АОИ, д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_ Ю.П. Ехлаков

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2010 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ  
И САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ  
по дисциплине  
"Теория систем и системный анализ"**

Разработчик:

профессор каф. АОИ, д.т.н.

\_\_\_\_\_ М.П. Силич

Томск - 2010

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ .....	3
РАЗДЕЛ 1 «Основные понятия, методы и модели теории систем и системного анализа» .....	4
Практическая работа №1 «Описание строения и функционирования систем» .....	4
Практическая работа №2 «Экспертное оценивание систем» .....	7
Практическая работа №3 «Оценивание систем в условиях неопределенности» .....	9
Практическая работа №4 «Методы композиции систем» .....	12
Практическая работа №5 «Способы организации экспертиз» .....	15
РАЗДЕЛ 2 «Системный анализ» .....	17
Практическая работа №6 «Иерархическая содержательная модель системы» .....	17
Практическая работа №7 «Анализ проблемосодержащей системы» .....	20
Практическая работа №8 «Формирование и анализ иерархии целей» .....	23
ЛИТЕРАТУРА .....	25

## **ВВЕДЕНИЕ**

Практические и самостоятельные работы по дисциплине имеют целью: закрепление теоретического материала, получение навыков самостоятельного исследования строения и функционирования систем, их оценивания и проектирования, а также проведения системного анализа.

Практические работы объединены в два раздела – «Основные понятия, методы и модели теории систем и системного анализа» и «Системный анализ». Каждой практической работе предшествует самостоятельная работа.

Практические работы, включенные в первый раздел, выполняются либо индивидуально (работы №1, №3, №4), либо группами (работы №2, №5). Задание для каждой работы выдается преподавателем непосредственно перед работой. Самостоятельная работа состоит, в основном, в изучении теоретического материала, необходимого для проведения практической работы. Практическая работа выполняется в соответствии с указаниями. По окончании каждой работы составляется отчет.

Практические работы, включенные во второй раздел (работы №6, №7, №8), выполняются только индивидуально и имеют одно общее задание (объект системного анализа), которое выдается преподавателем заранее. Самостоятельная работа состоит не только в изучении теоретического материала, необходимого для проведения практической работы, но и сбора информации об объекте системного анализа. Каждая практическая работа представляет собой одну из стадий выполнения системного анализа. Работы выполняются в соответствии с указаниями, при их выполнении могут использоваться результаты предыдущих практических работ. По окончании всех работ раздела составляется общий итоговый отчет.

## РАЗДЕЛ 1 «Основные понятия, методы и модели теории систем и системного анализа»

### *Практическая работа №1 «Описание строения и функционирования систем»*

**Цель работы:** Получить практические навыки в выделении компонент системы, описании свойств и структуры системы, ее взаимодействия со средой, функционирования системы во времени и управления системой.

**Самостоятельная работа:** Изучение основных понятий теории систем и системного анализа, закономерностей строения и функционирования систем. Литература: [1 (глава 1), 2 (глава 3), 3 (п. 1.2.4)].

#### **Порядок выполнения:**

##### 1. Выбор задания.

Выберите систему, на примере которой будет выполняться вся работа.

Примеры систем:

- технические устройства (автомобили, компьютеры, телевизоры и т.д.);
- организации (предприятия, гостиницы, рестораны, магазины и т.д.);
- биологические системы (человек, животные, растения и т.д.);
- информационные системы (программа, компьютерная сеть и т.д.);
- целевые системы (система выборов, система водоснабжения, система безопасности, транспортная система и т.д.).

##### 2. Построение иерархии состава.

Выделите основные подсистемы исследуемой системы. В рамках каждой из них выделите более мелкие подсистемы и элементы. Представьте компоненты системы в виде иерархии. Пример иерархии состава для радиоприемника представлен на рис. 1.1.

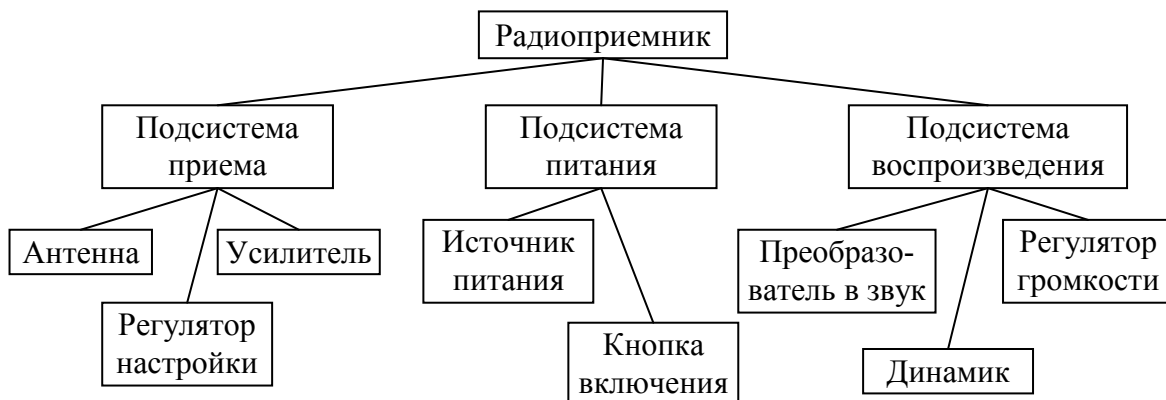


Рис. 1.1. Иерархия состава радиоприемника

### 3. Описание существенных свойств системы.

Опишите существенное свойство системы и его внешнее проявление (явление). Определите, является ли данное свойство эмерджентным. Ответ обоснуйте.

Например, для радиоприемника существенное 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..

### 4. Описание структуры системы и ее взаимодействия с окружением.

Выделите объекты окружающей среды. 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. Опишите внутренние и внешние связи.

Пример схемы взаимодействия компонент радиоприемника друг с другом и с окружающей средой представлен на рис. 1.2.

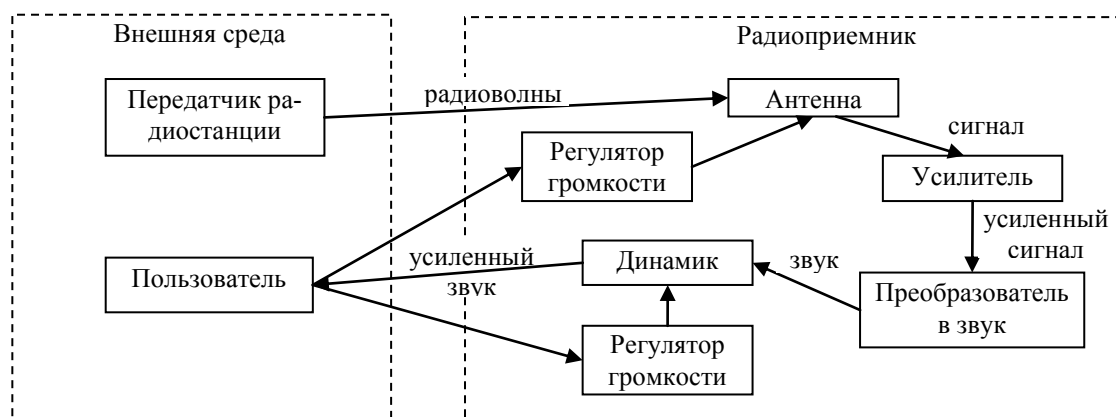


Рис. 1.2. Структура радиоприемника

### 5. Описание функционирования системы в пространстве состояний.

Выделите характеристики (параметры) системы. Параметры могут быть сгруппированы по типам: физические характеристики (размер, местоположение, цвет, материал), 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 1.1.

Таблица 1.1

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 1.1: настройка регулятора на другой диапазон радиоволн (переход из I в II), настройка уровня звука (переход из II в III).

#### 6. Описание управления системой.

Определите основную цель системы. 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.

#### 7. Составление отчета.

В отчет должны войти все схемы и описания, указанные в каждом из пунктов.

## Практическая работа №2 «Экспертное оценивание систем»

**Цель работы:** Получить практические навыки экспертного оценивания систем различными методами и обработки результатов оценивания.

**Самостоятельная работа:** Изучение типов шкал, методов выявления предпочтений экспертов, методов интеграции измерений (свертки).

Литература: [1 (п.п. 2.3.1, 2.3.2), 2 (п.п. 6.2, 7.2, 7.10), 3 (п.п. 2.1, 2.4.3, 2.5.2)].

### Порядок выполнения:

1. Формирование групп экспертов, выбор объектов оценивания.

Необходимо сформировать небольшие группы по 3-4 человека, выбрать цель сравнения и объекты (системы) для сравнения. Объекты (3-5) должны быть однородными.

Примеры цели и объектов сравнения:

цель – покупка автомобиля, объекты – «Волга», «Нива», «Ока»;

цель – выбор курорта, объекты – Анталия, Сочи, Ялта;

цель – выбор места торжества, объекты – квартира, кафе, ресторан.

2. Ранжирование систем.

Каждый из членов группы (эксперт) должен проранжировать выбранные системы по предпочтительности. Для эквивалентных систем используются связанные ранги. Затем составляется обобщенная ранжировка методом суммы мест. Результаты оформляются в виде таблицы (табл. 2.1).

Таблица 2.1.

	Объект 1	Объект 2	Объект 3
Эксперт 1	$r_{11}$	$r_{12}$	$r_{13}$
Эксперт 2	$r_{21}$	$r_{22}$	$r_{23}$
Эксперт 3	$r_{31}$	$r_{32}$	$r_{33}$
Сумма	$\Sigma r_{i1}$	$\Sigma r_{i2}$	$\Sigma r_{i3}$
Обобщенный ранг	$r_1^*$	$r_2^*$	$r_3^*$

Определите оценку согласованности мнений в виде дисперсионного коэффициента конкордации и дайте качественную характеристику согласованности.

3. Парные сравнения систем.

Каждый из членов группы составляет матрицу парных сравнений (с булевыми значениями) выбранных систем. Затем составляется обобщенная матрица с помощью метода нахождения медианы. На основе обобщенной матрицы определите ранги систем.

4. Непосредственная оценка систем.

Необходимо выбрать шкалу для оценки систем, например, действительные числа на отрезке  $[0, 1]$ , балльная оценка (по 5-, 10-, 100-балльной шкале),

лингвистические значения (отлично, хорошо, удовлетворительно, и т.д.). В случае использования лингвистических оценок, нужно определить схему их перевода в балльные оценки.

Каждый из членов группы оценивает системы. Затем формируются

Таблица 2.2. обобщенные оценки систем

	компетентность	Объект 1	Объект 2	Объект 3
Эксперт 1	$k_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$
Эксперт 2	$k_2$	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$
Эксперт 3	$k_3$	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$
Обобщенная оценка		$a_1^*$	$a_2^*$	$a_3^*$

с помощью методов осреднения (желательно использовать коэффициенты компетентности). Результаты оформляются в виде таблицы (таблица 2.2).

### 5. Последовательное сравнение.

Определите оценки объектов методом последовательного сравнения Черчмена-Акоффа.

### 6. Оценка систем по множеству критериев.

Выберите частные критерии (3-4). Например, для задачи выбора автомобиля это могут быть цена, комфортность, срок службы. Желательно включить критерии, значения которых можно измерить объективно (цена, время, расстояние и т.д.). Определите веса критериев.

Приведите конкретные значения (результаты измерений объектов) по каждому критерию. Нормируйте значения критериев.

Таблица 2.3

Результаты измерения				
Критерий	вес	Объект 1	Объект 2	Объект 3
Критерий 1	$v_1$	$q_{11}^{ab}$	$q_{12}^{ab}$	$q_{13}^{ab}$
Критерий 2	$v_2$	$q_{21}^{ab}$	$q_{22}^{ab}$	$q_{23}^{ab}$
Критерий 3	$v_3$	$q_{31}^{ab}$	$q_{32}^{ab}$	$q_{33}^{ab}$
Результаты нормирования				
Критерий 1	$v_1$	$q_{11}$	$q_{12}$	$q_{13}$
Критерий 2	$v_2$	$q_{21}$	$q_{22}$	$q_{23}$
Критерий 3	$v_3$	$q_{31}$	$q_{32}$	$q_{33}$
Интегральные оценки				
Аддитивная свертка		$q_1$	$q_2$	$q_3$
Мультипликативная свертка		$q_1$	$q_2$	$q_3$
Метод идеальной точки		$q_1$	$q_2$	$q_3$

Вычислите интегральные оценки объектов методами: аддитивной, мультипликативной свертки и идеальной точки.

Результаты представьте в виде таблицы (таблица 2.3).

### 7. Составление отчета.

В отчет должны войти: индивидуальные и обобщенная ранжировки систем (таблица 2.1), результаты парных сравнений (индивидуальные и обобщенная матрицы, ранги): результаты непосредственной оценки (таблица 2.2), результаты последовательного сравнения, результаты оценки систем по множеству критериев (таблица 2.3).



### **Практическая работа №3 «Оценивание систем в условиях неопределенности»**

**Цель работы:** Получить практические навыки в выборе управления системами в условиях риска, а также в нечетком оценивании систем.

**Самостоятельная работа:** Изучение методов выбора управления в условиях риска, методов нечеткого оценивания систем.

Литература: [1 (п. 2.3.3), 2 (п.п. 6.3, 7.6), 3 (п.п. 2.2, 2.5.4)].

#### **Порядок выполнения:**

##### 1. Выбор управления в условиях риска.

###### 1.1. Описание задачи выбора.

Определите задачу выбора, указав цель, варианты управления (2-4), возможные ситуации (2-4), критерий эффективности.

Примеры описаний задач выбора:

цель – покупка акций, варианты управления – количество покупаемых акций (20, 100, 500), ситуации – возможные дивиденды или цена продажи (100 руб., 500 руб., 100 руб.), критерий – доход;

цель – открытие фирмы, варианты управления – максимальная производительность (100 изделий в месяц, 300, 500), ситуации – прогнозируемое среднее число клиентов в месяц (10 чел., 50 чел., 100 чел.), критерий – прибыль;

цель - разработка информационной системы, варианты управления – сложность системы и/или трудоемкость ее создания (50 человеко-часов, 200, 500), ситуации - количество покупателей (5, 10, 50) и/или прогнозируемая договорная цена (50 тыс. руб, 200 тыс. руб., 500 тыс. руб.), критерий – доход.

###### 1.2. Определение значений критериев и вероятностей ситуаций.

Определите оценки эффективности системы для каждого варианта управления при каждой ситуации, а также вероятности появления ситуаций. Результат представьте в виде таблицы (см. табл. 3.1).

Таблица 3.1.

Возможные ситуации	Вероятность	Эффективность вариантов управления		
		$u_1$	$u_2$	$u_3$
$w_1$	$p_1$	$k_{11}$	$k_{12}$	$k_{13}$
$w_2$	$p_2$	$k_{21}$	$k_{22}$	$k_{23}$
$w_3$	$p_3$	$k_{31}$	$k_{32}$	$k_{33}$

###### 1.3. Выбор управления по различным критериям.

Для каждого варианта управления определите значения: критерия среднего выигрыша; критерия Лапласа; критерия максимина (Вальда); критерия мак-

симакса; критерия пессимизма-оптимизма (Гурвица); критерия минимакса (Сэвиджа). По каждому критерию определите наилучший вариант.

Результаты представьте в виде таблицы:

Таблица 3.2.

Критерий	Эффективность по критериям			Наилучший вариант
	$u_1$	$u_2$	$u_3$	
Среднего выигрыша				
Лапласа				
Максимины (Вальда)				
Максимакса				
Гурвица				
Сэвиджа				

## 2. Нечеткое оценивание систем.

### 2.1. Описание задачи нечеткого оценивания.

Выберите тип измеряемых объектов (систем), измеряемое свойство, базовое множество значений и лингвистическую переменную. Примеры:

объекты – автомобили, свойство – скорость, базовое множество - значение скорости в км/час, лингвистическая переменная - «скорость» («высокая», «средняя», «низкая»);

объекты – груз, свойство – вес, базовое множество - значение веса в кг, лингвистическая переменная - «вес» («высокий», «средний», «низкий»);

объекты – люди, свойство – рост, базовое множество - значение роста в см, лингвистическая переменная - «рост» («высокий», «средний», «низкий»).

### 2.2. Построение функций принадлежности.

Для каждого из значений лингвистической переменной постройте функции принадлежности. Используйте трапецевидную форму функций. Результат представьте в виде графиков. Пример графиков для переменной возраст («молодой», «средний», «пожилой») представлен на рис. 3.1.

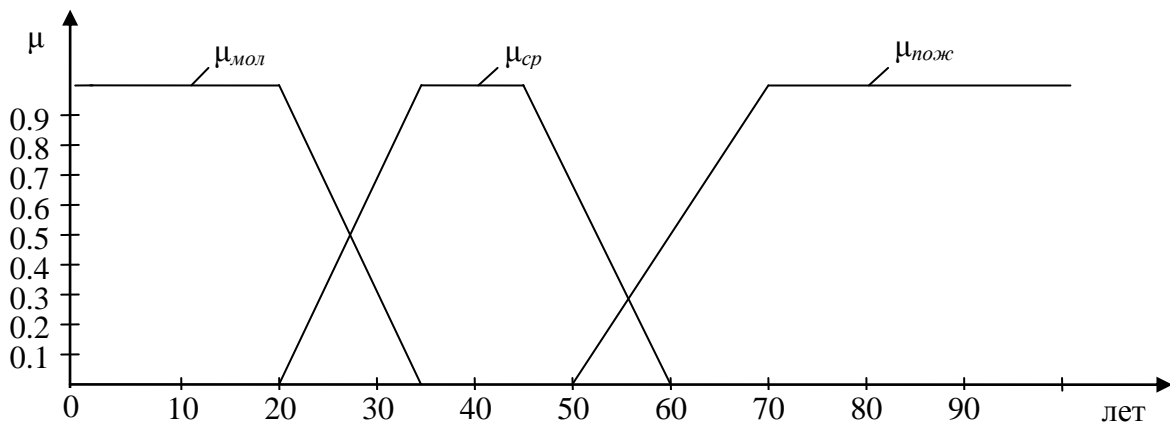


Рис. 3.1. Пример функций принадлежности нечетких множеств

Задайте функции принадлежности в виде формул, используя формулы, представленные на рис. 3.2. Пример формул для функций, представленных на рис. 3.1:

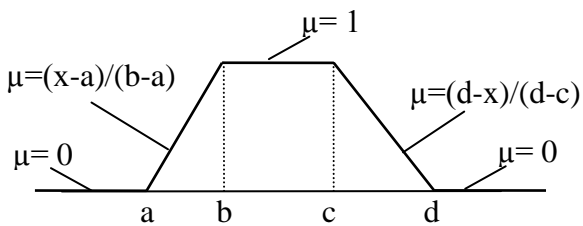


Рис. 3.2. Формулы для трапецевидной функции принадлежности

$$\begin{aligned} \mu_{\text{мол}} &= 1 \text{ при } x \leq 20, \\ \mu_{\text{мол}} &= (35 - x)/(35 - 20) \text{ при } 20 < x < 35 \\ \mu_{\text{мол}} &= 0 \text{ при } x \geq 35 \\ \mu_{\text{ср}} &= 0 \text{ при } x \leq 20 \text{ и при } x \geq 60 \\ \mu_{\text{ср}} &= (x - 20)/(35 - 20) \text{ при } 20 < x < 35 \\ \mu_{\text{ср}} &= 1 \text{ при } 35 \leq x \leq 45 \\ \mu_{\text{ср}} &= (60 - x)/(60 - 45) \text{ при } 45 < x < 60 \\ \mu_{\text{лож}} &= 0 \text{ при } x \leq 50 \\ \mu_{\text{лож}} &= (x - 50)/(70 - 50) \text{ при } 50 < x < 70 \\ \mu_{\text{лож}} &= 1 \text{ при } x \geq 70. \end{aligned}$$

### 2.3. Нечеткое оценивание объектов.

Выберите несколько (3-4) конкретных объектов выбранного типа с конкретными значениями измеряемого свойства на базовом множестве значений. Определите нечеткие значения лингвистической переменной, подставив базовые значения в формулы функций принадлежности.

Например, определим нечеткие значения переменной «возраст» для следующих объектов (людей):

$$\begin{aligned} x_1 - \text{возраст } 30 \text{ лет.} \quad & \mu_{\text{мол}} = (35 - 30) / (35 - 20) = 5/15 = 0.33. \\ & \mu_{\text{ср}} = (30 - 20) / (35 - 20) = 10/15 = 0.67. \\ & \mu_{\text{лож}} = 0. \\ x_1 - \text{возраст } 55 \text{ лет.} \quad & \mu_{\text{мол}} = 0. \\ & \mu_{\text{ср}} = (60 - 55)/(60 - 45) = 5/15 = 0.33. \\ & \mu_{\text{лож}} = (55 - 50)/(70 - 50) = 5/20 = 0.25. \end{aligned}$$

### 3. Составление отчета.

В отчет должны войти: описание задачи выбора управления в условиях риска, оценки эффективности системы для каждого варианта управления при каждой ситуации, а также вероятности появления ситуаций (таблица 3.1), вычисленные значения по различным критериям (среднего выигрыша, Лапласа, Ваальда и т.д.) для каждого варианта управления (таблица 3.2), описание задачи нечеткого оценивания, графики функций принадлежности (рис. 3.1), формулы функций принадлежности, вычисленные нечеткие значения лингвистической переменной для различных объектов.

## **Практическая работа №4 «Методы композиции систем»**

**Цель работы:** Получить практические навыки в формировании вариантов систем методом морфологического анализа, а также функций системы и функций управления методами порождающих грамматик.

**Самостоятельная работа:** Изучение метода морфологического анализа и методов порождающих грамматик.

Литература: [1 (п. 2.4.2), 2 (п. 9.5), 3 (п. 2.4.6)].

### **Порядок выполнения:**

#### 1. Морфологический анализ.

##### 1.1. Выбор объекта (системы).

Выберите проектируемую систему, определите требования к проектируемой системе и критерии оценки качества вариантов. Примеры:

система – шкаф-купе, требование – возможность разместить одежду и обувь семьи из трех человек, критерии оценки – удобство, красота;

система – здание (сооружение), требование – возможность разместить рабочие места 300 человек, критерии оценки – комфортность работы в здании;

система – компьютерная программа, требование – способность обрабатывать данные о кадрах (осуществлять запись, хранение, поиск, выдачу), критерии оценки – удобство пользователя, трудоемкость создания.

##### 1.2. Составление морфологической таблицы.

Задайте признаки (4-5) системы. Например, для системы «шкаф-купе» признаками могут быть: количество дверей, материал, цвет, наличие задней стенки, количество полок; для системы «здание» - количество этажей, общая площадь, количество комнат и т.д.; для системы «компьютерная программа» - язык программирования, СУБД, наличие удаленного доступа и т.д.

Предложите альтернативные варианты для каждого признака (варианты могут быть комбинированными). Результаты оформите в виде морфологической таблицы (таблица 4.1).

Таблица 4.1.

Признаки	Альтернативные варианты значений признаков			
A1- количество дверей	A11 - 1	A12 - 2	A13 - 3	
A2 – цвет	A21 - орех	A22 - ротанг	A23 –белый	A24 = орех + ротанг
...	...	...	...	...

### 1.3. Морфологический синтез.

Осуществите синтез вариантов путем последовательного комбинирования признаков: сначала комбинируются два признака, затем оставшиеся после отбрасывания комбинации комбинируются со следующим признаком и т.д. При отбрасывании худших комбинаций учитывайте требования и критерии.

Результаты представьте в виде таблицы (табл. 4.2).

Таблица 4.2.

Варианты	Количество дверей	Цвет	Задняя стенка	Количество полок
Вариант 1	3	орех	нет	4
Вариант 2	1	орех	да	6
...	...	...	...	...

## 2. Метод Казарновского

### 2.1. Выбор объекта (производственной системы).

Выберите производственную систему, для которой будут формироваться основные и обеспечивающие функции. Примеры систем: кондитерская фабрика, магазин, автосервис, кафе, туристическая фирма, цветочный салон, мастерская по производству мебели на заказ, рекламное агентство, гостиница.

### 2.2. Формирование основных функций.

Сформируйте сначала комбинации (4-5) из двух основных функций, например, *ch*, *vh*. Дайте им интерпретацию – текстовое наименование. Наименования давайте с учетом предметной области, например, для магазина *h* – процесс продажи, для автосервиса – ремонт автомобилей. Взяв полученные комбинации за основу (часть из них), сформируйте комбинации из трех функций (4-5), а затем – из четырех (3-4). Запишите кодовые обозначения (например, *pcfh*, *cpvh*) Дайте им интерпретацию.

### 2.3. Формирование с функций, связанных со структурными элементами.

Выберите часть функций, сформированных на предыдущем шаге, и скомбинируйте их с подфункциями по обеспечению предметами деятельности, энергией, инструментами, а также по выводу продукции и технологическому преобразованию. Общее количество функций – не менее 5. Запишите кодовые обозначения функций и дайте им интерпретацию, учитывая, какие конкретно структурные элементы содержит рассматриваемая система (например, для кафе предметы деятельности – это продукты и заказы клиентов, для автосервиса – ремонтируемые автомобили, запчасти и заявки).

## 3. Формирование функций управления.

### 3.1. Выбор объекта (производственной системы).

Можете использовать систему, выбранную на шаге 2.1, либо выбрать другую из списка, приведенного в п. 2.1.

### 3.2. Формирование исходных множеств.

Сформируйте множество этапов жизненного цикла производства продукта (оказания услуги). При этом интерпретируйте стандартные этапы жизненного цикла производства (выявление потребности, проектирование, снабжение, производство, хранение, транспортировка и реализация, обслуживание) с учетом специфики выбранной системы. Например, для турфирмы в качестве снабжения может рассматриваться получение информации от туроператора о туристических маршрутах.

Составьте множество этапов управления. За основу можете взять стандартные этапы – прогнозирование, планирование, организация (руководство), учет (контроль), регулирование. Составьте множество этапов переработки информации, используя стандартные этапы – регистрация, сбор, хранение, обработка, отображение, передача информации и т.д.

### 3.3. Формирование функций управления.

Сгенерируйте задачи управления (8-10) путем комбинирования этапов жизненного цикла производства и этапов управления. Сгенерируйте функции управления (8-10) путем комбинирования сформированных задач управления и этапов переработки информации. Формулировки задач и функций управления составляйте не механически, а адаптируя их к конкретной предметной области.

## 4. Составление отчета.

В отчет должны войти: результаты морфологического анализа - выбранная система, требования и критерии оценки, морфологическая таблица (таблица 4.1), таблицы для каждого шага морфологического синтеза, результирующая таблица (таблица 4.2); результаты проектирования по методу Казарновского - выбранная система, кодовые обозначения и интерпретации основных функций, а также функций, связанных со структурными элементами; результаты формирования функций управления - выбранная система, исходные множества этапов жизненного цикла производства, управления и переработки информации, формулировки задач управления и функций управления.

## **Практическая работа №5 «Способы организации экспертиз»**

**Цель работы:** Получить практические навыки в организации экспертиз, основанных на активизации мышления экспертов и предназначенных для поиска нестандартных решений.

**Самостоятельная работа:** Изучение методов мозговой атаки, Дельфи, эвристических приемов изобретательской деятельности.

Литература: [1 (п. 3.1.3), 2 (п. 9.5), 3 (п.п. 2.4.1, 2.4.4)].

### **Порядок выполнения:**

#### 1. Мозговая атака.

##### 1.1. Формирование групп экспертов, выбор решаемой проблемы.

Необходимо сформировать группы экспертов по 5-12 человек. В каждой группе необходимо выбрать ведущего и секретаря – человека, который будет фиксировать все мнения или записывать их на диктофон (секретарь также может участвовать в обсуждении). Затем группа выбирает проблему, которую ей предстоит решить. Примеры проблем:

- как обеспечить безопасность прохожих в условиях риска падения сосулек с крыш зданий;
- как стимулировать своевременную оплату коммунальных услуг;
- как резко сократить воровство цветных металлов;
- как сократить количество случаев порчи имущества (скамеек, парт).

##### 1.2. Проведение мозговой атаки в каждой группе.

В течение 10-20 минут проводится сеанс мозговой атаки. При этом ведущий должен обеспечить соблюдение участниками всех правил проведения мозговой атаки, следить, чтобы обсуждение не прерывалось и не шло в слишком узком направлении. По окончании сеанса на основе зафиксированных секретарем записей составляется отредактированный список идей.

#### 2. Метод Дельфи.

##### 2.1. Выбор объекта для экспертного оценивания.

Каждая группа, сформированная на шаге 1.1, выбирает 2-3 варианта решения проблемы, предложенных в ходе проведения мозговой атаки, и критерии, по которым будут оцениваться данные варианты. Примеры критериев – «реализуемость», «эффективность», «надежность», «привлекательность». Выбирается шкала оценок (например, 10-балльная). Может использоваться одна шкала для всех критериев или разные шкалы.

##### 2.2. Проведение первого тура и обработка результатов.

Каждый из членов группы оценивает выбранные варианты по предложенным критериям без обсуждения с другими участниками. Результаты запи-

сывает на листке и сдает его руководителю группы. Руководитель совместно с секретарем составляет сводную таблицу с результатами для каждого оцениваемого варианта (табл. 5.1). Для каждого варианта по каждому критерию вычисляется средняя оценка (например, среднеарифметическое значение).

Таблица 5.1

Критерии	Оценки экспертов					Средняя оценка
	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	
Вариант 1 решения проблемы						
Критерий 1						
Критерий 2						
Вариант 2 решения проблемы						
Критерий 1						
Критерий 2						

### 2.3. Проведение второго тура

Членам группы сообщаются результаты обработки первого тура опроса. Если мнение эксперта сильно отклоняется от среднего значения (например, больше, чем на 2 балла), то его просят аргументировать свое мнение или изменить его. По результатам второго тура вносятся корректировки в сводную таблицу и/или в качестве приложения к таблице приводятся (в виде сносок) аргументы для тех оценок, которые эксперты не пожелали изменить.

## 3. Метод «Десятичная матрица Повилейко»

### 3.1. Выбор объекта для проектирования и группы показателей.

Члены группы совместно выбирают объект проектирования. Примеры: пылесос, чайник, тостер, сушилка для белья, гладильная машина. В качестве объекта может быть выбрана система, реализующая один из вариантов решения проблемы, предложенных в ходе мозговой атаки. Выбираются группы (1-2) показателей проектируемого изделия: конструктивно-технологические (принцип действия, технология), геометрические (форма, размер) и т.д.

### 3.2. Применение эвристических приемов.

В режиме свободного обсуждения члены группы предлагают варианты проектируемого объекта, последовательно применяя к выбранным группам показателей десять эвристических приемов, предусмотренных методом Повилейко (возможно, не все приемы удастся применить).

## 4. Составление отчета.

В отчет должны войти: исходная проблема и список идей, предложенных в ходе мозговой атаки; объект экспертного оценивания и сводная таблица с результатами оценки по методу Дельфи (таблица 5.1); объект проектирования по методу «Десятичная матрица Повилейко», группа показателей и результаты проектирования.



## **РАЗДЕЛ 2 «Системный анализ»**

### ***Практическая работа №6 «Иерархическая содержательная модель системы»***

**Цель работы:** Получить практические навыки в формировании иерархической содержательной модели сложной проблемосодержащей системы.

#### **Самостоятельная работа:**

1. Изучение методов декомпозиции, методологий структурного анализа – теории ИСМ, методологии IDEF0, объектно-ориентированной методологии.

Литература: [1 (п.п. 2.4.1, 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3, 4.3.2), 2 (п. 8.2), 3 (п. 1.4.2)].

2. Выбор объекта системного анализа – многофакторной проблемы, возникшей 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 определенной сферы деятельности в регионе (сферы занятости, транспортной системы, энергетики, туризма, демографии и т.д.);

- наличие угроз безопасности (энергетической, общественной).

3. Сбор информации о решаемой проблеме, необходимой для построения модели проблемосодержащей системы, на основе изучения литературных источников (книг, статей в журналах, в сборниках), публикаций в Интернете, законодательных, нормативно-правовых актов, знаний и опыта коллег и знакомых.

#### **Порядок выполнения:**

1. Декомпозиция проблемосодержащей системы.

Декомпозируйте проблемосодержащую систему и ее окружающую среду. По возможности используйте стандартные основания декомпозиции.

Так, для декомпозиции среды можно применить основания «Подсистемы макросреды», «Подсистемы микросреды», для декомпозиции самой системы – «Виды конечных продуктов», «Жизненный цикл», «Виды обеспечивающей деятельности», «Технологические этапы» и т.д. При выборе последовательности применения оснований можно придерживаться рекомендуемой в теории ИСМ последовательности этапов декомпозиции.

При выделении подсистем давайте как можно более конкретные наименования. Например, при выделении подсистем микросреды можно указать конкретные организации-поставщики, вышестоящие органы, группы потребителей. При выделении подсистем по видам конечных продуктов указывайте конкретную продукцию (услуги). Выделение этапов жизненного цикла и технологических производите, исходя из используемой в системе технологии.

Результат декомпозиции представьте в виде иерархии подсистем (иерархию подсистем среды можно отразить на отдельной схеме). Желательно для каждого уровня (подуровня) указывать, с помощью какого основания декомпозиции он получен.

## 2. Описание связей подсистем друг с другом и с окружающей средой.

Создайте схемы взаимодействия подсистем. Для разных уровней (подуровней) могут быть составлены отдельные схемы. Один из способов отображения связей – построение диаграмм по методологии IDEF0. Этот способ рекомендуется использовать для отражения взаимосвязей между этапами жизненного цикла или технологических операций.

Второй способ – построение произвольного вида диаграмм. Например, как и в IDEF0 подсистемы изображаются в виде прямоугольников с текстом внутри (наименованием подсистем), а связи – в виде линий со стрелками, однако, стрелки могут быть связаны с любой стороной прямоугольника, и они не обязательно играют одну из ролей – входа, выхода, управления или механизма. Именно такие диаграммы используются в методологии ИСМ. Пример – схема взаимодействия подсистем социальной деятельности («Управление», «Производство», «Природа», «Население») исследуемой системы и среды.

Можно использовать оба способа. Например, для отражения связей подсистем верхнего уровня и систем среды строятся диаграммы по методологии ИСМ (поскольку на них можно явно указать системы среды, что не позволяет делать IDEF0), для уровня технологических этапов производства – по методологии IDEF0.

В любом случае, какой бы вид диаграммы Вы не строили, обязательно нужно указать, что конкретно означает та или иная связь. Помимо указания меток возле линий связи на схеме, можно описать связи в текстовом виде. Для выделения отдельных видов связей можно использовать различные типы линий или цвет (например, материальные потоки можно изображать сплошной линией, информационные – пунктирной, финансовые - точечной и т.д.).

## 3. Содержательное описание подсистем.

Выберите несколько основных подсистем (не менее 5) и составьте для них содержательное описание в виде классификаторов структурных элементов (ПД – предметов деятельности, СД - средств деятельности, КП – конечных продуктов, К – кадров), параметров каждого структурного элемента и параметров процесса. Пример содержательного описания подсистемы приведен в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Подсистема	Группа элементов	Элементы и их параметры
Транспортировка готового продукта	КП	доставленный продукт (объем, вид, сохранность, ...)
	ПД	перевозимый продукт (объем, вид, , ...), ГСМ, запчасти
	СД	Автотранспорт (тип, количество единиц, вместимость...), погрузочно-разгрузочные механизмы (тип, количество единиц, производительность, ...)
	К	Шоферы (класс, стаж, ...) Экспедиторы (квалификация, ...)
	Процесс	Время доставки, удельные затраты, ...

Если в качестве исследуемой системы выступает не производственная система и не бизнес-процесс, а, например, социальная сфера региона, то, по согласованию с преподавателем, могут быть использованы другие классификаторы, например, вместо структурных элементов – различные аспекты, характеризующие подсистему.

В дополнение к содержательному описанию подсистем могут быть описаны закономерности, связывающие параметры подсистем. Например, формулы (методы) вычисления параметров процесса – производительности, стоимостных характеристик, времени и т.д. Может быть даже построена модель зависимостей между параметрами. В дальнейшем (в следующей практической работе) она может использоваться для вычисления значений параметров.

#### 4. Составление первой части отчета по системному анализу.

В первую часть отчета должны войти: описание исходной проблемы; иерархия подсистем проблемосодержащей системы и окружающей среды; схемы взаимосвязей подсистем друг с другом и с окружающей средой; содержательное описание подсистем в виде классификаторов элементов и параметров. Дополнительно могут быть описаны закономерности, связывающие параметры системы и используемые для вычисления их значений.

## **Практическая работа №7 «Анализ проблемосодержащей системы»**

**Цель работы:** Получить практические навыки в анализе сложных систем, в выявлении проблем и тенденций.

### **Самостоятельная работа:**

1. Изучение методов анализа ситуаций: сравнительного анализа, ретроспективного анализа, причинного анализа (построение дерева причин, диаграмм «рыбий скелет»).

Литература: [1 (п.п. 3.1.2, 3.3.2), 4 (п.п. 5.3, 8.1., 8.2, 10.7)].

2. Сбор данных для сравнительного, ретроспективного, причинного анализа, на основе поиска информации в статистических сборниках, в литературных источниках и Интернете, опроса экспертов, а также других лиц, причастных к анализируемой системе. Для того, чтобы сузить поиск, желательно заранее определить: системы, используемые для сравнения; круг лиц, определяющих основные требования к системе; период времени, за который будут анализироваться данные о системе.

### **Порядок выполнения:**

1. Сравнительный анализ.

1.1. Определение соответствия требованиям.

Определите, кто является основными заинтересованными сторонами (акторами, стейкхолдерами). 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 системы, руководство компании; для определенной сферы региона – население региона, органы государственного и муниципального управления и т.д.

Сформулируйте требования, предъявляемые заинтересованными сторонами. Требования могут предъявляться как к конечным результатам деятельности системы, так и к процессу, происходящему в системе. Например, для производственной системы это могут быть требования к ассортименту и качеству продукции, ее стоимости, к срокам поставок, уровню экологичности и т.д. Кроме того, требования могут выдвигаться и к отдельным подсистемам.

Словесные формулировки требований могут быть дополнены «идеальными» с точки зрения актора значениями параметров. При этом используются количественные и качественные параметры из классификаторов, предложенных в ходе выполнения практической работы №6. Для удобства реальные и идеальные значения параметров заносятся в таблицу (пример – таблица 7.1).

Сопоставление идеального и реального бизнеса

Параметр	Идеальный бизнес	Реальный бизнес
Время обработки заявки	15-20 минут	45-60 минут
Удобство выбора товара	образцы, каталоги	каталоги
Сроки изготовления	7 дней	10-14 дней

По результатам сравнения выдвинутых требований и реального положения дел необходимо сформулировать основные проблемы. Перечень проблем можно проранжировать с учетом глубины расхождений между текущим положением и «идеальным».

### 1.2. Определение уровня исследуемой системы.

Проведите сравнение текущего состояния исследуемой системы с состояниями аналогичных систем. Например, при оценке уровня компании осуществляется сравнение показателей ее деятельности с показателями других фирм-лидеров, имеющих аналогичные процессы. При оценке уровня развития определенной сферы региона сравниваются уровень характеризующих ее показателей с уровнем в других регионах, в других странах, а также со средним уровнем по стране, с мировым уровнем.

Сравнение может происходить как на уровне всей системы в целом, так и на уровне отдельных подсистем. Для сравнения выбираются параметры из классификаторов, предложенных в ходе выполнения практической работы №6. Помимо параметров 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. Значения некоторых параметров могут определяться на основе значений других. В этом случае могут использоваться закономерности, выявленные при выполнении предыдущей практической работы.

Данные для сравнительного анализа представляются в виде таблицы (пример – таблица 7.2).

Таблица 7.2

Сравнительный анализ с конкурентами

Параметры	Компания	Конкурент 1	Конкурент 2
Время обработки заказа	7 дней	3 дня	5 дней
Удобство клиента	0.8 (высокое)	0.5 (среднее)	0.95 (высокое)
Средняя стоимость	32 тыс. руб.	56 тыс. руб.	28 тыс. руб.

Для большей наглядности могут быть построены графики или диаграммы (столбиковые, круговые, типа «паутина»), например, с помощью MS Excel.

По результатам сравнения необходимо сделать выводы о слабых и сильных сторонах исследуемой системы и о наличии проблем.

## 2. Ретроспективный анализ.

### 2.1. Построение тренда.

Исходной информацией для построения тренда являются данные об изменении основных показателей деятельности системы за определенный предшествующий период (по годам, кварталам, месяцам и т.д.). При этом выбираются параметры (из классификатора системы в целом или ее отдельных подсистем) с количественными значениями, изменяющимися со временем. Достаточно 1-3 параметров. Данные могут быть представлены в виде таблицы. Затем для каждого из выбранных параметров строится тренд – график.

### 2.2. Анализ тренда.

Для каждого из построенных трендов нужно определить его тип. Примеры типов трендов: возрастающая (убывающая) наклонная прямая; горизонтальная прямая; колебательная кривая с незначительными (значительными) колебаниями вокруг горизонтальной (наклонной положительной или отрицательной) оси; возрастающая (убывающая) кривая с точкой резкого возрастания (убывания); кривая с резким выбросом (вверх или вниз).

На основе выявленных типов трендов нужно сделать выводы о негативных и позитивных тенденциях.

## 3. Причинный анализ.

### 3.1. Построение дерева причин.

Дерево причин строится сверху вниз. На верхнем уровне формулируется основная (интегральная) проблема, на втором уровне – основные проблемы, на следующем – проблемы, являющиеся причинами вышестоящих проблем и т.д. При этом в дерево могут включаться ранее выявленные (в процессе сравнительного, ретроспективного анализа) проблемы. Дерево не обязательно должно иметь вид строгой иерархии, т.к. разные проблемы могут иметь одну и ту же причину.

### 3.2. Диаграмма «рыбий скелет».

Выберите одну из основных проблем. Выделите категории возможных причин ее возникновения. Примеры категорий для производственных процессов: исполнители; машины и оборудование; материалы; используемые методы и технологии; окружающая среда; управление и т.д. По каждой из категорий сформулируйте причины, обусловившие выбранную проблему. Представьте причины в виде диаграммы «рыбий скелет».

## 4. Составление второй части отчета по системному анализу.

Во вторую часть отчета должны войти: требования к системе и результаты анализа требований; результаты оценки уровня исследуемой системы; результаты ретроспективного анализа; дерево причин, диаграмма «рыбий скелет».

## **Практическая работа №8 «Формирование и анализ иерархии целей»**

**Цель работы:** Получить практические навыки в формировании иерархии целей и ее анализе (определении приоритетов целей).

### **Самостоятельная работа:**

1. Изучение методов постановки целей и выработки решений, методологий построения дерева целей, анализа иерархий.

Литература: [1 (п.п. 3.1.2, 3.3), 2 (п.п. 8.3, 9.3), 3 (п. 2.4.5), 5 (глава 3)].

2. Сбор информации о путях и способах решения проблем, возникающих в системах, подобных исследуемой системе.

### **Порядок выполнения:**

1. Выявление основных целей.

Изучите выявленные в ходе выполнения практической работы №7 проблемы и негативные тенденции, сформулируйте основные цели для их ликвидации. Например, в результате анализа требований было выявлено, что потребителей продукции системы не устраивает качество продукции, при оценке уровня – что себестоимость продукции выше, чем у конкурентов, а при анализе трендов – что уровень продаж снижается. В этом случае выдвигаются цели по улучшению качества продукции, снижению себестоимости и увеличению (или стабилизации) уровня продаж.

На этом этапе не нужно беспокоиться, что одни цели пересекаются или поглощаются другими, т.к. задача структурирования целей решается на следующих этапах.

2. Построение дерева целей

Сформулируйте глобальную цель, отталкиваясь от формулировки изначально поставленной проблемы. Далее постройте дерево целей, последовательно декомпозируя сначала глобальную цель, затем цели второго уровня и т.д. В дереве целей должны быть отражены цели, выявленные на предыдущем шаге, а также могут появиться новые, ранее не выявленные цели. На нижнем уровне дерева целей должны быть достаточно конкретные задачи (сценарии, мероприятия). Формулировки целей могут включать значения критериев, например: «Увеличить выпуск продукции на 25%», «Сократить среднее время обслуживания клиента в 2 раза», «Уменьшить выбросы на 50%».

При формировании дерева целей используйте стандартные основания декомпозиции. В частности, для производственных систем может быть использована цепочка оснований: «конечные продукты» - «целеполагающие системы» - «жизненный цикл производства» - «состав системы (ресурсы)» - «управленче-

ский цикл». Можно использовать последовательность, рекомендуемую в МАИ: «акторы» - «цели акторов» - «политики акторов» - «альтернативные сценарии».

Полезно проанализировать дерево причин и диаграмму «рыбий скелет», построенные при выполнении практической работы №7, т.к. структура дерева целей может во многом повторять структуру дерева причин (проблеме сопоставляется цель, а причине – подцель).

Построенное дерево целей представьте либо в виде схемы (иерархии прямоугольников с текстом цели внутри) либо в виде структурированного списка с использованием кода Дьюи:

Глобальная цель

1. Подцель глобальной цели
  - 1.1. Подцель цели 1
    - 1.1.1. Подцель подцели 1.1
    - 1.1.2. Подцель подцели 1.1
  - 1.2. Подцель цели 1
2. Подцель глобальной цели
  - 2.1. Подцель цели 2
  - 2.2. Подцель цели 2

и т.д.

### 3. Оценка целей по методу анализа иерархий (МАИ)

Постройте матрицы парных сравнений для дерева целей, сформированного на предыдущем шаге. Для каждой совокупности подцелей, полученных при декомпозиции одной цели, постройте свою матрицу, используя шкалу, рекомендованную в МАИ. Можете проверить согласованность построенных матриц. Несогласованные матрицы желательно скорректировать.

Определите локальные приоритеты целей на основе каждой из построенных матриц парных сравнений. Затем вычислите глобальные приоритеты.

Сделайте выводы, по каким приоритетным направлениям должно идти устранение исходной проблемной ситуации. Можете подробнее описать наиболее приоритетные задачи – каким образом они должны быть решены. Можете даже предложить варианты решения и выбрать оптимальный.

### 4. Составление итогового отчета по системному анализу.

В итоговый отчет должны войти первая и вторая часть отчета, составленные по результатам практических работ №6 и №7, а также третья часть, включающая: множество основных целей для устранения выявленных проблем, дерево целей (схема или структурированный список), матрицы парных сравнений, локальные и глобальные приоритеты целей, выводы.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Силич В.А., Силич М.П. Теория систем и системный анализ : учеб. пособие [Электронный ресурс] : Томск, 2009. – 281 с.
2. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Основы системного анализа: Учеб. 3-е изд. – Томск: Изд-во НТЛ, 2001. – 396 с.
3. Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении: Учебное пособие для вузов / ред. А.А. Емельянов - М. : Финансы и статистика, 2002. - 368 с.
4. Андерсен Бьёрн. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования /Пер. с англ. С.В. Ариничева /Науч. ред. Ю.П. Адлер. - М.: РИА «Стандарты и качество», 2003.- 272 с.
5. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.