

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Математический факультет  
Кафедра теоретической кибернетики и прикладной математики

**ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ**  
**(пособие для практических занятий)**

Барнаул 2013

*Составители:*

к.т.н., доцент АлтГУ ***Е.В. Понькина***

к.т.н., доцент АлтГУ ***А.С. Маничева***

Пособие предназначено для выполнения самостоятельной практической работы по исследованию социально-экономических систем в рамках дисциплины «Теория систем и системный анализ».

© Понькина Е.В., Маничева А.С.

## Содержание

Задание 1. Постановка задачи исследования, формирование состава системы.....	4
Задание 2. Выделение перечня результирующих критериев .....	8
Задание 3. Выделение перечня управляемых переменных и параметров в системе .....	12
Задание 4. Выделение факторов внешней среды, макроописание системы .....	16
Задание 5. Анализ внутренних связей системы (микроописание).....	19

## **Задание 1. Постановка задачи исследования, формирование состава системы**

### **ВВЕДЕНИЕ**

*Цель задания* – познакомиться с методикой постановки задачи системного исследования, формирования состава системы.

#### **Задачи задания:**

- Изучить технологию формирования системы, ее подсистем и элементов.
- Закрепить понятия: объект и предмет исследования, цель, задача, функция, система, подсистема, элемент.
- Получить практические навыки идентификации подсистем и их элементов, формулировки целей их функционирования и задач.

#### **Основные понятия**

*Подход* – основополагающий принцип проведения исследования.

*Системный подход* – учение о способе познания объектов реального мира путем их представления в виде системы.

*Теория систем* – теория об основных свойствах и закономерностях функционирования систем различной природы.

*Объект исследования* – это реальность, которая изучается, осваивается и которая всегда отлична от имеющегося в данный момент относительного знания.

*Цель* – желаемое, будущее состояние объекта исследования, выраженное в количественных или качественных характеристиках.

#### **Рассмотрим типичные правила формулировки целей:**

- ✓ Цели должны определять конечный результат.
- ✓ Необходимо оговаривать сроки достижения целей.
- ✓ Необходимо указывать количественную и/или качественную характеристику требуемого результата.
- ✓ Необходимо начинать с глагола в неопределенной форме, в повелительном наклонении.
- ✓ Цель должна отвечать назначению и функциональным возможностям системы, ее подсистем и элементов.
- ✓ Цель должна быть понятна.
- ✓ Цель должна быть в принципе достижима.

#### **Классификация целей:**

- по временному охвату: *долгосрочные* (3-6 лет), *среднесрочные* (0,5-3 год) и *краткосрочные* (1-6 месяца);
- по охвату структуры: *глобальные* (для системы в целом) и *локальные* (для конкретного элемента);
- по классу управленческих решений: *стратегические* и *тактические*;
- по измеримости: *качественные* и *количественные*.

*Предмет исследования* не совпадает с объектом, а является его некоторой проекцией (стороной), отражающей те характеристики объекта, которые необходимы для исследования и решения поставленных задач, снятия существующей проблемы. Предмет исследования обусловлен возникшей проблемной ситуацией и спецификой решаемых задач.

*Система* – это способ представления предмета исследования в виде целостного образования, состоящего из ограниченного набора взаимосвязанных элементов.

*Подсистема* – группа элементов, выделенных по конкретному признаку и имеющих устойчивые взаимосвязи между собой. Количество взаимосвязей между отдельными, входящими в подсистему, и внешними элементами для подсистемы должно быть минимальным.

*Элемент* – некоторое образование (часть), которое в процессе исследования рассматривается как неделимое.

*Задача* – четко определенное действие, направленное на достижение поставленной цели.

## **ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ**

**1. Определите проблему и объект исследования. Опишите проблемную ситуацию.** Ответьте на следующие вопросы: В чем острота проблемы? Каковы ее особенности? Где расположен исследуемый объект? Какова его организация? Как повлияет на состояние объекта устранение проблемной ситуации?

**2. Для обозначенной проблемной ситуации сформулируйте глобальную цель исследования,** достижение которой приведет к снятию остроты проблемной ситуации или ее полной ликвидации.

**3. Исходя из формулировки цели исследования, определите предмет** (какую именно сторону исследуемого объекта вы будете рассматривать – процесс производства, процесс сбыта, управление кадрами, систему управления и мотивации персонала и пр.).

**4. Очертите границы системы в целом,** определите, что является по отношению к ней внешним, а что внутренним. Выделите состав системы, разделите ее на подсистемы и элементы. Элементный состав может формироваться по различным принципам: функциональному, организационному, технологическому. На этом этапе важно выполнить декомпозицию глобальной цели на подцели и сопоставить их с элементным составом системы. Определите, какие из элементов свободные (не входят ни в одну из подсистем), а какие подчиненные (входят в подсистему). Структурные единицы (подсистемы) выделяются в соответствии с их значимостью при решении конкретной проблемы. Определите простое взаимоподчинение элементов в системе. Для этого постройте организационную диаграмму, определяющую взаимодействие элементов и подсистем. Пример организационной диаграммы приведен на рисунке 1.1.

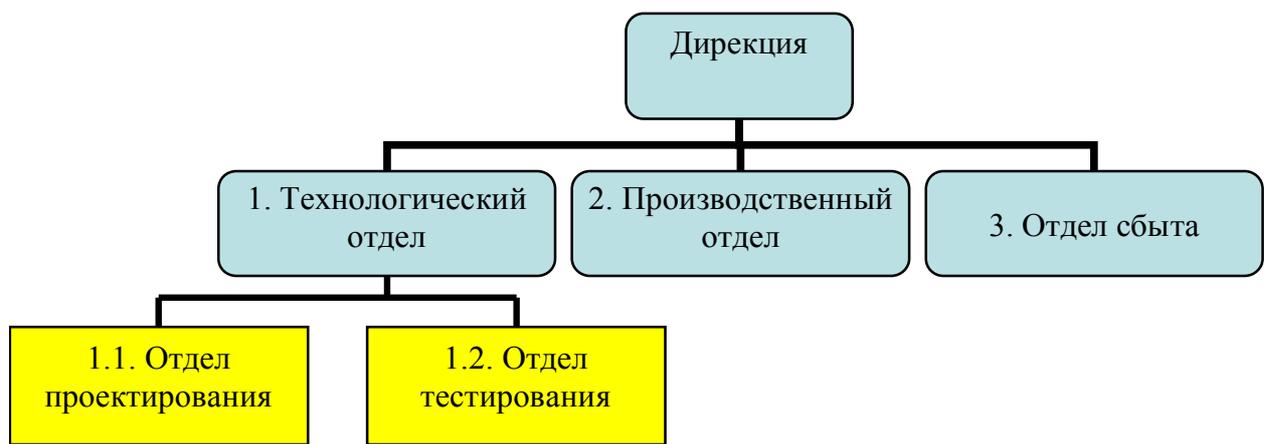


Рис. 1.1 Организационная диаграмма экономической системы (состав системы)

**5. Постройте дерево целей в соответствии с полученной организационной диаграммой.** Для построения дерева целей используется нисходящий подход, т.е. сначала формулируется цель системы в целом, затем цели подсистем и, в зависимости от выделенных целей, цели элементов. Совокупное достижение поставленных целей должно обеспечить решение проблемы и достижение глобальной цели. Дерево целей строится графически, нумерация целей осуществляется по уровням иерархии системы (рис. 1.2). Достижение целей осуществляется в обратном порядке, сначала выполняются цели элементов, затем подсистем и только достижение всех нижележащих целей приводит к выполнению глобальной цели.

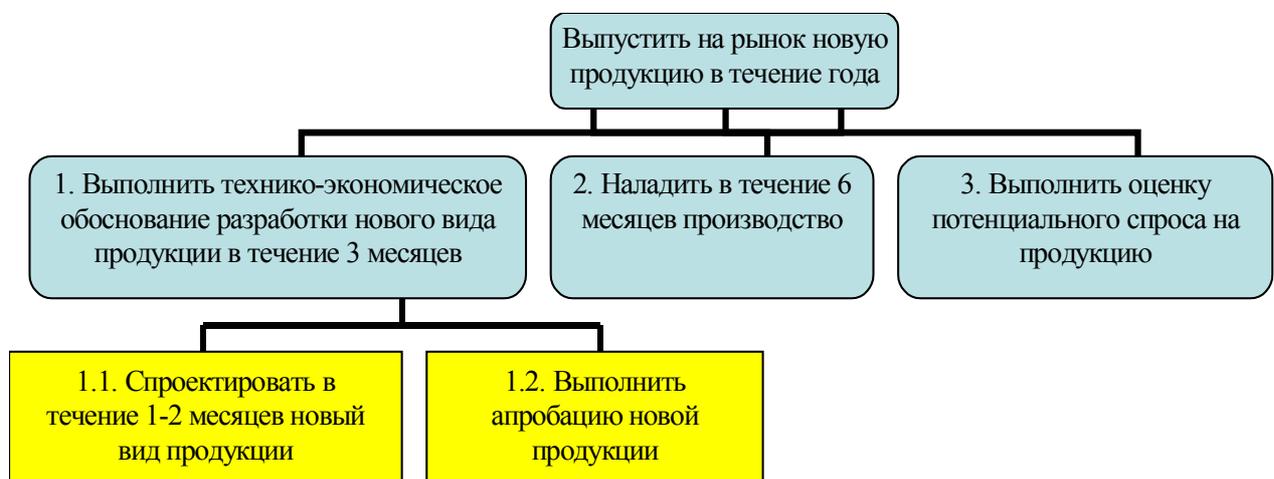


Рис. 1.2. Пример дерева целей системы

**6. Заполните таблицу 1.1.** Заполните таблицу поочередно для подсистем (учитывая их элементный состав), затем для свободных элементов. Сначала заполняются столбцы 1, 2 и 6, 7. Цель функционирования подсистем и их элементов соответствует дереву целей (столбцы 3 и 8). Для подсистем и элементов определите перечень задач, соответствующих цели. Задача рассматривается как некий этап (действие) выполнения работ (столбцы 4 и 9). Решение совокупности задач должно привести к достижению поставленной цели.



## Задание 2. Выделение перечня результирующих критериев

### ВВЕДЕНИЕ

*Цель задания* – освоить методику выделения результирующих критериев функционирования системы, подсистем и элементов.

#### Задачи задания:

- Закрепить понятия: состояние системы, критерий достижения цели.
- В соответствии с требованиями достижения целей определить критерии оценки степени их достижения для системы в целом.
- Выполнить декомпозицию множества критериев системы по подсистемам и элементам.

#### Основные понятия

Состояние системы характеризуется множеством количественных и качественных признаков, описывающих различные стороны ее функционирования. Как правило, состояние системы описывается набором показателей, соответствующих специфике предмета исследования. Так, для характеристики эффективности системы управления производством могут использоваться показатели производительности труда, фактического объема производства, степени выполнения производственного плана.

Имея представление о целевом состоянии системы и входящих в нее подсистем и элементов на определенный момент времени, можно оценить степень приближения планового, либо фактического показателя к целевому (желаемому).

**Степень отклонения фактического состояния системы от целевого свидетельствует о степени достижения поставленной цели.**

**Критерием** является *показатель, характеризующий степень достижения поставленной цели*, степень эффективности принятия конкретного решения (степень близости желаемого и планового или фактического состояния объекта).

- Если критерий достижения цели определен относительно плановых показателей, то осуществляется *оценка потенциальной эффективности* выработываемых мероприятий и решений, направленных на устранение проблемы.
- Если расчет критерия достижения цели базируется на фактических данных (реальных наблюдениях о состоянии объекта), то оценивается *реальный уровень эффективности*.

Например, в качестве критерия (результата функционирования системы здравоохранения) может рассматриваться показатель *количества заболевших* (**количественный критерий**), также критерием может выступать *доля заболевших от общего числа проживающего в данной местности населения* (**качественный критерий**).

Измерение результирующих показателей на определенные моменты времени и сопоставление их с данными других территорий и предыдущих временных периодов позволят оценить степень эффективности функционирования системы

здравоохранения на данной территории, ее улучшение или ухудшение, соответствие целевым, плановым показателям.

**Восходящий подход.** Определение критериев осуществляется согласно восходящему подходу, т.е. *сначала выделяются критерии для нижележащих элементов, затем подсистем и свободных элементов, и затем системы в целом.*

**Условия функционирования системы.** Для оценки состояния системы и степени его *приемлемости (допустимости, реалистичности)* в процессе системного анализа выделяют условия (**ограничения**), налагаемые на значения критериев.

Так, например, показатель рентабельности от основной деятельности должен быть положительным; техногенный риск больше 0 и меньше 1/1000000, число заболевших не может быть отрицательным, а доля заболевших больше 1 и т.п.

**Поэтому, выделяя некоторый критерий, необходимо определить, существуют ли естественные условия (некий интервал) допустимых значений для данного показателя.**

Если достижение цели возможно в результате *максимизации или минимизации* данного показателя, то, соответственно, его также описывают как условие достижения цели.

Так, например, повышение рентабельности возможно при минимизации затрат на производство и максимизации объемов производства. Условие на значение критерия определяет границы его реализации (реалистичности) и достижения требуемой цели на практике.

**Условие также описывает предельные значения критерия.**

## **ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ**

**1. Определите перечень критериев, характеризующих степень достижения поставленной цели для элементов, подсистем и системы в целом.**

Используйте для этого восходящий подход.

Количество критериев может быть различным.

Критерий должен характеризоваться количественно или качественно, иметь определенный способ измерения. Например, температура в помещении измеряется в градусах цельсия и определяется градусником (т.е. существует прибор), показатель рентабельности от основной деятельности определяется как отношение прибыли к основным производственным расходам и выражается в %.

В соответствии с целями функционирования элементов, подсистем и системы в целом, двигаясь по дереву целей (см. таблицу 1.1 задания 1), сформулируйте перечень критериев.

**2. Введите обозначения для каждого критерия.** Для обозначений используйте преимущественно буквы латинского алфавита.

Можете использовать следующую систему обозначений:

Критерии системы и подсистем будем обозначать прописной буквой  $Y$ , а элементов – строчной  $y$ . Верхний индекс показателя определяется по номеру подсистемы или элемента. Например,  $Y_1^1$  – критерий 1, подсистемы 1;  $Y_1^2$  – критерий 1, подсистемы 2;  $y_1^{1.1}$  – критерий 1, подсистемы 1, элемента 1;  $y_1^{2.1}$  –

критерий 1, подсистемы 2, элемента 1. Т.е.  $y_k^{j.i}$  – критерий  $k$ , подсистемы  $j$ , элемента  $i$ .

### 3. Заполните таблицы 2.1, 2.2 и 2.3.

Пример заполнения данных таблиц для рассматриваемого случая приведен ниже.

В столбце условие должно указываться допустимое значение данного критерия, принцип достижения поставленной цели (максимальное и минимальное допустимые значения, стремление максимизировать или минимизировать, минимально-допустимое или максимально-допустимое значение).

Значение критерия, рассчитанное для определенных управляемых воздействий, выходящее за рамки допустимых границ, характеризует невозможность решения проблемы данным управленческим решением.

**Внимание!** Для выполнения работы использовать тот же предмет исследования, что и в предыдущем задании.

Таблица 2.1.

Критерии системы

Номер критерия	Наименование критерия	Обозначение	Условие
1	2	3	4
1.	Рентабельность основной деятельности	$Y_1$	$>30\%$ , максимизировать
2.	...	$Y_2$	...
...	...	$Y_3$	...

Таблица 2.2.

## Критерии подсистем и свободных элементов

Номер подсистемы, элемента	№ критерия	Наименование критерия	Обозначение	Условие
1	2	3	4	5
1.	1	Проектная рентабельность	$Y_1^1$	>30%, максимизировать
	2	Затраты на разработку и тестирование	$Y_2^1$	<12 тыс. \$, минимизировать
	3	...	$Y_3^1$	
2.	1	...	$Y_1^2$	
	2	...	$Y_2^2$	
<b>Свободные элементы</b>				
1	1	Затраты на модернизацию производства и выпуск партии продукции	$y_1^1$	<58 тыс. \$, минимизировать
	2	...	$y_2^1$	
2	1	Отклонение фактического спроса от планового	$y_1^2$	<20%, минимизировать
	2	...	$y_2^2$	

Таблица 2.3.

## Критерии элементов подсистем

Номер подсистемы	Номер элемента	Номер критерия	Наименование критерия	Обозначение	Условие
1	2	3	4	5	6
1.	1.	1.	Затраты на разработку	$y_1^{1.1}$	<6 тыс. \$, минимизировать
		2.	Сроки разработки	$y_2^{1.1}$	<2 месяца
		3.	...	$y_3^{1.1}$	
	2.	1.	Затраты на тестирование	$y_1^{1.2}$	<6 тыс. \$, минимизировать
		2.	...	$y_2^{1.2}$	
2.	1.	1.	...	$y_1^{2.1}$	

### Задание 3. Выделение перечня управляемых переменных и параметров в системе

#### ВВЕДЕНИЕ

*Цель задания* – освоить методику выделения управляемых переменных и параметров.

#### Задачи задания:

- Закрепить понятия: свойство, параметр, переменная.
- Выделить перечень управляемых и неуправляемых переменных и внутренних параметров системы с учетом ее строения.

#### Основные понятия

**Свойством системы** (подсистемы, элемента) является некая *постоянная, ей присущая характеристика*. Совокупность свойств формирует общее представление о сущности системы (подсистемы или элемента) с позиции цели ее рассмотрения.

Например, свойствами металла могут являться прочность, цвет, свойство множества целых чисел является отсутствие дробной части в числе, свойствами диоксид азота (токсикант) являются ПДК выбросов, степень токсичности и пр.

Любой объект изменяется с течением времени, поэтому его свойства в целом динамичны. **Статические системы** отражают состояние объекта на определенный момент времени и характеризуются постоянными свойствами (фотография объекта).

**Динамические системы** отражают изменение состояния объекта за определенный период времени набором изменяющихся свойств (фильм об объекте).

Свойства системы можно разделить на параметры и переменные.

**Параметр** – *свойство системы, подсистемы или элемента, фиксируемое в процессе исследования*.

Параметрами, как правило, являются нормативы или свойства системы, зафиксированные при решении конкретной задачи. Так, зафиксировав уровень тарифов оплаты труда, некие нормы выработки рабочих или ПДК выбросов вредных веществ, можно определить в этих условиях последствия принятия конкретного управленческого решения, оценить степень эффективности функционирования системы.

**Переменные** – изменяемые величины, соответствующие протекающим процессам в системе, подсистемах и элементах.

Переменные разделяют на **управляемые и неуправляемые**.

В качестве *управляемых переменных* рассматриваются переменные, значения которых может оказать воздействие лицо, принимающее решение (ЛПР). Например, численность рабочих, станков, объем выпуска продукции на предприятии и пр.

*Неуправляемые переменные* – это те величины, характеризующие внутренние процессы, протекающие в системе, значения которых изменяются независимо от ЛПР или путем косвенной связи, а задачи исследования предполагают их

изменение. Например, в качестве неуправляемых переменных можно рассмотреть изменение трудовой активности рабочих в течение рабочего дня, эмоциональное состояние, показатель прибыли и пр.

**Синтез критериев эффективности функционирования системы, управляемых и неуправляемых переменных позволит построить цепь причинно-следственных связей, определить механизм влияния на состояние системы с целью его улучшения.**

При идентификации управляемых переменных и параметров важным является определение рычагов воздействия на состояние системы (механизмов управления), если они существуют. При этом следует четко различать внутренние и внешние факторы (факторы внешней среды).

## ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

**1. Формирование перечня свойств системы.** На основе выделенных критериев оценки состояния системы определите перечень влияющих на их значения свойств системы в целом. Например, если в качестве критерия рассматривается показатель рентабельности основной деятельности, то на его значение влияют такие переменные как: себестоимость производства единицы продукции, цена реализации, объем реализации, объем производства и пр. Заполните таблицу 3.1.

Таблица 3.1

Свойства системы

Номер свойства	Наименование свойства	Обозначение	Тип	Условие
1	2	3	4	5
1.	Себестоимость производства	$X_1$	Неуправляемая переменная	< Цены реализации
2.	Цена реализации	$X_2$	Управляемая переменная	> себестоимости; сопоставима с рыночной ценой
3.	Объем производства продукции	$X_3$	Управляемая переменная	
4.	...	$X_4$		

**2. Формирование перечня свойств подсистем и элементов.** В соответствии с выделенными свойствами системы определите свойства подсистем. Например, на уровень себестоимости продукции влияют затраты по заработной плате, которые, в свою очередь, зависят от количества рабочих, норм оплаты труда, системы премиальных выплат, ставок единого социального налога, налога на доходы физических лиц и пр. На уровень материальных затрат на производство единицы продукции влияют нормы расхода материалов. Стоимость данных материалов не является уже свойством системы – это внешний фактор, при

условии, что предприятие не занимается выпуском комплектующих и материалов. Заполните таблицы 3.2 и 3.3.

Таблица 3.2

Свойства подсистем и свободных элементов

Номер подсистемы	№ свойства	Наименование свойства	Обозначение	Тип	Условие
1	2	3	4	5	6
<b>Подсистемы</b>					
1.	1.	Нормы расхода материалов на производство продукции	$X_1^1$	Параметр	
	2.	Нормы расхода труда	$X_2^1$	Параметр	
	3.	Нормативная себестоимость	$X_3^1$	Параметр	< текущая средняя цена*(1-30%)
	4.	...	$X_4^1$		
2.	1.		$X_1^2$		
	2.		$X_2^2$		
<b>Свободные элементы</b>					
1.	1.	Норма амортизации техники	$x_1^1$	Параметр	
	2.	Численность рабочих	$x_2^1$	Управляемая переменная	(90,100)
	3.	...	$x_3^1$		
2.	1.	Затраты на сбор данных	$x_1^2$	Управляемая переменная	
	2.		$x_2^2$		

Свойства элементов

Номер подсистемы	Номер элемента	Номер свойства	Наименование свойства	Обозначение	Тип	Условие
1	2	3	4	5	6	7
1.	1.	1.	Количество проектных вариантов	$x_1^{1.1}$	Управляемая переменная	
		2.		$x_2^{1.1}$		
		3.	...	$x_3^{1.1}$		
	2.	1.	Количество вариантов тестов	$x_1^{1.2}$	Управляемая переменная	
		2.	Продолжительность тестирования каждого варианта	$x_2^{1.2}$	Управляемая переменная	
2.	1.	1.		$x_1^{2.1}$		
		2.		$x_2^{2.1}$		

**3. Заполните столбцы «Тип» и «Условие» в таблицах.** В столбце «Тип» указывается суть данного свойства: *параметр, управляемая переменная, неуправляемая переменная*. В столбце «Условие» должно указываться допустимое значение данного свойства (максимальное и минимальное допустимые значения). Так, например, величина средней заработной платы не может быть меньше минимальной заработной платы, установленной законодательством. Условие на значение свойства определяет возможность его реализации на практике.

**4. Введите специальные обозначения.** Можете использовать свою систему обозначений, либо воспользоваться предложенной в методике. Свойства системы и подсистем обозначим прописной буквой  $X$ , а элементов – строчной  $x$ . Нижний индекс – номер свойства, верхний индекс – номер системы, подсистемы или элемента. Например,  $X_1^1$  – свойство 1, подсистемы 1;  $X_1^2$  – свойство 1, подсистемы 2;  $x_1^{1.1}$  – свойство 1, подсистемы 1, элемента 1;  $x_1^{2.1}$  – свойство 1, подсистемы 2, элемента 1;  $x_k^{j.i}$  – свойство  $k$ , подсистемы  $j$ , элемента  $i$ .

## Задание 4. Выделение факторов внешней среды, макроописание системы

### ВВЕДЕНИЕ

*Цель задания* – познакомиться с приемами выделения факторов внешней среды, определения «входов» и «выходов» системы, получить навыки макроописания системы.

### Задачи задания:

- Закрепить понятия: внешняя среда, связь, «вход» и «выход» системы.
- Изучить технологию выделения внешних связей системы.
- Получить практические навыки макроописания систем.

### Основные понятия

**Внешней средой** называется все то, что окружает систему. Грань между внешней средой и системой является весьма условной. В результате изменения состояния внешней среды происходит изменение состояния системы за счет наличия связей системы, «входов» и «выходов». Это воздействие взаимное, т.к. внешняя среда воздействует на состояние системы из вне и обуславливает уровень и интенсивность протекаемых процессов в системе. И наоборот, система, изменяя свое состояние, реагируя на изменение внешней среды, также влияет на нее. Например, цена реализации продукции формируется под воздействием таких факторов внешней среды как спрос и предложение. В результате возрастания спроса цена реализации может быть увеличена до некоторого уровня, но при этом может быть увеличен и объем производимой продукции, что влияет на фактор предложения. Таким образом, откликом системы является увеличение цены и объема выпуска продукции, а влияние на внешнюю среду обуславливает, возможно, наличие уже непокрытого предложения на рынке.

Изучение механизма взаимовлияния системы и внешней среды позволяет выявить некоторые **внешние факторы** (*неуправляемые переменные и параметры*).

**Фактором** называется *неуправляемое свойство внешней среды, оказывающее существенное влияние на состояние системы*.

Выбор значащих факторов может быть осуществлен экспертами и скорректирован по результатам оценки тесноты связей. На практике для выявления тесноты и доказательства наличия связей часто применяются методы статистики, включая корреляционный анализ, метод главных компонент, дискриминантный анализ и пр. Применение данных методов позволяет выделить из всего многообразия факторов внешней среды главные, влияющие на конкретный показатель, исключив, тем самым, информационный шум.

Система имеет связи с внешней средой и, соответственно, полюса «*входы*» и «*выходы*».

Все реальные системы связаны с внешней средой и их познание осуществляется через учет внешних воздействий на «входах» системы и ответных реакциях на «выходах». Понятие «закрытой» (замкнутой) системы является идеализацией, которая служит одним из познавательных средств, так как в реальности не существует систем, не имеющих «входов» и «выходов».

Например, реакцией на изменение спроса на продукцию является изменение цены реализации и объема производства продукции. Таким образом, в качестве «входа» рассматривается уровень спроса на рынке, а в качестве «выхода» – объем производимой продукции и цена реализации.

**Связью между фактором внешней среды и системой** называется некоторая функциональная зависимость, описывающая способ влияния фактора на значение результирующего критерия состояния системы и значения показателей на «выходе».

**Макроописание системы** представляет собой описание взаимосвязей системы и внешней среды, ее «входов» и «выходов»; может быть представлено в виде блок-схемы, текстового или табличного описания, математической модели.

## ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

**1. Определите перечень факторов внешней среды.** На данном этапе следует выбрать те факторы, с которыми рассматриваемая система непосредственно взаимодействует (не косвенно, а напрямую) и которые оказывают существенное воздействие на состояние системы, его изменение во времени. Для этого следует перечислить все подобные факторы, рассмотреть, какие функции реализует система при взаимодействии с данным элементом внешней среды, дать описание этого взаимодействия через характеристики связей.

**Из общего многообразия факторов следует выбрать те, которые непосредственно влияют на значения результирующих критериев, выделенных в задании 2, значения свойств системы, подсистем и их элементов, выделенных в задании 3.**

Заполните таблицу 4.1. Для удобства описания связей используйте обозначения.

Пример заполнения для рассмотренного предмета исследования приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Список факторов внешней среды

Номер фактора	Наименование фактора	Обозначение	Условие на значение (минимум, максимум, наиболее вероятное)
1	2	3	4
1.	Спрос на продукцию	$w_1$	
2.	Общее предложение продукции на рынке	$w_2$	
3.	Ставки налогов	$w_3$	
4.	Цена материальных ресурсов	$w_4$	
...		...	

**2. На основе созданного перечня постройте таблицу взаимосвязей системы с факторами внешней среды (см. таблицу 4.2).** В качестве описания связей может

рассматриваться формула, текст или введенное условное обозначение. Например, линейная связь (Л), гиперболическая (Г), прямая (ПР), косвенная (К) и т.п. В случае отсутствия связи ячейка таблицы остается пустой.

Таблица 4.2

Описание взаимодействия системы с внешней средой

Показатель	Обозначение	Факторы внешней среды				
		$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	...
1	2	3	4	5	6	
1. Рентабельность основной деятельности	$Y_1$	К	К	Пр, Л	Пр, Л	
2. Проектная рентабельность	$Y_1^1$			Пр, Л	Пр, Л	
...						

**3. Выполните графически макроописание системы.** Для этого используйте условные обозначения, представленные в таблице 4.3. Используя приведенные обозначения из вышеоформленных таблиц, изобразите графически схему внешних связей системы, ее «входов» и «выходов».

Таблица 4.3

Условные обозначения, используемые для графического описания системы

№	Наименование структурного элемента	Условное обозначение
1.	Границы системы	
2.	«Вход» системы	
3.	«Выход» системы	

Для рассмотренного примера на основе данных таблицы 4.2 пример графического представления системы на макроуровне приведен на рисунке 4.1. Макроописание не включает детализацию внутреннего устройства подсистем, их «входов» и «выходов».

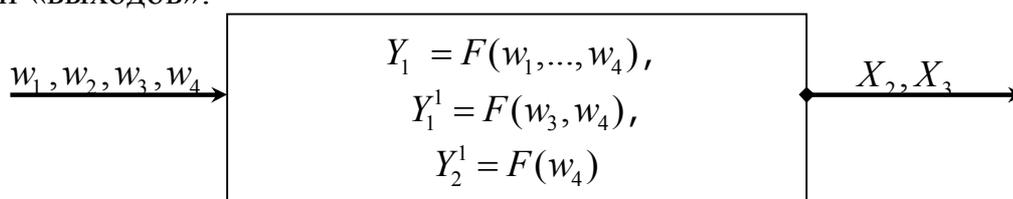


Рис. 4.1. Описание системы на макроуровне

## Задание 5. Анализ внутренних связей системы (микроописание)

### ВВЕДЕНИЕ

*Цель задания* – познакомиться с приемами выделения внутренних связей между компонентами системы, определения «входов» и «выходов» элементов и подсистем, получение навыков микроописания системы.

### Задачи задания:

- Закрепить понятия: структура системы, связи между элементами и подсистемами, микроописание системы.
- Изучить технологию выделения внутренних связей системы.
- Получить практические навыки микроописания систем.

### Основные понятия

**Связь** – форма влияния элементов на состояние системы в целом и элементов других подсистем.

Различают «элемент-причина» и «элемент-следствие».

Внутри системы каждый элемент и подсистема обладают «входами» и «выходами». Воздействие на «вход» элемента осуществляется за счет изменения состояния «элемента-причины», в результате чего формируется отклик «элемента-следствия» в виде изменения некоторых свойств, вариация которых может влиять на состояние системы в целом. Таким образом, путем учета входных воздействий и функций отклика элементов и подсистем формируется представление о структуре системы.

Различают следующие типы связей:

- Прямая (П): с ростом  $x$  возрастает  $y$ ;
- Обратная (О): с ростом  $x$  убывает  $y$ ;
- Периодическая или сезонная (С): с ростом  $x$  значение  $y$  убывает либо возрастает с определенной периодичностью;
- Линейная (Л): зависимость  $y$  от  $x$  вида  $y = ax + b$ ;
- Нелинейная (Н): зависимость  $y$  от  $x$  вида  $y = f(x)$ .

**Структура системы** представляет собой совокупность наиболее устойчивых связей между элементами системы и ее подсистемами. Структура системы может быть представлена в виде таблицы, блок-схемы, текстового или формульного описания. В теории системного анализа, как правило, применяется описание структуры системы в виде совокупности расчетных формул, использование которых позволяет на практике исследовать поведение объекта в различных условиях.

**Внутренние связи между подсистемами могут отсутствовать**, такие системы называют иерархическими. Например, централизованная система управления, включающая подсистемы: аппарат управления и подчиненные ей подразделения, обладает иерархической структурой, в которой связи между подразделениями отсутствуют.

Для выявления вида связи между управляемым свойством  $x_k^{i,j}$  и критерием  $y_l^{m,n}$  требуется либо знать вид зависимости  $y_l^{m,n} = f(x_k^{i,j})$ , либо, обладая набором данных (наблюдений) за ряд периодов времени, путем их сопоставления выявить вид и тесноту связи с применением методов корреляционного анализа, факторного анализа и пр. Также для идентификации связей используются экспертные оценки.

**Микроописание системы** представляет собой детальное представление внутреннего устройства системы, «входов» и «выходов» элементов и подсистем. Может быть представлено в виде таблиц, системы формул, блок-схемы, текстового описания.

Микроописание системы является моделью «белого» ящика, отражающего внутреннее строение системы и принципы ее функционирования.

**Адекватность** полученного модельного представления системы характеризуется:

*реалистичностью* – соответствие получаемых результатов на основе данного представления системы наблюдаемым закономерностям (например, при увеличении ставок налоговых отчислений объем теневых операций возрастает, при увеличении заработной платы работникам бюджетной сферы уровень инфляции возрастает);

*точностью* – использование полученного представления системы позволяет с достаточной точностью получить оценки показателей состояния системы по известным фактическим данным (минимум погрешностей при вычислении основных показателей);

*работоспособностью* – возможность получения конкретного результата исследований за необходимый период времени;

*непротиворечивостью* – при критических значениях параметров результат моделирования должен соответствовать реальности.

На основе полученного детального представления системы в виде модели «белого» ящика можно получить знания о методах решения стоящих перед исследователем проблем и достижения поставленных целей.

## **ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ**

**1. Выделите структурообразующие связи между элементами в рамках выделенных подсистем.** Заполните таблицы 5.1 и 5.2. В данных таблицах указать тип связи в соответствии с введенными обозначениями. Таким образом, на основе сведений в этих таблицах для каждого элемента можно выделить тип связи и список критериев, с которыми эта связь имеется. Если свойство элемента влияет на свойство элемента другой подсистемы, то эта связь характеризует связь между подсистемами. **При правильном выделении подсистем таких связей должно быть минимальное количество!**

Для выделения связей используются результаты выполнения всех предыдущих заданий.

1.1. Определите перечень «входов» и «выходов» для каждой подсистемы, включая воздействия внешней среды системы.

1.2. Выделите перечень управляемых переменных и критериев элементов, влияющих на «выход» (результат функционирования) подсистемы.

2. Выделите связи между свободными элементами системы и подсистемами и их влияние на состояние системы в целом. Заполните таблицы 5.3 и 5.4. Для этого используйте информацию предыдущих этапов работы.

3. Выполните микрописание системы в виде блок-схемы. Для этого используйте обозначения, приведенные в таблице 5.5. Пример изображения микрописания системы представлен на рисунках 5.1 и 5.2. Отдельно выполняется изображение микроуровня каждой подсистем, в структуре системы, подсистема отображается в виде единого блока обладающая «входами» и «выходами».

4. Получите выводы и рекомендации о способах и механизмах решения рассматриваемой проблемы.

Таблица 5.1

Связи показателей, характеризующих результат функционирования подсистем

Номер подсистемы	Наименование показателя	Обозначение	Управляемые переменные подсистемы			Факторы внешней среды			Критерии элементов			
			Нормы расхода материалов	Нормы расхода труда	Нормативная себестоимость	Ставки налогов	Цена материальных ресурсов	...	Затраты на разработку	Сроки разработки проектных вариантов	Затраты на тестирование	Сроки тестирования
			$X_1^1$	$X_2^1$	$X_3^1$	$w_3$	$w_4$	...	$y_1^{1,1}$	$y_2^{1,2}$	$y_1^{1,2}$	$y_2^{1,2}$
1	2	3	4	5	6	7	8	...				
1.	Проектная рентабельность	$Y_1^1$	П, Л	П, Л		П, Л	П, Л	...				
	Затраты на разработку и тестирование	$Y_2^1$	П, Л	П, Л			П, Л	...	П, Л	П, Л	П, Л	П, Л
	...											
2.	...											

Таблица 5.2

Связи показателей, характеризующих результат функционирования  
элементов в рамках выделенных подсистем

Номер подсистемы	Номер элемента	Наименование показателя	Обозначение	Управляемые переменные элементов			Факторы внешней среды			Критерии элементов, входящих в подсистему			
				Кол-во проектных вариантов	Кол-во вариантов тестов	Продолжительность тестирования каждого варианта	Ставки налогов	Цена материальных ресурсов	...	Загрты на разработку	Сроки разработки проектных вариантов	Загрты на тестирование	
				$x_1^{1.1}$	$x_1^{1.2}$	$x_2^{1.2}$	$w_3$	$w_4$	...	$y_1^{1.1}$	$y_2^{1.2}$	$y_1^{1.2}$	...
1	2	3	4	5	6	7	8	9	...				
1.	1.	Загрты на разработку	$y_1^{1.1}$	П, Л				П, Л	...				
		Сроки разработки проектных вариантов	$y_2^{1.1}$	П, Л					...				
	2.	Загрты на тестирование	$y_1^{1.2}$		П, Л	П, Л			...				
		Сроки тестирования	$y_2^{1.2}$		П, Л	П, Л			...				
		...							...				
2.	1.	...						...					

Связи показателей, характеризующих результат функционирования  
**свободных элементов**

Номер свободного элемента	Наименование показателя	Обозначение	Управляемые переменные элементы			Факторы внешней среды					Критерии свободных элементов и подсистем			
			Норма амортизации	Численность рабочих	Загрязнения на маркетинговые исследования	Спрос на продукцию	Общее предложение на рынке	Ставки налогов	Цена материальных ресурсов	...	Загрязнения на ...	Отклонение фактического спроса ...	Проектная рентабельность	Загрязнения на разработку и тестирование
			$x_1^1$	$x_1^2$	$x_1^3$	$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	...	$y_1^1$	$y_1^2$	$Y_1^1$	$Y_2^1$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...				
1.	Затраты на модернизацию производства и выпуск партии продукции	$y_1^1$	П, Л	П, Л				П, Л	П, Л					
	...	$y_2^1$												
2.	Отклонение фактического спроса от планового	$y_1^2$			О									
	...	$y_2^2$												
3.	...													

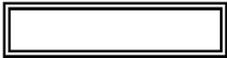
Таблица 5.4

Перечень показателей, характеризующих результат функционирования  
системы в целом

Номер свободного элемента	Наименование показателя	Обозначение	Управляемые переменные элементов			Факторы внешней среды					Критерии свободных элементов и подсистем			
			Себестоимость производства	Цена реализации	Объем производства продукции	Спрос на продукцию	Общее предложение на рынке	Ставки налогов	Цена материальных ресурсов	...	Затраты на модернизацию ...	Отклонение фактического спроса ...	Проектная рентабельность	Затраты на разработку и тестирование
			$X_1$	$X_2$	$X_3$	$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	...	$y_1^1$	$y_1^2$	$Y_1^1$	$Y_2^1$
1	2	3	4	5	6			7	8	9	10	11	12	13
	Себестоимость производства	$X_1$			П			П, Л	П, Л		П, Л		П	П
	Цена реализации	$X_2$				П	О					О	П	
	Объем производства продукции	$X_3$				П					П			
	Рентабельность основной деятельности	$Y_1$	О	П	П	П		П, Л	П, Л		О		П	О
	...													

Таблица 5.5

Условные обозначения, используемые для графического описания системы

№	Наименование структурного элемента	Условное обозначение
1.	Границы системы	
2.	«Вход» системы	
3.	«Выход» системы	
4.	Границы подсистемы	
5.	Границы элементов	

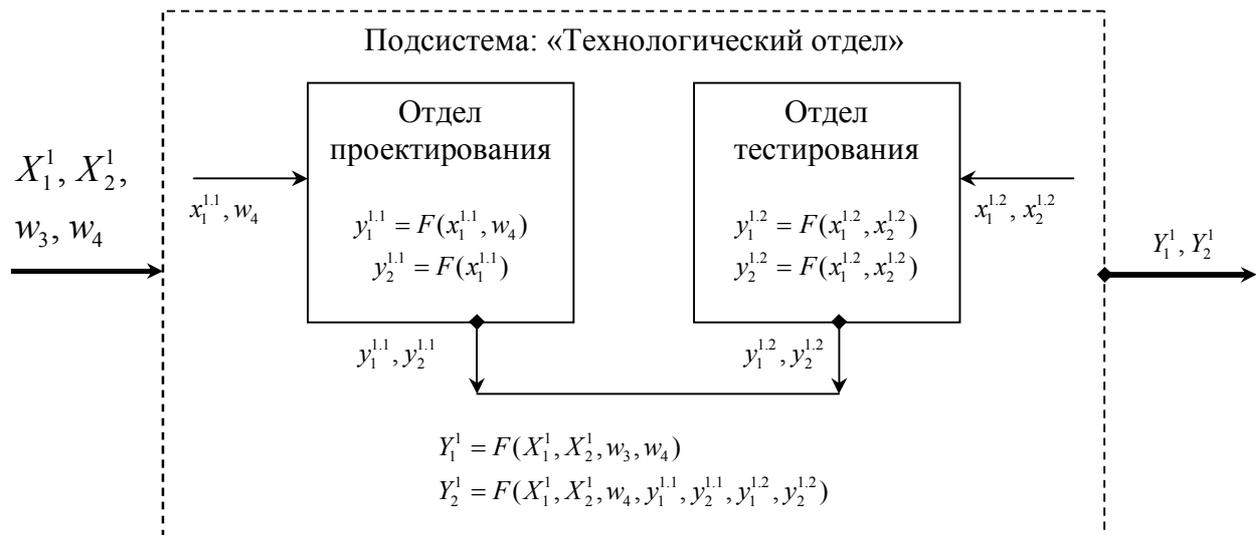


Рис. 5.1. Графические микроописание подсистемы

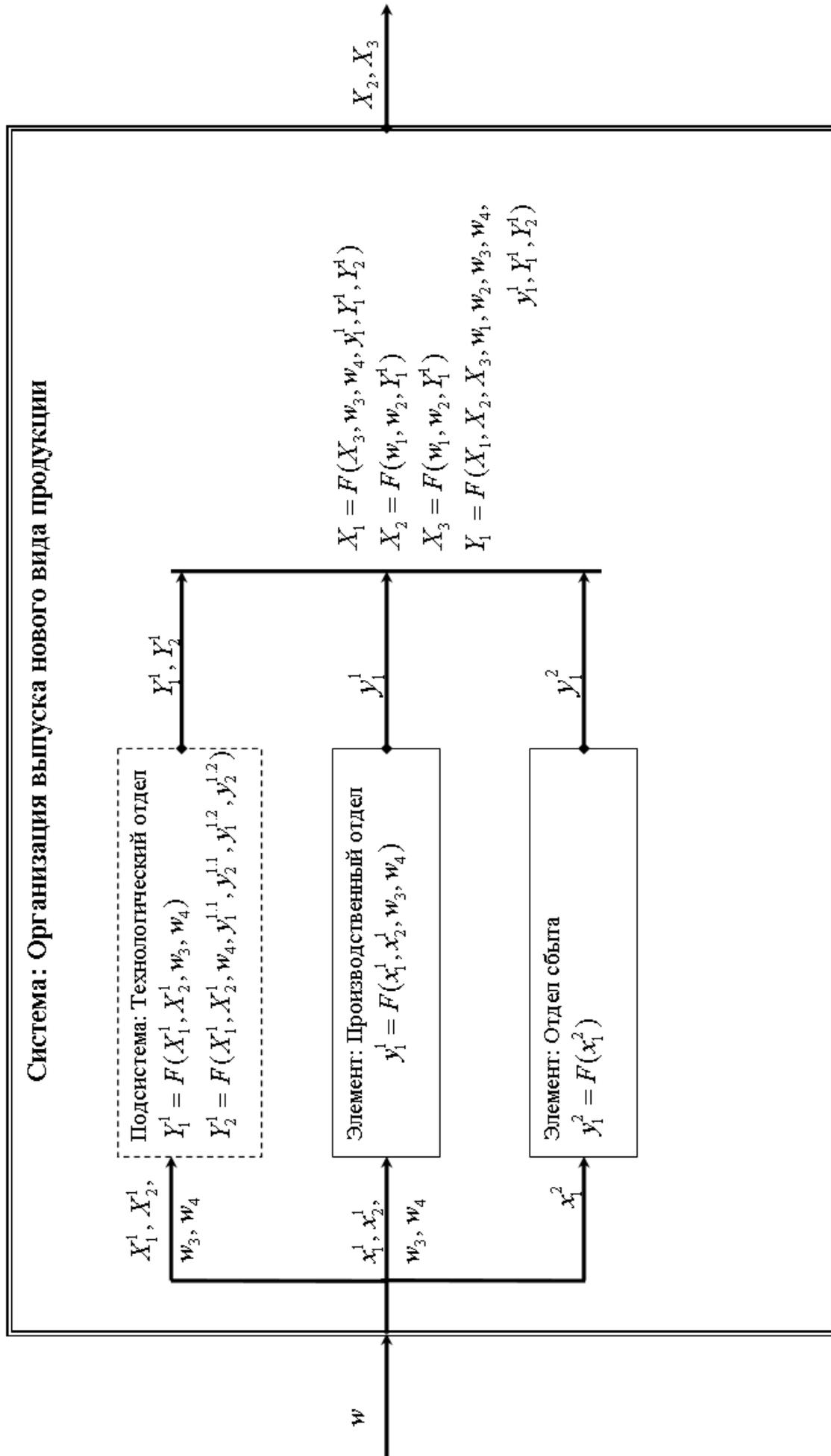


Рис. 5.2. Графическое микроописание системы