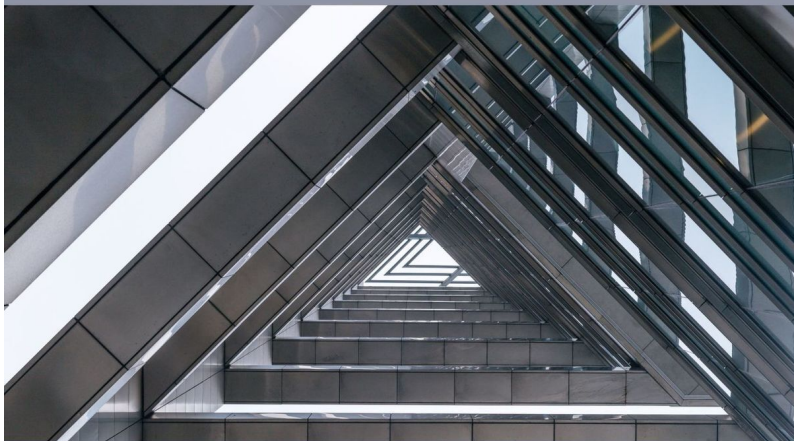


Владимир Петров



**ЗАКОНЫ  
И ЗАКОНОМЕРНОСТИ  
РАЗВИТИЯ  
СИСТЕМ. ТРИЗ**

Изд. 2-е, испр. и дополненное

**Владимир Петров**  
**Законы и закономерности**  
**развития систем. ТРИЗ. Изд.**  
**2-е, испр. и дополненное**

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=67871958](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=67871958)  
ISBN 9785005675910*

**Аннотация**

Книга «Законы и закономерности развития систем» уникальна, так как является самым полным описанием законов закономерностей развития систем. Она состоит из четырех томов и представляет собой усовершенствование книг «Законы развития систем» и «Законы и закономерности развития систем. Кроме того, автор сделал книгу более удобной для чтения, разделив ее на 4 отдельных тома. Книга предназначена для людей, интересующихся или занимающихся инновациями, руководителям предприятий и бизнесменам.

# Содержание

ОГЛАВЛЕНИЕ ТОМА 1	10
Том 1. Введение	17
Предисловие	18
Благодарности	22
Введение	23
Глава 1. Понятия и определения	26
1.1. Закон	26
1.2. Система	34
1.3. Потребность	42
1.4. Принцип действия	43
1.5. Функция	44
1.6. Процесс	53
1.7. Структура	57
1.8. Поток	60
1.9. Системный подход	68
1.10. Системность	79
Глава 2. Структура законов и закономерностей развития систем	84
2.1. Общая структура законов и закономерностей развития систем	84
2.2. Структура закономерностей развития систем	86
Глава 3. Всеобщие законы и закономерности	88

развития	
3.1. Законы диалектики	88
3.2. Закономерность S-образного развития	91
Глава 4. Законы построения систем	96
4.1. Структура законов построения систем	96
4.2. Закон соответствия	98
4.3. Закон полноты и избыточности	99
4.4. Закон проводимости потоков	116
4.5. Закон минимального согласования системы	118
4.5.2. Функциональное согласование	121
4.5.3. Структурное согласование	122
4.5.4. Функционально-структурное согласование	123
4.5.5. Параметрическое согласование	124
4.6. Построение новой системы	125
5. Закономерности эволюции систем	129
5.1. Структура закономерностей эволюции систем	129
5.2. Закономерность изменения степени идеализации системы	133
5.2.6. Идеальное вещество	161
5.3. Закономерность изменения степени управляемости и динамичности системы	180
5.4. Закономерность согласования – рассогласования	220

5.5. Закономерность перехода в надсистему или подсистему	224
5.5.2. Закономерность перехода системы в надсистему	226
5.6. Закономерность перехода на микроуровень и	234
5.7. Закономерность свертывания – развертывания систем	236
5.8. Закономерность несбалансированного – сбалансированного развития систем	245
5.9. Закономерности использования пространства	247
5.10. Использование системы тренд – анти- тренд	253
5.11. Общая схема законов и закономерностей развития	254
Глава 6. Предназначение законов и закономерностей	257
6.1. Виды предназначений	257
6.2. Выявление задачи	258
6.3. Анализ уровня развития системы	259
6.4. Анализ полученного решения	260
6.5. Определение тенденций развития системы	261
6.6. Развитие эволюционного мышления	262
Глава 7. Прогнозирование развития систем	263

7.1. Общие представления	263
7.2. Анализ системы	271
7.3. Экспресс-прогноз	279
7.4. Углубленный прогноз	280
Глава 8. Закономерности развития потребностей и функций	290
8.1. Закономерности развития потребностей	291
8.2. Закономерности изменения функций	310
Глава 9. Вклад автора	323
Заключение по тому 1	340
Том 2. Всеобщие законы развития систем, закономерности развития потребностей и изменения функций	341
Глава 10. Всеобщие законы развития	344
10.1. Законы диалектики в развитии систем	344
10.1.1. Закон перехода количественных изменений в качественные	346
Конец ознакомительного фрагмента.	348

# **Законы и закономерности развития систем. ТРИЗ Изд. 2-е, испр. и дополненное**

**Владимир Петров**

© Владимир Петров, 2024

ISBN 978-5-0056-7591-0

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

Книга «Законы и закономерности развития систем» уникальна, так как является самым полным описанием законов и закономерностей развития систем. Она состоит из четырех томов и представляет собой усовершенствование книг «Законы развития систем»<sup>1</sup> и «Законы и закономерности развития систем»<sup>2</sup>. За это время автор изменил некоторые свои

---

<sup>1</sup> **Петров Владимир. Законы развития систем: ТРИЗ. Изд. 2-е, испр. и дополненное / Владимир Петров. [б. м.]: Издательские решения, 2019. – 926 с. – ISBN 978-5-4490-9985-3**

<sup>2</sup> **Петров Владимир. Законы и закономерности развития систем. Книга 1./ Владимир Петров. [б. м.]: Издательские решения, 2020. – 248 с. – ISBN**

взгляды на законы и закономерности. Кроме того, автор сделал книгу более удобной для чтения, разделив ее на 4 отдельных тома.

**Первый том** – это введение в эту книгу. Он описывает основные понятия и определения, структуру законов и закономерностей развития систем, каждый закон и закономерность, предназначение законов и закономерностей и методику прогнозирования развития систем.

Этот том как бы взгляд с птичьего полета на всю систему этих законов и закономерностей. В этом томе вы познакомитесь не только с общей структурой законов и закономерностей, но и с каждым из них. Однако в этом томе не будут приведены примеры. Они будут приведены в последующих томах. В этом томе примеры приводятся только на понятия и определения, которые даются в первой главе. Том 1 – это своего рода реферат книги.

**Второй том** описывает всеобщие законы развития систем (законы диалектики, закономерность S-образного развития), а также закономерности развития потребностей и из-

---

978-5-0051-5727-0 (т.1), ISBN 978-5-0051-5728-7 **Петров Владимир. Законы и закономерности развития систем. Книга 2./** Владимир Петров. [б. м.]: Издательские решения, – 150с. – ISBN 978—5 – 0051-6003-4 (т.2), ISBN 978-5-0051-5728-7 **Петров Владимир. Законы и закономерности развития систем. Книга 3./** Владимир Петров. [б. м.]: Издательские решения, – 310 с. – ISBN 978—5 – 0051-6086-7 (т.3), ISBN 978-5-0051-5728-7 **Петров Владимир. Законы и закономерности развития систем. Книга 3./** Владимир Петров. [б. м.]: Издательские решения. – 350 с. – ISBN 978—5 – 0051-6373-8 (т.4), ISBN 978-5-0051-5728-7

менения функций.

**Третий том** посвящен законам и закономерностям построения и эволюции систем.

**Четвертый том** описывает прогнозирование развития систем. Кроме того, имеются приложения: тенденция изменения полей, анализ системы по закономерностям, анализ системы «Детский радар», анализ дуговой сварки.

Нумерация глав в книге сквозная по всех томах.

Книга предназначена для широкого круга читателей, интересующихся или занимающихся инновациями. В первую очередь она предназначена научным работникам, инженерам и изобретателям, решающим творческие задачи. Она может быть полезна преподавателям университетов, аспирантам и студентам, изучающим теорию решения изобретательских задач (ТРИЗ), инженерное творчество, системный подход и инновационный процесс, а также руководителям предприятий и бизнесменам.

Особый интерес книга может представлять для патентных поверенных.

# ОГЛАВЛЕНИЕ ТОМА 1

**Предисловие**

**Благодарности**

**Том 1. Введение**

**Введение**

**Глава 1. Понятия и определения**

***1.1. Закон***

***1.2. Система***

1.2.1. Общие понятия

1.2.2. Дополнительные понятия

1.2.3. Иерархия систем

1.2.4. Искусственные системы

1.3. Потребность

***1.4. Принцип действия***

***1.5. Функция***

1.5.1. Определение

1.5.2. Классификация функций

1.5.3. Иерархия функций

***1.6. Процесс***

***1.7. Структура***

1.7.1. Связи

1.7.2. Элементы

***1.8. Поток***

1.8.1. Классификация потоков

1.8.2. Оценка потоков

### ***1.9. Системный подход***

1.9.1. Системное мышление

1.9.2. Анализ и синтез систем

1.9.3. Анализ выявления недостатков

### ***1.10. Системность***

1.10.1. Общее представление

1.10.2. Предназначение системы

1.10.3. Жизнеспособность

1.10.4. Отрицательно не влиять на окружение

1.10.5. Учет закономерностей развития

## **Глава 2. Структура законов и закономерностей развития систем**

***2.1. Общая структура законов и закономерностей развития систем***

***2.2. Структура закономерностей развития систем***

## **Глава 3. Всеобщие законы и закономерности развития систем**

***3.1. Законы диалектики***

3.1.1. Структура законов диалектики

3.1.2. Закон перехода количественных изменений

3.1.3. Закон единства и борьбы противоположностей

3.1.4. Закон отрицания отрицания

***3.2. Закономерность S-образного развития***

3.2.1. Общие понятия

3.2.2. Огибающие кривые

## **Глава 4. Законы построения систем**

### ***4.1. Структура законов построения систем***

#### ***4.2. Закон соответствия***

#### ***4.3. Закон полноты и избыточности***

##### **4.3.1. Общая информация**

##### **4.3.2. Закономерность полноты**

##### **4.2.3. Закономерность избыточности**

#### ***4.4. Закон проводимости потоков***

##### **4.4.1. Общее представление**

##### **4.4.2. Потоки**

#### ***4.5. Закон минимального согласования системы***

##### **4.5.1. Общее представление**

##### **4.5.2. Функциональное согласование**

##### **4.5.3. Структурное согласование**

##### **4.5.4. Функционально-структурное согласование**

##### **4.5.5. Параметрическое согласование**

#### ***4.6. Построение новой системы***

##### **4.6.1. Общий подход**

##### **4.6.2. Последовательность построения новой системы**

##### **4.6.3. Анализ существующих систем**

##### **4.6.4. Определение потребности, функции и принципа**

действия

## **Глава 5. Закономерности эволюции систем**

### ***5.1. Структура закономерностей эволюции систем***

#### ***5.2. Закономерность изменения степени идеализации***

***системы***

5.2.1. Общие представления

5.2.2. Общие понятия закономерности увеличения степени идеальности

5.2.3. Виды степеней идеализации системы

5.2.4. Показатель степени идеальности

5.2.5. Общие способы идеализации

5.2.6. Идеальное вещество

5.3.5. Тенденция изменения управляемости энергией и информацией

5.2.7. Идеальная форма

5.2.8. Идеальный процесс

5.2.9. Закономерность уменьшения степени идеальности (анти-идеальность)

5.2.10. Резюме: направления и пути идеализации

**5.3. *Закономерность изменения степени управляемости и динамичности системы***

5.3.1. Общие понятия

5.3.2. Закономерность увеличения степени управляемости

5.3.3. Закономерность увеличения степени вепольности

5.3.4. Закономерность изменения управляемости веществом, энергией и информацией

5.3.5. Тенденция изменения управляемости веществом

5.3.6. Уменьшение степени управляемости

5.3.7. Закономерность увеличения степени динамичности

5.3.8. Тенденция уменьшения динамичности

## 5.4. Закономерность согласования – рассогласования

### 5.4.1. Общие представления

### 5.4.2. Структура закономерности согласования—рассогласования

## 5.5. Закономерность перехода в надсистему или подсистему

### 5.5.1. Общие представления

### 5.5.2. Закономерность перехода системы в надсистему

### 5.5.3. Закономерность перехода системы в подсистему

### 5.5.4. Общая схема закономерности перехода системы

в над- или подсистему

## ***5.6. Закономерность перехода на микроуровень и на макроуровень***

### 5.6.1. Переход на микроуровень

### 5.6.2. Переход на макроуровень

## 5.7. Закономерность свертывания – развертывания систем

### 5.7.1. Общие представления

### 5.7.2. Формулировка закономерности

### 5.7.3. Закономерность свертывания

### 5.7.4. Закономерность развертывания

## ***5.8. Закономерность несбалансированного – сбалансированного развития систем***

## ***5.9. Закономерности использования пространства***

### 5.9.1. Общее представление

### 5.9.2. Основная последовательность

5.9.2. Противоположная последовательность

**5.10. Использование системы тренд – анти-тренд**

**5.11. Общая схема законов и закономерностей развития**

5.11.1. Полная схема законов и закономерностей развития систем

5.11.2. Полная схема закономерностей развития систем

**Глава 6. Предназначение законов и закономерностей развития систем**

**6.1. Виды предназначений**

**6.2. Выявление задачи**

**6.3. Анализ уровня развития системы**

**6.4. Анализ полученного решения**

**6.5. Определение тенденций развития системы**

**6.6. Развитие эволюционного мышления**

**Глава 7. Прогнозирование развития систем**

**7.1. Общие представления**

**7.2. Анализ системы**

7.2.1. Последовательность проведения анализа

7.2.2. Анализ недостатков систем

7.2.3. Бенчмаркинг

7.2.4. Выявление тенденций развития

7.2.5. Анализ уровня развития системы

7.2.6. Анализ по S-кривой

7.2.7. Анализ по закономерностям развития систем

**7.3. Экспресс-прогноз**

## **7.4. Углубленный прогноз**

7.4.1. Последовательность проведение углубленного прогноза

7.4.2. Технология работы с информацией

## **Глава 8. Закономерности развития потребностей и функций**

### ***8.1. Закономерности развития потребностей***

8.1.1. Общие понятия

8.1.2. Структура закономерностей развития потребностей

8.1.3. Закономерность идеализации потребностей

8.1.3. Закономерность динамизации потребностей

8.1.4. Закономерность согласования потребностей

8.1.5. Закономерность объединения потребностей

8.1.6. Закономерность специализации потребностей

8.1.7. Разработка новых потребностей

8.1.8. Выводы

### ***8.2. Закономерности изменения функций***

8.2.1. Структура закономерностей изменения функций

8.2.2. Закономерность идеализации функций

8.2.3. Закономерность динамизации функций

8.2.4. Закономерность согласования функций

8.2.5. Закономерность перехода к моно- или полифункциональности

## **Глава 9. Вклад автора**

### **Заключение по тому 1**

# Том 1. Введение

Книга «Законы и закономерности развития систем» состоит из четырех томов. В связи с этим она более удобна для чтения.

Том 1 – введение в книгу. Он описывает основные понятия и определения, структуру законов и закономерностей развития систем, каждый закон и закономерность, предназначение законов и закономерностей и методику прогнозирования развития систем.

Этот том как бы взгляд с птичьего полета на всю систему этих законов и закономерностей. В этом томе вы сможете познакомиться не только с общей структурой законов и закономерностей, но и с каждым из них. Однако в этом томе не будут приведены примеры. Они будут приведены в последующих томах. В этом томе примеры приводятся только на понятия и определения, которые даются в первой главе. Это своего рода реферат книги.

Том будет полезен не только для первого знакомства, но и для последующей работы, как справочник.

Все описанные законы и закономерности взаимосвязаны и очень важны как для развития мышления, так и для развития систем.

# Предисловие

*Технические системы развиваются закономерно. Закономерности эти познаваемы, их можно использовать для сознательного совершенствования старых и создания новых технических систем, превратив процесс решения изобретательских задач в точную науку развития технических систем. Здесь и проходит граница между методами активизации перебора вариантов и современной теорией решения изобретательских задач (ТРИЗ)<sup>3</sup>.*

*Надо знать и использовать законы развития технических систем<sup>4</sup>.*  
Г. С. Альтшуллер

Законы развития технических систем представляют собой фундамент теории решения изобретательских задач (ТРИЗ).

Первую систему законов развития технических систем предложил автор ТРИЗ Г. С. Альтшуллер. В дальнейшем эту систему законов совершенствовали не только Альтшуллер, но и его коллеги. История законов развития технических си-

---

<sup>3</sup> Альтшуллер Г. С. **Найти идею.** Введение в теорию решения изобретательских задач. – Новосибирск: Наука, 1986, С. 34.

<sup>4</sup> Альтшуллер Г. С. **Найти идею.** Введение в теорию решения изобретательских задач. – Новосибирск: Наука, 1986, С. 86.

стем описана в книге «История развития законов: ТРИЗ»<sup>5</sup>.

Данная книга – это усовершенствование книги «Законы развития систем»<sup>6</sup>. Книга получала достаточно широкое распространение, из-за ее уникальности. Это единственное самое полное изложение законов и закономерностей развития систем. С такой подробностью законы еще не были изложены ни в одной книге.

Однако за время выхода этой книги автор изменил некоторые свои взгляды на законы и закономерности. Кроме того, автор сделал новую книгу более удобной для чтения, разделив ее на отдельные книги.

В целом законы и закономерности используются для:

- *поиска инновационных решений;*
- *развития сильного (изобретательского, талантливое) мышления*<sup>7</sup>;
- *прогнозирования развития систем.*

**Том 1** является введением в книгу. Он описывает основные понятия и определения, структуру законов и закономерностей развития систем, каждый закон и закономерность,

---

<sup>5</sup> **Петров Владимир. История развития законов: ТРИЗ** / Владимир Петров. [б. м.]: Издательские решения, 2018. – 90 с. – ISBN 978-5-4493-6079-3

<sup>6</sup> **Петров Владимир. Законы развития систем: ТРИЗ.** Изд. 2-е, испр. и дополненное / Владимир Петров. [б. м.]: Издательские решения, 2019. – 926 с. – ISBN 978-5-4490-9985-3

<sup>7</sup> **Петров Владимир. Талантливое мышление: ТРИЗ/** Владимир Петров. [б. м.]: Издательские решения, 2018. – 280 с. – ISBN 978-5-4493-5785-4

предназначение законов и закономерностей и методику прогнозирования развития систем.

Этот том как бы взгляд с птичьего полета на всю систему этих законов и закономерностей. По нему вы сможете познакомиться не только с общей структурой законов и закономерностей, но и с каждым из них. Однако в этом томе не будут приведены примеры. Они будут приведены в последующих томах. В этом томе примеры приводятся только на понятия и определения, которые даются в первой главе.

Первый том своего рода реферат всей монографии. Он может быть так же использован как справочное пособие.

В остальных томах будут детально описан каждый из законов и закономерностей, методики и алгоритмы их применения для различных целей. Кроме того, каждый закон и закономерность будут проиллюстрированы многочисленными примерами, задачами и графическим материалом.

**Том 2** описывает всеобщие законы развития систем (законы диалектик, закономерность S-образного развития, закономерности развития потребностей и изменения функций).

**Том 3** посвящен законам и закономерностям построения и эволюции систем.

**Том 4** описывает прогнозирование развития систем. Кроме того, имеются приложения:

1. Замена вида поля (тенденции изменения полей).
2. Анализ системы по закономерностям.

3. Анализа системы «Детский радар» по законам.

4. Анализа дуговой сварки по закономерностям.

Нумерация глав во всех томах будет сквозная.

Книга предназначена научным работникам, инженерам и изобретателям, решающим творческие задачи. Она может быть полезна преподавателям университетов, аспирантам и студентам, изучающим теорию решения изобретательских задач (ТРИЗ), инженерное творчество, системный подход и инновационный процесс, а также руководителям предприятий и бизнесменам.

Особый интерес книга может представлять для патентных поверенных.

# Благодарности

Я премного благодарен моему учителю, коллеге и другу Генриху Альтшуллеру, прежде всего, за то, что он создал основу теории развития технических систем – законы их развития, за то, что имел счастье общаться и обсуждать с ним разные аспекты ТРИЗ и жизни и, в частности, некоторые материалы данной книги.

Очень многим я обязан Эсфирь Злотиной – моей жене и соратнику по ТРИЗ. Долгие годы мы с ней совместно разрабатывали различные материалы по ТРИЗ, в том числе обсуждали первоначальные материалы этой работы.

Хотелось бы выразить искреннюю благодарность своему другу и коллеге Борису Голдовскому (Россия) за ценные советы и замечания, высказанные при составлении книги, которые способствовали изменению моего мнения по некоторым аспектам, описанных в этой книге.

Светлая им память!

# Введение

**Основа ТРИЗ** – законы развития технических систем. Они представляют взаимосвязанную структуру законов, закономерностей и тенденций развития техники.

Прежде чем рассматривать законы развития технических систем, ответим на часто встречающиеся возражения: «Законов развития техники не может быть. Технику развивают люди по своему желанию, это случайный процесс».

Безусловно, технику развивает человек.

Первые «изобретения» делал древний человек, используя природу. Для охоты ему не хватало сил, и он прибегнул к помощи дубины, для обработки шкур он начал применять острый камень и т. п. Так он начал удовлетворять свои первые потребности. Эти «инструменты» ломались или не совсем удовлетворяли его, и он совершенствовал их, а старые больше не использовались... Таким образом, даже в те далекие времена действительность диктовала, какую технику следовало оставить, а какой умереть. В дальнейшем эти условия становились все более жесткими.

Жизнь технической системы зависит от очень многих факторов: среды, в которой она работает, ее эргономических, экологических, экономических и прочих характеристик.

На следующем этапе исправляют недостатки неудачной

системы. Кроме того, потребности человека постоянно растут. Для их удовлетворения разрабатываются новые технические системы, которые конкурируют друг с другом.

Выживают только системы с наилучшими характеристиками. Таким образом, осуществляется «*естественный отбор*» – процесс эволюции технических систем. Этот процесс подобен естественному отбору в природе. Если проанализировать историю развития конкретных систем, можно получить закономерности их развития, а, обобщив закономерности – получить законы. Именно такую работу проделал Генрих Альтшуллер, исследовав тысячи патентов.

Подобный процесс свойственен и для других искусственных систем.

Из трех миров человеческого творчества – **науки, техники, искусства** – наука первой лишилась ореола *личностной исключительности*. Она изучает **объективные закономерности**, и путь ее развития предопределен.

В отличие от исследователей (людей науки), многие люди, развивающие технику (изобретатели), даже не подозревают о существовании каких-либо закономерностей в ее развитии.

Между тем, смысл творчества в науке и технике очень близок: **цель науки** – добыча знаний о свойствах материи, **цель техники** – использование этих свойств для удовлетворения потребностей человека и общества.

История появления законов развития технических систем

изложена в работе автора<sup>8</sup>.

В данной книге сделана попытка описать законы и закономерности развития многих искусственных систем, а не только техники.

---

<sup>8</sup> Петров Владимир. История развития законов: *ТРИЗ* / Владимир Петров. [б. м.]: Издательские решения, 2018. – 90 с. – ISBN 978-5-4493-6079-3

# Глава 1. Понятия и определения

## 1.1. Закон

Приведем некоторые определения.

*Закон, необходимое, существенное, устойчивое, повторяющееся отношение между явлениями. Закон выражает связь между предметами, составными элементами данного предмета, между свойствами вещей, а также между свойствами внутри вещи. Но не всякая связь есть закон. Связь может быть необходимой и случайной. Закон – это необходимая связь.* Он выражает существенную связь между сосуществующими в пространстве вещами. Это закон функционирования<sup>9</sup>.

Законы существуют *объективно*, независимо от сознания людей.

**ЗАКОНОМЕРНОСТЬ**, обусловленность объективными законами; существование и развитие соответственно законам<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> **Закон** — Большая Советская Энциклопедия. Т. 9. – М.: Советская энциклопедия, 1972, С. 305.

<sup>10</sup> **Закономерность** – Словарь русского языка: в 4-х т./АН СССР, Ин-т рус. яз.; По ред. А. П. Евгеньевой, – 3 – е изд. стереотип. – М.: Русский язык, Т. I. А – Й. 1985. С. 530.

В. П. Тугаринов дает следующее определение закона: *«Закон есть такая взаимосвязь между существенными свойствами или ступенями развития явлений объективного мира, которая имеет всеобщий и необходимый характер и проявляется в относительной устойчивости и повторяемости этой связи»<sup>11</sup>.*

*«Понятие «закон» служит для обозначения существенной и необходимой, общей или всеобщей связи между предметами, явлениями, системами их сторонами или другими составляющими в процессе существования и развития. Эти связи и отношения объективны. Законы науки являются их отражением в человеческом сознании.*

*Понятие «закономерность» отличается от закона по своему содержанию и принятому употреблению. Довольно часто, говоря о закономерности того или иного явления, подчеркивают тем самым только то обстоятельство, что данный процесс или данное явление не случайно, а подчинено действию определенного закона или совокупности законов. Последнее особенно характерно для закономерности, которая по своему содержанию шире закона и обозначает также совокупное действие ряда законов и его итоговый результат.*

*Различие между законами и закономерностями, не ис-*

---

<sup>11</sup> Тугаринов В. П. **Законы объективного мира, их познание и использование.** – Л.: Изд-во Ленигр. ун-та, 1954. – 196 с.

ключающие, а подразумевающие частичное совпадение содержания этих понятий»<sup>12</sup>.

История возникновения и формирования понятия закона подробно описана Л. А. Друяновым<sup>13</sup>. Кроме того, он выделяет две черты, присущие закону, а описывает четыре (иерархия этих черт и выделение текста выполнены автором статьи):

**1. Существенная связь.** *«Объективный закон... – это существенная связь явлений (или же сторон одного и того же явления). Объективный закон относится не к отдельному объекту, а к совокупности объектов, составляющих определенный класс, вид, множество, определяя характер их „поведения“ (функционирования и развития) ... Поскольку... в природе действуют существенные связи (объективные законы), ее поведение не является случайным, хаотичным; она функционирует и развивается закономерным образом и наряду с изменчивостью, ей присущи относительная устойчивость и гармоничность»<sup>14</sup>.*

**2. Необходимость.** *«...всякий объективный закон (закон природы) носит необходимый характер; закон, закономерная связь всегда является в то же время необходимой свя-*

---

<sup>12</sup> Мелещенко Ю. С. Техника и закономерности ее развития. – Л.: Лен-издат, 1970, 248 с. – С. 163.

<sup>13</sup> Друянов Л. А. Законы природы и их познание : Кн. Для внеклас. чтения. 8—10 кл. – М.: Просвещение, 1982. – 112 с. – С. 13—17.

<sup>14</sup> Друянов Л. А. Законы природы и их познание : Кн. Для внеклас. чтения. 8—10 кл. – М.: Просвещение, 1982. – 112 с. – С. 19.

зью, которая, в отличие от случайной связи, при наличии определенных условий неизбежно должна иметь место (произойти, наступить) ... Следовательно, существенная закономерная связь (закон) является в то же время и необходимой связью. Другими словами, необходимость – это важнейшая черта закона, закономерности. Всякий закон природы представляет собой, таким образом, выражение необходимого характера существенных связей в объективном мире»<sup>15</sup>.

**3. Всеобщность.** «Другая важнейшая черта всякого объективного закона – его всеобщность. Любой закон природы присущ всем без исключения явлениям или объектам определенного типа или рода... Всеобщность – это, следовательно, вторая важнейшая черта объективных законов, законов природы. Поскольку всякий закон носит необходимый и всеобщий характер, поскольку он осуществляется всегда и везде, когда и где для этого имеются схожие объекты и соответствующие условия, постольку, следовательно, закономерные связи будут устойчивыми, стабильными, повторяющимися... Закон инвариантен относительно явлений»<sup>16</sup>.

**4. Повторяющийся характер.** «Легко видеть, какое значение имеет существование стабильности, повторяемо-

---

<sup>15</sup> Друянов Л. А. **Законы природы и их познание** : Кн. Для внеклас. чтения. 8—10 кл. – М.: Просвещение, 1982. – 112 с. – С. 20.

<sup>16</sup> Друянов Л. А. **Законы природы и их познание** : Кн. Для внеклас. чтения. 8—10 кл. – М.: Просвещение, 1982. – 112 с. – С. 20—22.

сти, порядка в природе для человека, для науки и практической деятельности людей. Если бы в природе ничего не повторялось и происходило всякий раз по-новому, ни человек, ни животные не могли бы приспособиться к окружающим условиям, стала бы невозможна целесообразная деятельность, научное познание, да и сама жизнь... Поскольку повторяемость, упорядоченность... составляют важную характеристику объективных законов, научные поиски закономерных связей в природе начинаются обычно с констатации повторяемости определенной стороны или свойства изучаемых объектов... Следовательно, науку интересуют не любые повторяющиеся связи объектов, а лишь такие, которые носят в то же время существенный характер, т.е. ее интересуют существенные повторяющиеся связи»<sup>17</sup>.

«...можем определить объективный закон (закон природы) как существенную связь, которая носит необходимый, всеобщий, повторяющийся (регулярный) характер»<sup>18</sup>.

Б. С. Украинцев сформулировал общие особенности объективных законов техники<sup>19</sup>:

## 1. Целеосуществование – реализация потребностей.

---

<sup>17</sup> Друянов Л. А. *Законы природы и их познание* : Кн. Для внеклас. чтения. 8—10 кл. – М.: Просвещение, 1982. – 112 с. – С. 22—24.

<sup>18</sup> Друянов Л. А. *Законы природы и их познание* : Кн. Для внеклас. чтения. 8—10 кл. – М.: Просвещение, 1982. – 112 с. – С. 24.

<sup>19</sup> Украинцев Б. С. *Связь естественных и общественных наук в техническом знании*. – Синтез современного научного знания. – М.: Наука, 1973. С. 77—90 (С. 84—86).

*«Все технические сооружения или устройства, а также их части, создаются целесообразно цели, то есть таким образом, чтобы, функционируя, они выполняли роль средства достижения цели человека. Поэтому все технические законы по своей сущности являются законы целеосуществления».*

**2. Управляемость техники человеком.** *«Законы (техники) объединяются принципом сопряжения возможностей техники с возможностями человека или иначе говоря, принципом управляемости техники человеком».*

**3. Принцип технологичности.** *«...новая конструкция должна быть такой, чтобы ее можно было изготовить при помощи существующих средств производства и на основе имеющихся навыков производства, как исходных моментов дальнейшего технического прогресса».*

**4. Эффективное функционирование техники.** *«Законы техники являются также законами эффективного функционирования технических средств достижения общественных и личных целей... Если общественная ценность трудовых, материальных и энергетических затрат на создание и функционирование техники превосходит общественную ценность результатов ее применения в качестве искусственного материального средства целеосуществления, то данная техника малоэффективна и общество нуждается в другой технике, удовлетворяющей требованиям и принципам эффективности техники».*

**5. Соответствие экономическим возможностям общества.** *«Законы техники имеют еще один общий момент, выражаемый принципом соответствия техники экономическим возможностям общества на данной ступени его развития».*

А. И. Половинкин сформулировал требования, которым должны удовлетворять законы техники<sup>20</sup>:

*1. Формулировка закона техники должна быть по форме лаконичной, простой, изящной, а по содержанию отвечать данным выше определениям закона.*

*2. Формулировка закона техники должна быть обобщенной и отражать очень большое число известных и возможных факторов. Иначе говоря, закон должен допускать эмпирическую проверку на существующих или специально полученных факторах, имеющих количественную или качественную форму. При этом формулировка закона должна быть настолько четкой, что два человека, независимо подбирающие и обрабатывающие фактический материал, должны получить одинаковые результаты проверки.*

*3. Формулировка закона техники должна не только констатировать: «что?, где?, когда?» происходит (то есть упорядочить и сжато описать факты), но еще, по возмож-*

---

<sup>20</sup> Половинкин А. И. **Законы строения и развития техники** (Постановка проблемы и гипотезы). Учебное пособие. – Волгоград: Волгоградский политехнический институт, 1985, 208 с. – С. 12—13.

ности, дать ответ на вопрос «почему?» так происходит. В связи с этим заметим, что в науке немало существовало и существует эмпирических законов, которые не отвечают на вопрос «почему?» или отвечают на него частично. И, по-видимому, почти нет научных законов (в виду локального характера их действия), которые отвечают на вопрос «почему?». На все вопросы обычно отвечает теория, опирающаяся на несколько законов.

4. Формулировка закона техники должна быть автономно независимой, то есть к законам будем относить такие обобщенные высказывания, которые не могут быть логически выведены из других законов техники. Выводимые обобщения будем относить к закономерностям техники.

5. Формулировка закона техники должна учитывать взаимосвязи: «техника – предмет труда», «человек – техника», «техника – природа», «техника – общество».

6. Формулировка закона техники должна иметь предсказательную функцию, то есть предсказывать новые неизвестные факты, которые могут быть более или менее очевидными, а иногда необычными, парадоксальными.

7. Формулировка всех законов техники должна иметь четко определенную единую понятийную основу.

# 1.2. Система

## 1.2.1. Общие понятия

В данной книге будем рассматривать законы и закономерности развития систем<sup>21</sup>. В связи с этим дадим определение системы и некоторых понятий, связанных с ней.

**Система**<sup>22</sup> (от лат. *systema*, от греч. σύστημα, «составленный», целое, составленное из частей; соединение) – множество *элементов, взаимосвязанных и взаимодействующих* между собой, которые образуют единое *целое*, обладающее *свойствами*, не присущими составляющим его элементам, взятым в отдельности.

Такое свойство называют **системным эффектом** или **эмерджентностью**.

**Эмерджентность** (от англ. *Emergent* — возникающий, неожиданно появляющийся) в теории систем — наличие у какой-либо системы особых свойств, не присущих ее подсистемам и блокам, а также сумме элементов, не связанных особыми системообразующими связями; несводимость свойств системы к сумме свойств ее компонентов; сино-

---

<sup>21</sup> Далее будут рассматриваться только искусственные системы, которые будем обозначать словом «система».

<sup>22</sup> Подробнее см. **Система** – БСЭ и материал из Википедии.

ним — «системный эффект».<sup>23</sup>

Часто такое свойство так же называют **синергетическим эффектом** (от греч. *συνεργός* – вместе действующий) — возрастание эффективности деятельности в результате интеграции, слияния отдельных частей в единую систему за счет так называемого системного эффекта<sup>24</sup>.

Например, обмен вещами не приводит к синергетическому эффекту, так как их остается тоже количество. Обмен идеями приводит к синергетическому эффекту, так как в результате у одного человека идей становится больше.

**Синергия** (греч. *Συνεργία* — сотрудничество, содействие, помощь, соучастие, сообщничество; от греч. *Σύν* — вместе, греч. *ἔργον* — дело, труд, работа, действие) — суммирующий эффект взаимодействия двух или более факторов, характеризующийся тем, что их действие существенно превосходит эффект каждого отдельного компонента в виде их простой суммы<sup>25</sup>.

Уточнение понятия, что считать системой, инструментом и машиной будет дано в главе 4 (п. 4.3.2).

## 1.2.2. Дополнительные понятия

---

<sup>23</sup> **Эмерджентность** — материал из Википедии.

<sup>24</sup> **Синергетический эффект** — материал из Cybernetics Wiki.

<sup>25</sup> **Синергия**— материал из Википедии.

**Целостность**<sup>26</sup> – характеристика системы, выражающая автономность и единство системы, противостоящей окружению. Она связана с функционированием системы и присущими ей закономерностями развития.

Целостность не абсолютное, а относительное понятие, поскольку система имеет множество связей с окружающими объектами и внешней средой и существует лишь в единстве с ними.

**Свойство**<sup>27</sup> – сторона (атрибут) системы. Оно определяет различие или общность предмета с другими предметами.

Свойство обнаруживается в *отношении* подсистем в системе, поэтому всякое свойство относительно. Свойства существуют объективно, независимо от человеческого сознания.

**Отношение**<sup>28</sup> – взаимосвязь, взаимозависимость и соотношение элементов системы. Это мысленное сопоставление различных объектов и их сторон.

### **Пример 1.1. Предложение (в языке)**

Предложение состоит из *слов* и *способа построения предложения* – *грамматики*.

Ни один из этих элементов не обладает свойством выразить *мысль*. Соединенные в единую систему – предложение,

---

<sup>26</sup> Подробнее см. **Целостность** – БСЭ

<sup>27</sup> **Свойство** – БСЭ.

<sup>28</sup> Подробнее см. **Отношение** — БСЭ.

приобрел новое свойство – мысль – системный эффект.

Предложение – *целостно*. Оно автономно и имеет свои закономерности развития – развитие грамматики.

В предложении показана взаимосвязь отдельных слов, их *свойства*, обнаруживаемые в их *отношении* друг к другу.

### 1.2.3. Иерархия систем

Системам свойственно понятие **иерархии**.

**Иерархия систем:**

- собственно *система*;
- ее *подсистемы*;
- • *надсистема*;
- *внешняя среда*.

**Подсистема** – составные части системы.

**Надсистема** – это объект, куда входит система в качестве подсистемы.

Иерархия может иметь более высокие ранги, например, наднадсистема и более низкие ранги, например, подподсистема.

Наднадсистема – это объект, куда входит надсистема, а подподсистема – это элементы, из которых состоит подсистема. Количество рангов может быть достаточно большое.

### Пример 1.2. Компьютер

*Система* – персональный компьютер.

*Подсистемы*: системный блок и устройства ввода – вывода (например, клавиатура, мышь, монитор, принтер, сканер, камера и т. п.).

*Подподсистемы* системного блока – это процессор, материнская плата, видеокарта, оперативная память, жесткий диск, дисковод, звуковая карта, сетевая карта, блок питания и т. д.

*Надсистема* – компьютерные сети и т. д.

*Наднадсистема* – это всемирная паутина, Интернет.

*Внешняя среда* – это среда, в которой находится компьютер, например, помещение, воздух и т. д.

### **Пример 1.3. Телефон**

*Система* – телефон.

*Подсистемы*: микрофон и наушник, клавиатура, дисплей, память и т. п.

*Подподсистемы* – это элементы, из которых состоят микрофон и наушник, клавиатура, дисплей, память и т. д.

*Надсистема* – АТС, телефонные сети и т. д.

*Наднадсистема* АТС – это региональная и мировая телефонная сеть.

*Внешняя среда* – чаще всего – помещение и воздух.

### **Пример 1.4. Автомобиль**

*Система* – автомобиль.

*Подсистемы*: колеса, двигатель, бензобак, система управления и т. п.

*Подподсистемы* двигателя – это поршень и цилиндр, шатун, свеча, клапаны, коленчатый вал, картер и т. д.

*Надсистема* – дорожное движение, к которой относятся: дороги, автозаправочные станции, автостоянки, система управления движением, гаражи, ремонтные службы, заводы изготовители и т. д.

*Наднадсистема* – это региональная и мировая сеть дорожного движения.

*Внешняя среда* – открытое пространство и атмосферные явления.

#### 1.2.4. Искусственные системы

**Искусственные системы** также называют **антропогенные системы**.

**Антропогенная система**<sup>29</sup> (от греч. anthropos – человек, genesis – происхождение, становление развивающегося явления) – система, созданная в результате сознательно направленной человеческой деятельности.

#### **Пример 1.5. Антропогенные системы**

Это широкий класс систем, созданных человеком: язык,

---

<sup>29</sup> Балашов Е. П. Эволюционный синтез систем. – М.: Радио и связь, 1985, С. 7.

понятия, мысли, знания, наука, литература и искусство, социальные группы (племена, сообщества, государства и т. д.), сельскохозяйственные системы, искусственно созданные объекты фауны и флоры (генная инженерия, биотехнологии и т. п.), технические системы и т. д.

Основное внимание будет уделено рассмотрению одного класса антропогенных систем – **технических систем**.

**Техническая система (ТС)** – это *система*, создающаяся с конкретной *целью* для удовлетворения определенной *потребности*. Она выполняет *функцию*, осуществляя *процесс*, основанный на определенном *принципе действия*.

ТС имеет определенную *структуру* и *потoki*.

Примечание. Техническая система может включать, как *искусственные*, так и *природные элементы*.

В качестве примеров технических систем можно назвать: *самолет, автомобиль, кондиционер, телефон, телевизор, компьютер, Интернет* и т. д.

### **Пример 1.6. Самолет**

Самолет состоит из *крыльев, фюзеляжа, двигателя, шасси* и т. д.

Ни один из этих элементов не обладает свойством летать. Соединенные в единую *систему* – самолет приобрел новое свойство – *летать* – *системный эффект*.

### **Пример 1.7. Телефон**

Телефон состоит из *микрофона, наушника, клавиатуры, дисплея, памяти* и т. п.

Ни один из этих элементов не обладает свойством передавать звук на расстояние. Соединенные в единую *систему* – телефон приобрел новое свойство – *передавать звук на расстояние* – *системный эффект*.

### **Пример 1.8. Алгоритм**

Алгоритм – это определенный порядок выполнения различных операций, приводящий к конкретному результату.

Алгоритм состоит из отдельных *операций*, выполняемых в определенном *порядке*.

Каждая из операций и порядок их выполнения в отдельности не приведут к необходимому результату. Соединенные в единую *систему* – алгоритм приобрел новое свойство – *конкретный результат* – *системный эффект*.

## 1.3. Потребность

**Потребность**— нужда в чем-либо, необходимом для поддержания жизнедеятельности индивида, социальной группы, общества, внутренний побудитель активности<sup>30</sup>.

---

<sup>30</sup> **Потребность.** Экономический словарь. URL: <http://abc.informbureau.com/html/iiodaaiinou.html>.

## 1.4. Принцип действия

**Принцип действия** – это способ выполнения *главной функции системы*.

# 1.5. Функция

## 1.5.1. Определение

**Функция** (от лат. *functio* – совершение, исполнение) – *процесс* воздействия субъекта на объект, имеющий определенный результат.

Кроме того, функцию определяют и как «*внешнее проявление свойств какого-либо объекта в данной системе отношений*»<sup>31</sup>.

В дальнейшем будем использовать более краткую формулировку функции.

**Функция** – это действие *субъекта* на *объект*, приводящее к определенному результату (рис. 1.1).



<sup>31</sup> **Функция.** URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc1p/51082>.

## Рис. 1.1. Функция

Результатом действия может быть *изменение* параметра объекта или его *сохранение*.

Функция записывается в виде *глагола*.

### Пример 1.9. Самолет

Самолет *перевозит* (*перемещает*) пассажиров. Самолет – *субъект*, перевозит – *функция*, пассажиры – *объект*. Перевозить – это значит *изменять* объект.

### Пример 1.10. Кофе

Чашка *удерживает* кофе. Чашка – *субъект*, удерживает – *функция*, кофе – *объект*. Удерживать – это значит *сохранять* объект.

### Пример 1.11. Компьютер

Компьютер *обрабатывает* информацию. Компьютер – *субъект*, обрабатывает – *функция*, информация – *объект*. Обработать – это значит *изменять* объект (информацию).

### Пример 1.12. Компьютерная память

Память *запоминает* информацию. Память – *субъект*, запоминает – *функция*, информация – *объект*. Запоминать – это значит *сохранять* объект (информацию).

## 1.5.2. Классификация функций

Функции можно классифицировать по:

- *полезности,*
- *степени их выполнения:*

Опишем классификацию функций по:

### 1. *Полезности:*

- *полезные;*
- *бесполезные;*
- *вредные.*

### 2. *Степени выполнения полезных функций:*

- *достаточные;*
- *избыточные;*
- *недостаточные.*

***Полезная функция*** – функция, обеспечивающая *работоспособность системы.*

***Бесполезная функция*** – функция, *не создающая работоспособность системы.* Иногда такие функции называют *лишними.*

***Вредная функция*** – функция, создающая *нежелательный эффект.*

***Достаточная функция*** – функция, создающая *необходимое (достаточное) действие.*

***Избыточная функция*** – функция, создающая *избыточное действие.*

**Недостаточная функция** – функция, создающая *недостаточное действие*.

### **Пример 1.13. Холодильник**

*Функция* холодильника – *охлаждать* продукт, например, мясо.

*Бесполезная функция* для потребителя – нагрев задней части холодильника, но она необходима для принципа действия холодильника. Потребителю этот нагрев не нужен.

*Вредная функция* холодильника – шум компрессора.

*Достаточная функция* холодильника – нормальное охлаждение до заданной температуры.

*Избыточная функция* холодильника – это избыточное охлаждение (переохлаждение) – ниже требуемой температуры.

*Недостаточная функция* холодильника – недостаточное охлаждение – выше требуемой температуры.

### **Пример 1.14. Газовая плита**

*Функция* газовой плиты – *греть* объект, например, воду или мясо.

*Бесполезная функция* газовой плиты – нагрев окружающей среды (лишний расход тепла).

*Вредная функция* газовой плиты – утечка газа.

*Достаточная функция* газовой плиты – нормальный нагрев объекта до заданной температуры.

*Избыточная функция* газовой плиты – избыточный нагрев объекта, например, вода выкипела, мясо сгорело.

*Недостаточная функция* газовой плиты – слабый огонь, например, недостаточный для закипания воды.

### **Пример 1.15. Компьютер**

*Функция* компьютера – *обрабатывать* информацию.

*Бесполезная функция* – затраты энергии, когда на компьютере не работают, а он включен. Компьютер должен работать только тогда, когда вводится, обрабатывается и выводится информация. Во все остальное время компьютер впустую расходует энергию.

*Вредные функции* компьютера – электромагнитное излучение от компьютера и Wi-Fi, шум от вентилятора.

*Достаточная функция* компьютера – его нормальная работа.

*Недостаточная функция* компьютера – когда происходит долгая обработка информации, например, при скачивании информации из Интернета.

### **Пример 1.16. Телефон**

*Функция* телефона – *передавать* звуковой сигнал, например, речь.

*Бесполезная функция.* Если телефон включен, а по нему не говорят – бесполезная функция. Телефон должен работать только тогда, когда передается сигнал. Во все осталь-

ное время телефон впустую расходует энергию. В любые перерывы сигнала телефон должен отключаться и включаться с появлением сигнала.

*Вредная функция.* Электромагнитное излучение, возникающее при разговоре по мобильному телефону, вредно воздействует на окружающую аппаратуру, поэтому в самолетах и в больницах не разрешается разговаривать по мобильному телефону. Антенны ретрансляторов мобильной связи вредно воздействуют на окружающих.

*Достаточная функция* телефона – когда телефон работает нормально.

*Избыточная функция* телефона – когда звук передается слишком сильно, и он искажается.

*Недостаточная функция* телефона – когда сигнал плохо слышен.

### **Пример 1.17. Автомобиль**

*Функция* автомобиля – *перемещать* людей.

*Бесполезная функция* автомобиля – затраты энергии, когда автомобиль стоит, а двигатель работает, например, на светофоре.

*Вредные функции* автомобиля – выбрасывание в атмосферу выхлопных газов, загрязняя окружающую среду.

*Достаточная функция* – нормальная работа автомобиля.

*Избыточная функция.* Автомобиль рассчитан на скорость движения, значительно превышающую допустимую

скорость.

*Недостаточная функция* – это, когда автомобиль не можем выбраться из заноса снега, грязи или преодолеть очень крутой подъем.

### 1.5.3. Иерархия функций

**Иерархия функций:**

- **главная функция;**
- **основная функция;**
- **вспомогательная функция.**

Можно рассматривать и функции 3-го и ниже рангов.

Иерархия функций показана на графе (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Иерархия функций

**Главная функция** – это функция высшего (нулевого) ранга, указывающая главное действие – предназначение системы. Она должна выполнять главную цель, обеспечивая главную потребность в системе. Ее еще называют **главной полезной функцией**.

**Основные функции** – это функции следующего (первого) ранга, функции основных подсистем. Основные функции обеспечивают работоспособность главной функции, а, следовательно, и всей системы в целом.

**Вспомогательные функции** – это функции второго ранга, функции подподсистем. Вспомогательные функции обеспечивают работоспособность основных функций. Функции низших ( $n$ ) рангов, прежде всего, должны обеспечивать работоспособность функций высших ( $n-1$ ) рангов.

Функции, обеспечивающие работоспособность, будем называть **необходимыми функциями**. Функциональная работоспособность системы определяется набором необходимых функций всех рангов, который должен быть **необходимым и достаточным**, и в то же время обеспечивать **функциональную полноту**.

### **Пример 1.18. Компьютер**

**Главная функция** – обработка информации (компьютер обрабатывает информацию).

**Основные функции:** системного блока – прием, обработка, хранение и вывод цифровых (электрических) сигналов, кла-

виатуры – ввод цифровой и буквенной информации, монитора – вывод информации на экран и т. д.

*Вспомогательная функция* части системного блока, блока питания, – обеспечение электрической энергией.

### **Пример 1.19. Телефон**

*Главная функция* – передача звукового сигнала, например, речи.

*Основные функции:* микрофона – преобразование звукового сигнала в электрический, наушника – преобразование электрического сигнала в звуковой, клавиатуры – вводить цифровую и буквенную информацию и т. д.

*Вспомогательная функция* кнопки клавиатуры – ввод конкретного знака.

### **Пример 1.20. Автомобиль**

*Главная функция* – перевозка (перемещение) людей.

*Основные функции:* бензобака – хранение (удержание) бензина, двигателя – преобразование бензина в поступательное движение, трансмиссии – преобразование поступательного во вращательное движение и т. д.

*Вспомогательная функция* частей двигателя: поршня и цилиндра – сжатие бензина (создание давления).

## 1.6. Процесс

**Процесс** (от лат. *processus* – продвижение) – это состояние какого-либо явления во времени.

Процесс можно определить, как<sup>32</sup>:

1. последовательную смену состояний стадий развития.
2. совокупность последовательных действий для достижения какого-либо результата (например, производственный процесс – последовательная смена трудовых операций).

Для технических систем мы в основном будем рассматривать второе определение. Первое определение характерно для развития систем.

### **Пример 1.21. Приготовление кофе**

Операция 1 – измельчение зерен кофе. Операция 2 – молотый кофе засыпается в турку. Операция 3 – турка заливается водой. Операция 4 – турку ставят на огонь или помещают в разогретый песок. Операция 5 – ждут пока поднимется пенка. Операция 6 – турку снимают с огня. Операция 7 – ждут, пока пенка опустится. Операции 5—7 повторяются несколько раз.

### **Пример 1.22. Компьютерная программа**

Любая компьютерная программа работает по определен-

---

<sup>32</sup> **Процесс** – БСЭ. См. также материал из Википедии.

ному алгоритму – порядку действий. Таким образом, компьютерная программа осуществляет процесс.

### **Пример 1.23. Алгоритм Евклида**

В качестве процесса представим алгоритм Евклида – метод вычисления наибольшего общего делителя (НОД). Это один из древнейших алгоритмов, который используется до сих пор.

**Наибольший общий делитель (НОД)** – это число, которое делит без остатка два числа и делится само без остатка на любой другой делитель данных двух чисел. Проще говоря, это самое большое число, на которое можно без остатка разделить два числа, для которых ищется НОД.

Описание алгоритма нахождения НОД делением.

1. Большое число делим на меньшее.
2. Если делится без остатка, то меньшее число и есть НОД (следует выйти из цикла).
3. Если есть остаток, то большее число заменяем на остаток от деления.
4. Переходим к пункту 1.

*Например, необходимо найти НОД для 30 и 18.*

$$30/18 = 1 \text{ (остаток } 12)$$

$$18/12 = 1 \text{ (остаток } 6)$$

$12/6 = 2 \text{ (остаток } 0)$ . *Конец: НОД – это делитель. НОД (30, 18) = 6*

## **Пример 1.24. Компилятор**

Большинство компиляторов переводит программу с некоторого высокоуровневого языка программирования в машинный код, который может быть непосредственно выполнен процессором.

Компилятор состоит из следующих этапов.

1. **Лексический анализ.** На этом этапе последовательность символов исходного файла преобразуется в последовательность лексем. Цель лексического анализа – подготовить входную последовательность к грамматическому анализу.

2. **Синтаксический (грамматический) анализ.** Последовательность лексем преобразуется в дерево разбора.

3. **Семантический анализ.** Дерево разбора обрабатывается с целью установления его семантики (смысла) – например, привязка идентификаторов к их декларациям, типам, проверка совместимости, определение типов выражений и т. д. Результат обычно называется «промежуточным представлением/кодом», и может быть дополненным деревом разбора, новым деревом, абстрактным набором команд или чем-то еще, удобным для дальнейшей обработки.

4. **Оптимизация.** Выполняется удаление излишних конструкций и упрощение кода с сохранением его смысла. Оптимизация, может быть, на разных уровнях и этапах – например, над промежуточным кодом или над конечным машинным кодом.

5. **Генерация кода.** Из промежуточного представления по-

рождается код на целевом языке. В конкретных реализациях компиляторов эти этапы могут быть разделены или, наоборот, совмещены в том или ином виде.

Каждый из этих этапов имеет свою программу, работающую по определенному алгоритму – процессу.

## 1.7. Структура

**Структура** (от лат. *Structūra* – «строение») – это *внутреннее устройство системы*. Она создается **элементами** и **связями** между ними.

### 1.7.1. Связи

Связи могут быть *внутренние* и *внешние*.

**Внутренние связи** – связи между элементами системы (подсистемами).

**Внешние связи** – связи системы с надсистемой и окружающей средой и обратное воздействие окружающей среды и надсистемы на систему. Одна из надсистем – это объект, для которого предназначена система. Эта связь обеспечивает *главную функцию системы*.

### 1.7.2. Элементы

**Элементы и связи** могут быть:

- *вещественные;*
- *энергетические;*
- *информационные.*

**Внутренние связи**

### **Пример 1.25. Телефон**

Корпус телефона обеспечивает внутренние связи. Он обеспечивает вещественные (механические) связи отдельных элементов телефона. Проводами обеспечиваются энергетические и информационные связи.

### **Пример 1.26 Автомобиль**

Корпус автомобиля обеспечивает внутренние вещественные связи. Трубопроводы и провода обеспечивают энергетические связи. Информационные связи обеспечиваются проводами от системы управления и к ней или бесконтактно, например, открывание дверей.

## **Внешние связи**

### **Пример 1.27. Телефон**

Внешние связи у телефона осуществляются по проводам или бесконтактно у радиотелефона и у мобильных телефонов.

### **Пример 1.28. Автомобиль**

Внешняя связь у автомобиля – например, трение шин автопокрышек о дорогу.

Работа системы осуществляется вследствие прохождения потоков:

- **вещества.**
- **энергии.**
- **информации.**

# 1.8. Поток

## 1.8.1. Классификация потоков

Работа системы осуществляется вследствие прохождения **потоков**.

**Потоки** также как и функции можно классифицировать по:

- *виду потоков*;
- *оценка потоков*.

**Вид потока:**

- **вещество**;
- **энергия**;
- **информация**.

Потоки **вещества** могут быть:

- *твердые*;
- *гелеобразные*;
- *жидкие*;
- *газообразные*;
- *смешанные*.

В свою очередь *твердые потоки* могут быть:

- монолитными;
- в виде отдельных частиц (порошок).

К *потокам вещества* относятся и все виды транспортных

СИСТЕМ.

## **Потоки вещества**

### **Пример 1.29. Поток автомобилей**

Поток твердого монолитного вещества.

### **Пример 1.30. Поток масла**

Поток жидкого вещества.

### **Пример 1.31. Поток сжатого газа**

Поток сжатого газа для автоматической подкачки шин – это поток газа.

Потоками **энергии** могут служить все виды электромагнитных излучений (в том числе электрические, оптические и магнитные), потоки сыпучих, жидких и газообразных веществ, химические реакции и т. д.

## **Потоки энергии**

### **Пример 1.32. Телефон**

Поток электроэнергии по проводам.

### **Пример 1.33. Автомобиль**

Поток жидкого топлива. Это же и поток вещества в жидком состоянии.

Поток электроэнергии по проводам.

Потоки **информации** – это совокупность передаваемой информации между двумя и более взаимодействующими объектами, все виды СМИ: печатные материалы, Интернет, радио, телевидение и т. д.

## **Потоки информации**

### **Пример 1.34. Телефон**

Поток электрических и звуковых сигналов.

### **Пример 1.35. Автомобиль**

Поток сигналов управления и сигналов от датчиков.

Потоки могут быть **организованные** и **неорганизованные**.

К *организованным потокам* относятся потоки, созданные человеком или другими живыми существами, например, дороги, трубопроводы, электрические и оптические кабели и т. д. Примером потоков, созданных другими живыми существами, могут служить муравьиные потоки, поток перелетных птиц, поток рыб и т. д.

К *неорганизованным потокам* можно отнести любые случайные потоки, например, потоки ветра, движение волн в море, случайные излучения и т. д.

Потоки могут быть **управляемые** и **неуправляемые**.

Управлять потоками можно видоизменяя их и не видоизменяя (обрабатывать и не обрабатывать):

- ускорять и замедлять;
- усиливать и ослаблять;
- пропускать и не пропускать;
- изменять или не изменять (даже стабилизировать) любые параметры потока.

Это могут быть дамбы на реках, усилители в электрических цепях, модуляторы и демодуляторы, цифровая обработка сигнала и т. д.

**Потоки** осуществляют взаимодействия и выполняют работу.

Кроме того, потоки могут быть **внутренние** и **внешние**.

**Внутренние потоки** осуществляют воздействия одного элемента системы на другой или их взаимодействие по организованным связям между ними.

**Внешние потоки** осуществляют взаимодействие системы с надсистемой, окружающей средой и обратное влияние надсистемы и окружающей среды на систему.

Отсутствие учета таких влияний может не только отрицательно сказаться на работоспособности системы, но и вредно влиять на внешнюю среду.

### **Пример 1.36. Кондиционер**

Кондиционер, с помощью вентилятора, создает управляемый поток воздуха (управлять можно силой и температу-

рой). Это *внешний управляемый поток вещества*.

Поток фреона – это *внутренний поток вещества*.

Электричество, подводимое извне, к блоку питания кондиционера – это *внешний поток энергии*. Потоки энергии от блока питания – это *внутренние поток энергии*, подводимые к компрессору, вентилятору и блоку управления.

Сигналы, поступающие от датчиков и подающие на компрессор и двигатель вентилятора и другие блоки – это *внутренние потоки информации*. Инфракрасный сигнал от пульта управления – это *внешний поток информации*.

### **Пример 1.37. Компьютер**

В компьютер поступает *поток внешней информации*. Компьютер обрабатывает эту информацию. Это *внутренний информационный поток*. Компьютер выдает результаты обработанной информации на внешние устройства, например, на монитор – это *внешний информационный поток*.

### **1.8.2. Оценка потоков**

**Оценку потоков** можно проводить по:

- *Полезности;*
- *Степени их выполнения.*

Опишем оценку потока:

#### **1. По полезности:**

- *полезный;*

- бесполезный;
- вредный;
- полезный и вредный.

## **2. По степени выполнения полезности потока:**

- достаточный;
- избыточный;
- недостаточный.

**Полезный поток** – поток, обеспечивающий работоспособность системы.

**Бесполезный поток** – поток, не создающий работоспособность системы. Иногда такие потоки называют *лишними*.

**Вредный поток** – поток, создающий нежелательный эффект.

**Достаточный поток** – поток, создающий необходимое (достаточное) действие.

**Избыточный поток** – поток, создающий избыточное действие.

**Недостаточный функция** – функция, создающая недостаточное действие.

**Полезный и вредный поток** – поток, обеспечивающий работоспособность системы и создающий нежелательный эффект вместе.

## **Пример 1.38. Холодильник**

*Бесполезный поток* для потребителя – поток тепла от испарителя (задней части холодильника).

*Вредный поток* холодильника – поток (акустический) шума компрессора.

*Достаточный поток* холодильника – нормальный поток холодного воздуха внутри холодильника. *Избыточный поток* холодильника – это избыточный поток холодного воздуха (переохлаждение) – ниже требуемой температуры.

*Недостаточный поток* холодильника – недостаточный поток холодного воздуха, не позволяющий создать требуемую температуру.

### **Пример 1.39. Компьютер**

*Бесполезный поток* – поток энергии, когда на компьютере не работают, а он включен. Поток электроэнергии в компьютере должен быть только тогда, когда вводится, обрабатывается и выводится информация. В остальное время компьютер впустую расходует энергию. Кроме того, поток энергии должен подаваться только к тем частям, которые в данный момент работают.

*Вредный поток* компьютера – поток электромагнитного излучения от компьютера и Wi-Fi, поток шума от вентилятора.

*Достаточный поток* – поток электроэнергии и информации, необходимый для нормальной работы компьютера.

*Недостаточный поток* – недостаточный поток электро-

энергии и информации, необходимый для нормальной работы компьютера, например, разряженная батарея, когда происходит долгая обработка информации, например, при скачивании информации из Интернета.

*Полезный и вредный поток* – поток входной информации. Помимо полезного потока информации, этот поток может содержать и вредный поток, например, вирусы.

### **Пример 1.40. Автомобиль**

*Бесполезный поток* – поток бензина, когда автомобиль стоит, а двигатель работает, например, на светофоре.

*Вредный поток* – поток углекислого (выхлопного) газа, выбрасываемого в атмосферу, загрязняя окружающую среду.

*Достаточный поток* – поток бензина, обеспечивающий нормальную работу автомобиля.

*Избыточный поток* – поток бензина, избыточно поступающий в двигатель, приводящий к его перерасходу.

*Недостаточный поток* – поток бензина, не обеспечивающий нормальную работу автомобиля.

# 1.9. Системный подход

## 1.9.1. Системное мышление

**Системное мышление** – это мышление, которое использует *системный подход* и является одним из элементов *изобретательского мышления*.

**Системный подход** – рассмотрение объекта как целостного множества элементов в совокупности отношений и связей между ними, то есть рассмотрение объекта как *системы*.

Системный подход должен использоваться как при *анализе*, так и при *синтезе* систем.

При *системном анализе* рассматривает систему не изолированно, а как *совокупность взаимосвязанных элементов*, имеющую *связь с надсистемой и внешней средой* и *влияние внешней среды на систему*. Цель анализа выявить все составляющие элементы, взаимосвязи и взаимовлияния между ними, приводящие к определенным изменениям. Выявляются все взаимовлияния системы на подсистемы, на надсистему и окружающую систему, и обратное влияние надсистемы и окружающей среды на систему. Прослеживаются все закономерности изменений, функционирования и развития систем.

*Системный синтез* предусматривает создание **сбалан-**

**сированной системы**, как *внутри* себя, так и с *внешней средой*.

Системный подход реализует требования **общей теории систем**, согласно которой каждый объект должен рассматриваться как большая и сложная система и, одновременно, как элемент более общей системы. Теория систем изучает различные виды систем, их функционирование и закономерности развития. Она была разработана *Людвигом фон Берталанфи (Ludwig von Bertalanffy)* в XX веке. Его предшественником был *Александр Александрович Богданов*, который разработал «всеобщую организационную науку» **тектологию** и предвосхитил некоторые положения кибернетики.

Основным объектом рассмотрения в системном подходе, теории систем, системном анализе и синтезе является **система**.

### 1.9.2. Анализ и синтез систем

Системный подход мы будем использовать для:

- **анализа существующих систем** ;
- **создания (синтеза) систем**.

Под искусственными системами мы будем понимать:

- **Продукт** и/или **услугу**;
- **Компанию**, разрабатывающую и/или выпускающую продукт (услугу);
- **Рынок**, для которого делается продукт (услуга).

Анализ и синтез систем должны использовать системный подход.

Системный синтез систем должен осуществляться в следующей последовательности: выявление *потребностей, функций, принципа действия* и *систем* (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Последовательность синтеза системы

Анализ системы осуществляется для:

- Определения потребности в данной системе;
- Выявления недостатков системы.

Определение потребности в системе осуществляется в обратном синтезу порядке (рис. 1.4):

1. Анализ существующей *системы*, ее составных частей и процессов;
2. Анализ *принципа действия* системы;
3. Выявление *главной, основных и второстепенных функций* системы;
4. Выявление *потребности*, которую удовлетворяет данная система.



Рис. 1.4. Последовательность системного анализа

Новую систему можно строить для существующих или альтернативных принципа действия, функций и потребностей.

В дальнейшем могут быть выбраны или разработаны альтернативные системы, использующие тот же принцип действия, или альтернативные системы, выполняющие ту же функцию, но с другим принципом действия, или альтернативные системы, удовлетворяющие данную потребность, но с другой главной функцией или выявление других потребностей и построение альтернативных систем, удовлетворяющие эти потребности.

Альтернативные принципы действия можно найти, используя различные виды эффектов и трансфер технологий. Альтернативные функции можно выявить, применяя закономерности изменения функций. Альтернативные потребности можно выявить, используя закономерности развития потребностей.

Закономерности изменения функций и развития потребностей

ностей будут изложены ниже в главе 7 прогнозирование.

На рис. 1.5 показана схема выявления альтернативных принципов действия, главных функций и потребностей для построения новых систем.



Рис. 1.5. Выявление альтернативных принципов действия, главных функций и потребностей продукта

Примечание. Под эффектами понимается не только физические, химические, биологические и математические (в частности, геометрические) эффекты, но и технические эффекты, т. е. трансфер технологий.

### 1.9.3. Анализ выявления недостатков

Анализ системы для определения ее недостатков проводится в следующей последовательности (рис. 1.6):

1. *Компонентный анализ.*
2. *Структурный анализ.*
3. *Анализ функций.*
4. *Диагностический анализ.*



Рис. 1.6. Последовательность этапов системного анализа для выявления недостатков

**Цель компонентного анализа** – построить компонент-

ную модель. Компонентом мы будем называть любой элемент системы на всех иерархических уровнях: подсистемы, системы, надсистема и окружающая среда. На этом этапе выявляются все компоненты и записываются в таблицу.

Цель **структурного анализа** – построить структуру системы. Определяют все связи между компонентами. Для этого строят матрицу связей.

Компоненты	1	2	3	...	n-1	n
1		+	+	...		
2	+		+	...	+	+
3	+	+		...		+
...	...	...	...		...	...
n-1				...		+
n		+	+	...	+	

Таблица 1.1. Матрица связей

Примечание. Знаком «+» обозначено наличие связи.

Используя данные таблицы, строят графическую модель связей между компонентами (рис. 1.7).

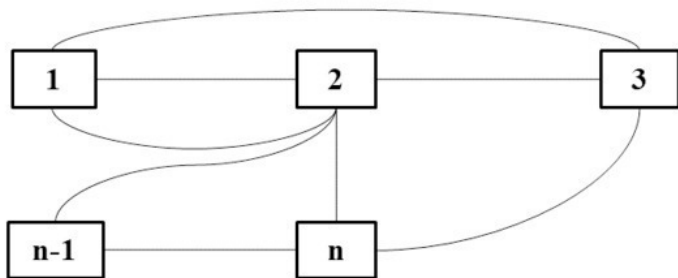


Рис. 1.7. Модель связей

Цель этапа **анализа функций** – построить функциональную модель. На этом этапе определяют направление и характер действия, т. е. функции.

Таблица функций представлена в табл. 1.2.

Субъект	Функция	Объект
Элемент 1	Функция 1	Элемент 2
	Функция 2	Элемент 3
Элемент 2	Функция 3	Элемент 1
	Функция 4	Элемент 3
	Функция 5	Элемент n-1
Элемент 3	Функция 6	Элемент n
...	...	...
Элемент n-1	Функция 7	Элемент n
Элемент n	Функция 8	Элемент 2

Таблица 1.2. Функции элементов

Примечание. У одного элемента может быть несколько

функций.

По таблице функций (табл. 1.2) строят графическую функциональную модель.

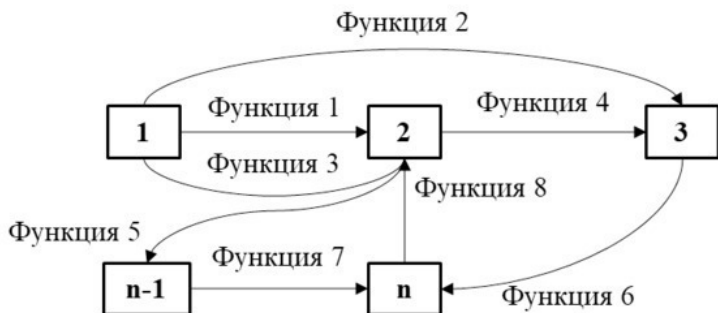


Рис. 1.8. Функциональную модель

Цель **диагностического анализа** – построить диагностическую модель (табл. 1.3), т. е. оценить функции и потоки.

Субъект	Функция	Объект	Оценка функции
Элемент 1	Функция 1	Элемент 2	Полезная функция
	Функция 2	Элемент 3	Вредная функция
Элемент 2	Функция 3	Элемент 1	Избыточная функция
	Функция 4	Элемент 3	Недостаточная функция
	Функция 5	Элемент n-1	Полезная функция
Элемент 3	Функция 6	Элемент n	Полезная функция
...	...	...	...
Элемент n-1	Функция 7	Элемент n	Полезная функция
Элемент n	Функция 8	Элемент 2	Полезная функция

Таблица 1.3. Диагностическая матрица

По таблице диагностической матрицы (табл. 1.3) строят графическую диагностическую модель (рис. 1.9).

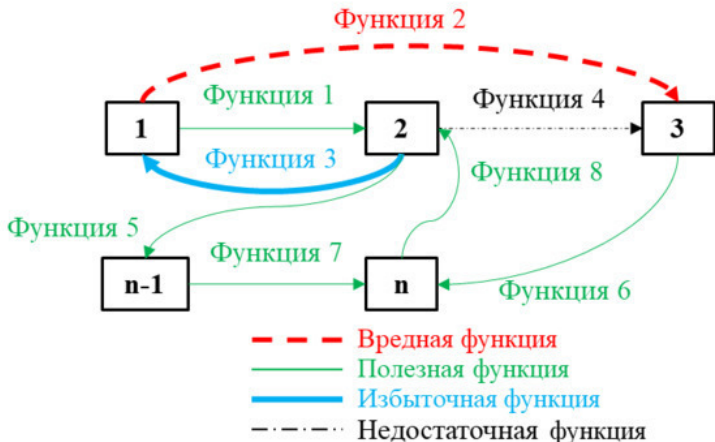


Рис. 1.9. Диагностическая модель

Итак, мы рассмотрели основные определения системного подхода: **система, функция, иерархия** и присущие им понятия: *целостность, свойство, отношение, процесс*. Кроме того, были введены понятия: **антропогенная и техническая системы**.

# 1.10. Системность

## 1.10.1. Общее представление

Понятие системности вытекает из системного подхода.

*Системность – это свойство, заключающееся в согласовании всех взаимодействующих объектов, включая окружающую среду.*

*Такое взаимодействие должно быть полностью сбалансировано.*

*Объект будет выполнен системным тогда и только тогда, когда он отвечает следующим системным требованиям.*

1. Система должна отвечать своему **предназначению**.
2. Система должна быть **жизнеспособной**.
3. Система **не должна отрицательно влиять** на расположенные рядом объекты и окружающую среду.
4. При построении системы необходимо учитывать **закономерности ее развития**.

**Системные требования** представляют собой составляющие закона увеличения степени системности (рис. 1.10).



Рис. 1.10. Структура системности

### 1.10.2. Предназначение системы

**Предназначение системы** описывается *главной функцией системы*, удовлетворяя определенную *потребность*.

### 1.10.3. Жизнеспособность

**Жизнеспособность** технической системы определяется ее **работоспособностью** и **конкурентоспособностью**.

Система будет **жизнеспособна**, если она **работоспособна** и **конкурентоспособна**.

**Работоспособность** — это способность выполнять заданную функцию с параметрами, установленными техническими требованиями, в течение расчетного срока службы<sup>33</sup>.

Другими словами, **работоспособность** – это качественное функционирование системы, т. е. качественное выпол-

<sup>33</sup> **Работоспособность** – материал из Википедии (в редакции автора).

нение *главной функции системы*.

К параметрам работоспособности помимо качественно-функционального функционирования системы (в том числе *надежности* и *долговечности*) можно также отнести *эргономические параметры* (характеризуют соответствие товара свойствам человеческого организма).

Работоспособность определяется наличием необходимых *элементов* с требуемым качеством, наличием и качеством необходимых *связей* между элементами, организацией необходимых *потоков* с требуемым качеством.

**Конкурентоспособность товара** – способность продукции быть привлекательной по сравнению с другими изделиями аналогичного вида и назначения, благодаря лучшему соответствию своих качественных и потребительским оценкам<sup>34</sup>.

**Конкурентоспособность** конкретной системы определяется по сравнению с конкурирующей системой. Конкуренция зависит:

- от количества и качества выполняемых функций;
- стоимости данной системы;
- своевременности ее появления на рынке.

Помимо технических функций следует учитывать также **эстетические** и **психологические**.

Один из основных *эстетических параметров* – это *дизайн продукта* и *упаковки*, включая и цветовую гамму.

---

<sup>34</sup> **Конкурентоспособность товара** – материал из Википедии.

К *психологическим параметрам* следует отнести *престижность, привлекательность, доступность* и т. п.

Теперь можно представить более детальную схему структуры системности (рис. 1.11), которая является структурой **закона увеличения степени системности**.



Рис. 1.11. Структура закона повышения степени системности

#### **1.10.4. Отрицательно не влиять на окружение**

Отсутствие учета таких влияний может не только отрицательно сказаться на работоспособности системы, но и вредно влиять на окружающие системы, надсистему и внешнюю среду.

#### **1.10.5. Учет закономерностей развития**

Системность так же учитывает и закономерности **исторического развития исследуемого объекта** . Это последнее требование системности. Оно учитывается при прогнозировании развития объекта исследования путем учета выявленных тенденций исторического и логического развития данного объекта, и учета общих законов развития систем. В результате получают общую тенденцию развития исследуемого объекта и концептуальное представление его следующих поколений.

# Глава 2. Структура законов и закономерностей развития систем

*Только тогда можно понять сущность вещей,  
когда знаешь их происхождение и развитие.*

*Гераклит Эфесский*

*(544—483 гг. до н. э.)*

*древнегреческий философ*

## 2.1. Общая структура законов и закономерностей развития систем

Система законов и закономерностей разбита на *безусловные* и *небезусловные*. Безусловные будем называть **законами**, а *небезусловные* – **закономерностями**. Безусловные – это те, не соблюдение которых приводит к неработоспособности системы. *Небезусловные* – это закономерности, которые реализуются только в определенных условиях, а при других условиях могут и не реализоваться.

Развитие любых объектов материального мира, природы, различных областей знаний, деятельности и мышления происходит по своим определенным законам.

Законы носят объективный характер, выражая реальные отношения вещей, а также их отражение в сознании.

Закономерности могут иметь и противоположные тренды и в зависимости от конкретных условий могут использоваться тренд или его противоположность анти-тренд.

Законы и закономерности развития систем могут быть:

– **Всеобщие** – это *универсальные законы*, справедливые для любой системы независимо от ее природы, вследствие единства материального мира. Самые общие из них – **законы диалектики** и **закономерность S-образного развития**;

– **Законы и закономерности развития систем**, присущие для всех *антропогенных систем*;

Структура законов и закономерностей развития систем представлена на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Структура законов и закономерностей развития

## 2.2. Структура закономерностей развития систем

**Законы и закономерности развития систем** определяют требования к построению и развития систем.

Общее направление развития систем идет в сторону **увеличения степени системности**.

Законы и закономерности развития систем можно разделить на две группы (рис. 2.2):

- **законы построения систем** (определяющие *работоспособность системы*);
- **закономерности эволюции систем** (определяющие *развитие систем*).



Рис. 2.2. Схема закономерностей развития систем

*Законы построения систем* должны обеспечивать тре-

бования **системности**:

- *предназначение*;
- *работоспособность*.

**Закономерности эволюции систем** должны обеспечивать другие требования **системности**:

- *конкурентоспособность*;
- *не влиять отрицательно на окружение*;
- *учитывать закономерности развития систем*.

Структура **законов построения** систем будут изложены в главе 4, а **закономерности эволюции** в главе 5.

# Глава 3. Всеобщие законы и закономерности развития систем

## 3.1. Законы диалектики

### 3.1.1. Структура законов диалектики

Наиболее общие из законов диалектики, следующие:

- закон перехода количественных изменений в качественные;
- закон единства и борьбы противоположностей;
- закон отрицания отрицания;

Структура законов диалектики показана на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Структура законов диалектики

### **3.1.2. Закон перехода количественных изменений**

**Закон перехода количественных изменений в качественные** вскрывает общий механизм развития.

В процессе развития количественные изменения в системе происходят непрерывно. При достижении определенного предела совершаются качественные изменения. Новое качество ускоряет темпы роста.

Количественные изменения при этом совершаются постепенно (эволюционно), а качественные – скачком (революционно). Характер и продолжительность скачка могут быть разнообразными – длительными и кратковременными, бурными и относительно спокойными, с взрывом и без него и т. д.

### **3.1.3. Закон единства и борьбы противоположностей**

**Закон единства и борьбы противоположностей** заключается в том, что все сущее состоит из противоположных начал, которые, будучи едиными по своей природе, находятся в борьбе и противоречат друг другу (пример: день и ночь, горячее и холодное, черное и белое, зима и лето, молодость и старость и т. д.).

### 3.1.4. Закон отрицания отрицания

Суть **закона отрицания отрицания** заключается в том, что процесс поступательного развития происходит в три стадии:

– *исходное состояние системы*;

– *отрицание этого состояния* и переход в другое состояние;

– *отрицание данного состояния* (отрицание отрицания) и возврат к исходному состоянию, но, как правило, на более высоком уровне с применением новых принципов действия, элементов, материалов, технологий и т. д.

Процесс развития происходит с относительной повторяемостью, как бы по пройденным ступеням – по спирали.



Где  $P$  – параметр системы,  $t$  – время

В качестве параметра « $P$ » могут быть, прежде всего, главные характеристики системы, например, размеры, скорость, мощность, количество проданных товаров, продолжительность жизни, численность населения, количество популяций и т. д.

Вначале система развивается медленно (этап I), при достижении некоторого уровня развитие ускоряется (этап II) и после достижения некоторого более высокого уровня скорость роста уменьшается и в конечном итоге рост параметра системы прекращается (этап III). Это этап стагнации, который может продолжиться очень долго. Иногда параметры начинают уменьшаться (этап IV) – система умирает (на графике это изображено пунктирной линией).

Подобные кривые часто называют **S—образными** или **логистическими (логиста)**.

Иногда этапы жизненного цикла можно представить в виде шляпе-образной кривой (рис. 3.3). Практически это представление полностью показывает этап IV.

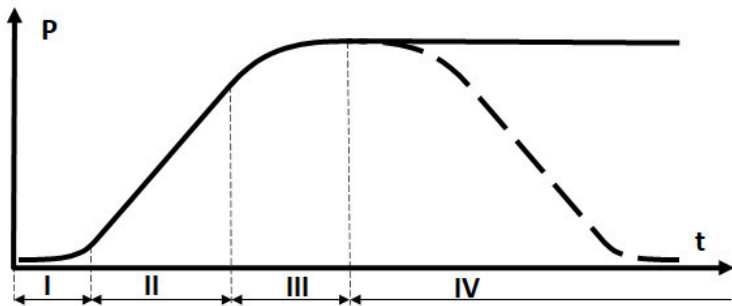


Рис. 3.3. Шляпе-образной кривая развития  
 Где P – параметр, t – время

### 3.2.2. Огибающие кривые

Прекращение роста данной системы не означает прекращение прогресса в этой области. Появляются новые более совершенные системы – происходит скачок в развитии. Это типичный пример проявления закона перехода количественных изменений в качественные (п. 3.1.2). Такой процесс изображен на рис. 3.4.

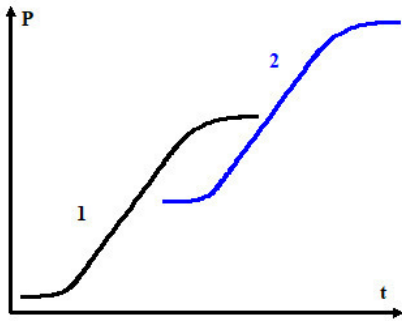


Рис. 3.4. Скачкообразное развитие систем

На смену системе 1 приходит 2. Скачкообразное развитие продолжается – появляются системы 3, 4 и т. д. (рис. 3.5).

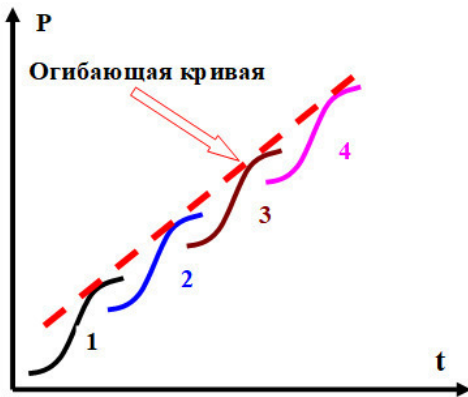


Рис. 3.5. Огибающая кривая

Общий прогресс можно показать при помощи касательной к данным кривым (пунктирная линия) – так называемой **оггибающей кривой**<sup>35</sup>.

Развитие любого вида систем может быть примером, подтверждающим эту закономерность.

Детально всеобщие законы и закономерности развития систем будут изложены в *томе 2*.

---

<sup>35</sup> **Эйрес Р. Научно-техническое прогнозирование и долгосрочное планирование.** – М.: Мир, 1971. **Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса.** Пер. с англ. (Общ. ред. и предисл. Д. М. Гвилиани), Изд. 2-е, доп. – М.: Прогресс, 1974, 586 с.

# Глава 4. Законы построения систем

## 4.1. Структура законов построения систем

**Законы построения** предназначены для создания *новой работоспособной системы*.

Работоспособная система:

- отвечает ее **предназначению** (т. е. выполняет **главную функцию системы**);
- имеет определенную **структуру**;
- структура обеспечивает свободное прохождение **необходимых потоков**;
- система **минимально согласована**.

*Необходимым условием принципиальной работоспособности системы является обеспечение ее назначения и наличие основных работоспособных частей и связей системы.*

В связи с этим группа **законов построения систем** включает (рис. 4.1):

- *закон соответствия*;
- *закон полноты и избыточности системы*;
- *закон проводимости потоков*;

– закон минимального согласования.



Рис. 4.1. Структура законов построения систем

## 4.2. Закон соответствия

**Закон соответствия** обеспечивает системное требование *предназначение*. Этот закон говорит о необходимости соблюдения соответствия структуры главной функции системы.

**Структура системы** должна обеспечивать выполнение **главной функции системы**, удовлетворяя определенную *потребность*. Для обеспечения работоспособности структура системы должна так же выполнять все *основные* и *вспомогательные функции*. Структура обеспечивает необходимый набор **элементов, связей и взаимодействий** между ними. Связи обеспечивают единство системы и возможность прохода потоков.

## 4.3. Закон полноты и избыточности

### 4.3.1. Общая информация

Разработка новой системы должна начинаться с определения всех системных свойств. Прежде всего, начинают с функциональности системы.

Полнота и избыточность могут быть *функциональными* и *структурными*.

### 4.3.2. Закономерность полноты

Полнота может быть *функциональной* и *структурной*.

#### **Функциональная полнота**

**Функциональная полнота** должна обеспечивать *генеральную цель* и *главную функцию* системы, и выполнять все *основные и вспомогательные функции*, т. е. выполнять одно из требований системности – **предназначение**.

Функциональную полноту можно рассматривать и как **закон функциональной полноты**.

#### **Структурная полнота**

**Структурная полнота** должна обеспечить другое требование системности – **работоспособность** (часть жизне-

**способности**). Это обеспечивается наличием необходимых **элементов** (частей) и **связей** системы, т. е. обеспечение **состава и структуры системы**.

Структурную полноту можно рассматривать и как **закон структурной полноты системы**

**Элементы** могут быть:

- *вещественные;*
- *энергетические;*
- *информационные.*

Они должны содержаться в необходимом *количестве* и обеспечивать определенное *качество*.

К *вещественным элементам* относятся, например, все *механические части*, в частности *корпус*.

К *энергетическим элементам* относятся *топливо, источники и преобразователи* различных видов энергии.

К *информационным элементам* могут, например, относиться элементы *системы управления, обработки, хранения и передачи информации*.

К **основным частям** (элементам) системы относятся (рис. 4.2):

- **рабочий орган;**
- **источник и преобразователь вещества, энергии и информации;**
- **связи;**
- **система управления.**



Рис. 4.2. Основные элементы системы

К *основным частям системы* можно отнести и **корпус**. Он *не является минимально необходимым*. Отдельные системы могут обходиться и без него, но большинство систем имеют корпус.

Существуют виды технических систем, где корпус является минимально необходимым, например, судно. В водоизмещающих судах корпус выполняет функцию удержания на плаву.

Набор всех основных частей системы представлен на рис. 4.3.



Рис. 4.3. Основные элементы технической системы

Это *минимально необходимый набор частей системы*, который обеспечивает ее *работоспособность*.

## Рабочий орган

*Рабочий орган* (иногда его называют «исполнительный элемент» или «инструмент») выполняет *главную функцию системы*. Именно рабочий орган непосредственно взаимодействует с изделием, для которого предназначена данная система.

Остальные части системы предназначены для обеспечения *работоспособности рабочего органа*.

## Источник и преобразователь

Существуют разнообразные *источники вещества, энер-*

*гии и информации.*

Имеются природные и искусственные **источники вещества**. К природным источникам вещества можно отнести, например, *полезные ископаемые, древесину* и т. д., а к искусственным – полученные в результате направленной деятельности человечества.

Среди **источников энергии** можно назвать, например, *солнце, ветер, электричество, топливо* и т. д.

Источники энергии могут быть *внешние, внутренние* и *смешанные*.

**Источники информации** могут быть:

– *по виду поля*: звуковые (акустические); электромагнитные, включающее электрическое и магнитное поля и весь спектр электромагнитных излучений (радиоволны, терагерцовые, инфракрасные – включая тепловые, видимый свет, ультразвуковые, рентгеновские и жесткие); вкусовые; запаховые; тактильные и т. д.;

– *по виду хранения*: наскальные, письменные (книги, журналы, газеты и т. д.), электронные (все виды запоминающих устройств, Интернет и т. д.), произведения искусств и т. п.

Известны различные **преобразователи вещества, энергии и информации**.

К **преобразователям вещества** можно отнести химические реакции, электричество (например, электролиз, гальванопластика и т. д.), нанотехнологии

и т. д.

Среди **преобразователей энергии** можно назвать двигатели, генераторы, трансформаторы, выпрямители, преобразователи частоты, химические реакции и т. д.

**Преобразователи информации** существуют для каждого из видов информации, их источников и хранения. В информационных системах используют компьютерные способы преобразования информации.

## Связи

**Связи** должны обеспечивать:

- **подвод необходимых и достаточных:**

- веществ;

- энергии;

- информации;

- **организацию потоков** (вещества, энергии и информации);

- **обеспечение системных свойств;**

- **отсутствие вредных воздействий** (вредных потоков):

- внутренние не должны осуществлять *вредных воздействий между элементами системы* (вредные потоки);

- внешние связи не должны осуществлять *вредных воздействий системы на надсистему, окружающую среду и противостоять вредным воздействиям* окружающей среды и надсистемы на систему (вредные потоки).

Связи можно разделить по признакам.

**1. Уровень взаимодействия:**

- *внутренние связи;*
- *внешние связи.*

**2. Вид связей:**

- *вещественные;*
- *энергетические;*
- *информационные.*

**3. Полезность:**

- *полезные связи;*
- *бесполезные связи;*
- *вредные связи.*

**4. Наличие:**

- *присутствующая связь;*
- *отсутствующая связь.*

**5. Временные характеристики:**

- *постоянная связь;*
- *временная связь;*
- *динамическая связь.*

**6. Вид контакта:**

- *контактные;*
- *бесконтактные.*

**Внутренние связи** – это связи внутри системы. Один из видов внутренних связей – это сборка элементов системы в корпусе.

*Внутренние связи* в системе необходимы для:

- построения *структуры системы*;
- определения *внутренней функциональности системы*;
- выявления *нежелательных и вредных воздействий в системе*.

**Внешние связи** – это связи с *надсистемой*, включая изделие, для которого предназначена система, и связи с *внешней средой* (включая все окружающие системы). *Связь с объектом* должна обеспечивать выполнения *главной функции* системы.

*Внешние связи* системы определяют работоспособность системы при взаимодействии с надсистемой и внешней средой и отсутствие отрицательных внешних воздействий на них. Система должна оставаться работоспособной при воздействии расчетных (заранее заданных) внешних воздействий.

**Вещественные связи** – это контактные связи, чаще всего *механические*, например, соединение деталей в корпусе, соединение проводов, труб, трансмиссии и т. д.

К **энергетическим связям** могут быть отнесены, например, *электрические провода и кабели, топливные трубопроводы, бесконтактная передача энергии*, например, индукционная и т. д.

К **информационным связям** могут быть отнесены, например, *провода*, по которым осуществляется передача информации, контроль и управление, все виды *беспроводной связи* и т. д., и т. п.

**Полезные связи** обеспечивают выполнение *полезных функций*.

**Бесполезные связи** – это, как правило, *лишние связи*, не создающие полезной работы и *не выполняющие полезные функции*. Это избыточные связи, которые желательно устранить.

**Вредные связи** – это связи, создающие *вредные действия (вредные функции)*. Этот вид связей необходимо устранять в первую очередь.

**Отсутствующая связь** возникает в случаях, когда при проектировании не учли какую-то полезную связь или после проектирования, возникла необходимость в новой связи, а она не предусмотрена. Такую связь мы называем *отсутствующей*.

**Постоянная связь** – это связь, которая не меняется в процессе работы системы, например, связь элементов в корпусе.

**Временная связь** – это связь, которая со временем исчезает, например, стрела имеет связь с луком только во время прицеливания.

**Динамическая связь** – это связь, изменяющаяся во времени, например, в телефоне имеется связь с абонентом только во время разговора, потом она отключается. При необходимости эта связь может быть восстановлена. Практически в любом электронном приборе, транзистор подключает и отключает сигнал.

**Контактные связи** осуществляются с помощью *веществ* – *вещественные связи* (механические соединения, трубопроводы, провода и т. п.).

**Бесконтактные связи** осуществляются с помощью *полей* (весь диапазон электромагнитных излучений: радиоволны, инфракрасное, видимое, ультрафиолетовое, рентгеновские и гамма-излучения; электрическое и магнитное поля; звуковые поля и т. д.).

## **Система управления**

Система управления обеспечивает функции контроля и управления объектом.

## **Историческая справка**

Хотелось бы напомнить, как развивалось понятие «техническая система» начиная с 19 века.

В 1843 г. В. Шульц описал прототип *закона полноты частей системы*. Он писал, что «можно провести границу между орудием и машиной: заступ, молот, долото и т. д., системы рычагов и винтов, для которых, как бы искусно они ни были сделаны, движущей силой служит человек... все это подходит под понятие орудия; между тем плуг с движущей его силой животных, ветряные мельницы следует

причислить к машинам»<sup>36</sup>.

Чуть позже некоторые законы развития техники были описаны К. Марксом и Ф. Энгельсом.

К. Маркс описал эти законы в разделе «Развитие машин»<sup>37</sup>: «... различие между орудием и машиной устанавливается в том, что при орудии движущей силой служит человек, а движущая сила машины – сила природы, отличная от человеческой силы, например, животное, вода, ветер и т. д.»<sup>38</sup>. Далее К. Маркс пишет: «*Всякое развитое машинное устройство состоит из трех существенно различных частей: машины—двигателя, передаточного механизма, наконец, машины-орудия, или рабочей машины. Машина-двигатель действует как движущая сила всего механизма. Она или сама передает свою двигательную силу или как паровая машина, калорическая машина, электромагнитная машина и т. д., или же получает импульс извне, от какой-либо готовой силы природы, как водяное колесо*

---

<sup>36</sup> **Wilhelm Schulz «Die Bewegung der Produktion».** Eine geschichtlich-statistische Abhandlung zur Grundlegung einer neuen Wissenschaft des Staats und der Gesellschaft». Zürich und Winterthur, 1843, p. 38 (В. Шульц. «Движение производства. Историко-статистическое исследование для обоснования новой науки о государстве и обществе». Цюрих и Винтертур, 1843. – С. 38).

<sup>37</sup> **Маркс К. Капитал.** – Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. Изд. 2-е. – М.: Политиздат, 1960, Т. 23. Глава XIII «Машины и крупная промышленность». – С. 382–396.

<sup>38</sup> **Маркс К. Капитал.** – Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. Изд. 2-е. – М.: Политиздат, 1960, Т. 23. Глава XIII «Машины и крупная промышленность». – С. 383.

*от падающей воды, крыло ветряка от ветра и т. д. Передаточный механизм, состоящий из маховых колес, подвижных валов, шестерен, эксцентриков, стержней, передаточных лент, ремней, промежуточных приспособлений и принадлежностей самого разного рода, регулируют движения, изменяет, если это необходимо, его форму, например, превращает из перпендикулярного в круговое, распределяет его и переносит на рабочие машины. Обе эти части механизма существуют только затем, чтобы сообщить движение машине-орудию, благодаря чему она захватывает предмет труда и целесообразно изменяет его. ... Первоначально „машина-орудие“ (рабочая машина) представляла в очень измененной форме все те же аппараты и орудия, которыми работают ремесленник или мануфактурный рабочий, но это уже орудия не человека, а орудия механизма, или механические орудия»<sup>39</sup>.*

В терминах, принятых в ТРИЗ, на наш взгляд, описанные понятия можно представить:

- Орудие – это рабочий орган или инструмент;
- Машина – видимо, можно так и оставить.

По Марксу «машинное устройство» состоит из частей:

- машина—двигатель;

---

<sup>39</sup> **Маркс К. Капитал.** – Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. Изд. 2-е. – М.: Политиздат, 1960, Т. 23. Глава XIII «Машины и крупная промышленность». – С. 383–384.

– *передаточный механизм*;

– *машина-орудие, или рабочая машина.*

В ТРИЗ эти понятия Г. С. Альтшуллер называл:

– *машина—двигатель – двигатель*;

– *передаточный механизм – трансмиссия*;

– *машина-орудие, или рабочая машина – рабочий орган.*

В первых работах Г. С. Альтшуллера он говорит о машинах и процессах<sup>40</sup>.

Состав компонентов технической системы (ТС) Г. С. Альтшуллер впервые описал в 1977 г. в работе<sup>41</sup>, а позже в книге «Творчество как точная наука»<sup>42</sup> и позже в<sup>43</sup> [6].

Практически с этого времени появилось понятие о ТС.

К ранее введенным компонентам «машинного устройства» (машина—двигатель, передаточный механизм, машина-орудие, или рабочая машина) Г. С. Альтшуллер добавил

---

<sup>40</sup> Альтшуллер Г. С. **Как научиться изобретать.** – Тамбов: Кн. изд., 1961, 128 с. – С. 56. Альтшуллер Г. **Как работать над изобретением.** О теории изобретательства. – Азбука рационализатора. – Тамбов, Кн. Изд-во, 1963. 352 с. – С. 276. Альтшуллер Г. **Как работать над изобретением.** О теории изобретательства. – С. 300–301.

<sup>41</sup> Альтшуллер Г. С. **О законах развития технических систем.** – Баку, 20.01.1977.

<sup>42</sup> Альтшуллер Г. С. **Творчество как точная наука.** Теория решения изобретательских задач. – М.: Сов. радио, 1979. – 184 с. – Кибернетика. – С. 113–127.

<sup>43</sup> Альтшуллер Г. С. **Законы развития технических систем.** – Альтшуллер Г. С. Дерзкие формулы творчества. – Дерзкие формулы творчества/ (Сост. А. Б. Селюцкий). – Петрозаводск: Карелия, 1987. – 269 с. – (Техника-молодежь-творчество). – С. 61–65.

«орган управления».

Таким образом, Г. С. Альтшуллер практически ввел понятие, что считать системой. Он это описал в виде закона полноты частей системы.

По Альтшуллеру система должна состоять из:

- Двигателя;
- Трансмиссии;
- Рабочего органа;
- Органа управления.

Таким образом можно говорить о понятиях:

- Орудие или инструмент;
- Машина;
- Техническая система.

**Орудие** или **инструмент** содержат *рабочий орган* и *трансмиссию* и не содержат двигатель и органа управления. К ним относятся ручные инструменты, например, молоток, нож, ножницы, лопаты и т. д.; механические механизмы, например, ручная дрель и т. д.; приспособления, например, различные приспособления для кухни, типа ручной кофемолки, различных измельчителей, не содержащих двигатель и т. д. При работе с ними функции двигателя и системы управления выполняет человек.

**Машина** содержит *рабочий орган*, *трансмиссию* и *двигатель* и не содержит систему управления. Функцию системы управления выполнял человек.

**Техническая система** содержит все перечисленные вы-

ше компоненты: *рабочий орган, трансмиссию, двигатель и орган управления.*

Автор предлагает рассматривать отдельно эти три понятия и не называть любой объект системой.

### 4.3.3. Закономерность избыточности

*Необходимым условием принципиальной работоспособности*

*системы является наличие избыточности системы.*

*Избыточность – это закономерность, по которой приблизительно 20% функций, элементов и связей системы выполняют около 80% работы.*

*При создании работоспособной системы нужно учитывать, что для выполнения какой-либо работы, кроме основных элементов и связей (выполняющих главную функцию), необходимо еще приблизительно 80% вспомогательных, причем они, как правило, выполняют только 20% основной работы. Учитывая это, следует предусмотреть лишний расход вещества, энергии и информации (приблизительно 20% на обеспечение главной функции и 80% основных и вспомогательных).*

В общем виде закономерность избыточности формулируется как «**20% усилий дают 80% результата, а остальные 80% усилий – лишь 20% результата**»<sup>44</sup>.

---

<sup>44</sup> Закон Парето – материал из Википедии.

Эта закономерность была открыт итальянским экономистом и социологом Вильфредо Парето (Vilfredo Federico Damaso Pareto) в 1897 году. Он получил название «**Закон Парето**» или «**Принцип Парето**».

**Избыточность** может быть:

– *функциональной;*

– *структурной.*

**Функциональная избыточность** определяется тем, что для обеспечения работоспособности системы, помимо *главной функции*, необходимо выполнять еще *основные и вспомогательные функции*.

**Структурная избыточность** определяется необходимостью введения дополнительных *элементов и связей*, кроме *рабочего органа*, для обеспечения работоспособности системы; наличием, как минимум, *источника и преобразователя энергии, системы управления и связи*.

Избыточность особо велика, когда к системе предъявляются *повышенные требования*.

Это наиболее характерно для *систем безопасности и спасательных средств, медицинского оборудования, военной техники, сложных научных исследований, спортивного оборудования, предметов роскоши, массовых праздников* и т. п. Все они, как правило, имеют средства дублирования, значительные запасы (мощности, энергии, провиантов, медицинских препаратов, боеприпасов и т. п.) или «излишества», роскошь.

**Дублирование** может быть в виде второго, точно такого же, комплекта систем или подобных систем – **структурное дублирование**. Часто в качестве дублирования используется альтернативную систему, выполняющую точно такую же или более общую функцию. Это вид **функционального дублирования**.

## 4.4. Закон проводимости потоков

### 4.4.1. Общее представление

*Необходимым условием принципиальной работоспособности системы является проход потоков вещества, энергии и информации к требуемому элементу системы.*

Вещество, энергия и информация должны проходить от источника потока до требуемого элемента, совершая необходимые преобразования и выполняя соответствующие полезные функции.

Создание правильных потоков обеспечивает необходимую **функциональность** и **работоспособность** системы. **Отсутствие** хотя бы *одного жизненно-важного потока* делает систему **не работоспособной**.

### 4.4.2. Потоки

Понятие о потоках было дано раньше (п. 1.6).

Напомним, что **поток** может быть:

- *вещества;*
- *энергии;*
- *информации.*

*Поток вещества обеспечивает транспортировку вещества в различных агрегатных состояниях (например, в твердом, гелеобразном, жидком и газообразном) или объектов.*

Транспортировка **веществ** может осуществляться, например, по *трубопроводам*, с помощью *конвейерной (транспортной) ленты* и т. п., а **объектов** с помощью *транспортных средств*, например, по железной дороге, с помощью автотранспорта, судов, самолетов, эскалаторов, транспортеров и т. д.

**Энергетический поток** доставляет энергию от источника к требуемому элементу. Поток может, например, доставлять механическую, электрическую, оптическую, химическую, другие виды энергии, различные излучения и т. д.

**Информационный поток** обеспечивает *проход информации от источника к требуемым элементам, например, от системы управления к органам управления и от них к системе управления*. Информационный поток может осуществляться с помощью, например, *проводов*, по которым осуществляется передача информации, контроль и управление и всех видов *беспроводной связи* и т. д. Они могут распространяться различными путями: через печатные материалы, Интернет, радио и телевидение и т. д. Носителями информации является вещество и/или поле (энергия).

## 4.5. Закон минимального согласования системы

### 4.5.1. Общее представление

*Необходимым условием принципиальной работоспособности системы является минимальное согласование частей и параметров системы и системы с надсистемой.*

При разработке новой системы согласование необходимо провести по всей цепочке системного синтеза (рис. 1.3): потребность, функция, принцип действия, система.

В связи с этим согласование можно разделить на две группы: внешнее и внутреннее (согласование внутри системы).

Первоначально проводится внешнее, а затем внутреннее согласование.

Опишем последовательности внешнего и внутреннего согласования.

*Внешнее согласование:*

- Согласование *потребности и главной функции*;
- Согласование *главной функции и принципа действия*;
- Согласование *принципа действия и рабочего органа* (рабочий орган должен обеспечить главную функцию).

*Внутреннее согласование* (минимальное согласование):

- Минимальное согласование преобразователя с рабочим

органом;

– Минимальное согласование *источника и преобразователя вещества, энергии и информации* между собой и с рабочим органом и системой управления;

– Минимальное согласование *системы управления с рабочим органом, источником и преобразователем вещества, энергии и информации*;

– Согласование всех связей и потоков;

– Минимальное согласование всех *параметров системы*.

Главная функция должна удовлетворять выбранную потребность.

Принцип действия должен выполнять главную функцию.

Рабочий орган должен осуществить принцип действия.

Во внутреннем согласовании осуществляется минимальное согласование всех минимально необходимых частей, связей, потоков и параметров системы.

Преобразователь согласуется (подбирается) в соответствии с выбранным рабочим органом. Преобразователь должен обеспечить рабочий орган всеми необходимыми ему веществами, энергией и информацией для выполнения в соответствующем качестве и количестве для выполнения надлежащей работы, т. е. обеспечить работоспособность рабочего органа.

Преобразователи подбираются или разрабатываются в соответствии с их источниками или наоборот источники подбираются в соответствии с преобразователями.

**Минимальное согласование** проводится по *функциям, структуре, соответствию структуры функциям и параметрам*. Минимальное согласование позволяет *учесть взаимосвязи и взаимовлияния*. Таким образом, согласование бывает:

- *функциональное;*
- *структурное;*
- *функционально-структурное;*
- *параметрическое.*

## **4.5.2. Функциональное согласование**

*Функциональное согласование* – это согласование функций между собой. Оно осуществляется при формировании функциональной модели для синтеза новых систем.

### **4.5.3. Структурное согласование**

*Структурное согласование* – это согласование элементов системы между собой. При этом выявляют их взаимосвязь и взаимовлияние друг на друга и на систему в целом, т. е. определяют соответствие этих элементов друг другу. Кроме того, согласовывают систему с надсистемой и внешней средой.

## **4.5.4. Функционально-структурное согласование**

*Функционально-структурное согласование* – это соответствие структуры системы ее функциям, т. е. согласование структуры и функций.

## **4.5.5. Параметрическое согласование**

*Параметрическое согласование* – это согласование всех параметров системы между собой.

## 4.6. Построение новой системы

### 4.6.1. Общий подход

Для построения новых систем используется системный подход, включающий системный анализ и системный синтез (п.1.7.2)

Системный анализ имеет два направления:

1. Выявление принципа действия, главной функции и потребности, которую удовлетворяет исследуемая система;
2. Выявление недостатков (1.7.3).

Новую систему можно строить для существующих или альтернативных принципов действия, функций и потребностей.

Альтернативные принципы действия можно найти, используя различные виды эффектов и трансфер технологий. Альтернативные функции можно выявить, применяя закономерности изменения функций (8.2). Альтернативные потребности можно выявить, используя закономерности развития потребностей (8.1).

### 4.6.2. Последовательность построения новой системы

1. Анализ существующих систем (бенчмаркинг).
2. Определение *потребности*, которую необходимо удо-

влетворить.

3. Выбор *главной функции*, способной удовлетворить выбранную *потребность*.

4. Выбор *принципа действия*, способного наилучшим образом выполнить *главную функцию*.

5. Выбор *вида рабочего органа*, способного наилучшим образом выполнять *принцип действия* системы.

6. Выбор *источника и преобразователя вещества, энергии и информации*. Они должны наилучшим образом обеспечивать *работоспособность системы*.

7. Выбор *системы управления*.

8. Выбор *связей*. Существенным образом зависит от выбранных элементов.

### 4.6.3. Анализ существующих систем

Анализ производится как по существующим продуктам (услугам) и компаниям производителей, так и по патентным и другим печатным материалам.

Выявляются достоинства и недостатки продукта и компании. Кроме того, анализируются тенденции развития рынка.

Строятся тренды развития продукта, компании и рынка по реальным и патентным данным. Технология поиска информации и построения трендов будет изложена в главе прогнозирование.

Кроме того, желательно провести анализ продвижения

продукта (услуги) на рынок, который проводится по специальной методике, разработанной автором<sup>45</sup>. Эта методика использует *закономерности развития продукта, компании и рынка и их взаимодействие*. Особенно это важно для компаний стартап и инвесторов этих компаний.

#### **4.6.4. Определение потребности, функции и принципа действия**

Перед выбором рабочего органа определяют цель разработки, потребность, которую необходимо удовлетворить и главную функцию, способную выполнить эту потребность (п. 1.7.2).

Альтернативные принципы действия можно найти, используя различные виды эффектов (физические, химические, биологические) и трансфер технологий. Альтернативные функции можно выявить, применяя закономерности изменения функций (8.2). Альтернативные потребности можно выявить, используя закономерности развития потребностей (8.1).

По этим данным строится дерево потребностей, главных функций, принципов действий и систем. На каждом уров-

---

<sup>45</sup> **Петров Владимир. Системный анализ продвижения продукта на рынок: ТРИЗ** / Владимир Петров. [б. м.]: Издательские решения, 2018. – 26 с. – ISBN 978-5-4493-0972-3 **Петров Владимир. Управление инновациями: Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)** / Владимир Петров. – [б. м.]: Издательские решения, 2020. – 130 с. – ISBN 978-5-0051-0072-6

не определяется полнота (потребностей и функций) и выбирается наилучшие (потребность, главная функция, принцип действия и система).

Таким образом, выбирается концепция будущей разработки.

# 5. Закономерности эволюции систем

## 5.1. Структура закономерностей эволюции систем

**Закономерности эволюции систем** предназначены для улучшения, совершенствования **существующих систем**. Они показывают *общее направление развития систем и тенденции их изменения*.

Каждая из **закономерностей эволюции систем** осуществляется определенными тенденциями (трендами), которые имеют противоположные тенденции – анти-тенденции (анти-тренды). Кроме того, имеются механизмы, осуществляющие закономерности (рис. 5.1).

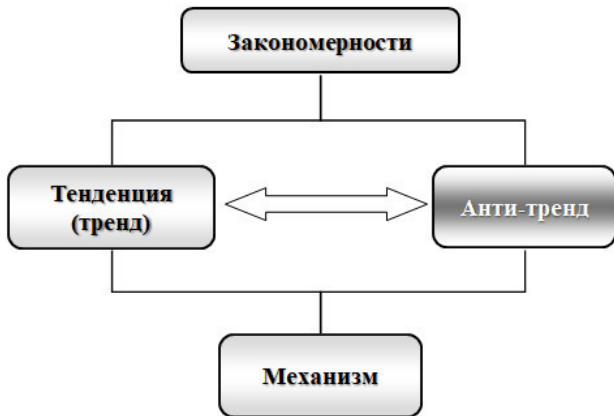


Рис. 5.1. Структура закономерностей эволюции систем

В связи с этим практически каждая из закономерностей имеет свою противоположную тенденцию. Особенности применения закономерности и ее противоположности будут описаны в томе 3.

Большая часть систем развивается по основным трендам. Некоторые виды систем развиваются по анти-тенденциям или сочетание тенденции и анти-тенденции.

Основные из **закономерностей эволюции систем**, следующие (рис. 5.2):

- **закономерность увеличения степени идеальности;**
- **закономерность увеличения степени управляемости и динамичности;**

- закономерность увеличения степени согласования;
- закономерность перехода в надсистему ;
- закономерность перехода на микроуровень ;
- закономерность свертывания ;
- закономерность сбалансированного развития систем.



Рис. 5.2. Структура закономерностей эволюции систем

С учетом анти-тенденций группа закономерностей эволюции систем имеет вид (рис. 5.3):

- закономерность изменения степени идеальности ;
- закономерность изменения степени управляемости и динамичности;

- закономерность согласования – рассогласования ;
- закономерность перехода в над- и подсистему ;
- закономерность перехода на микро- и макроуровень ;
- закономерность свертывания – развертывания ;
- закономерность несбалансированного – сбалансированного развития систем.



Рис. 5.3. Структура закономерности эволюции систем

Общее направление развития систем определяется закономерностью увеличения степени идеальности. Это самая главная закономерность эволюции систем.

## 5.2. Закономерность изменения степени идеализации системы

### 5.2.1. Общие представления

**Закономерность изменения степени идеальности** является основной из закономерностей эволюции систем (рис. 5.4).



Рис. 5.4. Структура закономерностей эволюции систем

Закономерность изменения степени идеальности включает две закономерности:

- 1) закономерность увеличения степени идеальности;
- 2) закономерность уменьшения степени идеальности (анти-идеальность – тенденция уменьшения идеальности).

## 5.2.2. Общие понятия закономерности увеличения степени идеальности

Общее направление развития систем определяется **закономерностью увеличения степени идеальности**. Это самая главная закономерность эволюции систем.

**Закономерность увеличения степени идеальности** заключается в том, что любая система в своем развитии стремится стать идеальнее.

Одно из направлений увеличения степени идеальности – это максимальное **уменьшение избыточности**. Под уменьшением избыточности понимается уменьшение *функциональной* и *структурной избыточности*.

*Уменьшение функциональной избыточности* означает максимально возможное уменьшение дополнительных функций, такое, чтобы оно не отразилось на выполнении главной функции системы, т. е. функциональность системы выполнялось бы на том же или лучшем уровне.

*Уменьшение структурной избыточности* предусматривает уменьшение «лишних» частей и связей в системе. При этом система должна не только остаться работоспособной, но и не должна пострадать функциональность – она должна выполняться на том же или лучшем уровне.

Уменьшение избыточности может осуществляться использованием закономерности свертывания.

Направление идеализации определяется закономерностями-

ми повышения степени управляемости и динамичности, согласованием-рассогласованием, переходом в над- и подсистему, переходом на микро- и макроуровень, и свертывания-развертывания систем.

### **5.2.3. Виды степеней идеализации системы**

Условно можно выделить четыре степени идеализации системы.

1. Появляться в нужный момент в нужном месте по требуемому условию.
2. Самоисполнение.
3. Идеальная система – это функция.
4. Функция становится не нужной.

#### **Система появления в нужный момент в нужном месте по требуемому условию**

Идеальная система должна появляться в нужный момент в необходимом месте или при необходимом условии и нести полную (100%) расчетную нагрузку.

В остальное (не рабочее) время этой системы быть не должно (она должна исчезнуть) или выполнять другую полезную работу (функцию).

#### **Самоисполнение**

Идеальная система должна выполнять все процессы (действия) самостоятельно без участия человека.

## **Идеальная система – функция**

Идеальной системы быть не должно, а ее работа должна выполняться как бы сама собой, по мановению волшебной палочки.

Функция должна выполняться без средств.

Идеальная система – это система, которой не существует – ее нет, а ее функции выполняются в нужный момент, в необходимом месте или при необходимом условии (причем в это время система несет 100% расчетную нагрузку), не затрачивая на это вещества, энергии, времени и финансов.

Таким образом, идеальная система должна выполнять полезные функции в нужный момент, в необходимом месте или при необходимом условии, иметь нулевые затраты и не иметь нежелательных эффектов.

Использование информации, если она не требует финансовых затрат, не относится к затратам. Система тем идеальнее, чем больше она использует бесплатной информации.

*Тенденция:* **материальная система** заменяется **виртуальной** или **программным обеспечением**.

**Предельная степень идеализации – отказ от функ-**

Предельная степень идеализации – функция становится не нужной.

Один из вариантов – это выполнение более общей функции.

### 5.2.4. Показатель степени идеальности

Степень идеализации системы можно представить в виде формулы (5.1)<sup>46</sup>:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i F_i Q_i}{\sum_{i=1}^n \beta_i C_i + \sum_{i=1}^n \gamma_i H_i} \Rightarrow \infty; \quad (5.1)$$

где

---

<sup>46</sup> В этом виде формула предложена автором: **Vladimir Petrov, Avraam Serebinski. Progress and Ideality.** – TRIZ Futures 2005. 5<sup>th</sup> ETRIA Conference. November 16 to 18, 2005. Graz, Austria. P. 195—204 conference. – The TRIZ Journal. Петров В. М. Формулы идеальности. – Научно-практическая конференция «ТРИЗ-ФЕСТ 2009»: сборник трудов конференции. СПб, 2009. – 302 с. – С. 149—152 URL: [www.patentovedam.narod.ru/download7/ideality.doc](http://www.patentovedam.narod.ru/download7/ideality.doc).

$I$  – степень идеализации (безразмерная величина);

$F$  – полезная функция или полезный эффект;

$Q$  – качество полезной функции (эффекта);

$C$  – затраты времени и средств на осуществление полезной функции;

$H$  – вредное действие (вредные функции);

$i$  – порядковый номер функции;

$n$  – количество функций;

$a, \beta, \gamma$  – коэффициенты согласования, для обеспечения безразмерности.

В соответствии с формулой для увеличения степени идеальности число полезных функций следует увеличивать и улучшить их качество, а затраты и вредные функции уменьшать. В пределе, когда числитель стремится к бесконечности, а знаменатель стремится к нулю, идеальность стремится к бесконечности.

Для простоты представим формулу в упрощенном виде (5.2):

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \Rightarrow \infty \quad (5.2)$$

где

$I$  – степень идеальности;

$F$  – выполняемая функция или полезный эффект;

$P$  – вредный эффект, затраты (факторы расплаты);

$i$  – номер функции  $F$ ;

$n$  – количество функций.

### **5.2.5. Общие способы идеализации**

К общим способам идеализации можно отнести:

- 1) закономерность развертывания – свертывания;
- 2) использование ресурсов;
- 3) модульный принцип;
- 4) использование одноразовых объектов;
- 5) способы устранения нежелательных эффектов;
- 6) принципы разрешения противоречий.

Закономерность развертывания-свертывания будет изложена ниже. С помощью закономерности развертывания системы, можно увеличить количество функций системы, а с помощью закономерности свертывания системы или процессов можно уменьшить затраты.

### **Модульные принципы построения систем**

Модульный принцип построения систем заключается

в том, что систему разбивают на определенные части (модули, блоки) и каждую часть (модуль) можно создавать отдельно.

Любую систему можно разделить на определенные модули (блоки), что позволяет каждый модуль создавать в наилучшем месте, в наилучшее время, наилучшими специалистами, используя наилучшие технологии и наилучшее оборудование. Что обеспечивает:

- наилучшее качество системы;
- многофункциональность системы;
- наименьшие затраты;
- наименьшие нежелательные эффекты.

Модули могут создаваться, например, по функциональному признаку.

«Сборка» системы из отдельных модулей может осуществляться менее квалифицированными специалистами, за меньший срок и более качественно, чем «сборка» систем из отдельных немодульных частей.

Таким образом, модульный принцип построения систем позволяет следующее.

**1.** Создавать системы с наивысшим качеством за счет:

а) использования наилучших специалистов:

- по разработке структуры модульной системы;
- разработке структуры каждого отдельного модуля;
- изготовлению каждого отдельного модуля;
- сбору отдельных модулей в систему.

б) создания каждого функционального модуля в специализированном месте, где имеются:

- наилучшие условия;
- наиболее прогрессивные технологии по разработке, изготовлению и контролю качества и т. д.;
- наилучшие специалисты и т. п.

**2.** Делать систему с большим количеством функций, например, путем соединения модулей с дополняющими друг друга функциями.

**3.** Уменьшить затраты времени и средств на создание, «сборку» и реорганизацию системы (уменьшение себестоимости), например, за счет:

а) уменьшения затрат времени и средств на создание модулей.

б) уменьшения затрат времени и средств на «сборку», ремонт и реорганизацию системы:

- сокращение времени на сборку, ремонт и реорганизацию системы за счет ее значительного упрощения. Ремонт и реорганизация идут путем полной замены модуля (блока);
- использование менее квалифицированных, а, следовательно, и менее оплачиваемых специалистов.

**4.** Уменьшить нежелательные эффекты:

а) модульный принцип построения часто предусматривает только одну возможность соединения конкретных модулей, что исключает ошибку в соединении модулей (защита от «дурака»);

б) варианты соединения отдельных модулей, как правило, «просчитываются» заранее, что тоже исключает соединение нежелательных модулей.

## Способы устранения нежелательных эффектов

**Нежелательный эффект** в общем случае – это вредное, избыточное или недостающее действие, которое может возникать в процессе жизнедеятельности системы.

В данном параграфе под нежелательным эффектом будем понимать явление, вызываемое воздействием вредного действия на объект и/или вызываемое воздействием последствий вредного действия.

В простейшем случае схему вредного действия можно представить цепочкой изображенной на рис. 5.5.

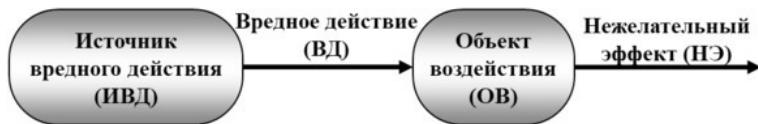


Рис. 5.5. Схема вредного действия

Более детально схема вредного действия представлена на рис. 5.6.

В дополнение к предыдущей схеме объект можно рас-

смаатривать как источник вредного действия. В этом случае объект сам генерирует **последствия вредного действия (ПВД)** – вторичные вредные действия, которые могут воздействовать на него самого или другие объекты ( $OB_2$ - $OB_n$ ), вызывая новые нежелательные эффекты ( $НЭ_2$ - $НЭ_n$ ). На рис. 5.6 петлей обратной связи показано воздействие последствий вредного действия на сам объект ( $OB_1$ ). Подобные воздействия возможны и на  $OB_2$ - $OB_n$ .

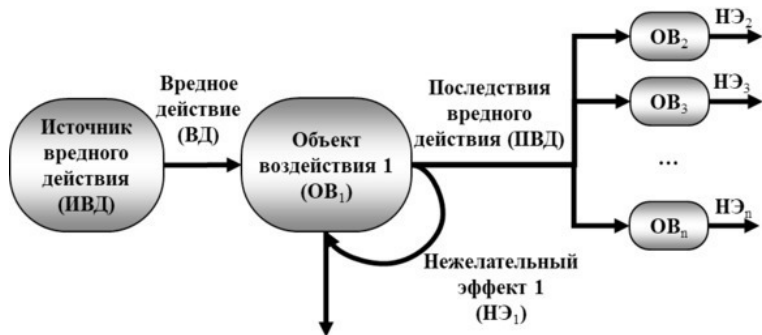


Рис. 5.6. Подробная схема вредного действия

Идеально, когда можно использовать вредное действие и/или его источник и/или его последствия в качестве полезных.

Опишем способы устранения нежелательного эффекта. Нежелательный эффект (НЭ) может быть устранен путем:

- ликвидации;
- изоляции;
- компенсации вредного действия;
- «оттягиванием» вредного действия и/или его последствий.

Ликвидация может применяться:

- к источнику вредного действия и/или причине его возникновения;
- вредному действию;
- последствиям вредного действия.

Изоляция может применяться:

- к источнику вредного действия;
- объекту (-ам) воздействия.

Компенсация и «оттягивание» могут применяться:

- вредному действию;
- последствиям вредного действия.

Компенсация – это противоположное воздействие. Идеально, когда оно точно такое же по величине и принципу действия и направлено точно противоположно вредному действию.

«Оттягивание» – это направление вредного действия в безопасное место. Желательно, чтобы система была готова к этому заранее.

Возможны различные комбинации указанных способов устранения нежелательных эффектов.

Некоторые варианты способов устранения нежелательных

эффектов показаны ниже на рис. 5.7—5.17.

На рис. 5.7—5.9 представлены схемы ликвидации. На схемах ликвидация условно обозначена в виде перечеркнутых линий (). Серым цветом показаны отсутствующие действия.

На рис. 5.7 показана ликвидация источника вредного действия.



Рис. 5.7. Ликвидация источника вредного действия

Ликвидация вредного действия (рис. 5.8) тесно связана с ликвидацией источника вредного действия и часто неотделима от этого процесса.



Рис. 5.8. Ликвидация вредного действия

Ликвидация последствий вредного действия изображена на рис. 5.9.



Рис. 5.9. Ликвидация последствий вредного действия

Способы *изоляции* показаны на рис. 5.10—5.12. На схемах изоляция условно обозначена в виде серого овала.

Можно изолировать источник вредного действия (рис.

5.10) или объекты воздействия (рис. 5.11, 5.12).

На рис. 5.10 показана изоляция источника вредного действия.



Рис. 5.10. Изоляция источника вредного действия

Объекты могут изолироваться каждый по отдельности, все вместе или в любой комбинации.

Изоляция объектов в отдельности условно изображена на рис. 5.11.



Рис. 5.11. Изоляция каждого объекта в отдельности

На рис. 5.12 условно изображена изоляция объектов вместе.



Рис. 5.12. Изоляция нескольких объектов воздействия

Рассмотрим способы *компенсации*. На схемах компенсация условно обозначена в виде компенсатора и стрелки.

Компенсация вредного действия воздействием на объект

показана на рис. 5.13.

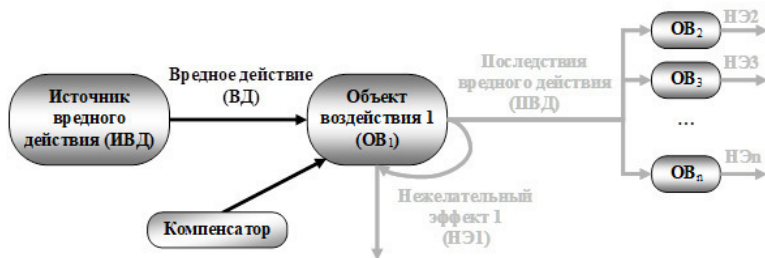


Рис. 5.13. Компенсация вредного действия воздействием на объект

Компенсация вредного действия воздействием на вредное действие показана на рис. 5.14.



Рис. 5.14. Компенсация вредного действия воздействием на вредное действие

Компенсация последствий вредного действия воздействием на последствия вредного действия показана на рис. 5.15.

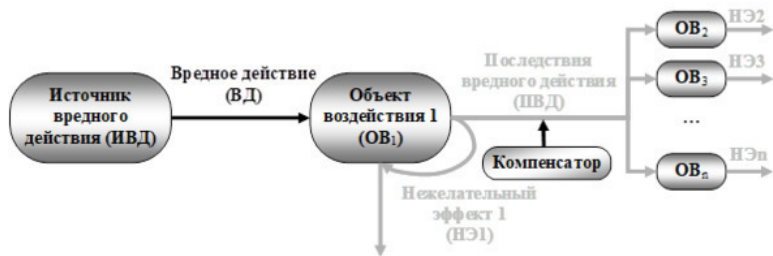


Рис. 5.15. Компенсация последствий вредного действия воздействием на последствия вредного действия

Рассмотрим способы «оттягивания» вредного действия. «Оттягивание» вредного действия изображено на рис. 5.16.



Рис. 5.16. «Оттягивание» вредного действия

«Оттягивание» последствий вредного действия показано на рис. 5.17.

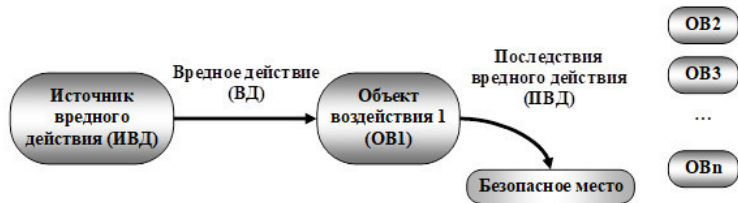


Рис. 5.17. «Оттягивание» последствий вредного действия

При устранении нежелательного эффекта желательно начинать с использования источника вредного действия, а затем его ликвидации. Общее направление действий по устра-

нению нежелательного эффекта – это движение слева направо (рис. 5.18). Это означает, что, прежде всего, следует обратить внимание на источник вредного действия (ИВД), затем на вредное действие (ВД), потом на объект (ОВ<sub>1</sub>), далее на последствия вредного действия (ПВД), в последнюю очередь на объекты (ОВ<sub>2</sub>-ОВ<sub>n</sub>) и нежелательные эффекты (НЭ<sub>2</sub>-НЭ<sub>n</sub>), создаваемые ими.

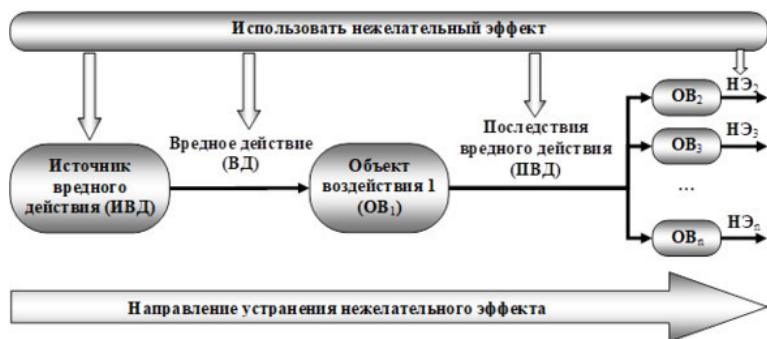


Рис. 5.18. Общее направление действий по устранению нежелательного эффекта

Ликвидация источника вредного действия предпочтительнее его изоляции.

Опишем одну из возможных последовательностей устранения нежелательного эффекта.

Алгоритм устранения нежелательного эффекта (НЭ) показан на

рис. 5.19.

1. Лучше всего сначала попробовать использовать вредное действие, его источник и/или последствия вредного действия для получения полезного действия, желательного эффекта.

2. Ликвидировать источник вредного действия, вредное действие, причину возникновения вредного действия и/или последствия вредного действия.

3. Изолировать источник вредного действия и/или объект (-ы).

4. Компенсировать вредное действие путем воздействия на объект (-ы) и/или на вредное действие, и/или на последствия вредного действия.

5. «Оттянуть» вредное действие и/или последствия вредного действия.

6. Если все указанные действия не привели к устранению нежелательного эффекта (НЭ), то необходимо проделать все указанные выше операции еще раз другим способом.

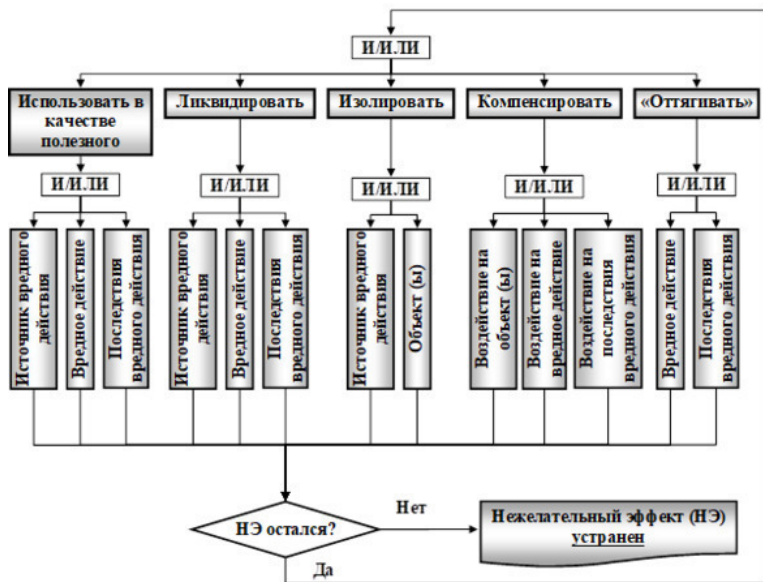


Рис. 5.19. Общий алгоритм устранения нежелательного эффекта (НЭ)

Рассмотрим один из возможных частных алгоритмов устранения нежелательного эффекта (НЭ). Он показан на схеме рис. 5.20.

Опишем последовательность устранения нежелательного эффекта по частному алгоритму.

1. Использовать источник вредного действия (ИВД) для получения полезного действия – желательного эффекта (ЖЭ).

2. Если возможно использовать ИВД, то необходимо проверить, устраняется ли нежелательный эффект (НЭ).
3. Если НЭ не устранен и не удается использовать ИВД для получения ЖЭ, то необходимо попробовать использовать вредное действие (ВД) для получения ЖЭ.
4. Если возможно использовать ВД для получения ЖЭ, то необходимо проверить, устраняется ли НЭ.
5. Если НЭ не устранен и не удается использовать ВД для получения ЖЭ, то необходимо попробовать ликвидировать ИВД.
6. Если возможно ликвидировать ИВД, то необходимо проверить, устраняется ли НЭ.
7. Если НЭ не устранен и не удается ликвидировать ИВД, то необходимо попытаться изолировать ИВД.
8. Если возможно изолировать ИВД, то необходимо проверить, устраняется ли НЭ.
9. Если НЭ не устранен и не удается изолировать ИВД, то необходимо попытаться ликвидировать ВД.
10. Если возможно ликвидировать ВД, то необходимо проверить, устраняется ли НЭ.
11. Если НЭ не устранен и не удается ликвидировать ВД, то необходимо попытаться «оттянуть» ВД и/или компенсировать ВД воздействием на ВД.
12. Если возможно «оттянуть» ВД и/или компенсировать ВД воздействием на ВД, то необходимо проверить, устраняется ли НЭ.

13. Если НЭ не устранен и не удается «оттянуть» ВД и/или компенсировать ВД воздействием на ВД, то необходимо попытаться изолировать объект вредного действия (ОВД) и/или компенсировать ВД воздействием на ОВД.

14. Если возможно изолировать ОВД и/или компенсировать ВД воздействием на ОВД, то необходимо проверить, устраняется ли НЭ.

15. Если НЭ не устранен и не удается изолировать ОВД и/или компенсировать ВД воздействием на ОВД, то необходимо попытаться изолировать объекты  $ОВ_2-ОВ_n$ .

16. Если возможно изолировать  $ОВ_2-ОВ_n$ , то необходимо проверить, устраняется ли НЭ.

17. Если НЭ не устранен и не удается изолировать ОВД и/или компенсировать ВД воздействием на ОВД, то необходимо попытаться изолировать объекты  $ОВ_2-ОВ_n$ .

18. Если все указанные действия не привели к устранению НЭ, то необходимо проделать все операции еще раз другим способом.

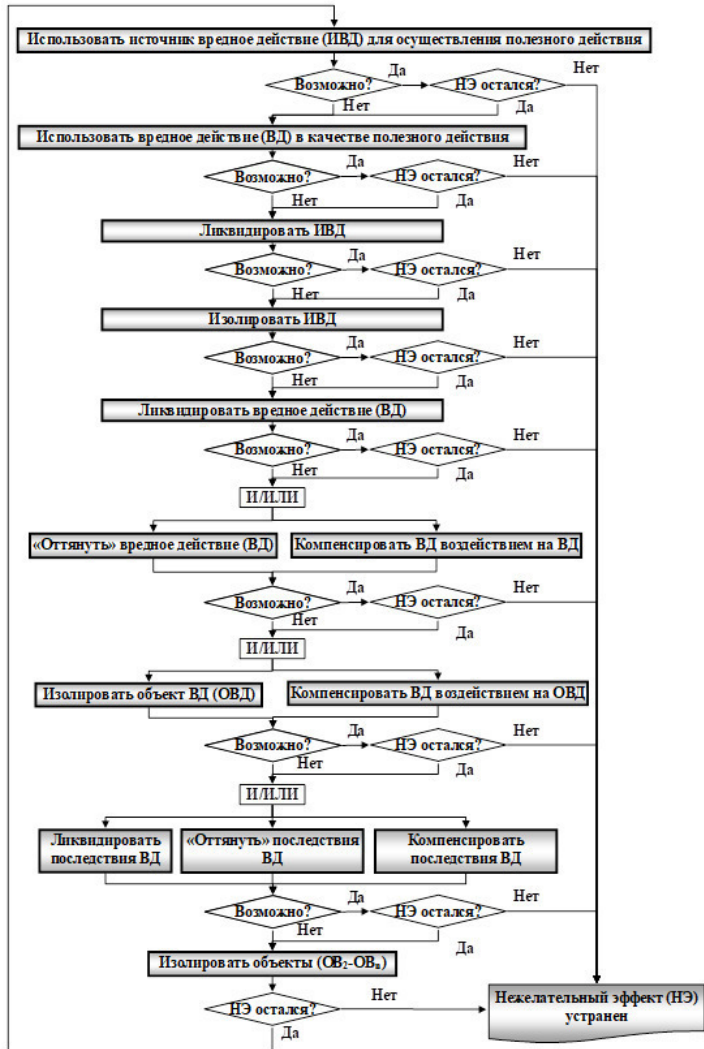


Рис. 5.20. Частный алгоритм устранения нежелательного эффекта

## Принципы разрешения противоречий

Опишем некоторые принципы, наиболее подходящие для устранения нежелательных эффектов.

**1. Вынесение.** Отделить от системы «мешающую» часть («мешающее» свойство).

1.1. Ликвидировать источник вредного действия.

1.2. Перенести вредное действие на другой объект, для которого это действие будет невредным или полезным.

1.3. «Оттягивание» вредных связей. Перенос вредного действия на заранее подготовленный участок.

1.3.1. Создание легкоповреждаемых участков.

1.3.2. Использование аварийных средств.

**2. Местное качество.**

2.1. Перейти от однородной структуры системы (или внешней среды, внешнего воздействия) к неоднородной.

2.2. Разные части объекта должны иметь (выполнять) различные функции.

2.3. Каждая часть объекта должна находиться в условиях, наиболее соответствующих ее работе.

**3. Предварительное действие.** Предотвращение или устранение вредных действий (связей) использованием заранее подготовленных действий, средств или структуры (фор-

мы).

3.1. Создание предварительных анти-действий.

3.2. Создание необходимой структуры или формы.

3.2.1. Получение обтекаемой формы.

3.2.2. Получение заданной (необходимой) формы.

3.2.3. Придание оптимальных форм.

3.3. Защитить объект от вредного действия или компенсировать вредное действие.

4. Использование моделей (копий).

5. Использование ресурсов.

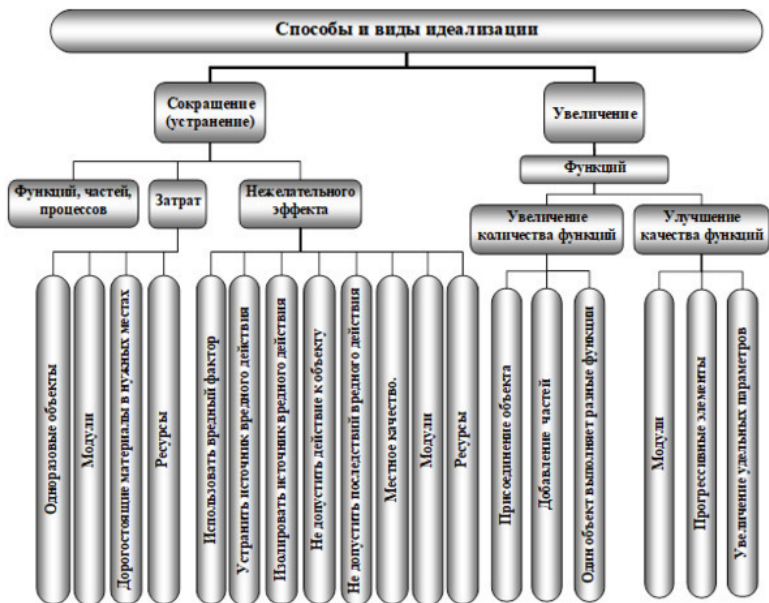


Рис. 5.21. Схема способов и видов идеализации

## 5.2.6. Идеальное вещество

**Идеальное вещество** – вещества нет, а его функции выполняются.

Вещество тем идеальнее, чем:

- больше полезный эффект оно создает;
- меньше его вес и стоимость;
- меньше оно приносит вред (нежелательный эффект).

Степень идеализации вещества может определяться формулой (5.3)<sup>47</sup>:

$$I_s = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i E_i}{\beta M + \gamma C + \sum_{i=1}^n \delta_i H_i} \Rightarrow \infty; \quad (5.3)$$

где

$I_s$  – степень идеализации вещества (безразмерная величина);

---

<sup>47</sup> **Петров В. М. Формулы идеальности.** – Научно-практическая конференция «ТРИЗ-ФЕСТ 2009»: сборник трудов конференции. СПб, 2009. – 302 с. (С. 149—152).

$E$  – полезный эффект или свойство, выполняемое веществом;

$M$  – масса или вес вещества;

$C$  – стоимость вещества;

$H$  – вредное действие, создаваемое веществом;

$I$  – порядковый номер полезного эффекта (свойства);

$n$  – количество полезных эффектов (свойств);

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$  – коэффициенты согласования.

В качестве полезного эффекта (функций, свойств) вещества, например, можно назвать: прочность, эластичность, удельный вес, непроницаемость, тепло- и электропроводимость, тепло- и электроизоляционные свойства, прозрачность, коррозионную и химическую стойкость, рН, агрегатное состояние, температуру плавления и кипения, кристаллическую структуру и т. д.

Имеются вещества с изменяемыми свойствами, использующие различные эффекты. Условно мы их будем называть **«умными» веществами**<sup>48</sup>. Например, *жидкие кристаллы; поляризационные пластины; вещества, изменяющие свою прозрачность; термо- и фоточувствительные полимеры; флуоресцентные вещества; полимерные гели; материалы с эффектом памяти формы; магниты; магнитная и реоло-*

---

<sup>48</sup> Под умными веществами мы понимаем не только «умные материалы», но и простейшие устройства типа *тепловых труб, электретов, светодиодов и светодетекторов, лазерный диод* и т. п.

*гическая жидкость; электреты; тепловые трубы* и т. д.

«Умное» **вещество** можно также определить, как *преобразователь* или *источник*, осуществляющий определенный эффект (физический, химический, биологический или геометрический).

Для разных видов систем подбирается свое «идеальное» вещество.

### **5.3.5. Тенденция изменения управляемости энергией и информацией**

#### **Общее представление**

**Закономерность изменения управляемости энергией и информацией** заключается в том, что любая система в своем развитии стремится изменить энергетическую и информационную насыщенность в необходимый момент в нужном месте.

Энергию и информацию можно:

- передавать;
- обрабатывать (перерабатывать);
- хранить;
- уничтожать (стирать).

Рассмотрим механизмы энергетического и информационного насыщения, которые, прежде всего, относятся к рабочему органу.

Изменение управляемости энергией и информацией осу-

ществляется

(рис. 5.22):

- Изменением концентрации энергии и информации;
- Переходу к более управляемым полям.

Переходу к более управляемым полям выполняется:

- Заменой виде поля;
- Переходом МОНО-БИ-ПОЛИ полям;
- Динамизацией полей.



Рис. 5.22. Изменение управляемости энергией и информацией

Можно увеличивать или уменьшать управляемость энергией и информацией.

Первоначально рассмотрим механизмы увеличения управляемости энергией и информацией. Управляемость энергией и информацией увеличивается с увеличением их концентрации (см. рис. 5.22):

1. Предварительное накопление энергии и/или информа-

ции и использования их за короткий период.

2. Переход: объем – плоскость – линия – точка. Концентрация (фокусирование) энергии и/или информации из разных источников в определенной зоне (точке).

3. Специализация. Каждой операции или виду работы должен соответствовать свой механизм, наилучшим образом выполняющий свою функцию.

4. Сжатие энергии и/или информации. Один из способов сжатия – это использование эффектов: физических, химических, биологических, математических, в частности, геометрических.

5. Разделение энергии и/или информации и передача их одновременно:

- разделение на части и передача их параллельно;
- разделение по видам (частотам, полярностям, скважностям и т. п.) и передача их одновременно.

6. Одновременная передача энергии и/или информации в других направлениях.

7. Расширение приемных и передающих устройств энергии и/или информации.

8. Применение новых принципов, материалов и прогрессивных технологий.

9. Использование эффектов (физических, химических, биологических и математических).

10. Использование ресурсов.

## Механизмы увеличения управляемости энергией и информацией

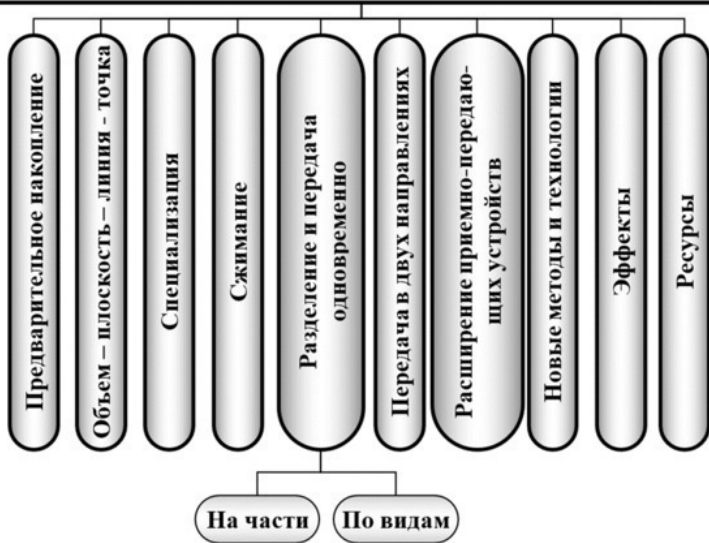


Рис. 5.23. Механизмы увеличения управляемости энергией и информацией

## Изменение концентрации энергии и информации

### *Увеличение концентрации энергии*

**Увеличение концентрации энергии**, прежде всего, следует осуществлять на рабочем органе. Это позволяет не только повысить производительность и качество технологических процессов, но и выполнять качественно новые тех-

нологические процессы.

Увеличение концентрации информации

**Увеличение концентрации информации** позволяет значительно эффективнее управлять системой и создавать принципиально новые процессы<sup>49</sup>.

Концентрация предусматривает предварительный отбор – **фильтрацию информации**. Концентрируется только необходимая информация.

Информацию можно:

- создавать;
- передавать;
- обрабатывать;
- хранить;
- уничтожать (стирать).

Обработка информации достаточно общая функция, которая предусматривает, поиск, сортировку информации, выполнение различных действий с информацией, в частности, создание новой информации (знаний). Сортировка информации предусматривает как выбор нужной и отбрасывание ненужной информации (фильтрация информации), так классификация и распределение информации по определенным классам, группам, местам и т. д.

---

<sup>49</sup> Петров В. М. Закон увеличения информационной насыщенности. – Л. 1982 (рукопись). Петров В. Закон увеличения управляемости системы. – Тель-Авив, 2002. <http://www.trizland.ru/trizba/pdf-books/zrts-18-upravl.pdf>.

## Переход к более управляемым полям

Любая техническая система в своем развитии стремится использовать более управляемые поля.

Увеличение степени управляемости полей осуществляется по трем направлениям (рис. 5.24):

- замена вида поля (рис. 5.25 – 5.26);
- своеобразный переход моно-, би-, поли- для полей (рис. 5.27 – 5.28);
- динамизация поля (использование тенденции изменения поля), например, рис. 5.29.



Рис. 5.24. Тенденции увеличения степени управляемости полей

### Замена вида поля<sup>50</sup>

<sup>50</sup> Эта закономерность была разработана В. Петровым в 1976 году.

Замена вида поля на более управляемое поле может осуществляться в следующей последовательности: гравитационное, механическое, тепловое, электромагнитное, химическое и любые комбинации этих полей.

Эта закономерность показана на рис. 5.25.



Рис. 5.25. Последовательность увеличения управляемости полей

Полное описание тенденций изменения полей представлено в приложениях 1 том 4.

Каждым из этих полей можно управлять по определенной закономерности, но имеется и общая закономерность их изменений, которую автор назвал «гипервеполи»<sup>51</sup> (рис.

<sup>51</sup> Петров В. М. Система формирования фонда физических эффектов. – Всесоюзная конференция «Автоматизация поискового конструирования» АПК-83, Иваново. 1983. Ч 2. – С. 136. Петров В. Гипервеполи и тенденции их изменения. – Л. 1990. – 9 с. <http://www.trizland.ru/trizba.php?id=110>. Петров Владимир. Гравиполи: ТРИЗ / Владимир Петров. [б. м.]: Издательские

5.26).



Рис. 5.26. Тенденция изменения полей – гипервеполи

## **Переход поля от МОНО к БИ и ПОЛИ**

Эффективность работы рабочего органа увеличивается путем применения комплекса полей по схеме моно-би-поли (рис. 5.27).



Рис. 5.27 Тенденция перехода моно-, би-, полиполя

Динамика развития рабочих органов показывает, что первоначально используется только одно поле ( $\Pi_1$ ), вид которого изменяется по указанным выше закономерностям (рис. 5.28).

На следующем этапе используются два поля ( $\Pi_1 + \Pi_2$ ), т. е. происходит переход от МОНОполя к БИполю. При этом возможно объединение полей одинаковой или различной физической природы. Поля одинаковой природы могут быть полностью идентичными ( $\Pi_1 + \Pi_1$ ) или отличаться своими характеристиками ( $\Pi_1 + \Pi_1^{\gg}$ ).

Как и в случае объединения систем, в дальнейшем происходит согласование полей в системе, например,  $\Pi_1 + \Pi_1^{\sim}$  – согласование постоянного поля  $\Pi_1$  с переменным полем  $\Pi_1^{\sim}$ . Затем поля объединяются в единое МОНОполе ( $\Pi_0$ ) – про-

исходит свертывание.

Дальнейший переход может использовать более двух полей ( $\Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3 + \dots$ ) с образованием полисистемы полей.

Возможная последовательность перехода моно-би-поли-свертывание поля показана на рис. 5.27.

$$\Pi_1 \rightarrow \Pi_1 + \Pi_2 \rightarrow \Pi_1 + \Pi_1' + \Pi_2 \rightarrow \Pi_1 + \Pi_1'' + \Pi_2 \rightarrow \Pi_1 + \Pi_1''' + \Pi_2 + \dots \rightarrow \Pi_1 + \dots + \Pi_2 + \dots + \Pi_n \rightarrow \Pi_0$$

Рис. 5.28. Возможная последовательность перехода МОНО-БИ-ПОЛИ-Свертывание поля

## Динамизация полей

Под **динамизацией полей** подразумевается переход от постоянных полей к меняющимся.

Поля могут меняться:

- по частоте;
- амплитуде;
- напряженности;
- направлению воздействия;

- фазе;
- полярности;
- форме;
- и т. д.

Поля могут быть импульсными, с изменяемой скважностью.

Общая тенденция динамизации полей – это переход от постоянного к переменному и импульсному полю (рис. 5.29).

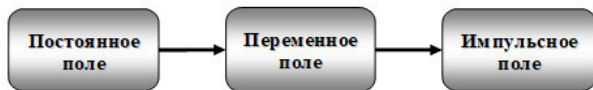


Рис. 5.29. Тенденция динамизации полей

Электрическое поле может быть статичным и динамичным. Электрический ток может быть: постоянный, переменный и импульсный, положительный и отрицательный. Частота и амплитуда тока могут меняться. Форма кривой переменного тока может быть разная: синусоидальная, прямоугольная, треугольная, пилообразная и т. д.

### 5.2.7. Идеальная форма

В некоторых случаях можно говорить и об идеальной форме.

**Идеальная форма** – обеспечивает максимум полезного эффекта для выполнения определенной функции.

### 5.2.8. Идеальный процесс

Технологический процесс происходит тем идеальнее, чем он производительней, качественней и чем меньше требуется затрат вещества, энергии, трудозатрат (в том числе и на управление процессом), и чем меньше вредных воздействий он производит.

Идеального процесса быть не должно, а имеется результат – продукт или действие, осуществляемое процессом.

Степень идеализации процесса можно представить в виде формулы (5.4)<sup>52</sup>:

---

<sup>52</sup> **Петров В. М. Формулы идеальности.** – Научно-практическая конференция «ТРИЗ-ФЕСТ 2009»: сборник трудов конференции. СПб, 2009. – 302 с. (С. 149—152).

$$F_i = \sum_{k=1}^m L_k \times Q_k \quad (5.5)$$

$$I_P = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i F_i}{\sum_{i=1}^n \beta_i T_i + \sum_{i=1}^n \gamma_i C_i + \sum_{i=1}^n \delta_i H_i} \Rightarrow \infty; \quad (5.4)$$

где

$I_P$  – степень идеализации процесса (безразмерная величина);

$F_i$  – функциональность операции  $i$  (безразмерная величина);

$L_k$  – уровень (важность) функции  $k$  в операции  $i$  (безразмерная величина);

$Q_k$  – качество выполнения функции  $k$  в операции  $i$  (безразмерная величина);

$T$  – время выполнения операции  $i$ ;

$C$  – затраты средств на осуществление операции  $i$ ;  
 $H$  – вредное действие, создаваемое операцией  $i$ ;  
 $k$  – порядковый номер функции в операции  $i$ ;  
 $m$  – количество функций в операции  $i$ ;  
 $i$  – порядковый номер операции;  
 $n$  – количество операций в процессе;  
 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  – коэффициенты согласования.

### **5.2.9. Закономерность уменьшения степени идеальности (анти-идеальность)**

**Анти-идеальность** – тенденция, противоположная закону увеличения степени идеальности, т. е. тенденция уменьшения степени идеальности.

В анти-идеальной системе количество функций стремится к 1, а для достижения поставленной цели не считаются с затратами времени и средств. Анти-идеальная система может причинять вред.

Часто в анти-идеальной системе стремятся осуществить максимально возможное качество выполнения функции, не считаясь с затратами, а возможно, и с причиняемым вредом (нежелательным эффектом).

Степень анти-идеальности можно представить в виде формулы (5.6):

**(5.6)**

$$I_{\text{anty}} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^{\infty} P_i} \rightarrow 0, n \rightarrow 1 \quad (5.6)$$

где

$I_{\text{anty}}$  – степень анти-идеальности (безразмерная величина);

$F$  – выполняемая функция или полезный эффект;

$P$  – вредный эффект, затраты;

$i$  – номер функции;

$n$  – количество функций.

Частично эта тенденция была сформулирована ранее как закон избыточности.

Идеальность нацелена на уменьшение избыточности.

**Анти-идеальность – это супер-избыточность.**

Анти-идеальные системы характерны для достижения политических и военных целей, для создания военной техники и средств безопасности, в частности, для борьбы с террором, для создания уникальных объектов и престижа.

## 5.2.10. Резюме: направления и пути идеализации

Кратко опишем направления и пути идеализации.

### 1. Направления идеализации.

Идеализация идет в двух направлениях:

**1.1. Сужение зоны** рассмотрения технической системы: *идеальная техническая система* → *рабочий орган* → *функция*, которую он исполняет, т. е. система сводится к нулю.

**1.2. Расширение зоны** рассмотрения технической системы: рассматривается *функция системы*, *функция надсистемы* и т. д. вплоть до *потребности*. В этом направлении можно рассматривать другие альтернативные пути удовлетворения выявленной потребности. Таким образом, находят принципиально новые пути решения.

### 2. Степени идеализации.

**2.1. Система** появляется в нужный момент в нужном месте по требуемому условию.

2.1.1. Складные объекты.

2.1.2. Надувные объекты.

2.1.3. Сменные части.

### 2.2. Самоисполнение.

2.2.1. Механизация.

2.2.2. Автоматизация.

2.2.3. Кибернетизация.

### 2.3. Идеальная система – функция.

**2.4. Отказ от функции (функция становится не нужной).**

**3. Пути идеализации.**

**3.1. Сокращение отдельных частей системы или процессов.**

**3.2. Увеличения количества выполняемых функций.**

**3.3. Улучшение качества выполнения функции.**

**3.4. Сокращение затрат.**

**3.5. Устранение нежелательных эффектов.**

**4. Способы осуществления путей идеализации.**

**4.1. Увеличение удельных параметров.**

**4.2. Применение прогрессивного оборудования, материалов, процессов.**

**4.3. Использование одноразовых объектов.**

**4.4. Применение модульного принципа и блочных конструкций.**

**4.5. Использование дорогостоящих материалов только в необходимых местах в нужное время по требуемому условию.**

**4.6. Использование ресурсов.**

**4.7. Использование законов и закономерностей развития систем и механизмов их исполнения.**

**Анти-идеальность** – тенденция, которая для достижения целей не считаются с большими затратами и, возможно, причинением значительного вреда.

## 5.3. Закономерность изменения степени управляемости и динамичности системы

### 5.3.1. Общие понятия

Закономерность изменения степени управляемости и динамичности является основной из закономерностей эволюции систем (рис. 5.30)



Рис. 5.30. Структура закономерностей эволюции систем

Эта закономерность имеет подзакономерность – закономерность изменения степени вепольности и закономерность изменения управляемости веществом, энергией и информацией (рис. 5.31).



Рис. 5.31. Закономерность изменения управляемости и динамичности

Кроме того, эта закономерность содержит две тенденции: увеличения и уменьшения управляемости и динамичности.

Основная из этих тенденций – это увеличение управляемости и динамичности. Вторая тенденция – вспомогательная. Особенности их применения будут изложены ниже.

Увеличение управляемости и динамичности – две взаимосвязанные тенденции, позволяющие увеличить степень идеальности системы.

- Более идеальная система должна быть более управляемой и более динамичной.
- Более управляемая система должна быть более динамичной.
- Динамичная система может приспосабливаться к внешним и внутренним изменениям, меняя свои параметры,

структуру и функции:

- а) в пространстве;
- б) во времени;
- в) по условию.

**Закономерность увеличения степени управляемости и динамичности** заключается в том, что любая система в своем развитии стремится стать более управляемой и более динамичной, т. е. система должна повышать свою степень управляемости и динамичности.

### **5.3.2. Закономерность увеличения степени управляемости**

Развитие системы идет в направлении увеличения степени управляемости.

Система может быть управляемой тогда и только тогда, когда она содержит в себе элементы с связи между ними, способные воспринимать управляющие сигналы, преобразовывать их в управляющие воздействия и адекватно воспринимать информацию о внутренних изменениях в системе и внешних воздействиях на нее. Это свойство часто называют *отзывчивостью*.

*Общая тенденция увеличения степени управляемости* (рис. 5.32) – переход:

- от неуправляемой к управляемой системе;
- неавтоматического (ручного) управления к автоматическому;
- проводного управления к беспроводному;
- непосредственного управления к дистанционному;
- от центрального управления к распределенному и самоорганизующемуся управлению (управление сетями).



Рис. 5.32. Общая тенденция увеличения степени управляемости

Закономерность увеличения степени управляемости также называют *закономерностью вытеснения человека из системы*, так как увеличение управляемости системы уменьшает степень участия человека в работе системы.

Раньше мы рассматривали следствия этой закономерности при рассмотрении степеней идеализации:

– система появляется в нужный момент в нужном месте, по необходимому условию;

– система все делает сама – самоисполнение (рис. 5.33):

а) механизация;

б) автоматизация;

в) кибернетизация (интеллектуализация).



Рис. 5.33. Уменьшение участия человека в работе системы

Тенденцию самоисполнения еще называют уменьшение участия человека в работе системы или вытеснения человека из системы.

Сначала человека вытесняют (заменяют) на уровне рабочего органа, затем на уровне источника и преобразователя вещества, энергии и информации, далее на уровне связей и наконец, на уровне системы управления, к которым относятся автоматизация и кибернетизация (рис. 5.34).



Рис. 5.34. Вытеснение человека из системы

Тенденция перехода от неуправляемой к управляемой системе показана на рис. 5.35. Она представляет собой:

Переход от неуправляемой системы к управлению по разомкнутому контуру, затем к переходу к системе с обратной связью, к адаптивной (самоадаптирующейся) системе, к самообучаемой и самоорганизующейся системе и, наконец, к саморазвивающейся и самовоспроизводящей системе.



Рис. 5.35. Переход от неуправляемой системы к управляемой

### 5.3.3. Закономерность увеличения степени вепольности

Понятия о веполе и закономерности изменения степени вепольности будет рассмотрена в главе 17.

Общая тенденция представлена на рис. 5.36—5.40.



Рис. 5.36. Общая тенденция развития веполей

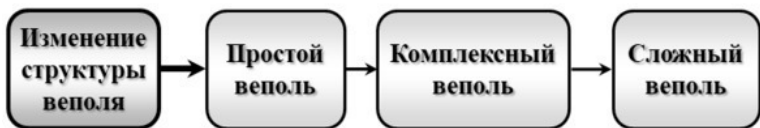


Рис. 5.37. Тенденция изменения структуры веполья



Рис. 5.38. Тенденция изменения комплексного веполья



Рис. 5.39. Тенденция изменения сложного веполья

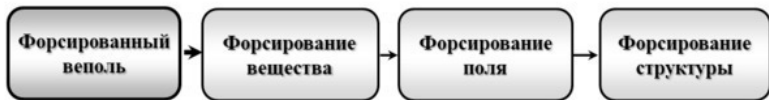


Рис. 5.40. Тенденция изменения форсированного веполя

### 5.3.4. Закономерность изменения управляемости веществом, энергией и информацией

Закономерность изменения управляемости веществом, энергией и информацией подразделяется на закономерности (рис. 5.41):

- Изменения управляемости веществом;
- Изменения управляемости энергией и информацией.



Рис. 5.41. Изменение управляемости веществом, энергией и информацией

### 5.3.5. Тенденция изменения управляемости веществом

В свою очередь изменение управляемости веществом осуществляется

(рис. 5.42):

- Использованием «умных» веществ;
- Изменением концентрации вещества;
- Изменением количества степеней свободы;
- Изменением степени дробления;
- Переходом к капиллярно-пористым материалам (КПМ).



Рис. 5.42. Изменение управляемости веществом

Тенденция изменения степени дробления Тенденция увеличения степени дробления Общая тенденция увеличения степени дробления

Тенденция увеличения степени дробления (дисперсности) – это постепенный переход от твердого состояния к гибкому жидкому, газообразному и полю<sup>53</sup>.

Чаще всего эту тенденцию применяют к рабочему органу. Твердость может быть разных степеней и зависит:

- 1) от межатомных расстояний;
- 2) координационного числа – чем выше число, тем выше твердость;
- 3) валентности;
- 4) природы химической связи;
- 5) направления (например, минерал дистен (кианит) – вдоль кристалла твердость 4,4, а поперек 7);
- 6) хрупкости и ковкости;
- 7) гибкости – минерал легко гнется, изгиб не выпрямляется (например, «талък»);
- 8) упругости – минерал сгибается, но выпрямляется (например, «слюда»);

---

<sup>53</sup> Основные направления и идеи этой работы были изложены В. Петровым в письме кГ. С. Альтшуллеру в 1973 г. Эта работа была изложена в рукописях: Петров В. М. Цепочка дробления в технических системах. – Л., 1973, 2 с. (рукопись). **Петров В. М. Тенденция дробления объектов.** – Л., 1973, 8 с. (рукопись). В дальнейшем работа была доложена В. Петровым на семинаре преподавателей и разработчиков ТРИЗ (Петрозаводск-82) и издана в работах: **Петров В. М. Идеализация технических систем.** – Областная научно-практическая конференция «Проблемы развития научно-технического творчества ИТР». Тезисы докладов. Горький, 1983, С. 60—62. **Петров В. М. Закономерности развития технических систем.** – Методология и методы технического творчества. – Тезисы докладов и сообщений к научно-практической конференции 30 июня – 2 июля 1984 г. – Новосибирск, 1984, С. 52—54.

- 9) вязкости – минерал трудно сломать (например, «жадеит» – разновидность пироксена);  
10) спаянности.

Рабочий орган может быть монолитным и немонолитным (состоящим из отдельных частей). Вещество рабочего органа может меняться от твердого к нетвердому (мягкому, гибкому), жидкому, газообразному и перейти в поле.

Рассмотрим более детально последовательность дробления. Она представлена на рис. 5.43.

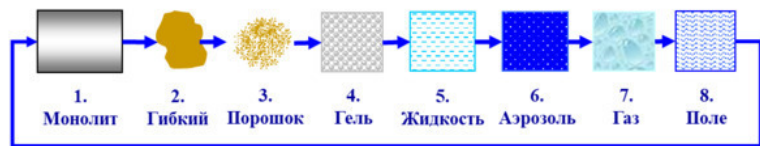


Рис. 5.43. Схема тенденции увеличения степени дробления

Эта последовательность характеризуется переходом от твердой монолитной системы (1) к гибкому, эластичному объекту (2). Дальнейшее дробление приводит к разделению объекта на отдельные части, не связанные между собой или связанные с помощью какого-либо поля, например, магнитного.

Дробление идет в сторону измельчения каждой части

вплоть до получения мелкодисперсного порошка или микросфер, т. е. объект становится порошкообразным (3).

Следующий переход приводит к гелю (4) – пастообразному веществу.

Затем изменяется степень вязкости вещества до получения жидкости (5). Далее изменяется степень связанности жидкости. Используются более легкие и летучие жидкости.

На следующем этапе в жидкость добавляют газ (газированные жидкости). Количество газа в жидкости увеличивается, процентное содержание газа в жидкости становится больше, давление газа увеличивается, и затем переходят к аэрозолям (6).

Содержание газа в аэрозоле увеличивается, и таким образом происходит переход к газу (7). Постепенно используется все более легкий газ. Затем газ становится более разряженным, следующий шаг приводит к крайнему состоянию – образованию вакуума.

Последнее состояние в этой цепочке – использование поля (8), в частности это может быть и плазма.

Понятие поля в ТРИЗ рассматривается более широко, чем в физике – это любое действие или взаимодействие.

На новом витке развития система вновь становится монолитной. На рисунке это показано в виде петли обратной связи.

Промежуточное состояние в каждом из указанных переходов может занимать «пена» (9) в твердом, жидком, газо-

образном и прочих видах (рис. 5.44). Под пеной понимается вкрапление (проникновение) одного вещества в другое.

Пена (условное название) – это проникновение вещества в одном состоянии в другое. Состояния представлены на рис. 5.44. Рассмотрим некоторые виды пены, как комбинации твердого, жидкого и газообразного состояний:

- твердое вещество, включающее газообразные полости;
- твердое вещество, включающее жидкие полости;
- твердое вещество, включающее газообразные и жидкие полости;
- жидкое вещество, включающее твердые включения;
- жидкое вещество, включающее газообразные пузыри;
- жидкое вещество, включающее твердые и газообразные включения;
- газообразное вещество, включающее твердые включения;
- газообразное вещество, включающее жидкие полости;
- газообразное вещество, включающее твердые и жидкие включения.

Мы рассматриваем пену как промежуточное состояние между состояниями, указанными на рис. 5.44.

Кроме того, возможна комбинация (10) из указанных состояний в любом сочетании.

С целью повышения эффективности могут быть использованы эффекты (11), характерные для данного состояния.



Рис. 5.44. Схема тенденции увеличения степени дробления

Под эффектами (11) в ТРИЗ понимаются: физические, химические, биологические и геометрические эффекты.

На этапе 1 широко применяются геометрические и некоторые физические эффекты. Сочетание этих эффектов часто встречается в строительстве при использовании предварительно напряженных конструкций. На дальнейших этапах меньше применяются геометрические эффекты и больше используются физические, химические и биологические эффекты.

Полная схема дробления приведена на рис. 5.45. В нее дополнительно введены переходы от состояния (1) к состоянию (2), от (2) к (3) и переходы от состояний (1) и (2) к капиллярно-пористым материалам (КПМ).



Рис. 5.45. Полная схема тенденции увеличения степени дробления

*Переход от твердого к гибкому состоянию*

Переход от монолитной (твердой) системы (1) к гибкой (2) происходит по определенной линии, показанной на рис. 5.46. Рассмотрим ее.

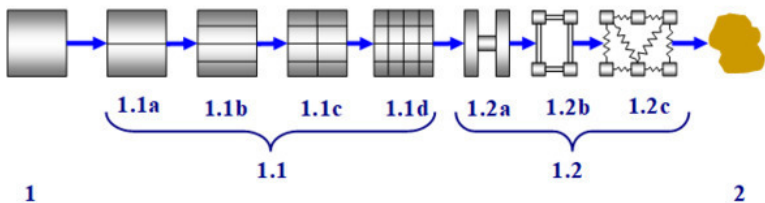


Рис. 5.46. Линия перехода от твердого состояния к гибко-

му

Первоначально объект разбивается на части, вплотную присоединенные друг к другу (1.1). Это соединение может быть неразъемным и разъемным.

К разъемным соединениям могут относиться и соединения, осуществляемые с помощью различных полей, например, магнитного или электрического; соединения, использующие эффект обратимой памяти формы и т. д. Такие соединения осуществляются с помощью «включения» соответствующего поля и его «выключения». При этом могут использоваться соответствующие эффекты, например, эффект точки Кюри.

Разъемные соединения могут осуществляться и с помощью, разрушения части соединения, но не разрушающих контактирующие части. Например, растворение клеевых соединений, нагревом легкоплавких веществ (парафин, воск и т. п.; легкоплавкие металлы: олово, свинец и т. д.) и т. п.

Сначала монолит разбивается на две части (на рис. 5.46 – 1.1a). Дальнейшее разбиение приводит к увеличению количества частей в системе (1.1b, c, d).

На следующем этапе 1.2 соединение частей осуществляется с помощью посредника. Сначала, посредник, осуществляющий соединение, делают жестким – этап 1.2a, затем число связей-посредников увеличивается – этап 1.2b, связи становятся более гибкими (шарнирными, пружинными, други-

ми гибкими частями и т. п.) – этап 1.2с.

Примером этапов 1.2а—1.2b могут служить конструкции типа штанги, фермы и т. д. Они так же, как и в случае 1.1, могут быть разборные и неразборные.

И, в конце концов, происходит переход к полностью гибкому объекту (2).

Переход от гибкого к порошкообразному состоянию

Последовательность, подобная рис. 5.46, характерна и для перехода от эластичного вещества (2) к порошкообразному (3). Она изображена на рис. 5.47.

Первоначально гибкий объект разбивается на части, вплотную присоединенные друг к другу (2.1а). Это соединение может быть разъемным и неразъемным. Дальнейшее разбиение приводит к увеличению количества частей в системе (2.1b, c, d). Для повышения эффективности конструкций используются физические эффекты, например, предварительно напряженные, вантовые, надувные и гидравлические конструкции.

На следующем этапе гибкие конструкции соединяются гибкими связями (2.2а, b, c). Необходимо учесть, что постепенно число частей увеличивается, а связи между ними становятся все более гибкими.

Далее объект разбивается на отдельные не связанные между собой части (3.1). Части измельчаются вплоть до микрочастиц, микросфер, порошка.

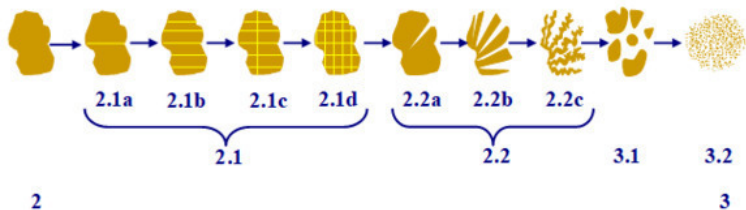


Рис. 5.47. Линия перехода от гибкого состояния к порошкообразному

**Гели** (от лат. *gelo* – застываю), дисперсные системы с жидкой или газообразной дисперсионной средой, обладающие некоторыми свойствами твердых тел: способностью сохранять форму, прочностью, упругостью, пластичностью. Эти свойства гелей обусловлены существованием у них структурной сетки (каркаса), образованной частицами дисперсной фазы, которые связаны между собой молекулярными силами различной природы<sup>54</sup>.

В гелях происходит переход от густых гелей к менее плотным вплоть до густых жидкостей.

Увеличения степени дробления в **жидкости** происходит от использования очень вязких жидкостей вплоть до летучих жидкостей.

<sup>54</sup> **Гели** – Большая Советская Энциклопедия. Т. 6. – М.: Советская энциклопедия, 1971, С. 192.

**Аэрозоли** (от *аэро*, *aero* – *воздух* и *золи*, *solucio* – *раствор*), дисперсные системы, состоящие из мелких твердых или жидких частиц, взвешенных в газообразной среде (обычно в воздухе)<sup>55</sup>.

Увеличения степени дробления в аэрозолях происходит к все большему содержанию газа и уменьшению количества жидкости.

Практически аэрозоль представляет собой одно из состояний, которое мы назвали «пена» – этап 9.

Увеличения степени дробления в **газах** происходит от использования тяжелых газов вплоть до самого легкого – водорода.

## **Тенденция уменьшения степени дробления**

Эта тенденция противоположна (анти-тенденция) тенденции увеличения степени дробления.

Тенденция уменьшения степени дробления – это постепенный переход от поля к газообразному, жидкому и твердому состоянию.

Рассмотрим более детально последовательность уменьшения степени дробления. Она представлена на рис. 5.48.

Эта последовательность характеризуется переходом от поля (1) к газообразному состоянию (2), далее переходу к аэро-

---

<sup>55</sup> **Аэрозоли** – Большая Советская Энциклопедия. Т. 2. – М.: Советская энциклопедия, 1970, С. 485—486; Википедия.

золям (3), к жидкостям (4), к гелю (5), к порошкообразному состоянию (6), к гибкому (8) и к твердому монолитному состоянию (9).

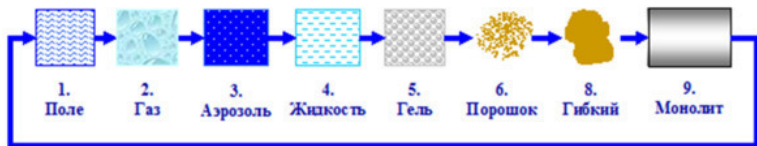


Рис. 5.48. Схема тенденции уменьшения степени дробления

## Тенденция перехода к капиллярно-пористым материалам (КПМ)

**Тенденция перехода к капиллярно-пористым материалам (КПМ)** – это постепенный переход от сплошного вещества к веществу с полостью, к веществу со многими полостями, к капиллярно-пористому веществу, к капиллярно-пористому веществу на микроуровне.

Графически тенденция перехода к капиллярно-пористым материалам (КПМ) представлена на рис. 5.49.

1. Сплошное вещество, твердое (1) или эластичное (2).
2. Вещество с одной полостью – полость с оболочкой (А).
3. Вещество со многими полостями (ячейками), перфори-

рованное вещество или полость, разделенная перегородками (В).

4. Капиллярно-пористое вещество – КПМ (С).

5. КПМ на микроуровне (D) – на схеме обозначены как  $\mu$ КПМ.

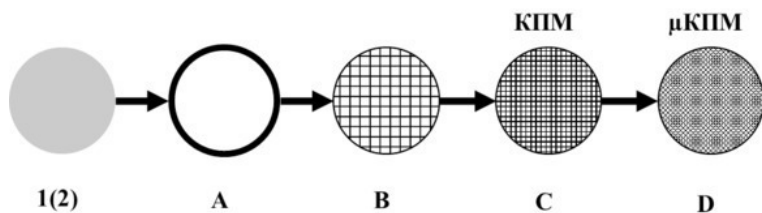


Рис. 5.49. Переход к капиллярно-пористым материалам (КПМ)

где

1 – монолит в твердом состоянии;

2 – монолит в гибком состоянии;

A – вещество с одной полостью;

B – вещество со многими полостями;

C – КПМ;

D –  $\mu$ КПМ;

КПМ – капиллярно-пористый материал;

$\mu$ КПМ – микро-КПМ.

На этапах A и B используются макро-полости, а на C и D –

капилляры.

Отличие этапов А от В и С от D в размерах полостей и капилляров, соответственно.

Размеры полостей от этапа (А) могут быть сотни метров, десятки метров до метра. На этапе (В) размеры ячеек измеряются десятками сантиметров, сантиметрами или миллиметрами, но не метрами.

Переход от состояния 1 (2) к А, как правило, идет скачком.

Переходы от А к В, от В к С и от С к D осуществляются постепенно. Переход от А к В показан на рис. 5.50.

А1 – вещество с одной полостью,

А2 – вещество с двумя полостями,

А3-А4 – вещество со многими полостями,

В – вещество со многими маленькими полостями.

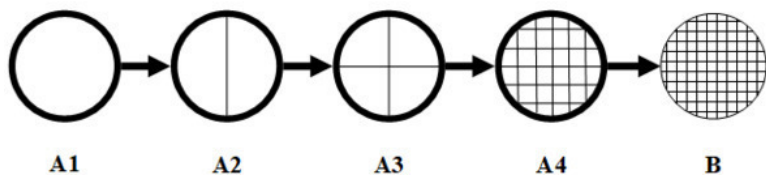


Рис. 5.50. Закономерность дробления полости

**Общая закономерность** при движении от А к D и на каждом этапе в отдельности: количество полостей увеличивается, а их размеры уменьшаются.

Управление капиллярно-пористыми материалами (КПМ) в процессе их использования осуществляется по следующей закономерности (рис. 5.51).

1. Полость.
2. Структурированная полость (полость, имеющая определенную структуру).
3. Полость, заполненная веществом.
4. Воздействие на введенное в полость вещество полями с использованием различных технологических эффектов ТЭ (физических, химических, биологических и геометрических).

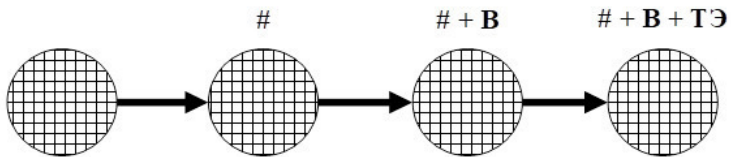


Рис. 5.51. Управление капиллярно-пористыми материалами (КПМ)

где

# – структура полости,

В – вещество,

ТЭ – технологический эффект.

Эта закономерность характерна для каждого из этапов А—D.

Структурирование, заполнение веществом и использование технологических эффектов возможны для любых размеров и любого количества полостей, в том числе и одной.

Структурирование полостей осуществляется:

– созданием перегородок определенной формы;

– созданием ячейки определенной формы, из которых собирается общая структура.

Полости могут заполняться веществом. Это вещество может быть газообразным, жидким, гелеобразным и твердым, которое под воздействием различных полей может, например, увеличивать объем, а, следовательно, и создавать давление.

При этом используются разнообразные технологические (физические, химические, биологические и геометрические) эффекты.

На этапах А и В используются следующие технологические эффекты:

– физические:

избыточное давление (пневмо- и гидро), тепловое рас-

ширение, фазовые переходы первого и второго рода, в том числе эффект памяти формы, изменение кажущейся плотности магнитной и реологической жидкости в магнитных и электрических полях, действие магнитного поля на ферромагнитное вещество, центробежные силы, взрывчатые вещества, электрогидравлический удар;

– химические:

разложение гидратов и газогидратов, разбухание металлов при разложении жидкого озона, перевод в химически связанный вид, транспортные реакции, перевод в гидратное состояние, растворение в сжатых газах, перевод в гидриды, в экзотермических реакциях, в термохимических реакциях, растворение, разбухание геля.

– геометрические:

использование различных форм: треугольников, пятиугольников, шестиугольников, кругов, их частей (сегментов), гиперболических параболоидов, эллипсоидов, сфер и полусфер, конусов, сотовых конструкций.

Для придания большей прочности конструкций, полости заполняют жидкостями, гелями, сыпучими материалами, пластмассами и т. д.

Этап С представляет собой качественный скачок – переход на микроуровень, т.е. использование капиллярно-пористых материалов (КПМ).

Переход к капиллярной структуре изменяет требования к структурированию ячеек и использованию технологиче-

ских эффектов.

В КПМ могут использоваться структуры с открытыми и закрытыми капиллярами различных размеров и направлений.

Из технологических эффектов на этапах С и D, прежде всего, используются капиллярные эффекты.

Наиболее известные из капиллярных эффектов: ультразвуковой капиллярный эффект, термокапиллярный эффект, электрокапиллярный эффект, геометрический капиллярный эффект.

**Капилляр** – это трубка с малым внутренним диаметром.

**Капиллярные явления** (от лат. *Capillaris* – волосяной), физические явления, заключающиеся в способности жидкости изменять уровень в капилляре.

Поднятие жидкости происходит в случаях смачивания каналов жидкостями, например, воды в стеклянных трубках, песке, грунте и т. п.

Понижение жидкости происходит в капиллярах, не смачиваемых жидкостью, например, ртуть в стеклянной трубке.

Это явление обусловлено действием поверхностного натяжения на границе раздела несмешивающихся сред.

**Ультразвуковой капиллярный эффект**: увеличение в десятки раз скорости движения и высоты подъема жидкости в капиллярах при непосредственном воздействии ультразвука (рис. 5.52а). На рисунке стрелкой условно показана

но воздействие ультразвука (УЗ) на капилляр. При воздействии УЗ жидкость в капилляре поднимается на высоту  $h_1$  большую, чем в капилляре без воздействия  $h_2$  ( $h_1 > h_2$ ).

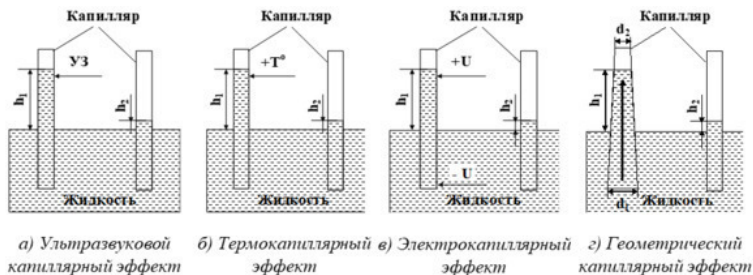


Рис. 5.52. Капиллярные эффекты

Действие термокапиллярного эффекта аналогично ультразвуковому капиллярному эффекту – увеличение скорости и высоты подъема жидкости при наличии в капилляре разности температур (рис. 5.52б). На рисунке стрелкой условно показано воздействие температуры ( $T^0$ ) на капилляр. Наверху капилляра температура выше, чем внизу. Это условно показано знаком плюс ( $+T^0$ ). Жидкость в капилляре течет в сторону большей температуры и поднимается на высоту  $h_1$  большую, чем в капилляре без воздействия  $h_2$  ( $h_1 > h_2$ ).

Электрокапиллярный эффект – зависимость поверхностного натяжения на границе раздела твердых и жидких элект-

тродов с растворами электролитов и расплавами ионных соединений от электрического потенциала. Эта зависимость обусловлена образованием двойного электрического слоя на границе раздела фаз.

Воздействие электрического потенциала ( $+U$ ,  $-U$ ) к капилляру условно показано стрелками (рис. 5.52в). Электрический ток заставляет жидкость течь в капилляре в определенном направлении и поднимается на высоту  $h_1$  большую, чем в капилляре без воздействия тока  $h_2$  ( $h_1 > h_2$ ). Приложение потенциала зависит от вида жидкости.

Изменением потенциала можно осуществлять инверсию смачивания – переход от несмачивания к смачиванию и наоборот<sup>56</sup>.

**Геометрический капиллярный эффект** – это условное название явления (название дал автор), при котором жидкость течет в сторону меньшего диаметра капилляра (рис. 5.52 г). Диаметр верхнего конца капилляра  $d_2$  меньше диаметра нижнего конца капилляра  $d_1$  ( $d_1 > d_2$ ). На рисунке утрированно показано сужение капилляра. В сужающемся капилляре жидкость поднимается на высоту  $h_1$  большую, чем в ровном капилляре  $h_2$  ( $h_1 > h_2$ ).

Изменить диаметр капилляра можно, например, если сделать его из *материала с эффектом обратимой памяти фор-*

---

<sup>56</sup> Указатель физических эффектов и явлений для изобретателей и рационализаторов. – Обнинск, 1977.

*мы.* Тогда можно управлять движением жидкости.

Управлять процессами, происходящими в капиллярах, можно, изменяя вязкость и смачивание жидкости всеми известными способами, в том числе и химическими, например, использование поверхностно-активных веществ. Кроме того, можно использовать ферромагнитную или реологическую жидкости и магнитное или электрическое поля.

Наиболее эффективно применение сочетаний описанных эффектов для управления процессами, происходящими в капиллярах.

Помимо указанных ранее эффектов, в линии перехода к КПМ применяются осмос и электроосмос, эффекты, связанные с сорбцией и хемосорбцией (капиллярная конденсация, фотоадсорбционный эффект, влияние электрического поля на адсорбцию, адсорблوميинисценция и хемолуминисценция, радикально-рекомбинационная люминесценция, адсорбционная эмиссия, влияния адсорбции на электропроводимость полупроводника).

Выше были описаны три линии развития КПМ (см. рис. 5.49, 5.50, 5.51):

1. Монолит твердое (1) или эластичное (2) → Вещество с одной полостью (А) → Вещество со многими полостями (В) → КПМ (С) →  $\mu$ КПМ (рис. 5.52а).

2. Полость → Структурированная полость → Полость, заполненная веществом → использование технологических эффектов ТЭ (рис. 5.52б).

3. Вещество с одной полостью  $A1 \rightarrow$  вещество с двумя полостями  $A2 \rightarrow$  вещество со многими полостями  $A3-A4$  (рис. 5.52в).

Они представлены вместе на рис. 5.53.

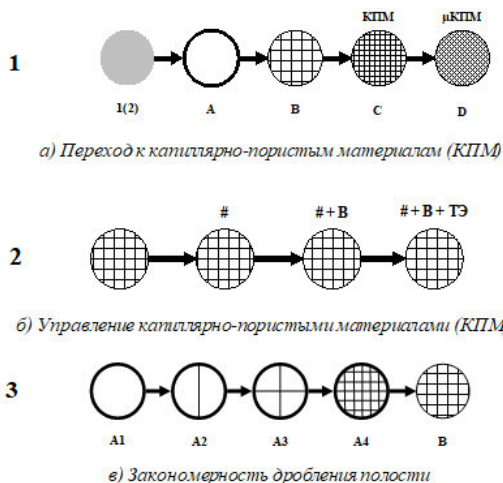


Рис. 5.53. Линии развития капиллярно-пористого материала (КПМ)

В общем виде система развивается по всем трем направлениям, а все состояния могут быть описаны в виде морфологической матрицы, где в качестве морфем, помимо указанных трех составляющих может быть еще четвертая – виды технологических эффектов.

В упрощенном виде эту закономерность можно представить в виде схемы (рис. 5.54).

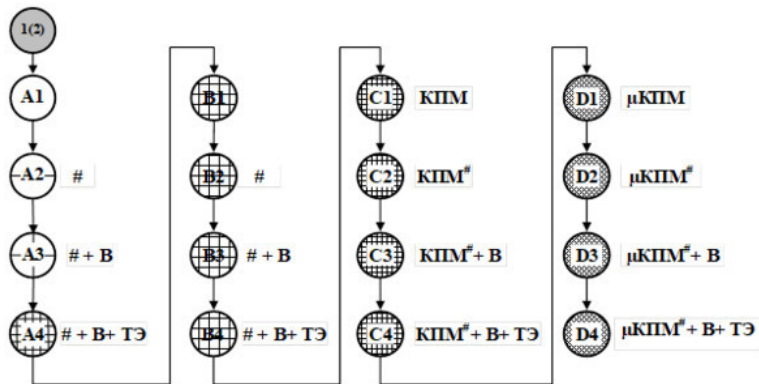


Рис. 5.54. Общая схема перехода к КПМ

Где

КПМ<sup>#</sup> – КПМ со структурированными капиллярами,

μКПМ<sup>#</sup> – μКПМ со структурированными капиллярами.

Структура полостей (ее форма) определяется функцией, которую должен выполнять данный материал или конструкция.

Например, для функции устойчивость часто делают перегородки в форме треугольников, пятиугольников, шестиугольников, кругов, их частей или других геометрических фигур. Наиболее часто встречаются полости в форме гипер-

болического параболоида, эллипсоидов, сфер и полусфер, конусов, сотовых конструкций.

Эти формы могут использоваться и для других функций.

### 5.3.6. Уменьшение степени управляемости

**Закономерность уменьшения степени управляемости** указывает на тенденцию создания простых приспособлений без механизации и автоматизации. Эта закономерность противоположена закону увеличения степени управляемости.

### 5.3.7. Закономерность увеличения степени динамичности

#### Определения

**Развитие системы идет в направлении увеличения степени динамичности.**

**Динамичная система** может изменять свои *параметры, структуру* (в частности форму), *алгоритм, принцип действия и функции*, чтобы наиболее эффективно достичь поставленную *цель* и удовлетворить *потребность*. Динамическая система в своем развитии может менять так же *цель* и *потребность*, приспособляясь к внешним и внутренним изменениям.

Изменения могут происходить:

- *во времени*;
- *по условию*.

*Следствия из закономерности.*

**1. Статические системы стремятся стать динамическими.**

**2. Системы развиваются в сторону увеличения степени динамичности.**

**Основная линия увеличения степени динамичности**

**Увеличение динамичности** происходит изменением динамичности **параметров, структуры, алгоритма и принципа действия, функции, потребности и цели**, которое может происходить *во времени, в пространстве и по условию*.

**Степень динамичности** увеличивается переходом от изменения динамичности **параметров** к изменению динамичности **структуры, алгоритма, принципа действия, функции, потребности и цели**.

**Основная линия увеличения степени динамичности** показана на рис. 5.55.



Рис. 5.55. Линия увеличения степени динамичности

### *Изменение параметров*

**Изменение параметров** системы – это наиболее простой способ увеличения степени динамичности системы с целью ее адаптации к внутренним и внешним изменениям.

Изменяться может любой параметр системы, например, *электрические* параметры (величина тока, напряжения, сопротивления и т. д.), *оптические* параметры (длина волны, яркость, освещенность и т. д.), *акустические* параметры (амплитуда и частота звука и т. п.), *механические* параметры (эластичность, жесткость, вязкость, число степеней свободы и т. д.) и т. д.

### *Изменение структуры*

*Увеличение степени динамичности системы* может осу-

существляться путем **изменения структуры** системы – это более сложный способ динамизации, чем изменение параметров.

Под изменением структуры мы понимаем и изменение формы объекта.

### ***Изменение алгоритма***

*Увеличение степени динамичности системы* может осуществляться путем **изменения алгоритма работы**.

### ***Изменение принципа действия***

*Увеличение степени динамичности системы* может осуществляться путем **изменения ее принципа действия**.

### ***Изменение функции***

*Увеличение степени динамичности системы* может осуществляться путем **изменения выполняемой функции**.

### ***Изменение потребностей***

*Увеличение степени динамичности системы* может осуществляться путем **изменения потребностей**.

## *Изменение целей*

*Увеличение степени динамичности системы может осуществляться путем изменения целей.*

## **Повышение динамичности**

Система тем динамичнее, чем она более управляемая. Динамичность системы *повышается с увеличением скорости и точности адаптации к внешним и внутренним изменениям.*

*Скорость* увеличения динамичности *повышается с учетом изменений не только определенного параметра, а и его производных.*

Идеально, когда система заранее готова к изменениям, т. е. имеет способность заранее *прогнозировать изменения.* С этой целью система должна использовать и/или выявлять и использовать *тенденции, закономерности и законы развития системы, надсистемы и окружающей среды.*

*Точность* адаптации может быть увеличена, если в законе управления системой учитывается *интеграл* от всех изменений или ведется учет предыдущих изменений.

## **Динамическая статичность**

Статические системы достаточно устойчивы, но не мобильны. Мобильные системы часто не устойчивы. Для придания системе максимальной мобильности и устойчивости ее выполняют **динамически статичной**.

*Динамическая статичность системы* осуществляется за счет *постоянного управления* **максимально мобильной системой**. Такие системы называют с динамической устойчивостью.

### 5.3.8. Тенденция уменьшения динамичности

В отдельных случаях можно говорить о тенденции *уменьшения динамичности – повышения статичности*. Система стремится *сохранять, не изменять, стабилизировать* свои *параметры, структуру* (в частности *форму*), *алгоритм* и *принцип действия, функции*, чтобы наиболее эффективно достичь поставленной *цели* и удовлетворить *потребности*. Кроме того, статичная система стремится сохранить так же *цели* и *потребности*.

Стабилизация должна происходить *во времени* и/или *в пространстве* и/или *по условию*.

Название тенденции «уменьшение динамичности» условное. По существу, эта тенденция частный случай *динамических системы*, обеспечивающих постоянство *параметра, структуры, функции, потребности, цели* и т. д.

Динамическую статичность можно тоже рассматривать как частный случай тенденции уменьшения динамичности.

Существует много разновидностей систем, где необходимо поддерживать **параметры стабильными** (*постоянными*) – определенной величины. В качестве параметров можно указать, например, *частоту, температуру, давление, натяжение, прочность* и т. д.

**Тенденция уменьшения степени динамичности** (увеличения статичности) используется для развития систем, в которых необходимо **стабилизировать** определенные параметры или всю систему в целом.

Для **динамизации** системы используется **закон увеличения степени динамичности**.

# 5.4. Закономерность согласования – рассогласования

## 5.4.1. Общие представления

Закономерность согласования—рассогласования является основной из закономерностей эволюции систем. Структура этих закономерностей показана на рис. 5.56.



Рис. 5.56. Структура закономерности эволюции систем

Закономерность согласования—рассогласования включает две закономерности (рис. 5.57).

1. Закономерность согласования.
2. Закономерность рассогласования.



Рис. 5.57. Закономерность согласования – рассогласования

#### 5.4.2. Структура закономерности согласования—рассогласования

Согласование—рассогласование проводится для недопущения вредных явлений или усиления полезных.

Закономерность согласования, которая будет изложена ниже, была сформулирована В. Петровым в 1975–1978. Закономерность рассогласования был предложена Э. Злотиной, а развита Б. Злотиным.

Опишем структуру закономерности согласования—рассогласования (рис. 5.58).

1. Объекты согласования—рассогласования.

1.1. Потребности.

1.2. Функции.

1.3. Принцип действия.

1.4. Система.

1.4.1. Структура:

- элементы;
- связи;
- форма;
- вещество.

1.4.2. Параметры.

1.4.3. Потоки.

1.5. Надсистема.

1.6. Окружающая среда.

1.7. Поля.

1.7.1. Энергия.

1.7.2. Информация.

- данные;
- знания.

2. Способы согласования—рассогласования.

2.1. Во времени.

2.2. В пространстве.

2.3. По условию.

2.4. Статическое (постоянное).

2.5. Динамическое (переменное).



Рис. 5.58. Структура закономерности согласования – рассогласования

Закономерность согласования—рассогласования является общей из закономерностей эволюции систем.

Принцип действия должен согласовываться с главной функцией, внешней средой, надсистемой и системой.

Процесс согласования принципа действия с главной функцией системы – это обеспечение этой функции, т. е. это выбор принципа действия рабочего органа.

# 5.5. Закономерность перехода в надсистему или подсистему

## 5.5.1. Общие представления

Закономерность перехода системы в надсистему и/или подсистему является основной из закономерностей эволюции систем. Структура этих законов показана на рис. 5.59.



Рис. 5.59. Структура закономерностей эволюции систем

Закономерность перехода в надсистему или подсистему включает две закономерности (рис. 5.60).

1. Закономерность перехода в надсистему.
2. Закономерность перехода в подсистему.



Рис. 5.60 Законмерность перехода в надсистему или подсистему

## 5.5.2. Закономерность перехода системы в надсистему

**Закономерность перехода системы в надсистему** разработан Г. Альтшуллером<sup>57</sup>. Он ее сформулировал следующим образом:

*«Исчерпав ресурсы развития, система объединяется с другой системой, образуя новую, более сложную систему».*

Системы объединяются в надсистему не только, когда исчерпали ресурсы своего развития, поэтому мы перестроили эту закономерность.

**Системы объединяются в надсистему, образуя новую более сложную систему.**

Объединение систем в надсистему может проходить двумя путями (рис. 5.61):

- Объединение в новую более сложную систему, имеющую одну функцию (монофункциональная система);
- Переход системы от монофункциональной к полифункциональной.

---

<sup>57</sup> Альтшуллер Г. С. **Найти идею**. Введение в теорию решения изобретательских задач. – Новосибирск: Наука, 1986, С. 90—96.

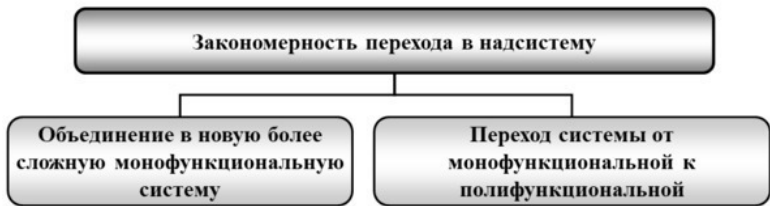


Рис. 5.61. Закономерность перехода в надсистему

Переход системы от монофункциональной к полифункциональной первоначально осуществляется выявлением более общей функции, а затем придания дополнительных функций, при этом часто использует новые технологии.

Тенденция объединения элементов

Системы объединяются по определенной тенденции. Опишем ее (рис. 5.62).

Первоначально имеется одна – **моносистема**. Далее объединяют две исходные системы, при этом получатся **бисистема**. На следующем этапе объединяют три и более систем, образуется **полисистема**. Следующий этап развития, когда би- и/или полисистемы образуют новую единую систему (моносистему), которая выполняет все функции, входящих в нее систем. Эта операция называется **свертыванием**.



Рис. 5.62. Тенденция объединения систем

Переход «**моно-би-поли**» – неизбежный этап в развитии всех систем.

После объединения систем в би- или полисистему происходит некоторое изменение новой системы, требующие согласования составных частей и параметров системы. При этом сокращаются вспомогательные элементы, и устанавливается более тесная связь между отдельными системами. Такие системы называются частично свернутыми. Дальнейшее развитие приводит к полностью свернутым системам, в которых один объект выполняет несколько функций.

Полностью свернутую систему можно представить, как новую моносистему. Ее дальнейшее развитие связано с движением по новому витку спирали. Иногда в качестве новой моносистемы может выступать частично свернутая система.

## Механизмы объединения элементов

Создание надсистемы путем объединения в би- и поли-систему может включать следующие виды элементов (рис. 5.63).

## 1. Однородные

1.1. *Одинаковые.*

1.2. *Однородные элементы со сдвинутыми характеристиками.*

## 2. Неоднородные

2.1. *Альтернативные* (конкурирующие).

2.2. *Антагонистические – инверсные* (элементы с противоположными свойствами или функциями).

2.3. *Дополнительные.*

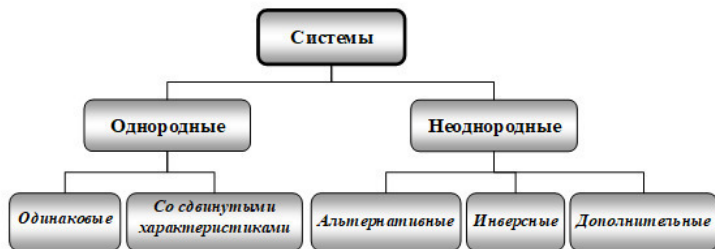


Рис. 5.63. Схема механизма тенденции перехода МО-НО-БИ-ПОЛИ

Полностью схема закономерности перехода системы



## 2. Развитие связей между элементами.

2.1. Система из практически самостоятельных, не связанных между собой элементов, не изменяющихся при объединении.

2.2. Система из частично измененных, согласованных между собой элементов, которые функционируют только вместе и только в данной системе. Это частично свернутая система.

2.3. Система полностью измененных элементов, которые работают только в данной моносистеме и отдельно применяться не могут.

### 5.5.3. Закономерность перехода системы в подсистему

Тенденция перехода системы в подсистему разработана В. Петровым<sup>58</sup>.

Эта тенденция является противоположной *закономерности перехода в надсистему*.

**Система в своем развитии может сворачиваться до уровня подсистемы и даже вещества или вещества, выделяющего поле.**

Переход осуществляется от надсистемы к системе, от системы к подсистеме, от подсистемы к веществу (рис. 5.65).

---

<sup>58</sup> Петров В. Изменение масштабности технических систем. – Тель-Авив, 2002. URL: <http://www.trizland.ru/trizba/pdf-books/zrts-15-masshtab.pdf>.

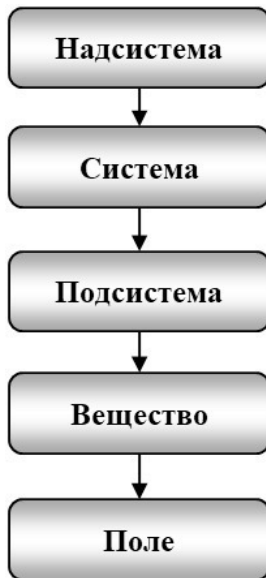


Рис. 5.65. Укрупненная схема тенденции перехода к веществу

В сложных системах переход от подсистемы к веществу осуществляется сначала к подподсистемам и т. д. вплоть до вещества или вещества, выделяющего поле.

Данная тенденция может использовать механизм *свертывания* и при переходе к веществу могут использоваться «умные» вещества.

## 5.5.4. Общая схема закономерности перехода системы в над- или подсистему

Представим полную схему закономерности перехода в надсистему или подсистему (рис. 5.66).

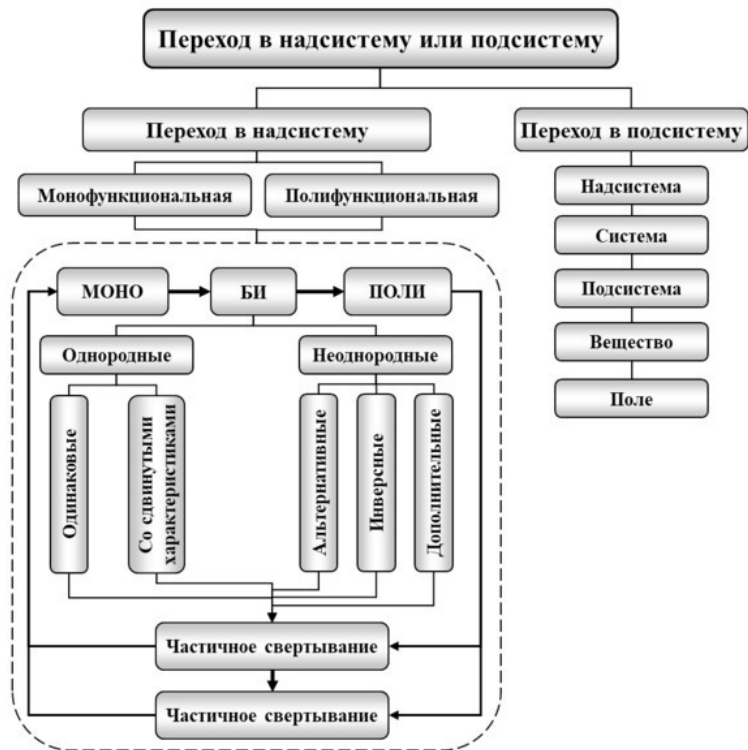


Рис. 5.66. Переход в надсистему или подсистему

## 5.6. Закономерность перехода на микроуровень и на макроуровень

Закономерность перехода системы на микро- и макроуровень является основной из закономерностей эволюции систем (рис. 5.67).



Рис. 5.67. Структура закономерностей эволюции систем

### 5.6.1. Переход на микроуровень

**Закономерность перехода системы на микроуровень** заключается в том, что техника в своем развитии стремится перейти на микроуровень.

Чаще всего это относится к рабочему органу.

Микроуровень – условное понятие. В работе участвуют все более глубинные структуры вещества, например, использование нанотехнологий. При этом используются физические, химические, биологические и математические эффекты.

## **5.6.2. Переход на макроуровень**

**Закономерность перехода системы на макроуровень** – это тенденция увеличения параметров системы.

Многие системы переходит не на микро-, а на макроуровень. В процессе эволюции многие системы постоянно увеличивают определенные параметры.

Среди этих параметров можно назвать:

- размер;
- мощность;
- скорость;
- емкость или объем;
- плотность;
- прочность;
- электропроводность и электроизоляцию;
- теплопроводность и теплоизоляцию;
- удельные параметры и т. д.

# 5.7. Закономерность свертывания – разворачивания систем

## 5.7.1. Общие представления

Закономерность свертывания—разворачивания является основной из закономерностей эволюции систем (рис. 5.68).



Рис. 5.68. Структура закономерностей эволюции систем

Закономерность свертывания – разворачивания включает два закона (рис. 5.69).

1. Закономерность свертывания.
2. Закономерность разворачивания.



Рис. 5.69. Закономерность свертывания – развертывания

### 5.7.2. Формулировка закономерности

**Закономерность свертывания—развертывания** заключается в том, что любая система в своем развитии сворачивает или разворачивает функции и элементы систем<sup>59</sup>.

### 5.7.3. Закономерность свертывания

**Закономерность свертывания** увеличивает степень идеальности за счет *сокращения числа элементов системы* без ухудшения (или при улучшении) функционирования.

Достичь этого можно, перераспределив полезные функции свернутых элементов между оставшимися элементами, а также их передачей элементам надсистемы или подсистемы.

*Правила свертывания.*

– Прежде всего, свертываются элементы или операции,

---

<sup>59</sup> Под системой мы здесь понимаем и процесс, а под ее элементами и операции процесса.

выполняющие вредные функции.

– Затем свертывают маловажные элементы или операции особенно с большой относительной стоимостью.

– Можно свернуть дополнительные элементы или операции, если какой-то элемент или операция выполняют эту функцию самостоятельно.

– Функции устраненных элементов или операций должны быть переданы другим элементам или операциям системы (подсистемам) или надсистеме. Функции свернутых операций могут быть осуществлены на: предыдущих, последующие или параллельные операциях.

Свернуть можно и некоторые функции системы, например, неважные. Это позволит снизить себестоимость системы, за счет отсутствия затрат времени и средств на их выполнение.

При свертывании широко используются все виды ресурсов.

Рассмотрим некоторые пути свертывания систем.

1. Передача функций, свернутых частей системы другим элементам системы или операциям процесса.
2. Вытеснение части системы или операции в надсистему.
3. Миниатюризация.
4. Переход в подсистему.

## **Вытеснение части системы в надсистему**

Подсистема или ее часть вытесняются в надсистему, превращаясь в специализированные системы в составе надсистемы.

Этот осуществляется следующим образом:

- Уменьшается количество элементов в системе;
- Уменьшается масса, габариты и энергопотребление;
- Увеличивается работоспособность;
- система становится проще;
- функция устраненной подсистемы выполняется надсистемой на более качественном уровне, так как осуществляется специализированной системой.

## **Миниатюризация**

Миниатюризация всех подсистем в составе данной системы, без вытеснения подсистем в надсистему.

Нанотехнология позволяет не только осуществить миниатюризацию, она и получить качественно новые материалы, системы, процессы и эффекты.

## **Переход в подсистему**

Тенденцию свертывание технической системы в подсистему мы частично рассмотрели в закономерности перехода в подсистему.

Здесь мы рассмотрим объединение подсистем в единый

элемент. Подсистема выполняет функции других подсистем. Система превращается в рабочий орган, в вещество – в материальных системах и данные – в информационных системах. При этом часто используются «умные» вещества, выполняющие всю работу других подсистем.

#### **5.7.4. Закономерность развертывания**

**Закономерность развертывания** увеличивает степень идеальности за счет *увеличения числа функций*, выполняемых системой без ее усложнения, т. е. система становится полифункциональной.

Данная закономерность – один из способов увеличения степени идеальности, путем увеличения функциональности.

Для осуществления этой закономерности может быть использована закономерность «моно-би-полисвертывание» и механизм ее осуществления (см. закономерность перехода в надсистему):

- одинаковые системы;
- системы со сдвинутыми характеристиками;
- альтернативные системы;
- дополнительные системы;
- инверсные системы.

При развертывании можно использовать любые комбинации перечисленных видов систем.

*Последовательность развертывания систем.*

1. Выявление функций, которые мы хотим добавить к имеющейся системе.
2. Выявление альтернативных систем, выполняющих данные функции.
3. Выбор наилучших систем. Чаще всего выбирают систему, которая работает в самых тяжелых условиях и выпускается массовым производством.
4. Присоединение выбранных систем к имеющейся системе.
5. Определение достоинств и недостатков полученной системы.
6. Определение и разрешение противоречий.
7. Свертывание «лишних» элементов.
8. Максимальное использование ресурсов для развертывания системы.

Процесс объединения систем часто называют **гибридизацией**.

Можно выделить отдельные этапы развертывания систем:

- 1) гибридизация;
- 2) свертывание «лишних» элементов в гибридной системе;
- 3) максимальное использование ресурсов.

## **Гибридизация**

Легче всего увеличить функциональность, присоеди-

нием элементов, выполняющих дополнительные функции – это путь гибридизации. При этом системы будет выполнять несколько функций.

## **Свертывание «лишних» элементов в гибридной системе**

На этом этапе выявляются и разрешаются противоречия синтезированной гибридной системы, главным образом, удалением повторяющихся элементов, но сохраняя привнесенные новые функции.

## **Максимальное использование ресурсов**

Один из путей увеличения степени идеальности – это использование ресурсов.

Первоначально выясняются все ресурсы системы.

Имеются следующие виды ресурсов.

1. Функции.
2. Элементы.
3. Связи между элементами.
4. Форма.
5. Энергия.
6. Информация.
7. Вещество.
8. Поле.

9. Потоки (вещества, энергии и информации).
10. Пространство.
11. Время.
12. Процессы.
13. Параметры.
14. Системные ресурсы.

Ресурсы могут браться в системе, подсистемах и надсистеме. Они могут использоваться в готовом виде или быть видоизменены.

*Последовательность применения выявленных свойств по новому назначению системы может быть следующая.*

1. Применение системы в целом.

- 1.1. Применение основных свойств, функций, действий в целом.

- 1.2. Применение вспомогательных свойств, функций, действий в качестве основных.

- 1.3. Применение ненужных или вредных свойств, функций, действий в качестве полезных.

- 1.4. Применение свойств, функций и действий, обратных выявленным.

2. Применение подсистем аналогично п.1.

3. Применение веществ и полей подсистем.

- 3.1. Применение основных для системы и подсистемы свойств веществ и полей.

- 3.2. Применение вспомогательных для данной системы

свойств веществ и полей в качестве основных.

3.3. Применение ненужных для данной системы веществ и полей в качестве полезных.

3.4. Применение вредных для данной системы веществ и полей в качестве полезных.

4. Применение микроструктуры веществ подсистемы.

4.1. Применение основных свойств микроструктуры – молекул, атомов, элементарных частиц и т. п.

4.2. Применение вспомогательных для данной системы свойств микроструктуры.

4.3. Применение ненужных для данной системы свойств микроструктуры в качестве нужных.

4.4. Применение вредных для данной системы свойств микроструктуры в качестве полезных.

## 5.8. Закономерность несбалансированного – сбалансированного развития систем

Закономерность несбалансированного – сбалансированного развития является основной из закономерностей эволюции систем (рис. 5.70).



Рис. 5.70. Структура закономерностей эволюции систем

*Развитие частей системы идет неравномерно; чем сложнее система, тем не равномернее развитие ее частей.*

Для увеличения идеальности система должна увеличи-

вать степень ее сбалансированности, как отдельных частей системы, так и системы с надсистемой.

Мы назвали эту **закономерность сбалансированного – несбалансированного развития**.

**Для увеличения степени идеальности система должна развиваться сбалансированного.**

Закономерность неравномерного – равномерного развития (несбалансированного – сбалансированного развития) включает две закономерности (рис. 5.71).

1. Закономерность неравномерного (несбалансированного) развития.
2. Закономерность сбалансированного развития.



Рис. 5.71. Закономерность неравномерного – сбалансированного развития

# 5.9. Закономерности использования пространства

## 5.9.1. Общее представление

Помимо указанных выше закономерностей развития систем имеется еще одна общая закономерность – **использование пространства**. Она, как и большинство закономерностей, имеет тренд и анти-тренд.

## 5.9.2. Основная последовательность

**Закономерность использования пространства** – это постепенный переход от точки к линии, от линии к плоскости и от плоскости к объему, а также обратный переход от объема к плоскости, линии и точке.

Основные направления и идеи этой работы были изложены В. Петровым в 1973 г.<sup>60</sup> В дальнейшем эта цепочка была развита<sup>61</sup>. В данной работе дальнейшее ее развитие.

Эта закономерность имеет дополнительные переходы. После перехода к объему (3D) имеется следующий переход

---

<sup>60</sup> Петров В. М. Точка – линия – объем. – Л., 1973. (рукопись).

<sup>61</sup> Петров В. Система законов развития техники – Тель-Авив, 2002. <http://www.trizland.ru/trizba/pdf-books/zrts-02-system.pdf>. Петров В. Обобщенные модели решения изобретательских задач. – Тель-Авив, 2007.

к динамизации объема, т. е. изменение 3D-формы во времени или по условию. Эту закономерность назовем 4 D. Далее происходит переход к псевдо-объему и наконец, к динамическому псевдо-объему. Эта закономерность показана на рис. 5.72.

Рассмотрим пути увеличения эффективности каждого из переходов.



Рис. 5.72. Прямая тенденция использования пространства

Переход от линии к плоскости и объему – это использование кривых в плоскости и пространстве (рис. 5.73).



Рис. 5.73. Тенденция использования линии

Переход от плоскости к объему может быть постепенным. Если использована вся площадь плоскости, то может использоваться обратная сторона этой плоскости. В частности, может быть использована лента Мёбиуса (рис. 5.74).

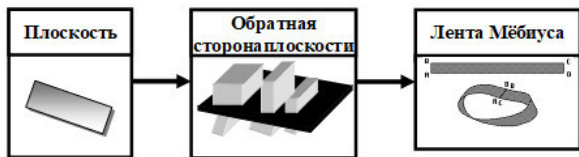


Рис. 5.74. Тенденция использования объема

Далее рассматривается более эффективное использова-

ние объема. Когда исчерпаны возможности объема, то используют внутренние поверхности объема, в котором располагают другие части (прием «Матрешка»). В частности, может использоваться бутылка Клейна, несколько соединенных бутылка Клейна, 3D-лента Мёбиуса (использование свойств ленты Мёбиуса в объеме) и лента Киселева<sup>62</sup>. Эта тенденция показана на рис. 5.75. При этом могут быть использованы и другие геометрические эффекты.

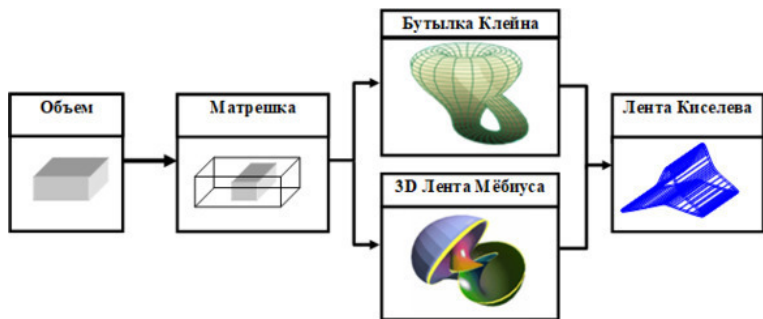


Рис. 5.75. Тенденция использования внутреннего объема

В дальнейшем динамизируют объем, т. е. объемная форма изменяется во времени или по какому-то условию. При этом это могут быть незначительные изменения своего рода «дышащий» объем или полное изменение формы.

Следующий этап – это использование псевдо-объема, на-

<sup>62</sup> Лента Киселева – это соединенных по одной линии  $n$  лент, замкнутая поверхность образуется так же как в ленте Мёбиуса, но со сдвигом на одну.

пример, стереоизображение, голограммы, 3D – трехмерное изображение в компьютерах и т. д. Дальнейшее развитие – это динамизация псевдо-объема. Это похоже на 3D-кино, т. е. динамизация объемных изображений. На следующем этапе добавили к объему и динамизации и другие ощущения – это 5D и 7 D-кино.

### **5.9.2. Противоположная последовательность**

Имеется и противоположная тенденция изменения систем в пространстве: переход от объема к плоскости, от плоскости к линии, от линии к точке может речь идти и о псевдо-точке (рис. 5.76). В этом случае динамизация уменьшается вплоть до статики. Эта тенденция используется в случаях:

- нехватки или экономии ресурсов;
- получения качественно новых результатов;
- точечных воздействий;
- точечных измерений или обнаружений.



Рис. 5.76. Противоположная тенденция использования пространства

## 5.10. Использование системы тренд – анти-тренд

Каждая из закономерностей эволюции систем имеет тренд и анти-тренд. Они могут использоваться как самостоятельно, так и в определенной связи и их сочетания.

Нами выявлена закономерность, что при *развитии некоторых систем одновременно используются тренд и анти-тренд*.

Например, система в целом может развиваться по анти-тренду, а принцип его действия, технология или отдельная часть развивается по тренду.

Данная система тренд – анти-тренд может использоваться как для развития мышления, так и при прогнозировании развития новых систем. При этом важно учитывать не только основную закономерность, но и его противоположность – анти-закономерность.

## **5.11. Общая схема законов и закономерностей развития**

Для получения общей картины представим детальные схемы развития систем и полную схему развития систем.

### **5.11.1. Полная схема законов и закономерностей развития систем**

Полная схема развития систем включает все законы, закономерности, подзакономерности, тенденции и механизмы исполнения (рис. 5.77). Она наглядно показывает всю картину законов и закономерностей развития систем и их взаимосвязи.

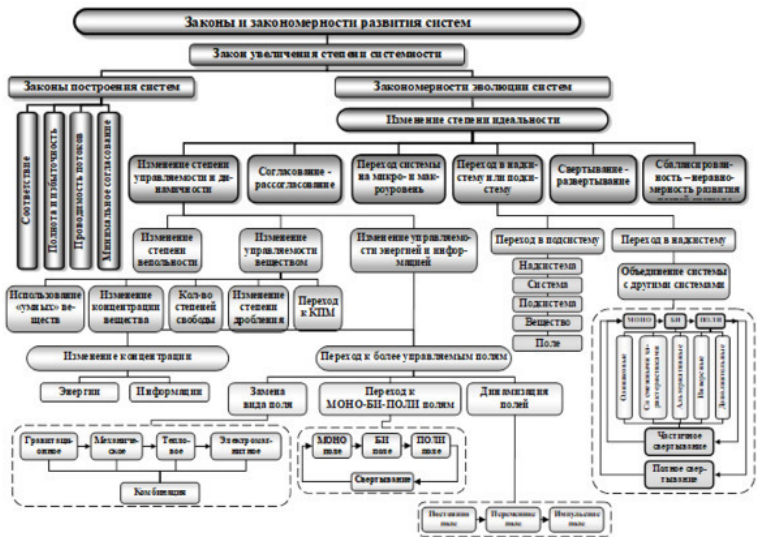


Рис. 5.77. Полная схема законов и закономерностей развития систем

### 5.11.2. Полная схема закономерностей развития систем

Полная схема развития систем включает все группы законов и закономерностей: всеобщие, общие и специальные. В каждой из групп представлены все законы (рис. 5.78). Таким образом на схеме представлены все законы и закономерности одновременно и их связи.

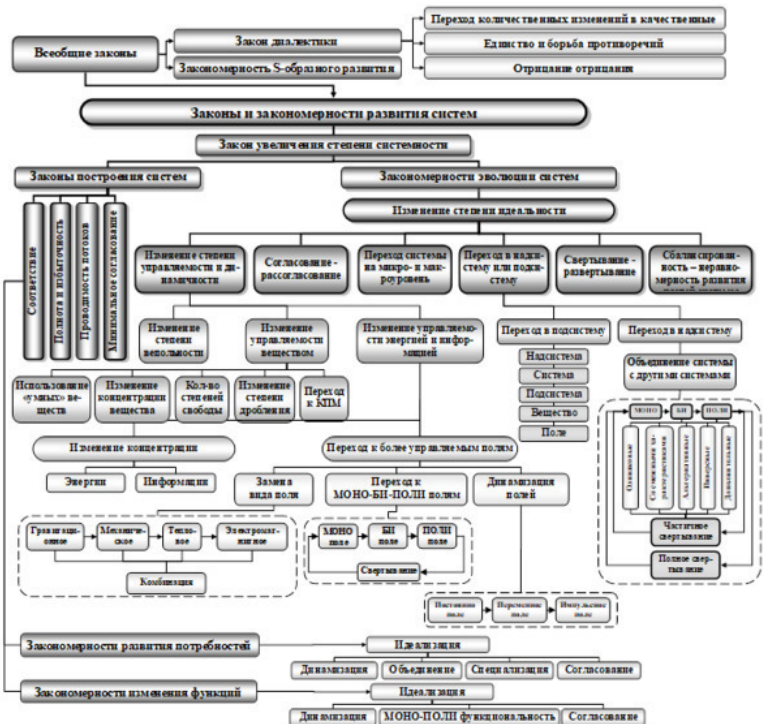


Рис. 5.78. Полная схема законов и закономерностей развития систем

# **Глава 6. Предназначение законов и закономерностей развития систем**

## **6.1. Виды предназначений**

Законы и закономерности развития систем можно использовать по разным назначениям:

- 1. Построение систем;**
- 2. Выявление задачи;**
- 3. Анализ уровня развития системы;**
- 4. Анализ полученного решения;**
- 5. Определение тенденций развития системы;**
- 6. Развитие эволюционного мышления.**

Построение систем осуществляется с использованием законов построения систем.

Пункты 2-5 осуществляются сравнением с закономерностями эволюции систем.

## 6.2. Выявление задачи

**Выявление задач** может проводиться сравнением существующей системы с требованиями закономерностями эволюции систем (рис. 6.1). Прежде всего, сравнение осуществляется с закономерностью увеличения степени идеальности.

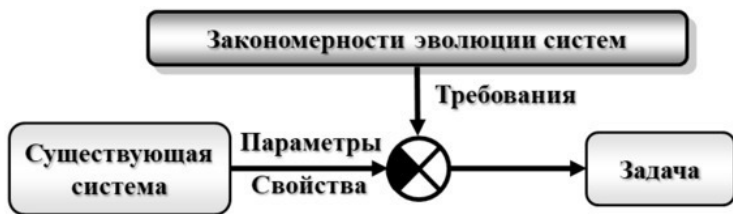


Рис. 6.1. Схема выявления задачи

### Пример 6.1. Выявление задачи

В качестве системы рассмотрим стол.

Идеальный стол должен появляться в нужный момент в нужном месте по необходимому условию, в остальное время он должен исчезать или выполнять другую функцию.

Обычный стол не соответствует таким требованиям. Он стоит все время и, например, мешает свободно проходить. Значит, задача, как сделать стол более идеальным?

Например, складной, надувной, приставной или опускающийся с потолка стол будет более идеальным.

## 6.3. Анализ уровня развития системы

Анализ уровня развития системы осуществляется сравнением параметров или свойств системы с требованиями, предъявляемыми закономерностями к системе (рис. 6.2).

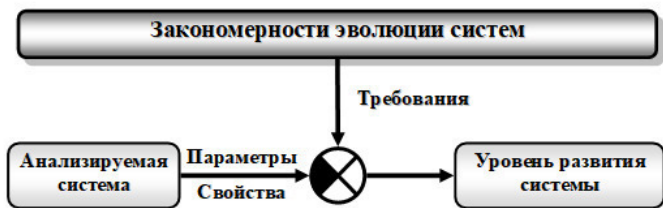


Рис. 6.2. Схема выявления уровня развития системы

Методика анализа систем с помощью закономерностей будет детально изложена в главе 27. Прогнозирование развития систем (п. 27.3.2).

Аналогичным образом осуществляется анализ полученного решения и выявление задач.

## 6.4. Анализ полученного решения

При анализе полученного решения, сравниваются свойства полученного решения с требованиями по каждой из закономерности (рис. 6.3). Определяется насколько близко решение к идеальному решению. Это является критерием уровня решения.

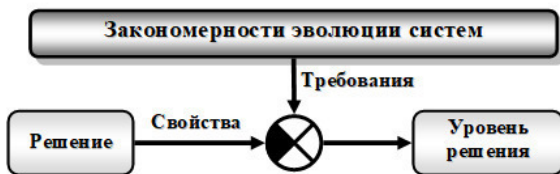


Рис. 6.3. Схема выявления уровня решения

## **6.5. Определение тенденций развития системы**

Методику **определения тенденций развития системы** мы рассмотрим в главе 27. Прогнозирование развития систем (п. 27.2).

## 6.6. Развитие ЭВОЛЮЦИОННОГО МЫШЛЕНИЯ

**Эволюционное мышление** – это мышление по законам и закономерностям. Оно развивается применением законов и закономерностей для развития любых объектов.

Подробно это описано в книгах «Талантливое мышление»<sup>63</sup> и «Изобретательское мышление»<sup>64</sup>.

---

<sup>63</sup> **Петров Владимир. Талантливое мышление: ТРИЗ/** Владимир Петров. [б. м.]: Издательские решения, 2018. – 280 с. – ISBN 978-5-4493-5785-4

<sup>64</sup> **Петров Владимир. Изобретательское мышление: ТРИЗ/** Владимир Петров. [б. м.]: Издательские решения, 2021. – 284 с. – ISBN 978-5-0055-2805-6

# Глава 7. Прогнозирование развития систем

## 7.1. Общие представления

Мы будем говорить только о качественном, а не о количественном прогнозировании.

Прогноз может проводиться для разных целей, на разных уровнях, с разной глубиной и детализацией.

В общем случае прогнозирование должно касаться не только продукта или услуги, но и компании, разрабатывающей и выпускающей этот продукт (услугу), и сегмента рынка, на который рассчитан данный продукт (услуга).

Прогноз может проводиться только на уровне потребностей определенных покупателей продукта (услуги), функций, которые хотят получить покупатели, чтобы удовлетворить их потребность, принципов действий, выполняющих данные функции или продуктов (услуг), построенных на данных принципах действия.

Кроме того, системный подход при прогнозировании должен учесть изменения на различных этапах жизненного цикла, рассмотренные нами в закономерности S-образного развития (1. Разработка, становление; 2. Развитие; 3. Зрелость;

#### 4. Упадок, утилизация).

Прогноз может проводиться только по основным закономерностям развития искусственных систем (продукт или услуга, компания и рынок) или включать и второстепенные. Второстепенные закономерности могут не относиться к компаниям и рынку, а также не ко всем видам продуктов и услуг. Безусловно при прогнозировании используются только закономерности развития, основные из них:

1. Идеализация;
2. Управляемость и динамика;
3. Переход в над- и подсистему;
4. Согласование;
5. Свертывание – развертывание.

И наконец прогноз может осуществляться для существующих – старых (Ст.) или новых (Н) продуктов (услуг), компании и рынка (табл. 7.1).

Продукт (услуга)		Компания		Рынок	
Старый	Новый	Старая	Новая	Старый	Новый

Таблица 7.1. Виды продуктов (услуг), компаний и рынка

В целом системный подход к прогнозу можно представить в виде таблиц.

В таблице 7.2 представлен системный прогноз с использованием системного подхода, описанного в п. 1.7 для анализа и синтеза.

					Этапы жизненного цикла				
					1. Разработка, становление	2. Развитие	3. Зрелость	4. Упадок и утилизация	
Инструменты ТРИЗ	Системный подход	Анализ	Выявление недостатков	Продукт/ Услуга	Ст.				
				Компания	Ст.				
				Рынок	Ст.				
		Выявление принципа действия, функции, потребности	Продукт / Услуга	Ст.					
			Компания	Ст.					
			Рынок	Ст.					
	Синтез	Продукт / Услуга	Ст.						
		Компания	Ст.						
		Рынок	Ст.						

Таблица 7.2. Системный подход к прогнозированию

При выявлении новых потребностей и функций можно использовать закономерности развития потребностей и изменения функций (глава 8).

Отдельно покажем системный подход к прогнозированию с использованием общих закономерностей развития искусственных систем (продукта или услуги, компании и рынка). Это будет делаться так же для существующих – старых (Ст) и новых (Н) искусственных систем (табл. 7.3).

			Этапы жизненного цикла					
			1. Разработка, становление	2. Развитие	3. Зрелость	4. Упадок и утилизация		
Инструменты ТРИЗ	Закономерности построения	Полнота частей	Продукт/Услуга	Ст. Н	1			
			Компания	Ст. Н	1			
			Рынок	Ст. Н	1			
			Продукт/Услуга	Ст. Н	1			
			Компания	Ст. Н	1			
			Рынок	Ст. Н	1			
		Проводимость потоков	Продукт/Услуга	Ст. Н	1			
			Компания	Ст. Н	1			
			Рынок	Ст. Н	1			
			Продукт/Услуга	Ст. Н	1			
			Компания	Ст. Н	1			
			Рынок	Ст. Н	1			
	Минимальное согласование	Продукт/Услуга	Ст. Н	1				
		Компания	Ст. Н	1				
		Рынок	Ст. Н	1				
		Продукт/Услуга	Ст. Н	1				
		Компания	Ст. Н	1				
		Рынок	Ст. Н	1				
	Закономерности эволюции	Идеализация	Продукт/Услуга	Ст. Н		1	1	1
			Компания	Ст. Н		1	1	1
			Рынок	Ст. Н		1	1	1
		Управляемость и динамика	Продукт/Услуга	Ст. Н		1	1	1
			Компания	Ст. Н		1	1	1
			Рынок	Ст. Н		1	1	1
Переход в надсистему и подсистему		Продукт/Услуга	Ст. Н		1	1	1	
		Компания	Ст. Н		1	1	1	
		Рынок	Ст. Н		1	1	1	
Согласование		Продукт/Услуга	Ст. Н		1	1	1	
		Компания	Ст. Н		1	1	1	
		Рынок	Ст. Н		1	1	1	
Свертывание – развертывание	Продукт/Услуга	Ст. Н		1	1	1		
	Компания	Ст. Н		1	1	1		
	Рынок	Ст. Н		1	1	1		

## Таблица 7.3. Системный подход к прогнозированию

В этой главе подробно изложены методика прогнозирования, основные понятия и история развития методики.

Этот вид прогноза относится к любым искусственным системам.

В книге 4 монографии будет детально описана методика прогнозирования развития искусственных систем, разработанная автором с использованием системы закономерностей и системного подхода, рассмотренных в монографии и других инструментах ТРИЗ.

Методика прогнозирования включает:

- предварительный анализ системы;
- экспресс-прогноз;
- углубленный прогноз.

Анализ системы включает:

1. Анализ недостатков системы;
2. Анализ системы по S-образной кривой;
3. Анализ системы по закономерностям развития систем.

Методика выявления недостатков системы изложена в п. 1.7.3.

В результате анализа системы по S-образной кривой и закономерностям развития получают уровень развития системы в настоящий момент.

Анализ по S-образной кривой выявляет этап развития, который позволяет сказать, как следует развить систему

дальне:

- продолжить развитие существующей системы;
- начать разрабатывать систему нового поколения;
- и то и другое вместе.

Анализ по закономерностям показывает, насколько система развита по каждой из закономерности, тренду и в целом, а также указывается в каком направлении следовало бы развивать систему.

Кроме того, желательно провести анализ продвижения продукта (услуги) на рынок, который проводится по специальной методике, разработанной автором<sup>65</sup>. Эта методика использует *закономерности развития продукта, компании и рынка* и их *взаимодействие*. Особенно это важно для компаний стартап и инвесторов этих компаний.

Таким образом, определяется стратегия прогнозирования.

На следующем этапе проводится сам прогноз. В зависимости от потребностей и возможностей компании, для которой проводится прогноз осуществляю экспресс или углубленный прогнозы или и то и другое последовательно. При углубленном прогнозировании специальное внимание уделяется отбору и анализу информации. Результатом прогно-

---

<sup>65</sup> **Петров Владимир. Системный анализ продвижения продукта на рынок: ТРИЗ** / Владимир Петров. [б. м.]: Издательские решения, 2018. – 26 с. – ISBN 978-5-4493-0972-3 **Петров Владимир. Управление инновациями: Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)** / Владимир Петров. – [б. м.]: Издательские решения, 2020. – 130 с. – ISBN 978-5-0051-0072-6

зирования будет не только направления, в которых следует развивать исследуемую систему, но и прогрессивные решения для продукта, которые заказчик может оформить в виде заявок на изобретение, а при необходимости – пакет заявок, которые могут составить патентный зонтик (patent umbrella). Таким образом, заказчик сможет получить ощутимые конкурентные преимущества. Опираясь на эти патенты, патентообладатель сможет получить сверхприбыль от предоставления лицензий иным субъектам, так и заблокировать конкуренцию на соответствующем рынке, распространив свое господство над изобретением.

Автор неоднократно проводил прогнозы развития различных систем для ведущих компаний мира.

Ниже приведем краткую методику прогнозирования

## **7.2. Анализ системы**

Анализ производится по продукту (услуге), компаниям производителей продукт (услугу) и рынку, на котором реализуется данный продукт (услугу).

### **7.2.1. Последовательность проведения анализа**

**1. Анализ недостатков существующего продукта (услуги) и компании.**

**2. Сравнение существующего продукта (услуги) и с конкурентными продуктами (услугами) других компаний (бенчмаркинг).**

**3. Выявление тенденций развития продукта (услуги), компании и рынка.**

**4. Анализ уровня развития продукта (услуги) и компании и направления, в которых следует их развивать.**

### **7.2.2. Анализ недостатков систем**

Выявление недостатков продукта и компании осуществляется по методике, описанной в п. 1.7.3.

### **7.2.3. Бенчмаркинг**

Бенчмаркинг может проводиться по любым продуктам (услугам) и компаниям, по любым параметрам, однако для сокращения времени на его проведение и уменьшения затрат, рекомендуется выбрать только неудовлетворительные параметры в продукте (услуге) и компании.

Последовательность проведения бенчмаркинга:

1. Выбор параметров для проведения бенчмаркинга;
2. Выбор лидирующих продуктов (услуг) и компаний по выбранным параметрам.
3. Поиск информации по выбранным параметрам у лидирующих продуктов (услуг) и компаний.
4. Сравнение параметров исследуемых и лидирующих продуктов (услуг) и компаний.
5. Определение способов достижения лидирующих параметров.

Чаще всего лидирующие продукты (услуги) и компании выбираются по критериям:

1. массовости (массовое производство);
2. тяжелые условия: разработки, производства, распространения (продажи) и эксплуатации.

#### **7.2.4. Выявление тенденций развития**

Выявляются тенденции развития исследуемых продуктов (услуг), компаний и рынка.

По продукту проводится:

1. Анализ реально существующих продуктов;
2. Анализ патентной информации;
3. Построение тенденции развития реальных продуктов;
4. Построение тенденции развития продуктов по патентным данным;
5. Сопоставление тенденций развития.
6. Построение общей тенденции развития продукта.

Технология поиска информации и построения трендов будет изложена в п. 7.4.2.

Кроме того, желательно провести анализ продвижения продукта (услуги) на рынок, который проводится по специальной методике, разработанной автором<sup>66</sup>. Эта методика использует *закономерности развития продукта, компании и рынка* и их *взаимодействие*. Особенно это важно для компаний стартап и инвесторов этих компаний

### **7.2.5. Анализ уровня развития системы**

Анализ уровня развития исследуемой системы осуществляется, чаще всего, следующими путями (рис. 7.1):

- определением развития системы в соответствии с S-об-

---

<sup>66</sup> **Петров Владимир. Системный анализ продвижения продукта на рынок: ТРИЗ** / Владимир Петров. [б. м.]: Издательские решения, 2018. – 26 с. – ISBN 978-5-4493-0972-3 **Петров Владимир. Управление инновациями: Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)** / Владимир Петров. – [б. м.]: Издательские решения, 2020. – 130 с. – ISBN 978-5-0051-0072-6

разной кривой;

– сравнением параметров системы с требованиями закономерностей развития систем;

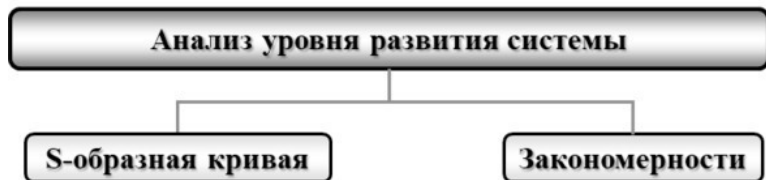


Рис. 7.1. Анализ уровня развития системы

Такой анализ дает только качественную, но не количественную оценку, поэтому он, как правило, проводится *экспертным путем*. К анализу должны быть привлечены опытные эксперты в исследуемой области. Результаты анализа должны быть статистически обработаны.

### 7.2.6. Анализ по S-кривой

Анализ по S-кривой осуществляется по основным параметрам системы, а затем определяют суммарную или среднеквадратичную оценку развития системы. В результате получают картину развития системы по каждому из ее важных параметров и общую картину развития системы. Звездочкой

на графике (рис. 7.2) показан уровень развития исследуемой системы.

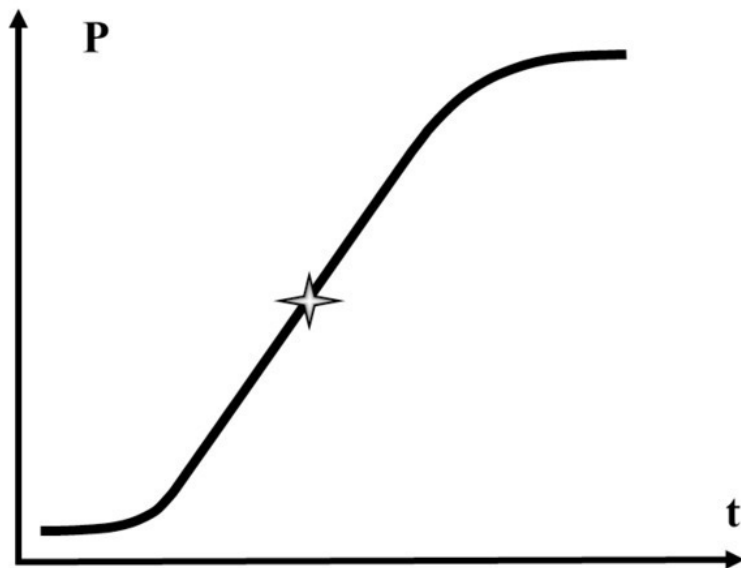


Рис. 7.2. Уровень развития системы

В качестве параметров могут рассматриваться не только технические параметры, например, скорость, мощность, КПД, быстродействие, габариты и т. д., но и экономические, маркетинговые, например, количество продаж, прибыль и т. д.

Такой анализ позволяет определить стратегическое на-

правление развитие исследуемой системы, т. е. направление, в каком следует развивать систему:

- продолжить развитие рассматриваемой системы;
- начать разработку системы нового поколения;
- продолжить развитие существующей системы и параллельно начать разработку новой системы и т. д.

### 7.2.7. Анализ по закономерностям развития систем

Анализ исследуемой системы по закономерностям развития систем осуществляется сравнением параметров системы с требованиями каждой из закономерностей развития (рис. 7.3).

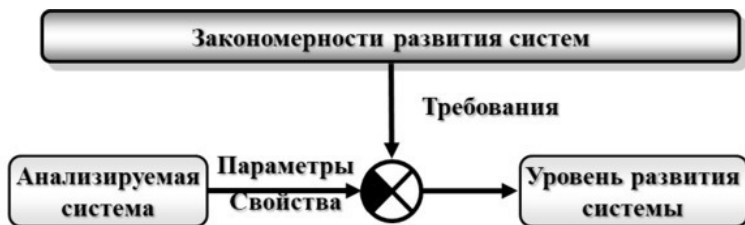


Рис. 7.3. Схема выявления уровня развития системы

Такой анализ желательно провести не только по существующей системе, но и по ее предшественнице и конкурирующим системам.

Сопоставляя результаты анализа существующей системы

и предыдущей, можно судить, насколько улучшилась (или ухудшилась) существующая система, по каким закономерностям.

Сопоставление с конкурирующей системой покажет разницу в развитии исследуемой и конкурирующей системы. Такой анализ позволяет увидеть сильные стороны конкурирующей системы и слабые анализируемой. Задача заключается в достижении всех наилучших качеств.

При анализе систему оценивают значение развития ее по каждой из закономерностей и выставляю экспертные оценки от нуля до максимальное, например, 10.

В заключении строится диаграмма (рис. 7.4).

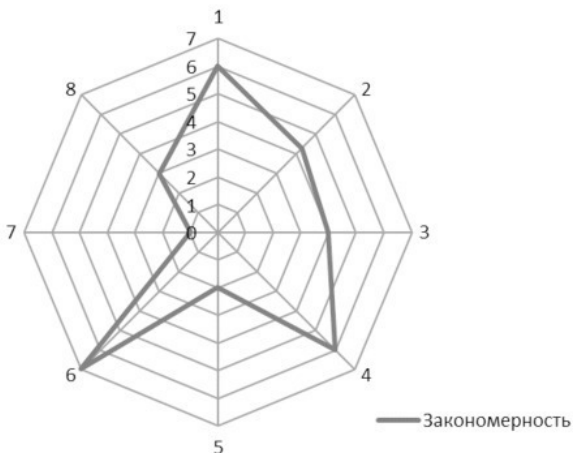


Рис. 7.4. Диаграмма развития системы

Где

1. Увеличение степени идеальности.
2. Увеличение степени управляемости и динамичности.
3. Переход системы на микроуровень.
4. Переход системы в надсистему.
5. Свертывание.
6. Развертывание.
7. Согласование.

8. Неравномерность развития частей системы (уровень несбалансированности системы).

Диаграмма показывает, по каким из закономерностей система развита больше, а по каким меньше. В соответствии с этим выбирается стратегия дальнейшего развития системы.

## 7.3. Экспресс-прогноз

Анализ по закономерностям показал, что и по каким направлениям еще следует развивать данную в систему.

Прежде всего, следует определить, по каким именно закономерностям следует развивать исследуемую систему, а какие закономерности в данных обстоятельствах не релевантные.

Прогнозирование развития системы можно начинать с любой из закономерностей эволюции систем. Оно проводится последовательным использованием отдельных закономерностей и механизмов осуществления этих закономерностей развития систем.

После применения всех закономерностей необходимо проверить, не имеются ли противоположные направления развития. При наличии таких фактов необходимо выявить и разрешить противоречия с помощью инструментов ТРИЗ.

## **7.4. Углубленный прогноз**

### **7.4.1. Последовательность проведения углубленного прогноза**

**Углубленный прогноз** проводится в следующей последовательности:

1. Анализ уровня развития системы, описанных в п. 6.3.
2. Выявление потребностей, функций и принципа действия (п. 1.7.2).
3. Построение модели альтернативных потребностей:
  - 3.1. Выявление скрытых потребностей (п. 8.1.7).
  - 3.2. Прогноз развития потребностей (пп. 8.1.3 – 8.1.6).
4. Выбор наиболее подходящей потребности.
5. Построение модели рабочего органа
  - 5.1. Построение модели главных функций системы
    - 5.1.1. Прогноз изменения функций (п. 8.2) для выбранной потребности или построение дерева функций для всех спрогнозированных потребностей.
    - 5.1.2. Выбор главной функции, наиболее удовлетворяющей выбранную потребность или в построенном дереве выбрать наиболее удовлетворяющие главные функции для каждой из ветвей (потребности).
  - 5.2. Построение модели принципов действия
    - 5.2.1. Выбор альтернативных принципов действия, для

выбранной главной функции (альтернативные принципы действия, выбираются используя эффекты и трансфер технологий) или в построенном дереве выбрать альтернативные принципы действия для каждой из ветвей главных функций.

5.2.2. Выбор принципа действия наиболее удовлетворяющей для выбранной главной функции.

5.3. Построение модели альтернативных рабочих органов

5.3.1. Выбор альтернативных рабочих органов для выбранного принципа действия или выбор альтернативных рабочих органов для каждого из ветвей принципов действия. Поиск информации для выбора альтернативных рабочих органов осуществляется по технологии изложенной в п. 7.4.2. При выборе альтернативных систем используются закономерности эволюции систем (глава 5).

5.3.2. Выбор рабочего органа наиболее удовлетворяющего для выбранного принципа действия или выбор рабочего органа наиболее удовлетворяющего принцип действия для каждой из ветвей принципов действия.

5.3.3. Верификация модели рабочего органа.

6. Построение модели основных частей системы.

6.1. Выбор основных функций системы

6.1.1. Выбор функции обеспечивающий источник и преобразователь

а) выбор альтернативных функций для функции обеспечения источника и преобразователя (п. 8.2);

б) выбор функции для функции обеспечения источни-

ка и преобразователя, наиболее удовлетворяющей выбранному принципу действия или в построенном дереве выбрать функцию, обеспечивающую источник и преобразователь наиболее удовлетворяющую для каждой из альтернативных функций.

#### 6.1.2. Выбор функции, обеспечивающий связи

а) выбор альтернативных функций для функции обеспечения связей (п. 8.2);

б) выбор функции для функции обеспечения связи, наиболее удовлетворяющей выбранному принципу действия или в построенном дереве выбрать функцию, обеспечивающую связи наиболее удовлетворяющую для каждой из альтернативных функций.

#### 6.1.3. Выбор функции, обеспечивающий систему управления

а) выбор альтернативных функций для функции обеспечения систему управления (п. 8.2);

б) выбор функции для функции обеспечения систему управления, наиболее удовлетворяющей выбранному принципу действия или в построенном дереве выбрать функцию, обеспечивающую систему управления, наиболее удовлетворяющую для каждой из альтернативных функций.

6.2. Построение модели альтернативных основных частей системы. Поиск информации для выбора альтернативных основных частей системы осуществляется по технологии изложенной в п. 7.4.2. При выборе альтернативных систем ис-

пользуются закономерности эволюции систем (глава 5).

### 6.2.1. Выбор источника и преобразователя

а) выбор альтернативных источников и преобразователей.

б) выбор источника и преобразователя, наиболее удовлетворяющих выбранному принципу действия или в построенном дереве выбрать источник и преобразователь наиболее удовлетворяющую для каждой из альтернативных функций.

в) верификация работоспособности источника и преобразователя

### 6.2.2. Выбор связи

а) выбор альтернативных связей

б) выбор связи, наиболее удовлетворяющей выбранному принципу действия или в построенном дереве выбрать связи наиболее удовлетворяющую для каждой из альтернативных функций.

в) верификация работоспособности связи

### 6.2.3. Выбор системы управления

а) выбор альтернативных систем управления

б) выбор системы управления, наиболее удовлетворяющей выбранному принципу действия или в построенном дереве выбрать систему управления, наиболее удовлетворяющую для каждой из альтернативных функций.

в) верификация системы управления

6.2.4. Верификация работоспособности рабочего органа и основных частей системы.

7. Полная верификация прогноза.

Представим описанную последовательность проведения углубленного прогноза в виде графа (рис. 7.5). Показан граф только для выбранных потребности, главной функции, принципа действия, основных функций и основных элементов.

Выбранные элементы показаны в виде затемненных прямоугольников.



Рис. 7.5. Граф выбора рабочего органа

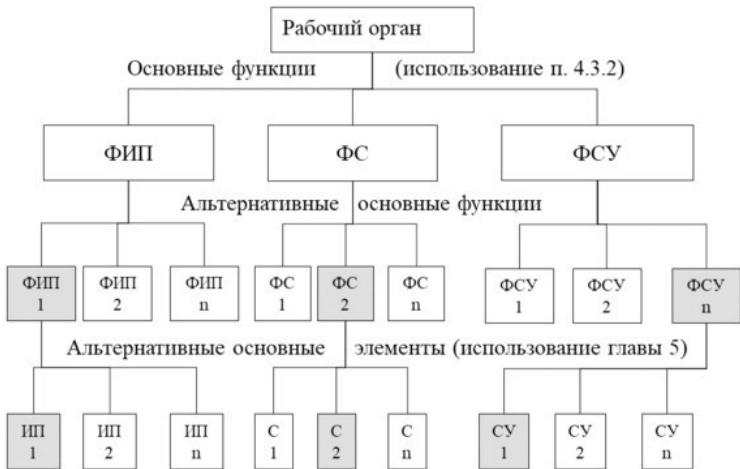


Рис. 7.6. Граф выбора источника и преобразователя, связанной с системой управления

Где

ФИП – функция источника и преобразователя;

ФС – функция связи;

ФСУ – функция системы управления

При необходимости аналогично может быть проделан прогноз для второстепенных функций.

Аналогично может быть выполнен прогноз для систем с противоположной главной функцией.

В процессе проведения прогноза могут возникнуть реше-

ния, противоречащие друг другу. Такие противоречия разрешаются с помощью инструментов ТРИЗ.

Кроме того, решения, полученные в системе, согласуются с надсистемой, окружающей средой и подсистемами. Если в этом случае возникают противоречия, то они так же разрешаются с помощью элементов ТРИЗ. Полученное новое решение и является продуктом поискового прогнозирования.

В результате составляется общий прогноз развития системы.

На завершающем этапе осуществляется **верификация прогноза**.

Верификация модели при проектировании системы часто осуществляется с помощью специальных симуляторов (компьютерная программа). Такие симуляторы узко специализированы, например, для моделирования микросхем. Одним из универсальных способов верификации является проведение «диверсионного» анализа.

### **7.4.2. Технология работы с информацией**

Поиск информации осуществляется по патентной базе, научным статьям и документации существовавших и существующих систем.

Информация ищется по предметному и функциональному признакам.

В патентной информации предметным признаком являет-

ся класс изобретения, а в статьях и документации – определенное направление или вид техники.

Функциональный поиск осуществляют по главной и основным функциям.

Сначала отбрасывают несущественную и дублирующую информацию.

Предметную информацию для продукта классифицируют по способам осуществления изделия (технологии) и по устройствам (конструкции).

Оставшаяся информация классифицируется по конкретным направлениям и поднаправлениям развития системы.

Первоначально информация выстраивается в исторической последовательности (в патентах – по году появления изобретения, в статьях по году выхода).

Историческая последовательность решений не всегда логична. В этой последовательности часто изобретения, сделанные раньше повторяются через определенный промежуток времени.

Иногда эти решения даже менее перспективны, чем первоначальные. Бывает, что некоторые изобретения появляются слишком рано и не получают развития в ближайшие годы. Через некоторое время эти решения повторяются в несколько ином виде, начинают развиваться в других изобретениях. По исторической последовательности сначала определяют логику развития и выстраивают решения в логико-исторический ряд вне зависимости от времени их появления. Логично

ко-историческая последовательность определяется по каждому классификационному направлению (признаку).

Логика развития каждого направления определяется следующим образом:

- в каждом отобранном решении выявляют отличительные признаки;
- отличительные признаки предшествующего и последующего изобретений сравниваются;
- выявляют цель изобретения и способ получения этого изобретения (это может быть своего рода прием разрешения противоречий, задача-аналог или стандарт на решение изобретательских задач);
- далее преимущественно в историческом порядке выстраивают способы получения решений.

По этой цепочке определяют «провалы» в логике и пере-страивают ее, получая логическую линию. Эта логико-историческая последовательность и представляет собой закономерность развития системы.

Аналогичным образом выстраивается информация по главной и основным функциям.

Сначала по главной функции отбирается информация, как можно осуществить данную функцию в различных областях. Прежде всего, желательно отбирать информацию в ведущей области техники.

**Под ведущей областью системы** понимается область,

где этот вид системы выпускается (используется) в массовом производстве и в наиболее тяжелых условиях.

Эту информацию выстраивают в исторической, логической и логико-исторической последовательностях.

Затем такую же работу проводят по каждой из основных функций.

Получают закономерность развития функций.

В некоторых случаях полезно построить и закономерность развития по анти-функциям. Это позволяет взглянуть на развитие исследуемой системы, с другой стороны.

На следующем этапе сравниваются закономерности развития системы и функций. Если возникают противоречия между закономерностями, то они разрешаются с использованием инструментов ТРИЗ. Таким образом, выстраивают общую закономерность – общую тенденцию.

# **Глава 8. Закономерности развития потребностей и функций**

Эти закономерности подобны закономерностям эволюции систем

# 8.1. Закономерности развития потребностей

## 8.1.1. Общие понятия

Закономерности развития потребностей подчиняются **закону возрастания потребностей.**

*Всеобщий экономический закон возрастания потребностей отражает внутренне необходимые, существенные и постоянные взаимосвязи между производством и потреблением, потребностями и существующими возможностями их удовлетворения. Согласно этому закону, непрерывное развитие потребностей является движущей силой экономического и духовного прогресса человечества, что, в свою очередь, стимулирует возникновение все новых и новых потребностей.*

Возрастание и развитие потребностей всегда опережает возможности производства и не совпадает с уровнем фактического потребления. В этом проявляется авангардная роль потребностей, отраженная в экономическом законе возрастания потребностей.

Структура потребностей изменяется в следующей последовательности перехода:

- от удовлетворения примитивных материальных потребностей к удовлетворению духовных, эстетических, интеллектуальных, творческих потребностей;
- от удовлетворения массовых потребностей к индивидуализации нужд и средств их удовлетворения;
- от вещественной структуры потребления к преобладанию в ней услуг.

Постоянно возрастает потребность освобождения человека от участия в процессе создания товаров и услуг. Как следствие, идет процесс постоянного увеличения свободного времени у людей и потребность занять свободное время.

К примитивным потребностям относятся потребности в пище, сне, защите от окружающей среды и других обитателей, сексе. Развитие этих потребностей приводит к увеличению разнообразных способов их удовлетворения и улучшению их качества.

Каждый из видов потребностей также имеет иерархическую структуру. Один вид потребностей вызывает появление нового вида, который в свою очередь вызывает появление следующего вида. Этот процесс бесконечен.

Закономерности развития потребностей идут в двух направлениях:

- **Появление принципиально новых потребностей;**
- **Развитие существующих потребностей.**

Удовлетворение потребностей может осуществляться известными и вновь появляющимися функциями (рис.

8.1), изменение которых подчиняется определенным закономерностям.

**Известные и новые функции** могут выполняться известными и новыми принципами действия.

Осуществление указанных принципов действия может выполняться:

- применением имеющихся систем;
- применением имеющихся систем по новому назначению;
- созданием новых систем.



Рис. 8.1. Удовлетворение потребностей

Развитие каждого из видов потребностей происходит по определенным законам.

### 8.1.2. Структура закономерностей развития потреб-

# ностей

**Закономерности развития потребностей** определяют тенденции их изменения. Это необходимо для определения функций и систем, с помощью которых можно удовлетворить возрастающие потребности. Эти закономерности могут использоваться для прогнозирования новых потребностей.

**Закономерности развития потребностей** включают:

- **закономерность идеализации потребностей;**
- **закономерность динамизации потребностей;**
- **закономерность согласования потребностей;**
- **закономерность объединения потребностей;**
- **закономерность специализации потребностей.**

**Идеализация** потребностей проводится путем их **динамизации, объединения** или **специализации** и последующего **согласования** (рис. 8.2).



Рис. 8.2. Структура закономерностей развития потребностей

### 8.1.3. Закономерность идеализации потребностей

**Закономерность идеализации потребностей** предусматривает увеличение количества, улучшение качества потребностей, уменьшение затрат времени и средств на их удовлетворение, а также уменьшение вредных действий (факторов расплаты).

#### **Свойства идеальной потребности.**

1. Идеальная потребность – потребность, которая удовлетворяется **в нужный момент в нужном месте при необходимых условиях.**

2. Потребность тем идеальнее, чем **качественнее** она удовлетворяется.

3. Потребность тем идеальнее, чем **большее количество** потребностей удовлетворяется.

4. Потребность тем идеальнее, чем **меньше затрачивается времени, сил и средств на осуществление этой потребности.** Идеальная потребность удовлетворяется как по мановению волшебной палочки – **САМА.**

5. Потребность тем идеальнее, чем удовлетворение **меньше создает отрицательных эффектов** (вредных факторов, вредных воздействий) как непосредственно объекту, удовлетворения потребностей, так и окружению.

6. Идеальная потребность – это **потребность, которую нет необходимости удовлетворять.** Потребность стала

ненужной или она удовлетворяется сама.

**Степень идеализации потребностей** можно представить в виде формулы (8.1):

$$I_n = \frac{\alpha \sum_{i=1}^n Nqn_i Nql_i}{\beta_i \sum_{i=1}^n C_i + \gamma \sum_{i=1}^n H_i} \Rightarrow \infty; \quad (8.1)$$

где

$I_n$  – степень идеализации потребностей (безразмерная величина);

$Nqn$  – количество потребностей (безразмерная величина);

$Nql$  – качество потребностей (безразмерная величина);

$\alpha, \beta, \gamma$  – коэффициенты согласования;

$C$  – затраты времени и средств на удовлетворение потребностей;

$H$  – вредные действия;

$i$  – порядковый номер потребности;

$n$  – максимальное значение потребностей.

Знаменатель в формуле (8.1) – это факторы расплаты.

В соответствии с формулой (8.1) степень идеализации по-

требностей будет увеличиваться с увеличением числителя и уменьшением знаменателя.

Опишем механизм увеличения степени идеализации потребностей.

**Увеличение числителя** может осуществляться за счет:

- увеличения **количества** потребностей;
- улучшения **качества** потребностей.

**Увеличение количества потребностей** может осуществляться за счет:

- появления **новых потребностей**;
- разнообразия **имеющихся потребностей**.

**Улучшение качества имеющихся и вновь появляющихся потребностей** может осуществляться за счет:

- **разработки и/или использования более прогрессивных средств**;
- **изобретения дополнительных или принципиально новых средств**, удовлетворяющих вновь появившиеся потребности.

**Уменьшение знаменателя** может осуществляться за счет:

- уменьшения **затрат времени и средств** на удовлетворение потребностей;
- уменьшения **вредных действий**.

**Сокращение затрат времени и средств на удовлетворение потребностей** осуществляется путями:

- **одновременного удовлетворения нескольких по-**

**требностей;**

- удовлетворения нескольких потребностей путем использования одного средства;
- удовлетворения новых потребностей за счет имеющихся ресурсов.

**Уменьшение вредных факторов** может осуществляться предварительным анализом потребностей с использованием, например, элементов ТРИЗ и «диверсионного анализа»<sup>67</sup>.

Некоторые пути уменьшения вредных факторов:

1. **Использование безотходных и сбалансированных технологий;**
2. **Использование ресурсов ;**
3. **Использование эффектов** (грамотное использование эффектов, особенно биологических, не создает вредных факторов).

Структура механизма увеличения степени идеализации

---

<sup>67</sup> Злотин Б. Л., Зусман А. В. Методика прогнозирования чрезвычайных ситуаций, вредных и нежелательных явлений. МНТЦ «Прогресс». К. шинев. – 1991 – 22 с. <http://www.metodolog.ru/00891/00891.html>. Kaplan, Stan, Visnepolschi Svetlana, Zlotin, Boris and Zusman, Alla. **New Tools for Failure and Risk Analysis**. Ideation International Inc. 1999. – 86 p. Visnepolschi, Svetlana. **How to Deal with Failures (The Smart Way)**. Anticipatory Failure Determination. Ideation International Inc. 204 p. **Вишнепольски, Светлана**. Как выявлять причины вреда и предупреждать риски. Инверсионный метод риск-анализа. Max E-Publishing 2012, ISBN-10: 098845470X; ISBN-13: 978-0-9884547-0-5. **Вишнепольски, Светлана**. Как прогнозировать и предотвращать потенциальные риски. Инверсионный метод. Max E-Publishing 2012, ISBN-10: 0988454726; ISBN-13: 978-0-9884547-2-9.

потребностей представлена на рис. 8.3.

Рассмотрим детальнее эти возможности.



Рис. 8.3. Структура механизма увеличения степени идеализации потребностей

**Увеличение количества потребностей** может осуществляться за счет **появления новых потребностей** и **разнообразия имеющихся потребностей**.

**Улучшить качество потребностей можно разработкой и/или использованием более прогрессивных средств или изобретением принципиально новых средств, удовлетворяющих вновь появившиеся потребности.**

**Сокращение затрат времени и средств на удовлетворение потребностей осуществляется путем:**

- одновременного удовлетворения нескольких потребностей;**
- удовлетворения нескольких потребностей путем использования одного средства;**
- удовлетворения новых потребностей за счет имеющихся ресурсов.**

**Уменьшение вредных факторов** может осуществляться предварительным анализом потребностей с использованием, например, элементов ТРИЗ и «диверсионного анализа».

Некоторые пути уменьшения вредных факторов:

- 1. Использование безотходных и сбалансированных технологий;**
- 2. Использование ресурсов;**
- 3. Использование эффектов и прежде всего биологических.**

### **8.1.3. Закономерность динамизации потребностей**

**Закономерность динамизации потребностей** предусматривает изменение потребностей:

- во времени;
- в пространстве;
- в структуре;
- по определенному условию.

Потребности приспособляются:

- под определенную местность;
- группу людей или конкретного человека.

Потребности удовлетворяются в то время, в том месте и в том виде, в котором это необходимо.

Потребности учитывают специфику:

- национальных особенностей;
- рода деятельности;
- возраста;
- пола;
- степени образования;
- религиозности;
- времени года и суток и т. д.

К динамизации потребностей можно отнести и потребности высвобождения человека из трудового процесса (механизация, автоматизация, кибернетизация).

#### **8.1.4. Закономерность согласования потребностей**

**Согласование потребностей** может проводиться:

- по **самим потребностям** (согласование потребностей между собой);
- по **параметрам**;
- в **структуре**;
- по **условиям**;
- в **пространстве**;
- во **времени**.

Не согласованные потребности часто приводят к разочарованиям, конфликтам, разорениям, различным катаклизмам, войнам, экологическим катастрофам и т. п.

Под согласованием потребностей понимается и их специальное **рассогласование** (увеличение максимальной разницы между потребностями).

В частности, может быть **динамическое согласование** – это значит, что в *нужный момент*, в *нужном месте*, по *нужным условиям* то осуществляется согласование, а то рассогласование потребности, а также они могут согласование-рассогласование может осуществляться по определенным *параметрам* в определенной *структуре*.

### 8.1.5. Закономерность объединения потребностей

**Закономерность объединения потребностей** предусматривает, что **полезные** (необходимые) качества складываются, **усиливаются**, а **вредные** взаимно **компенсируются**.

Объединение происходит несколькими путями:

1. объединением **однородных** (одинаковых) потребностей;
2. образованием **однородных потребностей со сдвинутыми характеристиками**. Потребностями со сдвинутыми характеристиками называются однородные потребности с неодинаковыми параметрами, свойствами, характеристиками;
3. образованием конкурирующих (**альтернативных**) потребностей;
4. объединением **дополнительных** потребностей;
5. объединением антагонистических (**противоположных**) потребностей.

Структура механизма объединения потребностей представлена на рис. 8.4

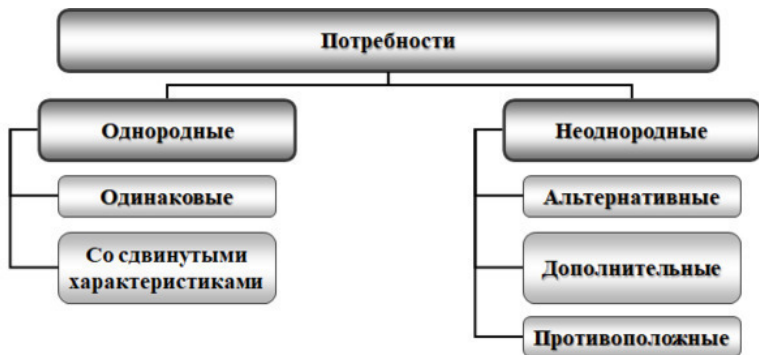


Рис. 8.4. Структура механизма объединения потребностей

стей

Объединение потребностей часто приводит к созданию **универсальных** объектов.

Объединение потребностей может происходить:

- **в пространстве;**
- **во времени;**
- **в структуре;**
- **по условию.**

### **8.1.6. Закономерность специализации потребностей**

**Закономерность специализации потребностей** направлен на выделение одной более узкой потребности, которая точнее и качественнее удовлетворяет имеющуюся потребность.

Улучшение специализации потребностей осуществляется в следующей последовательности:

1. Выделить наиболее важную часть потребности;
2. Развить эту часть потребности;
3. Обеспечить наилучшие условия удовлетворения этой части потребности.

### **8.1.7. Разработка новых потребностей**

**Этап выявления новых потребностей**

По закономерностям развития **потребностей** можно определить потребности будущего, выявить, какими функциями, принципами действия и системами их можно удовлетворить. В том числе определить принципиально новые направления развития систем (пионерские решения).

Этап выявления новых потребностей проводится по разработанным автором методам в две стадии.

1. Выявление скрытых потребностей.
2. Выявление новых потребностей (прогнозирование будущих потребностей и выявление тенденций развития будущих потребностей).

## **Методика выявления скрытых потребностей**

Первоначально выявляются все не выявленные недостатки исследуемой системы и недостатки, которые могут появиться в будущем. Затем определяются неудовлетворенные желания, имеющиеся у клиентов сегодня, и скрытые желания, о которых клиент еще не подозревает.

Выявление скрытых недостатков определяется в следующей последовательности.

1. Определение недостатков системы. Для этого используются различные инструменты ТРИЗ, например, функциональный анализ<sup>68</sup>, выявление причинно-следственных свя-

---

<sup>68</sup> Герасимов В. М., Дубров В. Е., Карпунин М. Г., Кузьмин А. М., Лит-

зей, сравнение с закономерностями развития систем и т. д.

2. Определение скрытых и будущих недостатков. Для этого используется диверсионный анализ.

3. Опрос клиентов.

4. Составление общего списка недостатков.

5. Определение имеющихся способы устранения этих недостатков.

6. Определение того, чем не удовлетворяют клиента данные способы. Выявленные недостатки практически представляют собой **скрытые потребности**.

7. Оценка и ранжирование потребностей.

Потребности оцениваются по:

– по *важности*;

– по *степени удовлетворенности*.

Оценка производится с помощью экспертных оценок и представляет собой случайную величину.

Общая оценка определяется по формуле (8.2):

---

вин С. С. **Применение методов технического творчества при проведении функционально-стоимостного анализа**: Методические рекомендации. М.: «Информэлектро», 1990, 60 с. Герасимов В. М., Калиш В. С., Карпунин М. Г., Кузьмин А. М., Литвин С. С. **Основные положения методики проведения функционально-стоимостного анализа**: Методические рекомендации. М.: Информ-ФСА, 1991, 40 с. Пиняев А. М. **Функциональный анализ изобретательской ситуации**. Журнал ТРИЗ, Т.1, №1'90 <http://www.metodolog.ru/00625/00625.html>.

$$V = I (1 - S) \quad (8.2)$$

где

**V** – оценка (значимость для клиента) данной потребности;

**I** – важность данной потребности для клиента;

**S** – удовлетворенность клиента данной потребностью.

Можно, например, оценивать по шкале 0—1.

Максимальная важность – 1 балл, а минимальная – 0 баллов. Максимальная удовлетворенность (полная удовлетворенность) – 1 балл, а минимальная – 0 баллов.

Таким образом, проводится ранжирование потребностей.

Прежде всего, следует направить усилия на удовлетворение самых важных и минимально удовлетворенных потребностей, т. е. потребности с максимальной оценкой.

## **Методика разработки новых потребностей**

Опишем возможную последовательность разработки но-

вых потребностей.

**1. Формулировка потребности.**

**2. Определение способов удовлетворения данной потребности.** Должны быть описаны существующие и предполагаемые способы удовлетворения данной потребности.

*Примечание. Неприменяемый ранее способ удовлетворения потребностей, может представлять новую потребность.*

**3. Выявление недостатков в способах и средствах удовлетворения данной потребности.** Выявление недостатков может определяться с помощью методики описанной в п. 1.7.3.

*Примечание. Выявленные недостатки – это потребности, которые необходимо удовлетворить.*

**4. Прогнозирование будущих потребностей.** Использование закономерностей развития потребностей.

**5. Составление общего списка потребностей и их ранжирование.** Ранжирование осуществляется по методике, описанной выше.

## **8.1.8. Выводы**

К закономерностям развития потребностей относятся закономерности:

– *идеализация потребностей;*

- *динамизация потребностей;*
- *согласования потребностей;*
- *объединение потребностей;*
- *специализация потребностей.*

Описаны методики выявления скрытых и новых потребностей.

Изложенные закономерности позволяют прогнозировать будущие потребности и тенденции их изменения. Удовлетворение выявленных потребностей приведет к появлению новых товаров и услуг.

## **8.2. Закономерности изменения функций**

### **8.2.1. Структура закономерностей изменения функций**

**Закономерности изменения функций** описывают тенденции их изменения. Они связаны с закономерностями развития потребностей, но имеют и свою специфику, например, переход систем к поли-функциональности (многофункциональности – универсальности) или, наоборот, к моно-функциональности (одно-функциональности – специализации). Эти закономерности будут изложены в *главе 12*.

**Закономерности изменения функций** включают:

- **закономерность идеализации функций;**
- **закономерность динамизации функций;**
- **закономерность согласования функций;**
- **закономерность перехода к моно- или полифункциональности.**

**Идеализация функций** осуществляется их **динамизацией** и **переходом к моно- или полифункциональности** и последующим **согласованием** (рис. 8.5).



Рис. 8.5. Структура закономерностей изменения функций

### 8.2.2. Закономерность идеализации функций

**Закономерность идеализации функций** предусматривает увеличение количества и качества функций и уменьшения затрат времени и средств на их удовлетворение.

Закономерность идеализации функций аналогичен закономерности идеализации потребностей (п. 8.1.3).

#### **Рассмотрим свойства идеальной функции.**

1. Идеальная функция – функция, которая выполняется в нужный момент в нужном месте при необходимых условиях.

2. Функция тем идеальнее, чем качественнее она выполняется.

3. Функция тем идеальнее, чем большее количество функций выполняется.

4. Функция тем идеальнее, чем меньше затрачивает времени, сил и средств на осуществление этой функции. Иде-

альная функция появляется как по мановению волшебной палочки – сама.

5. Функция тем идеальнее, чем ее обеспечение создает меньше отрицательных эффектов (вредных факторов, вредных воздействий) как непосредственно объекту, исполняющему функцию, так и окружению.

6. Идеальная функция – это функция, которую нет необходимости выполнять. Функция стала ненужной или она выполняется сама.

**Степень идеализации функций** можно представить в виде формулы (8.3):

$$I_f = \frac{\alpha \sum_{i=1}^n Fqn_i Fql_i}{\beta_i \sum_{i=1}^n C_i + \gamma \sum_{i=1}^n H_i} \Rightarrow \infty; \quad (8.3)$$

где

$I_f$  – степень идеализации функций (безразмерная величина);

$Fqn$  – количество полезных функций (безразмерная величина);

$Fql$  – качество полезных функций (безразмерная величина);

на);

$\alpha, \beta, \gamma$  – коэффициенты согласования;

$C$  – затраты времени и средств на выполнение функции;

$H$  – вредное действие;

$i$  – порядковый номер функции;

$n$  – максимальное число функций.

В соответствии с формулой (8.3) степень идеализации функций будет увеличиваться с увеличением числителя и уменьшением знаменателя.

Опишем механизм увеличения степени идеализации функций.

*Увеличение числителя* может осуществляться за счет:

– увеличения количества функций;

– улучшения качества функций.

*Увеличение количества функций* может осуществляться путем:

– появления новых функций;

– разнообразия имеющихся функций.

*Улучшение качества имеющихся и вновь появляющихся функций* может осуществляться за счет:

– разработки и/или использования более прогрессивных средств;

– изобретения дополнительных или принципиально новых средств, выполняющих вновь появившиеся функции.

**Уменьшение знаменателя** может осуществляться за счет:

– уменьшение **затрат времени и средств** на выполнение функции;

– уменьшение **вредных действий**.

**Сокращение затрат времени и средств на выполнение функции** осуществляется путями:

– **одновременного выполнения нескольких функций**;

– **выполнения нескольких функций** путем использования одного средства;

– **выполнения новых функций** за счет имеющихся ресурсов.

**Уменьшение вредных факторов** может осуществляться предварительным анализом функций с использованием, например, элементов ТРИЗ и «диверсионного анализа»<sup>69</sup>.

Некоторые пути уменьшения вредных факторов:

---

<sup>69</sup> Злотин Б. Л., Зусман А. В. Методика прогнозирования чрезвычайных ситуаций, вредных и нежелательных явлений. МНТЦ «Прогресс». Кишинев. – 1991. – 22 с. URL: <http://www.metodolog.ru/00891/00891.html>. Kaplan, Stan, Visnepolschi Svetlana, Zlotin, Boris and Zusman, Alla. **New Tools for Failure and Risk Analysis**. Ideation International Inc. 1999. – 86 p. Visnepolschi, Svetlana. **How to Deal with Failures (The Smart Way)**. Anticipatory Failure Determination. Ideation International Inc. 204 p. **Вишнепольски, Светлана. Как выявлять причины вреда и предупреждать риски**. Инверсионный метод риск-анализа. Max E-Publishing 2012, ISBN-10: 098845470X; ISBN-13: 978-0-9884547-0-5. **Вишнепольски, Светлана. Как прогнозировать и предотвращать потенциальные риски**. Инверсионный метод. Max E-Publishing 2012, ISBN-10: 0988454726; ISBN-13: 978-0-9884547-2-9.

1. использование безотходных и сбалансированных технологий;
2. использование ресурсов;
3. использование эффектов и прежде всего биологических.

Структура механизма увеличения степени идеализации функций представлена на рис. 8.6.



Рис. 8.6. Структура механизма увеличения степени идеализации функций

### 8.2.3. Закономерность динамизации функций

**Закономерность динамизации функций** предусматривает изменение функций во времени и пространстве в зависимости от определенных условий.

Функции приспособляются под определенные потребности, конкретные условия, группу людей, конкретного человека, направления деятельности и т. п. Функции изменяются в то время, в том месте и в том виде, в котором это необходимо в конкретном случае.

Кроме того, под **динамизацией функций** понимается и переход от поли- к монофункциональности и наоборот, что может осуществляться следующим образом.

– В целом система может быть монофункциональной, но в определенный момент времени, в определенном месте или при определенных условиях она может превращаться в полифункциональную.

– Или, наоборот, полифункциональная система может превращаться в монофункциональную.

### 8.2.4. Закономерность согласования функций

**Согласование функций** может осуществляться:

- во времени;
- в пространстве;

– по условиям.

В частности, может быть **динамическое согласование**.

**Согласование по условию** должно обязательно проводиться для операций, которые могут быть выполнены только тогда, когда выполнена предыдущая операция.

## 8.2.5. Закономерность перехода к моно- или полифункциональности

**Закономерность перехода к моно- или полифункциональности** осуществляется механизмами **свертывания** или **развертывания функций**.

Схематически это изображено на рис. 8.7.



Рис. 8.7. Схема закономерности перехода к моно- или полифункциональности

Развитие систем идет путем **объединения (свертывания)** функций.

## Свертывание функций

**Свертывание функций** может проводиться следующими путями:

- **ликвидацией** ненужных или вредных функций;
- **передачей функции** другой части системы или подсистеме;
- выполнением необходимого действия **заранее**, или заменой процесса на более **прогрессивный**;
- когда **функция** становится **не нужной** или выявлением более **общей функции** и определением других путей ее осуществления, не требующих выполнения первоначальной функции;
- выделением необходимой (**специальной**) функции из системы или подсистемы и созданием специализированной системы (специальные суда, станки), выполняющей эту функцию.

Для функции **измерения** или **обнаружения** более общая функция – **изменение**, т. е. свертывание функций измерения или обнаружения – это осуществление необходимого изменения.

## Развертывание функций

**Развертывание функций**, т. е. переход к *поли-функциональности*, осуществляется приданием системе необходимых или желательных функций, а, кроме того, выявлением и использованием новых функций в имеющихся системах.

Увеличение (расширение) функций может осуществляться на качественном и количественном уровнях. Под качественным уровнем понимается появление новых функций, а под количественным – дублирование имеющихся.

**Расширение** может проводиться **соединением-разъединением**, например, использованием следующих операций:

- *динамизация-стабилизация*;
- *ускорение-замедление*;
- *увеличение-уменьшение*.

Эти операции можно осуществлять для **вещества, энергии, информации**, которые могут рассматриваться в *пространстве, во времени, по условию*, по любым *параметрам* системы, подсистемы, надсистемы, *окружающей среды и связей между ними*.

Развертывание функций осуществляется путем выявления и использования новых функций в имеющихся системах<sup>70</sup>.

---

<sup>70</sup> Петров В. М. Предпосылки к теории применимости. Материалы к краткосрочному семинару «Практика патентно-лицензионной работы». – Л.: ЛДНТП, 1978  
Петров В. М. Резервы изобретательства. Материалы к краткосрочному семинару «Практика патентно-лицензионной работы». – Л.: ЛДНТП,

Первоначально выявляются свойства этих систем.

**Выявление свойств систем** может быть выполнено в следующей последовательности.

### **1. Определение свойств системы в целом.**

1.1. Описание известных свойств системы, взятых из справочников и документации, в том числе главной, основных и вспомогательных функций.

1.2. Описание явных свойств системы, не описанных в справочной литературе, например, особенностей формы, чистоты поверхности, цвета, объема и т. п.

1.3. Описание нежелательных, вредных, бесполезных и вспомогательных свойств, выявленных, например, в процессе эксплуатации.

**2. Расчленение системы на подсистемы и выявление их свойств аналогичным образом. Только на этом этапе дополнительно выявляются вспомогательные функции.**

**3. Выявление свойств веществ, из которых состоят подсистемы, аналогично п. 1. Выявление свойств по-**

---

1984. Петров В. М. Принципы разработки теории использования ресурсов. – Л.: 1985. – 12 с. (рукопись) – Петрозаводск -85  
Петров В. М. Технология использования ресурсов. – Доклад на Петрозаводской конференции в 1985 г. – Л. 1985. – 27 с.  
Петров В. М. Функциональная структура информационного обеспечения прогнозирования научно-технического прогресса. – Прогнозирование прогресса и его влияние на сокращение цикла «исследование – производство». – Л.: ЛДНТП, 1987, С.35—38.  
Петров В. М. Технология использования ресурсов. – Теория и практика обучения техническому творчеству. – Челябинск, 1988, С.29.

лей, которыми обладает данная система и подсистема.

**4. Выявление системных свойств, не описанных ранее, полученных в результате соединения подсистем известными и новыми способами.**

Кроме того, свойства системы меняются в зависимости от надсистемы, в которую ее поместили, и от среды, в которой находятся (работают, функционируют) система и надсистема.

Используя выявленные таким образом свойства, можно расширить функциональные возможности имеющихся систем, т. е. применять их по новому назначению.

**Последовательность применения выявленных свойств по новому назначению системы может быть следующая:**

**1. Применение системы в целом.**

*1.1. Применение вспомогательных свойств, функций, действий в целом.*

*1.2. Применение вспомогательных функций в качестве основных.*

*1.3. Применение ненужных или вредных функций в качестве полезных.*

*1.4. Применение свойств, функций и действий, обратных выявленным.*

**2. Применение подсистем аналогично п. 1.**

**3. Применение веществ и полей подсистем.**

*3.1. Применение основных для системы и подсистемы свойств веществ и полей.*

*3.2. Применение вспомогательных для данной системы свойств веществ и полей в качестве основных.*

*3.3. Применение ненужных для данной системы веществ и полей в качестве полезных.*

*3.4. Применение вредных для данной системы веществ и полей в качестве полезных.*

**4. Применение микроструктуры веществ подсистемы.**

*4.1. Применение основных свойств микроструктуры – молекул, атомов, элементарных частиц и т. п.*

*4.2. Применение вспомогательных для данной системы свойств микроструктуры.*

*4.3. Применение ненужных для данной системы свойств микроструктуры в качестве нужных.*

*4.4. Применение вредных для данной системы свойств микроструктуры в качестве полезных.*

Развертывание функций может осуществляться и приданием системе более общей функции, включая, в частности, и первоначальную функцию.

Детально всеобщие и общие законы развития систем будут изложены в *томе 2*.

# Глава 9. Вклад автора

1. Разработана система законов и закономерностей развития систем, включающая всеобщие законы и законы и закономерности развития систем.

1.1. **Всеобщие законы и закономерности** : законы диалектики и закономерность S-образного развития.

1.1.1. Автор впервые в системе ТРИЗ (в 1975 г.)<sup>71</sup> ввел в обучение законы диалектики на примерах техники.

1.1.2. Закономерность S-образного развития заимствованы у других авторов.

В линии жизни систем, разработанной Г. Альтшуллером, автор внес график «расходы на маркетинг».

1.2. **Закономерности развития потребностей** (п. 8.1) и **изменения функций** (п. 8.2) разработаны автором в 1986—1987 гг.

1.3. **Законы и закономерности развития искусственных систем**. В результате исследования биологических законов развития<sup>72</sup> автор в 1976 г. высказал предположение,

---

<sup>71</sup> Работа была опубликована в книге **Жуков Р. Ф., Петров В. М. Современные методы научно-технического творчества** (на примере предприятий судостроительной промышленности). Учебное пособие. – Л.: ИПК СП, 1980. – С. 53—56.

<sup>72</sup> **Петров В. М. Биология и законы развития техники**. – Л., 18.08.1976, 12 с. (рукопись). Работа доложена на Ленинградском семинаре преподавателей и разработчиков ТРИЗ в 1977 г. В расширенном виде эта работа была представ-

что многие, из этих законов и закономерностей также относятся к развитию техники<sup>73</sup>.

2. Введено и определено понятие «*системности*» и требований, предъявляемых к объекту исследования для обеспечения его системности (п. 1.8).

2.1. Определен **законом увеличения степени системности**.

2.2. Высказано предположение, что закон увеличения степени системности должен перерасти в **надзакон развития искусственных систем**.

3. Разработана структура законов и закономерностей развития искусственных систем, которая включает **надзакон – закон увеличения степени системности**, нацеленный на улучшение соответствия системы ее предназначению, на увеличение жизнеспособности (увеличение *работоспособности* и *конкурентоспособности*), на уменьшение отрицательного влияния системы на окружение и учету закономерностей эволюции при развитии системы. Выполнение этого закона осуществляется двумя группами: законы построения систем и закономерности эволюции систем, разработанных автором:

---

лена в конце 1976 г.

<sup>73</sup> Петров В. М. Сравнительный анализ законов развития биологии и техники. Методы решения научно-технических задач. – Л: ЛДНТП, 1979, С. 63—66. Петров Владимир. Биология и законы развития техники: ТРИЗ / Владимир Петров. [б. м.]: Издательские решения, 2018. – 114 с. – ISBN 978-5-4493-3018-5

**3.1. Законы построения систем** (глава 4). Эта группа законов нацелена на обеспечение соответствия системы ее предназначению и работоспособности.

**3.1.1. Закон соответствия** (п. 4.2), обеспечивает системное требование *предназначение*. Этот закон говорит о необходимости соблюдения соответствия структуры главной функции системы. **Структура системы** должна обеспечивать выполнение **главной функции системы**, удовлетворяя определенную **потребность**. Для обеспечения работоспособности структура системы должна так же выполнять все *основные и вспомогательные функции*. Структура обеспечивает необходимый набор **элементов, связей и взаимодействий** между ними. Связи обеспечивают единство системы и возможность прохода потоков.

**3.1.2. Закон полноты и избыточности** (п. 4.3)

**3.1.2.1. Закон полноты и избыточности** включает *законы полноты и избыточности функций и структуры системы* (структура включает *элементы и связи*).

**3.1.2.2. Закон полноты системы;**

Закон полноты системы говорит о минимально необходимых частях системы, к которым автор относит: рабочий орган (исполнительный элемент); источник и преобразователь вещества, энергии и информации<sup>74</sup>; связи; систему управле-

---

<sup>74</sup> В отличие от Г. Альтшуллера введены понятия «источник и преобразователь вещества, энергии и информации», а также «связи». Источник у Г. Альтшуллера не рассматривался, преобразователь у Г. Альтшуллера – это двигатель (частично под преобразователем можно понимать и трансмиссию), связи у Г. Альтшуллера

ния.

### 3.1.2.3. Закон избыточности

Закон избыточности включает законы *избыточности функций и структуры* и соответствует закону Парето (20/80).

### 3.1.3. Закон проводимости потоков (п. 4.4).

Закон проводимости потоков рассматривает проводимость вещества, энергии и информации<sup>75</sup>.

### 3.1.4. Закон минимального согласования (п. 4.5).

Закономерность минимального согласования говорит о минимальном согласовании функций, принципа действия, частей, структуры и параметров системы<sup>76</sup>.

**3.2. Закономерности эволюции систем** (глава 5). Эта группа закономерностей нацелена на увеличении степени идеальности.

Разработана иерархическая структура закономерностей эволюции системы, которая включает: надзакономерность, закономерности, тенденции, механизмы исполнения, тенденцию, анти-тенденцию.

---

ра – это трансмиссия. Двигатель в основном рассматривается, как преобразователь энергии (частично его можно рассматривать для некоторых типов двигателей и, как преобразователь вещества). Преобразование вещества и информации у Г. Альтшуллера не рассмотрено.

<sup>75</sup> У Г. Альтшуллера этот закон представлен частично, как «закон энергетической проводимости системы».

<sup>76</sup> У Г. Альтшуллера этот закон рассмотрен частично, как «закон согласование ритмики частей системы».

С учетом анти-тенденций, автор изменил название закономерностей. «Увеличение и уменьшение» названо «изменение».

**3.2.1. Закономерность изменения степени идеальности** (увеличение и уменьшение идеальности), описан в (п. 5.2):

**3.2.1.1 Закономерность увеличения степени идеальности** (п. 5.2.2).

Закон был предложен Г. Альтшуллером в 1977 году. Автор впервые в ТРИЗ высказал мнение, что этот закон является надзаконом. В дальнейшем это мнение было принято в ТРИЗ. Автор уточнил закономерность, а именно:

- 1) Уточнил определение закономерности (п. 5.2.2);
- 2) Ввел понятие степеней идеальности (п. 5.2.3):
  - появляться в нужный момент в нужном месте;
  - самоисполнение;
  - идеальная система – это функция;
  - функция становится не нужной (высшая степень идеальности; введена автором).
- 3) Уточнил формулу показателя степени идеальности системы (п. 5.2.4)<sup>77</sup>. Ввел качество функций и коэффициенты согласования, чтобы сделать показатель безразмерным;
- 4) Разработал способы и виды идеализации (п. 5.2.5);

---

<sup>77</sup> Формулу степени идеальности ввел Б. Злотин. Она представляла соотношение числа полезных функций, выполняемых системой к сумме затрат плюс нежелательные эффекты.

5) Уточнил понятие идеального вещества (п. 5.2.6):

– вывел формулу идеального вещества;

– предложил в качестве идеального вещества применять

«умное» вещество. Автор уточнил понятие умного вещества, под которыми понимается не только «умные» материалы, но и некоторые устройства (п. 5.2.6);

6) Ввел понятие идеальной формы (п. 5.2.7). Дал определение идеальной формы;

7) Ввел понятие идеального процесса (п. 5.2.8):

– дал определение идеального процесса;

– вывел формулу увеличения степени идеальности процесса;

– разработал способы идеализации процесса.

8) Разработал пути идеализации (п. 5.2.10);

3.2.1.2. *Закономерность уменьшения степени идеальности* (п. 5.2.9):

– введено понятие анти-идеальности;

– выведена формула увеличения степени анти-идеальности процесса.

**3.2.2. Закономерность изменения степени управляемости и динамичности**

3.2.2.1. В 1973 году автор определил *закономерность увеличение степени управляемости систем*. В дальнейшем закономерность была уточнена (п. 5.2.2). Дано определение закономерности. Разработаны линии развития этой закономерности:

– общая тенденция (рис. 5.24);

– уточнена закономерность уменьшения участия человека в работе системы (вытеснение человека из системы) (рис. 5.25 и 5.26)<sup>78</sup>. Введены этапы механизация, автоматизация и кибернетизация (интеллектуализация);

– разработана линия (тенденция) перехода от неуправляемой к управляемой системе (рис. 5.27);

– разработана закономерность увеличения степени вепольности (п. 5.3.3, рис. 5.28 – 5.32).

3.2.2.2. К закономерности увеличения степени управляемости автор добавил *закономерность увеличения степени динамичности*<sup>79</sup>. Появилась совместная закономерность «закономерность увеличения степени управляемости и динамичности». Показана взаимосвязь этих закономерностей. Уточнена закономерность увеличения степени динамичности (п. 5.3.7):

– дано определение закономерности;

– разработаны способы динамизации;

– описаны следствия из закономерности.

3.2.2.3. Определено общее направление изменения степени управляемости и динамичности:

– изменения управляемости веществом, энергией и информацией (п. 5.3.4, рис. 5.33);

---

<sup>78</sup> Этот закон ввел Б. Злотин.

<sup>79</sup> Понятие динамичности в ТРИЗ внес Г. Альтшуллер в виде приема устранения технического противоречия 15. Принцип динамичности.

– тенденция изменения управляемости веществом (п. 5.3.5, рис. 5.3.4), в частности:

а) тенденция изменения степени дробления: увеличения степени дробления (рис. 5.43 – 5.47) и уменьшения степени дробления (рис. 5.48);

б) тенденции перехода к капиллярно-пористым материалам (КПМ) – рис. 5.49 – 5.51, для КПМ уточнены какие и при каких условиях должны использоваться эффекты (физические, химические и геометрические) – п. 5.3.5;

в) тенденция управления энергией и информацией (п.5.3.5) и механизмы увеличения степени управляемости энергией и информацией;

3.2.2.4. Тенденция уменьшения степени управляемости (п. 5.3.6).

3.2.2.5. Закономерность увеличения степени динамичности (п.5.3.7).

3.2.2.6. Тенденция уменьшения степени динамичности.

**3.2.3. Закономерность согласования – рассогласования** (п. 5.4):

3.2.3.1. Закономерность согласования в виде, изложенным в данной книге, предложен автором;

3.2.3.2. Автор разработал пути более эффективного согласования-рассогласования на всех уровнях (потребности, функции, системы).

– согласование главной функции (ГФ) с потребностью, которую нужно удовлетворить; согласование системы с ГФ.

Это внешнее согласование оно было описано в виде закона соответствия (п. 4.2);

- согласование структуры системы: элементов и связей; параметров;

- автор использовал закономерность согласования ритмики, разработанную Г. Альшуллером и незначительно усовершенствовал ее, предложил некоторые пути согласования ритмики.

### **3.2.4. Закономерность перехода системы на микроуровень и на макроуровень :**

3.2.4.1. Автор в своей системе закономерностей полностью использовал закон перехода системы с макроуровня на микроуровень, разработан Г. Альшуллером.

3.2.4.2. Закономерность перехода на макроуровень введена автором (п. 5.6.2).

Определены тенденции изменения параметров системы и условия применения этой закономерности.

### **3.2.5. Закономерность перехода в надсистему и (или) подсистему:**

3.2.5.1. Закон перехода системы в надсистему разработан Г. Альшуллером. Автор показал, что эта закономерность может использоваться не только, когда система исчерпает свои ресурсы, но и просто образуя новую систему;

- автор показал два пути перехода в надсистему: объединение в новую более сложную систему и переход от монофункциональной к полифункциональной системе.

3.2.5.2. Закономерность перехода в подсистему введен автором (п. 5.5.3);

3.2.5.3. Определены условия, использования каждой из закономерностей.

**3.2.6. Закономерность свертывания – развертывания** (п. 5.7):

3.2.6.1. Закономерность предложена Г. Альтшуллером, Б. Злотиным и Ю. Саламатовым. Автор предложил формулировку закономерностей (п. 5.7.2) свертывания (п. 5.7.3) и развертывания (п. 5.7.4);

3.2.6.2. Автор сформулированы правила свертывания (п. 5.7.3);

3.2.6.3. Автор предложил использовать закономерность МОНО-БИ-ПОЛИ-свертывание для развертывания, а также – последовательность и этапы развертывания систем (п. 5.7.4).

**3.2.7. Закономерность сбалансированного развития систем.**

3.2.7.1. Закон неравномерности развития частей системы был предложен Г. Альтшуллером – это закон показывает, что части систем развиваются неравномерно и не является закономерностью эволюции систем. Для увеличения степени идеальности система должна развиваться сбалансированно. Эта закономерность введена автором.

**4. Закон увеличения степени вепольности** предложен Г. Альтшуллером.

4.1. Автор рассматривает это, как закономерность изменения степени вепольности, включающую *увеличение* и *уменьшение* степени вепольности).

4.2. В закономерности увеличения степени вепольности автор описал общую тенденцию.

4.3. В структуру веполя, помимо комплексных веполей введено понятие *сложный веполь*, которое включает цепной и двойной веполи, введенные Г. Альтшуллером, и смешанный веполь, введенный автором.

4.4. Уточнено понятие *форсированного веполя*, представив его три составляющие. Автор ввел понятия **форсированного вещества, форсированного поля и форсированной структуры**.

4.5. Форсирование вещества подчиняется *закономерности изменения управляемости веществом*, разработанной автором (п. 5.3.5). Она включает (рис. 5.42):

4.5.1. Использование «умных» веществ;

4.5.2. Изменение степеней свободы;

4.5.3. Изменение концентраций вещества;

4.5.4. Изменение степени дробления;

4.5.5. Переход к КПМ;

4.5.5.1. П. 4.5.1—4.5.4 введены автором.

4.6. Тенденция **увеличения степени дробления** была разработана автором в 1973 году<sup>80</sup> (рис. 5.43).

4.6.1. К 1974 году были введены:

---

<sup>80</sup> Петров В. М. Тенденция дробления объектов. – Л., 1973, 8 с. (рукопись).

4.6.1.1. «Комбинации», «пена» и «эффекты» (рис. 5.44);

4.6.1.2. Детально описано понятие «пена» (п. 5.3.5);

4.6.1.3. Переходы от монолитного к гибкому состоянию и от гибкого к порошкообразному состоянию. Детально описаны каждое из этих состояний, а также переходы:

– переход от твердого к гибкому состоянию (рис. 5.46);

– переход от гибкого к порошкообразному (рис. 5.47).

4.7. Автор выявил и **тенденцию уменьшение степени дробления** (рис. 5.48).

4.8. Автор **усовершенствовал тенденцию перехода к КПМ.**

4.8.1. Впервые тенденция перехода к пористым материалам была высказана Г. Альтшуллером в приеме 31. Применение пористых материалов:

4.8.1.1. Выполнить объект пористым или использовать дополнительные пористые элементы (вставки, покрытия и т. п.);

4.8.1.2. Если объект уже выполнен пористым, предварительно заполнить поры каким-то веществом.

4.8.2. Дальнейшее развитие этой тенденции Г. Альтшуллер предложил в стандарте 2.2.3. Переход к капиллярно-пористому веществу. Переход этот осуществляется по линии: «сплошное вещество – сплошное вещество с одной полостью – сплошное вещество со многими полостями (перфорированное вещество) – капиллярно-пористое вещество – капиллярно-пористое вещество с определенной структурой

(и размерами) пор». По мере развития этой линии увеличивается возможность размещения в полостях-порах жидкого вещества и использования физических эффектов<sup>81</sup>.

4.8.3. Рябкин И. П.<sup>82</sup> описал разнообразные возможности использования КПМ, но не описал единую цепочку.

4.8.4. Саламатов Ю. П.<sup>83</sup> повторил, предложенную Г. Альтшуллером структуру, добавив цеолиты и гели, вместо жидкого вещества в порах, написал «другое» вещество и убрал использования физических эффектов. Его линия представляла: «сплошное – сплошное с одной полостью – перфорированное вещество – КПМ – КПМ с определенной структурой – КПМ, в порах другое вещество – цеолиты, гели»<sup>84</sup>.

4.8.5. Автор, под влиянием приема 31. Применение пористых материалов, сформулировал **закономерность использования КПМ**<sup>85</sup>. Она представляла цепочку: сплош-

---

<sup>81</sup> Заметим, что в приеме 31 говорилось «заполнить поры *каким-то веществом*», не указывая его агрегатное состояние.

<sup>82</sup> **Рябкин И. П.** КПМ – вещество умное. – Магический кристалл физики. – Дерзкие формулы творчества / (Сост. А. Б. Селюцкий). – Петрозаводск: Карелия, 1987. – 269 с. – (Техника-молодежь-творчество), С. 159—165.

<sup>83</sup> **Саламатов Ю.** Система развития законов техники. – Шанс на приключение / Сост. А. Б. Селюцкий. – Петрозаводск: Карелия, 1991. – 304 с. – (Техника – молодежь – творчество), с. 115—122. URL: <http://www.trizminsk.org/e/21101490.htm#0491>.

<sup>84</sup> Цеолиты и гели – это примеры микро-КПМ. Имеются и другие микро-КПМ.

<sup>85</sup> **Петров В. М.** Закономерность использования капиллярно-пористых материалов. Материалы для преподавателей и разработчиков. Л.: 1981, 7 с.

ное вещество (твердое или гибкое) – вещество с большими полостями – пористое вещество – пористое вещество, заполненное другим веществом – использование капиллярных эффектов<sup>86</sup>.

4.8.6. В 1985 году автор после знакомства со стандартом 2.2.3 внес изменения в эту линию, используя закон перехода на микроуровень и указатель физических эффектов. Был добавлен *переход к микрокапиллярам* (микро-КПМ) и *использование других эффектов* (физических, химических, геометрических).

4.8.7. В 1991—1993 годах автор вернулся к этой закономерности и сформулировал ее в виде, изложенном в п. 5.3.4. Она была опубликована позже в 2001<sup>87</sup> и 2002<sup>88</sup> годах:

4.8.7.1. Разработана *полная структура этой закономерности* (рис. 5.53);

4.8.7.2. Описаны *вещества, которыми могут быть заполнены полости* и какие их *физических, химических и геометрических эффектом могут быть применены на каждой из стадий* (п. 5.3.4).

---

<sup>86</sup> Автор докладывал об этой закономерности на учебном семинаре, проводимом совместно с Г. Альтшуллером в ИПКцветмета, в Свердловске в апреле 1982 г. на примере развития автомобильных шин (п.7.5.5.2). На этом семинаре в качестве стажера присутствовал Ю. П. Саламатов.

<sup>87</sup> **Vladimir Petrov**. The Laws of System Evolution. TRIZ Futures 2001. 1<sup>st</sup> ETRIA Conference 2001. – The TRIZ Journal.

<sup>88</sup> **Петров В.** Закономерность перехода к капиллярно-пористым материалам. – Тель-Авив, 2002. URL: <http://www.trizland.ru/trizba/pdf-books/zrts-14-kpm.pdf>.

4.9. Форсирование поля подчиняется **закономерности изменения управляемости энергией и информацией** (п. 5.3.5), разработанной автором. Автор описал формулировку закономерности, которая включает тенденции:

4.9.1. Изменение концентрации энергии и информации;

4.9.2. Перехода к более управляемым полям:

4.9.2.1. Замена вида поля (подробная последовательность замены поля, изложенная в Приложении 1, том 4);

4.9.2.2. В 1973 г. автор на основе приема 8 «Принцип антивеса» разработал линию развития<sup>89</sup>, а в 1989 г. разработана **закономерность использования гравитационного поля**, которую автор называл **гравиполи**<sup>90</sup>.

4.9.2.3. *Тенденция изменения полей – гипервеполи* (рис. 5.26);

4.9.2.4. *Переход к МОНО-БИ-ПОЛИ полям* (5.27 и 5.28);

4.9.2.5. *Динамизация полей* (рис. 5.29).

4.9.3. Описаны **механизмы увеличения управляемости энергией и информацией** (рис. 5.23).

4.9.4. Показаны **пути концентрации энергии и информации** (п. 5.3.5).

4.9.5. Автор вывел **тенденцию уменьшения концентрации энергии и информации**.

---

<sup>89</sup> Петров В. М. **Управление весом**. – Л., 1973. (рукопись)

<sup>90</sup> **Петров В. М.** Гравиполи. – Л.:1989, 35 с. <http://www.trizland.ru/trizba.php?id=110>**Петров Владимир.** Гравиполи: ТРИЗ / Владимир Петров. [б. м.]: Издательские решения, 2018. – 48 с. – ISBN 978-5-4493-3084-0

4.10. Автор выявил *тенденцию уменьшения степени вепольности* (п. 17.4, глава 17).

4.11. Автор *адаптировал вепольный анализ для информационных систем* (п. 17.5, глава 17).

4.12. Автор разработал **новую структуру веполя** и тенденции его развития (п. 17.6, глава 17). Введен еще один компонент – **знание**, что позволило включить более широкий спектр систем, в т. ч. информационные.

5. Автор предложил **рекомендации** в каком случае **использовать тренд**, в каком **анти-тренд**, а в каком в случае их **вместе**.

6. В 1973 году автор предложил **закономерность использования пространства**:

6.1. Первоначально на основании приемов 17 перехода в другое измерение и 7 матрешки, автор предложил линию перехода от точки к линии, от линии к плоскости, от плоскости к объему и использование внутреннего объема.

6.2. Далее автор уточнил последовательность каждого из переходов.

6.3. В 1974 году автор предложил анти-тренд.

6.4. В конце 1990-х начале 2000-х годов автор добавил динамизацию объема – 4D (изменения объема во времени или по условию).

6.5. В 2007 автор добавил в тренд понятие псевдо-объема (п. 5.9.3) и 4D псевдо-объема, а в анти-тренд псевдо-точку (п. 5.9.3).

7. Автор показал **возможности использования законов и закономерностей**.

7.1. Помимо общеизвестного применения для прогнозирования развития будущих систем, автор показал, что законы можно использовать для:

- анализа уровня развития системы;
- анализа полученного решения;
- выявления задачи;
- развития эволюционного мышления.

8. Для **прогнозирования развития систем**, автор разработал **специальную методику** (глава 27), включающую всю *систему законов и закономерностей, системный анализ и синтез* и *систему поиска информации* (п. 27.5.2).

# Заключение по тому 1

Книга «Законы и закономерности развития систем» состоит из четырех томов. В связи с этим она более удобна для чтения.

Том 1 – введение в книгу. Он описывает основные понятия и определения, структуру законов и закономерностей развития систем, каждый закон и закономерность, предназначение законов и закономерностей и методику прогнозирования развития систем.

Этот том как бы взгляд с птичьего полета на всю систему этих законов и закономерностей. В этом томе вы сможете познакомиться не только с общей структурой законов и закономерностей, но и с каждым из них. Однако в этом томе не будут приведены примеры. Они будут приведены в последующих томах. В этом томе примеры приводятся только на понятия и определения, которые даются в первой главе. Это своего рода реферат книги.

Том будет полезен не только для первого знакомства, но и для последующей работы, как справочник.

Все описанные законы и закономерности взаимосвязаны и очень важны как для развития мышления, так и для развития систем.

# **Том 2. Всеобщие законы развития систем, закономерности развития потребностей и изменения функций**

Перед вами, дорогой читатель, **второй том** книги «Законы и закономерности развития систем». Нумерация глав сквозная по всей книге.

**Том 2** описывает всеобщие законы развития систем (*законы диалектики, закономерность S-образного развития*), а также *закономерности развития потребностей и изменения функций*.

## **Оглавление тома 2**

### **Глава 10. Всеобщие законы развития**

#### ***10.1. Законы диалектики в развитии систем***

10.1.1. Закон перехода количественных изменений в качественные

10.1.2 Закон единства и борьбы противоположностей

10.1.3. Закон отрицания отрицания

10.1.4. Выводы

#### ***10.2. Закономерность S – образного развития систем***

10.2.1. Общие понятия

10.2.2. Линии жизни систем

10.2.3. Огибающие кривые

### ***10.3. Заключение***

## **Глава 11. Закономерности развития потребностей**

### ***11.1. Введение***

### ***11.2. Структура законов развития потребностей***

### ***11.3. Закономерность идеализации потребностей***

11.3.1. Общие представления

11.3.2. Увеличение количества и улучшение качества потребностей

11.3.3. Уменьшение затрат времени и средств на удовлетворение потребностей и уменьшение вредных действий

### ***11.4. Закономерность динамизации потребностей***

11.5. Закономерность согласования потребностей

11.6. Закономерность объединения потребностей

11.7. Закономерность специализации потребностей

11.8. Разработка новых потребностей

11.8.1. Этап выявления новых потребностей

11.8.2. Методика выявления скрытых потребностей

11.8.3. Методика разработки новых потребностей

### ***11.9. Выводы***

## **Глава 12. Закономерности изменения функций**

### ***12.1. Введение***

### ***12.2. Закономерность идеализации функций***

### ***12.3. Закономерность динамизации функций***

*12.4. Закономерность согласования функций*

*12.5. Закономерность перехода к моно- или полифункциональности*

12.5.1. Закономерности свертывания функций

12.5.2. Закономерности развертывания функций

*12.6. Выводы*

**Заключение по тому 2**

# Глава 10. Всеобщие законы развития

В данной главе будем рассматривать **всеобщие законы и закономерности развития систем**.

Напомним, что к всеобщим законам мы относим *законы диалектики* и *закономерность S-образного развития систем*.

## 10.1. Законы диалектики в развитии систем<sup>91</sup>

*Чем отличается диалектический переход от недиалектического?*

*Скачком. Противоречивостью. Перерывом постепенности. Единством (тождеством) бытия и небытия.*

*В. И. Ленин<sup>92</sup>*

**Диалектика** – это наука о развитии.

Диалектический метод позволяет более точно представлять окружающий мир, так как учитывает не только все ви-

---

<sup>91</sup> Материалы этого параграфа базируются на работе автора: **Жуков Р. Ф., Петров В. М. Современные методы научно-технического творчества**. – Л.: ИПК СП, 1980. – 88 с.

<sup>92</sup> **Ленин В. И. Философские тетради**. – Полн. собр. соч. 5 изд., М.: Политиздат, 1979, Т. 29, С. 256.

ды и формы взаимодействий между предметами/явлениями, но и то, что сами взаимодействия непрерывно изменяются.

Наиболее общие из законов диалектики, следующие:

– **переход количественных изменений в качественные;**

· **единство и борьба противоположностей;**

· **отрицание отрицания.**

*Закон перехода количественных изменений в качественные* был открыт Аристотелем, закон *единства и борьбы противоположностей* – Гераклитом Эфесским, закон *отрицание отрицания* – Гегелем.

Гегель показал взаимосвязь этих законов.

Структура законов диалектики показана на рис. 10.1.

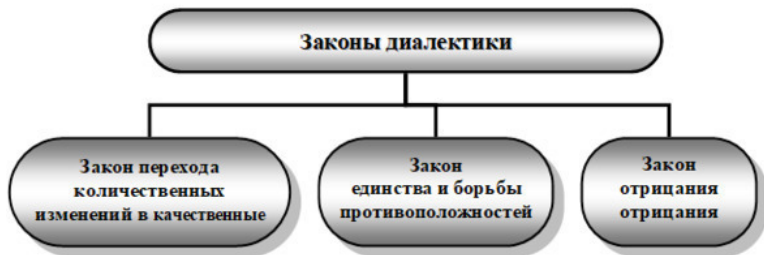


Рис. 10.1. Структура законов диалектики

Действие этих законов распространяется на все области бытия и мышления, по-разному развивались в каждой

из них. Именно поэтому каждая вновь создаваемая наука должна опираться на эти законы.

## 10.1.1. Закон перехода количественных изменений в качественные

*Количественное увеличение или уменьшение вызывает в определенных узловых пунктах качественный скачок, как, например, в случае нагревания или охлаждения воды, где точки кипения и замерзания являются темп узлами, в которых совершается – при нормальном давлении – скачок в новое агрегатное состояние, где, следовательно, количество переходит в качество.*

*Ф. Энгельс<sup>93</sup>*



<sup>93</sup> Энгельс Ф. Анти-Дюринг. – Маркс К., Энгельс Ф. Соч., Т, 20, С. 44.

## Рис. 10.2. Законы диалектики

**Закон перехода количественных изменений в качественные**

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.