

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ .....	6
1. ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОЙ АНАЛИЗ .....	7
2. ТЕОРИЯ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ .....	10
2.1. Общие положения ТРИЗ .....	10
2.2. Идеальность как критерий развития технической системы .....	13
2.3. Разрешение противоречия – вектор развития систем .....	16
2.4. Совместное использование ФСА и ТРИЗ .....	21
3. СИСТЕМА ТРИЗ+ФСА .....	25
3.1. Сущность и основные задачи .....	25
3.2. Подготовительный этап .....	26
3.3. Информационный этап .....	28
3.4. Аналитический этап .....	31
3.4.1. Компонентный и структурный анализ .....	31
3.4.2. Список задач по итогам компонентного и структурного анализа .....	34
3.4.3. Функциональный анализ .....	36
3.4.4. Параметрический анализ .....	39
3.4.5. Список задач по итогам структурного, функционального и параметрического анализа .....	41
3.4.6. Генетический анализ .....	41
3.4.7. Диагностический анализ .....	44
3.4.8. Задачи, выявленные в ходе анализа системы .....	48
3.5. Творческий этап .....	48
3.5.1. Функционально-идеальное моделирование (свертка) .....	48
3.5.2. О задачах и технических решениях для системы .....	50
3.5.3. Решение задач творческого этапа .....	50
4. ЗАКОН ПОВЫШЕНИЯ ИДЕАЛЬНОСТИ КАК КРИТЕРИЙ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ .....	52
5. ЗАКОНЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ .....	54
5.1. Общая система законов развития технических систем .....	54
5.2. Закон увеличения степени идеальности системы .....	55
5.3. Закон S-образного развития .....	57
5.4. Закон полноты частей системы .....	59

5.5. Закон энергетической проводимости системы .....	61
5.6. Закон вытеснения человека из технической системы .....	64
5.7. Закон развертывания-свертывания системы .....	66
5.8. Закон согласования ритмики частей технической системы .....	70
5.9. Закон увеличения степени динамичности .....	71
5.10. Закон согласования-рассогласования .....	78
5.11. Закон перехода в надсистему .....	83
5.12. Закон перехода с макроуровня на микроуровень .....	88
5.13. Закон увеличения степени венрольности.	
Использование вещественно-полевых ресурсов .....	90
5.14. Линии геометрической эволюции объектов .....	96
6. ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОЙ АНАЛИЗ КРОВЛИ .....	109
6.1. Информационный этап .....	109
6.2. Структурный анализ .....	111
6.3. Функциональный анализ .....	115
6.4. Параметрический и стоимостной анализ .....	120
6.5. Функционально-идеальное моделирование (свертка) .....	123
7. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ МАТЕРИАЛА .....	135
7.1. Задание при выборе темы выпускной квалификационной работы .....	135
7.2. Задания для освоения методик ТРИЗ .....	137
7.3. Задания для освоения законов развития технических систем .....	139
8. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОХОЖДЕНИЮ УЧЕБНЫХ ПРАКТИК .....	143
9. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ .....	146
10. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ВКР МАГИСТРА .....	149
Приложение 1. Матрица взаимосвязей элементов кровли и надсистемы .....	153
Приложение 2. Описание взаимодействий элементов системы «кровля» (фрагмент) .....	154
Приложение 3. Результаты функционального анализа системы «кровля» .....	157
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	161

## ВВЕДЕНИЕ

Объемы строительства жилья в развитых европейских странах и США соответствуют или превышают норму в один квадратный метр жилья на одного жителя в год. В России этот показатель существенно ниже и в настоящее время достигает лишь половины нормы, а в кризисные годы был гораздо меньше. Преодоление отставания строительной отрасли страны является одной из важнейших задач экономики, в связи с чем был принят документ [1]. Данные за 2012–2016 гг. об объемах строительства жилья не должны вводить в заблуждение – объемы строительства до сих пор не соответствуют необходимому уровню, обеспечивающему своевременный вывод из эксплуатации ветхо-аварийного жилья и обеспечение семей комфорtnым жильем.

Свой вклад в решение данной задачи внесут будущие специалисты – студенты высших учебных заведений. Для этого необходимо обладать необходимыми профессиональными компетенциями, одна из которых состоит в умении ориентироваться в сложных практических проблемах, в навыках анализа и решения технических задач, моделирования систем будущего. Выработке необходимых компетенций в рамках курсового и дипломного проектирования, производственной и научно-исследовательской практик будет способствовать изучение и применение методик функционально-стоимостного анализа (ФСА) и теории решения изобретательских задач (ТРИЗ).

Рост сложности задач отразился и на требованиях, предъявляемых к выпускникам вузов. Приказом Минтруда № 1167н от 28.12.2015 утвержден профессиональный стандарт «Специалист в области инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности», устанавливающий дополнительные требования к профессиональным знаниям выпускников вузов [2]. Среди трудовых функций специалиста указаны знания и умения в области научно-технических проблем и перспектив развития науки, техники и технологии сферы градостроительной деятельности.

В учебном пособии на примерах из строительства представлены основные положения и пример проведения ФСА, дан прогноз развития системы на основе законов развития технических систем (ЗРТС), разработанных в рамках ТРИЗ. Пособие необходимо использовать для обучения магистров в первом семестре при выборе тем и составлении планов выпускной квалификационной работы магистра (ВКР), а также в дальнейшем обучении в процессе выполнения исследований, практик и при оформлении результатов ВКР.

Цель изучения ТРИЗ и ФСА обучающихся в магистратуре – выйти на новые инженерные решения существующих проблем строительного производства, оформить эти решения патентом или свидетельством на полезную модель, опубликовать результаты исследований и выполнить ВКР, имеющую практическую значимость. Работа также может носить исследовательский характер, при этом результаты ВКР должны иметь научную новизну.

Методики ФСА и ТРИЗ позволяют достичь взаимно противоположных целей – максимального снижения затрат при обеспечении необходимых технических параметров функционирования систем. Для освоения методик рекоменду-

ется изучить технику проведения ФСА и по приведенному в настоящем пособии образцу провести анализ строительной системы, которую следует выбрать в рамках практики. Объектом анализа может быть как проектируемый, так и существующий или строящийся объект, а также технология. Если у предприятия или компании информация об анализируемом объекте является закрытой или конфиденциальной, то в качестве объекта анализа может быть выбран объект-аналог или другой доступный объект (материал, изделие, конструкция, здание или сооружение, а также технология и организация работ).

Практика выполнения ВКР имеет не очень хорошую статистику – примерно 50% магистрантов меняют тему выбранной работы. Поэтому полезно начать разработку трех-четырех тем и некоторое время вести их параллельно. При этом на начальном этапе растет трудоемкость, но в целом такая переработка оправдывает себя за счет более равномерной загрузки и снижения рисков при смене темы.

При выполнении анализа объекта необходимо уметь применять знания различных дисциплин, использовать их для совершенствования анализируемого объекта. В данном учебном пособии материал адаптирован под учебный процесс для студентов старших курсов строительных специальностей бакалавриата и специалитета, а также магистратуры. После изучения студентами различных форм обучения теоретической части методика ФСА может быть применена в курсовом и дипломном проектировании, проведении практик, выполнении выпускной квалификационной работы магистра.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Строительство» (квалификации – бакалавр, специалист и магистр техники и технологии). Пособие будет полезным в подготовке аспирантов по направлению «Техника и технологии строительства».

## **ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

**Техника** – совокупность объектов природного и искусственного происхождения, повышающих эффективность деятельности человека сверх возможностей, присущих ему биологически.

**Техническая система (ТС)** – совокупность взаимосвязанных материальных частей (элементов), предназначенная для удовлетворения какой-либо потребности человека (общества) или системы более высокого уровня, обладающая хотя бы одним свойством, которым не обладает ни одна из составляющих её частей.

**Надсистема** – система более высокого иерархического уровня, включающая объект ФСА.

**Противоречие** – недопустимое для анализируемой системы ухудшение одного из его свойств или параметров при попытках улучшить другое его свойство или параметр.

**ТРИЗ** – наука, изучающая объективные закономерности развития технических систем и разрабатывающая методологию (систему методов и приемов) решения технических проблем.

**Закон** – необходимое, существенное, устойчивое, повторяющееся отношение между явлениями в природе и обществе.

**ЗРТС** – законы развития технических систем, которые должны отражать действительное развитие техники, следовательно, должны выявляться и подтверждаться патентной и технической информацией, историей развития различных технических систем.

**ФСА** – метод технико-экономического исследования объектов, оптимизирующий соотношение между потребительскими свойствами объектов и затратами на их реализацию.

**Объект ФСА (система)** – подвергаемая анализу конструкция, технологический процесс, организационная и управлеченческая структура, а также их элементы.

**Компонентная модель** – модель, отражающая состав объекта и иерархию (подчиненность) его элементов.

**Структурная модель** – модель, отражающая связи между элементами объекта.

**Функциональная модель** – модель, отражающая функции объекта анализа и его элементов в соответствии с рангами этих функций.

**Параметр функции** – уровень выполнения функции, характеризующейся значением анализируемой функции, преимущественно выраженных количественно.

**Диагностический анализ** – анализ затрат на элементы системы, установление соответствия затрат и значимости выполняемых функций.

**Функционально-идеальное моделирование** – процедура анализа, направленная на формирование как можно более идеальной системы, имеющей минимальное количество элементов при эффективном выполнении главной и дополнительных функций объекта.

**Нежелательный эффект** – недостаток системы. Это может быть недостаточная эффективность полезных функций, вредные или ненужные функции, сложность системы, существенные затраты на материалы, изготовление, устранение поломок и т. д.

**Задача** – проблемная ситуация, возникшее противоречие, не устраивающее потребителя системы в результате взаимодействия двух или более элементов системы.

**Уровни решений задач** – условное разделение решений задач по сложности. В ТРИЗ выделяются пять уровней сложности для технических задач.

## 1. ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОЙ АНАЛИЗ

Наиболее результативные методики для принятия строительных решений находят достойное место в отечественной стройиндустрии, как правило, только после признания за рубежом и то не всегда. Яркие тому примеры – это функционально-стоимостной анализ (ФСА) и теория решения изобретательских задач (ТРИЗ).

**ФСА – это комплексно-целевая программа, объединяющая три основные составляющие – технико-экономический анализ, организационно-тех-**

**нические мероприятия и научную методологию поиска новых решений, – направленная на выявление и использование резервов совершенствования любых объектов [3, с. 143].**

ФСА позволяет провести комплексный анализ системы, выявить комплекс проблем в системе, сформулировать задачи, противоречия и найти решения, улучшающие систему: повышение ее функциональных показателей и/или снижение затрат. ФСА является также базой для освоения других методов (бережливого производства, «шесть сигма» и др.), что делает ее необходимой для изучения любым инженером. В основе бережливого производства используется технология ФСА. Изучение методов бережливого производства и их внедрение без его теоретической основы ФСА не позволяет достичь результатов в полном объеме.

Базовый постулат ФСА: в любом объекте есть неиспользованные резервы для совершенствования. Структура затрат любой системы может быть записана так:

$$C = \Sigma C_{fn} + \Sigma C_{fu},$$

где  $C$  – суммарные затраты на разработку, производство и эксплуатацию системы;  $\Sigma C_{fn}$  – сумма функционально необходимых затрат (на полезные функции системы);  $\Sigma C_{fu}$  – сумма функционально избыточных затрат (на вредные и не нужные функции системы).

Задача классического ФСА состоит в том, чтобы выявить избыточные затраты и устраниТЬ их. По названию метода – функционально-стоимостной анализ – видно, что система рассматривается с позиций выполняемых функций и стоимости их выполнения.

Первый принцип – рассмотрение системы как набора выполняемых функций, при таком анализе иногда необходимо абстрагироваться от носителей функций, конструктивного и технологического исполнения системы.

Второй принцип – стоимостной анализ, исследование системы по затратам, анализ соответствия стоимости выполнения функций их рангу. Методик расчета затрат довольно много, этой задачей занимаются экономисты и руководители компаний, но они проводят, как правило, анализ стоимости элементов, частей системы, но не функций. Между тем учет затрат на функции и позволяет оптимизировать стоимость системы.

Известен классический пример из книги Ф. Котлера «Основы маркетинга» с электродрелью, который совершенно справедливо утверждал, что покупатель платит деньги не за электродрель, а за отверстия в стене, просверленные этой дрелью.

Построение и анализ функциональной модели системы – более сложная работа, чем анализ стоимости, и еще более сложная в изучении. Качественно построить функциональную модель можно при наличии большого опыта и понимания функционирования системы. Как правило, без участия конструктора, технолога, специалиста по эксплуатации такой анализ не будет результативным, так как необходимы глубокие инженерные знания.

В связи со сложностью проведения функционального анализа желательно привлечение специалистов по исследуемой системе и опытного специалиста по ФСА. Опыт лидеров зарубежного рынка показывает, что практически все крупные компании организуют для своих сотрудников систему обучения ТРИЗ и ФСА. Эффективность тотального обучения инженерных кадров предприятия указанным методам подтверждается многими примерами. ТРИЗ в обязательном порядке изучают специалисты таких известных компаний, как «Самсунг», «Проктер энд Гембл», «Интел», «Поско» (металлургический концерн Южной Кореи) и др.

Третий принцип ФСА – это системный подход, который, к сожалению, не всегда учитывается. Любая система (техническая, социальная, информационная) является частью другой системы более высокого уровня – надсистемы. Функции, для которых создается система, востребованы надсистемой. При анализе необходимо учитывать надсистемы, соседние системы, а также наличие антисистем. При этом возможна ситуация, когда система может начать доминировать над надсистемой, поглощать ее.

Один из результатов применения ФСА – задействование скрытых резервов совершенствования системы. Типовые источники резервов:

- несоответствие требований к объекту его фактическим функциональным показателям в реальных условиях эксплуатации;
- излишние запасы материала, нерациональная конструкция;
- неэффективное использование научно-технической информации;
- недооценка экономических факторов;
- несогласованность работы специалистов разных подразделений;
- психологическое сопротивление нововведениям со стороны руководителей, различных экспертов и специалистов;
- другие резервы.

Даже при максимальном использовании всех резервов объекта через некоторое время выявляются новые резервы, связанные с объективным научно-техническим прогрессом: новыми открытиями, изобретениями, материалами, технологиями, методами организации и управления и т. д.

## 2. ТЕОРИЯ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

### 2.1. Общие положения ТРИЗ

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) как наука начала создаваться с 1946 г. Г. С. Альтшуллером. Основные постулаты, принятые в ТРИЗ: технические системы развиваются по объективно существующим законам; эти законы познаваемы, их можно выявить и использовать для решения технических задач [5].

На момент формулирования главных постулатов ТРИЗ в научном мире господствовала концепция, что для решения технических задач, повышения эффективности творческого поиска необходимо изучать психологические аспекты решателей, структуру мозга талантливых ученых, методики формирования у людей озарения, так как именно люди ведут поиск решений задач. На тот момент эта концепция была господствующей, да и сейчас многие видные ученые придерживаются этого взгляда. Сама мысль о том, что для разработки методики поиска технических решений необходимо выявлять и изучать законы развития техники, до сих пор не принимается многими. Причем за рубежом, в развитых индустриальных странах споров по этому поводу уже давно нет: там просто применяют «русскую» ТРИЗ, получают решения и при их внедрении – прибыль.

За время своего развития ТРИЗ наработал эффективные методы получения сильных решений. Именно в возможности решить задачу и заключается необходимость в ТРИЗ и его широкое распространение.

В настоящее время выделяют следующие составные части ТРИЗ [4].

1. Приемы разрешения противоречий. Этот самый первый и наиболее простой метод поиска решений был впервые опубликован в 1969 г. в книге Г. С. Альтшуллера «Алгоритм изобретений» и около двух десятков лет был главным методом в ТРИЗ. Работая на этом уровне, можно найти решение примерно 80% поставленных задач. Эффективность применения приемов признана во всем мире, именно этот подход в основном используют иностранные специалисты.

Значительное количество задач (около 20%) не поддается решению с помощью приемов. В ходе решения возникает многовариантность и значительная доля субъективизма при выборе вариантов решения. Все зависит от того, какие параметры и критерии выберет человек, что он будет считать главным, основным, а что второстепенным. А это значит, что велика вероятность получить решение, которое будет устранять последствия, но не причину и потому будет сложным, энергоемким и далеким от идеала.

2. Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) – это комплексная пошаговая программа алгоритмического типа (последовательность действий), предназначенная для выявления и разрешения противоречий, то есть для анализа и решения изобретательских задач. В середине 1980-х гг. алгоритм представлял уже эффективно работающий метод. Первые версии АРИЗ появились одновременно с приемами, но в течение длительного времени алгоритм совершенствовался на практических и учебных задачах. Это сложный инструмент, тяжелый в освоении, но он позволяет найти решение очень сложных, практически

нерешаемых обычными методами задач. Поиск решения по АРИЗ без специальной подготовки обычно, не дает результата.

3. Венпольный анализ (или система стандартов на решения изобретательских задач) – это специальный язык формул, с помощью которого легко описать любую техническую систему в виде структурной модели «венполя», составленной из «веществ» и «поля». Построенную модель преобразуют по специальным правилам и закономерностям, получая структурное решение задачи. Такое преобразование называют стандартом. Данный метод сформировался к концу 1970 гг., включен в поиск решения по АРИЗ отдельными шагами.

4. Система законов развития технических систем (ЗРТС). Под законом мы понимаем необходимое, существенное, устойчивое, повторяющееся отношение между явлениями в природе и обществе. Первые закономерности развития техники выявлены К. Марксом, Ф. Энгельсом. После статистического анализа огромного патентного фонда, проведенного Г. С. Альтшуллером, выявились общие закономерности развития технических систем. В настоящее время система ЗРТС состоит из групп законов, на основании которых находят технические решения и получают прогноз развития системы.

5. Информационный фонд: указатели научных эффектов (физических, химических, математических, геометрических и др.), а также фонд задач-аналогов. Указатели эффектов позволяют найти для необходимой функции ее физическую реализацию, принцип действия.

Вышеприведенные разделы ТРИЗ используются для поиска решений задач. Есть другие специальные разделы ТРИЗ: РТВ (развитие творческого воображения), ЖСТЛ (жизненная стратегия творческой личности), теория развития коллективов, применение ТРИЗ для научных задач, диверсионный анализ. Сегодня ТРИЗ представляет собой совокупность различных методик для решения задач.

В принципе решить задачу можно всегда, и может любой, но вопрос не в том решит или нет, а в том, чтобы найти за короткий срок наиболее оптимальное решение или комплекс решений в зависимости от поисковой концепции. Большой шаг в технологии поиска решений был сделан Т. Эдисоном. Для получения сильных, прорывных решений необходимо было проводить большое количество опытов, экспериментов. Количество проб доходило в некоторых случаях до 50 тыс. Чтобы провести такую работу надо привлечь много людей. Эдисон создал первый НИИ для поиска решений путем привлечения большого количества работников и проведения параллельных экспериментов. Но в связи с усложнением техники, ростом количества задач и необходимых ресурсов на поиск решений метод НИИ становится слишком затратен и не всегда дает хороший гарантированный результат.

Условно результативность создания нового метода можно выразить формулой

$$P = N \cdot t \cdot m,$$

где  $N$  – количество человек, решающих задачу;  $t$  – время решения задачи;  $m$  – эффективность методов решения задачи.

Эдисон сделал ставку на первую составляющую, но, по сути, использовал самый неэффективный способ решения задач – метод проб и ошибок. Чтобы

запатентовать лампочку работники Эдисона провели 50 тыс. опытов с различными материалами для нити накаливания, пока не нашли особый сорт бамбука. Технология ТРИЗ на сегодняшний день имеет максимальное значение эффективности решения задач и позволяет одному человеку или небольшому коллективу за адекватное время решить задачу.

В ТРИЗ разработана классификация решений задач [5], в зависимости от уровня их сложности. Для простых задач вести поиск не нужно, с работой справляются один или два специалиста. Для сложных задач необходима работа большого количества специалистов и специальные методы поиска решений. Решений сложной задачи может быть найдено довольно много.

Условная классификация по уровням найденных решений впервые была введена Г. С. Альтшуллером (табл. 2.1).

Для первого уровня решение задач может быть получено без разрешения технического противоречия и находится на уровне мельчайших изобретений. Как правило, это простые конструкторские задачи.

Таблица 2.1

Уровни сложности задач

Уровень задачи	Количество проб	Решаемая задача	Результат решения
5	$10^5$	Новая проблема	Новый принцип
4	$10^4$	Новая задача	Новое решение
3	$10^3$	Изменена исходная задача	Изменено известное решение
2	$10^2$	Одна из нескольких задач	Одно решение из нескольких
1	$10^1$	Готовая задача	Готовое решение

Задачи второго уровня – это задачи с техническими противоречиями, легко разрешаемые с помощью известных для данной отрасли способов. Меняется только один элемент системы. Это уровень мелких изобретений.

Задачи третьего уровня имеют решения в пределах одной науки. Как правило, полностью меняется один из элементов системы с частичным изменением других элементов. Система существенно изменяется по сравнению с прототипом.

Для задач четвертого уровня характерно разрешение физического противоречия и появления новой технической системы.

Задача пятого уровня дает старт новому направлению семейства технических систем, к этому уровню можно отнести изобретение автомобиля, радио, лазера, открытие рентгеновских лучей и пр.

Для решения задач уровня 1–3 может оказаться достаточным выйти на техническое противоречие. Таких задач около 95%, и их решение дает основной доход от улучшений производства. Именно такие задачи выявляются в таких методах, как бережливое производство, «шесть сигм», система менеджмента качества.

Для задач уровня 3–5 необходимо выходить на физическое противоречие, для этого применяются более сложные методики, они более трудоемки, но и отдача от их решения может быть существенной.

Одна из существенных составляющих ТРИЗ – система законов развития технических систем (ЗРТС). Из системы законов наименее значимы закон роста идеальности систем и закон противоречий, как правило, не выделяемый как отдельный закон.

## 2.2. Идеальность как критерий развития технической системы

Изменения технических систем (ТС) происходят постепенно, за счет разрешения противоречий [5]. Развитие идет по закону роста степени идеальности:

$$I = \Sigma \Phi_n / \Sigma C,$$

где  $\Sigma \Phi_n$  – сумма полезных функций системы;  $\Sigma C$  – сумма затрат на создание и функционирование системы.

Рост идеальности явно проявляется в системе «жилье». Основная тенденция последнего времени – рост функциональности жилья. За последние 100 лет у жилья появилось достаточно много новых функций: это и освещение, отопление, подача воды, вентилирование, утилизация воды и мусора и т. д. (хотя подача воды в дома и канализация использовались еще в Древнем Риме). В последнее время добавились функции, связанные с развитием информационных систем: Интернет, кабельного телевидения, домофонов, систем видеонаблюдения и охраны. Устанавливаются системы доочистки воды, предотвращения «застарения» трубопроводов, рекуперации тепла вентиляционного воздуха. Возможно, со временем появятся функции, направленные на дальнейший рост комфортности, или функции, выполнявшиеся ранее другими системами. Например, выработка энергии, самоочистка фасадов от пыли, фасад в виде информационного дисплея, диагностика состояния организма жителей, дистанционное рабочее место в домашних условиях и т. д.

Другая тенденция – снижение затрат. Если сейчас «комфортное и доступное жилье» (название Федеральной программы) для большинства семей обыденный стандарт, то в начале прошлого века оно было доступно только состоятельным семьям. (Только очень богатые аристократы проводили к себе в дом воду и электричество.) Строительство в 1960-е гг. панельных зданий, так называемых «хрущёвок», позволило увеличить количество жилья в 30 раз и переселить народ-победитель из коммуналок и бараков в отдельные комфортабельные квартиры. Благодаря развитию технических систем один работник-строитель может построить больше жилья, чем раньше, причем за меньшее время; снижается количество материала на создание единицы площади жилья.

При выборе идей для дальнейшего внедрения используется критерий наибольшего соответствия идеальности. Чаще всего ставят задачи снижения затрат. Снижение затрат в основном понимается как использование более дешевых материалов. Данный концептуальный подход является простым и понятным для современных управленицев, не имеющих необходимых знаний в инже-

нерном деле, и в то же время, порочным, часто приносящим убытки и потерю рынка для компаний, принимающих решения на основании этих взглядов.

Идеальность можно посчитать в численных значениях применительно к конкретной системе или элементу, узлу. В строительстве часто используются металлические конструкции в качестве несущих элементов. Как понимать и вычислять параметры идеальности для металлоконструкций, используемого металла? Обычно проектировщик производит расчет на соответствие строительным нормам, а уже потом сметчик считает затратную часть. Такое разделение при положительных моментах имеет и негативные последствия – строящийся объект получается с излишними затратами.

При анализе идеальности металлической конструкции нужно задаваться вопросами: зачем используется металл, за какой результат платим деньги. Обычно функции, которые выполняет металлоизделие, связаны с восприятием веса других элементов, полезных, снеговых, ветровых и других нагрузок. Значит, основной параметр – нагрузка. При привязке к цене металла за вес нужно учитывать параметр по главной функции – нагрузку, которую воспринимает 1 кг металла. Тогда идеальность – это отношение уровня нагрузки к цене. Следовательно, расчет стоимости для оценки недостаточен – надо считать стоимость, приведенную к нагрузке (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Расчет показателей металла (цены 2001 г.)

Марка металла	Прочность, МПа	Цена, руб./кг			Отношение прочности к цене, МПа/руб.		
		ММК	Дилеры	Рынок	ММК	Дилеры	Рынок
Ст3пс	245	6,9	7,0	7,2–7,6	35,5	35	34,0–32,2
Ст5сп	265	6,9	7,0	7,2–7,6	38,4	37,8	36,8–34,9
09Г2	330	8,4	8,5	8,7–9,4	39,5	38,8	37,9–35,1
10ХСНД	400	10,4	–	–	38,5	–	–

Из данных таблицы следует, что металл 09Г2 с более высокой ценой предпочтительнее. Следует принять во внимание то, что расчет идеальности здесь выполнен для фазы жизненного цикла эксплуатации. На других этапах жизненного цикла могут использоваться другие показатели. Например, на этапе монтажа более идеальным металлом может оказаться 10ХСНД за счет меньших затрат на перевозку. При расчете по всем этапам жизненного цикла наиболее идеальным, скорее всего, окажется самый дорогой металл.

В развитии других строительных материалов и изделий также прослеживается рост степени идеальности. В таблице 2.3 приведены данные по развитию рулонных материалов для кровель, из которых видно, что количество слоев кровли снизилось с 4–5 до одного с одновременным улучшением полезных свойств гидроизоляции, технологичности и долговечности.

В таблице рассмотрены следующие поколения кровельных материалов: 1 – толь и рубероид на бумажной или картонной основе; 2 – наплавляемые битумные материалы на картонной основе; 3 – материалы на стеклотканевой основе с пропиткой окисленным битумом; 4 – битумно-полимерные материалы на негниющей основе с пропиткой битумом, модифицированным полимером; 5 – полимерные материалы с основанием из искусственных волокон, часто усиленных специальным армированием.

Таблица 2.3  
Характеристика рулонных материалов

Поколение материала	Основа	Пропитка	Кол-во слоев	Срок службы, лет
1	Бумага, картон	Деготь, битум	4–5	4–5
2	Картон	Битум	3–4	5–8
3	Стеклоткань, холст	Окисленный битум	2–3	10–12
4	То же, полиэстер	Битумно-полимерная	1–2	15–25
5	Армированный полиэстер	Полимерная	1	25–50

Материалы 5-го уровня значительно дороже, но с учетом затрат на техническое обслуживание и ремонт оказываются более выгодными, более идеальными.

Развитие строительных утеплителей явно следует закону повышения идеальности (табл. 2.4).

Из данных таблицы следует, что в результате совершенствования утеплителей их необходимая толщина снизилась с 350–600 до 6–20 мм, то есть в 50 раз. В результате снижаются нагрузки на нижележащие конструкции, возрастает полезная площадь при фиксированной площади застройки (за счет утонения ограждающих стен).

Таблица 2.4  
Характеристики утеплителей

Утеплитель	Плотность $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	$\lambda_0$ , Вт/(м·°C)	Толщина $t$ , м	Цена, тыс. руб./м <sup>3</sup>	Удельная цена, руб./ $t$
Шлак доменный	400–1000	0,12–0,20	0,35–0,58	0,5	250–300
Керамзит	400–800	0,12–0,18	0,35–0,53	1,5	700–800
Пено-, газобетон	300–800	0,08–0,17	0,24–0,50	2,5	800–1000
Арболит	400–800	0,07–0,17	0,20–0,50	3,8	1000–1500
Фибролит	300–600	0,07–0,12	0,20–0,35	4,0	1000–1500
Минвата	100–300	0,056–0,084	0,16–0,25	2,0–3,5	700–1000
Пеностекло	100–200	0,04–0,08	0,12–0,24	9,0–15,0	2000–2400
Пенополистирол	20–150	0,038–0,050	0,11–0,15	1,0–4,0	150–600
Пенополиуретан	20–80	0,029–0,041	0,09–0,12	5,0–10,0	500–1000
Вакуум-панель	–	0,002–0,008	0,006–0,02	2–2,5 за м <sup>2</sup>	2000–2500

Примечание:  $\lambda_0$  – коэффициент теплопроводности; толщина  $t$  принята из примерного расчета на требуемое теплосопротивление 3,4 Вт/м<sup>2</sup>·°C.

На сегодняшний день эффективными утеплителями считаются пенополистирол, пенополиуретан и минеральная вата, но переход к вакуумным утеплителям, аэрогелям, аэрографиту обеспечит дальнейший рост идеальности.

В качестве показателя идеальности кровли в целом может использоваться удельный вес квадратного метра кровли, а также приведенные затраты на изготовление и эксплуатацию кровли.

Идеальность повышается при выполнении кровлей дополнительных функций по обслуживанию надсистемы «здания» или суперсистемы «города». Это могут быть функции теплообменника, накопления осадков, нейтрализации вредных выбросов, использования солнечной энергии, озеленения, городского транспорта, обслуживания населения, информационных коммуникаций, туристических аттракционов и т. д.

### **2.3. Разрешение противоречия – вектор развития систем**

Один из основных законов ТРИЗ – закон разрешения противоречий – пришел из диалектики. Описаний противоречий в технике много. Упрощенно противоречие определяется как несоответствие предъявляемых требований к системе и ее возможностей.

В принципе, все противоречия жилья сводятся к одному: уровень комфорта проживания и требования к жилищу со стороны жильцов входят в противоречие с имеющимися возможностями (конструкционными, технологическими, финансовыми и пр.). В ГОСТ Р 54964 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости» приведены показатели оценки качества архитектуры и планировки дома, инфраструктуры и внешней среды, комфорта, санитарной защиты и энергоэффективности, которые можно оценить в баллах по конкретным критериям.

В известной сказке о рыбаке и рыбке мы видим постоянную борьбу по разрешению жилищных (и социальных) противоречий с непрерывно растущими потребностями старухи, то есть с непрерывным ростом требований к жилью и своему общественному статусу. Благодаря внезапно появившемуся ресурсу в виде золотой рыбки старушке успешно удавалось разрешать постоянные противоречия, которые возникали вместе с ростом требований, пока уровень затрат не превысил свой предел, а претензии не вышли за уровень здравого смысла (сама золотая рыбка была бы в услужении). Необходимо соотносить растущие потребности с возможностями надсистемы. Поэтому не стоит критиковать Хрущёва за маленькие кухни и архитектурное убожество панельных домов, в то время это было лучшим решением по сравнению с бараками. В ведущих американских университетах решение жилищной проблемы Хрущевым изучают как уникальный опыт наряду с планом электрификации ГОЭЛРО (Государственной комиссии по электрификации России) и эвакуацией промышленности СССР с запада на восток в 1941–1942 гг.

Не следует считать, что развитие заканчивается после разрешения противоречия. В системе обязательно появится новое противоречие, возможно, в дру-

Конец ознакомительного фрагмента.  
Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине  
«Электронный универс»  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)