



**Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ**

ТЕОРИЯ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

Направление подготовки	<u>22.04.02 Metallurgy</u>
Профиль подготовки	<u>Внедрение инновационных технологий на металлургических предприятиях</u>
Уровень высшего образования	<u>магистратура</u> <i>(бакалавриат, специалитет, магистратура)</i>

Автор-разработчик: Гурская Т.В., канд. пед. наук
Рассмотрено на заседании кафедры гуманитарных и естественно-научных дисциплин
Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма
2021

Методические рекомендации к организации и выполнению самостоятельной работы составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Студентам для самостоятельной работы предлагается ряд индивидуальных заданий. Поскольку общий объем всех описанных ниже заданий может потребовать времени большего, нежели это отведено учебным планом для самостоятельной работы, конкретный набор индивидуальных заданий для каждого студента формируется преподавателем.

Самостоятельная работа является одним из видов учебной деятельности обучающихся, способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать специфику направления подготовки студента и базовое предприятие на котором студент проходит практики.

Контроль самостоятельной работы и оценка ее результатов организуется как единство двух форм:

- самоконтроль и самооценка обучающегося;
- контроль и оценка со стороны преподавателя.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия. При предъявлении видов заданий на внеаудиторную самостоятельную работу рекомендуется использовать дифференцированный подход к уровню подготовленности обучающегося. Перед выполнением внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит консультацию с определением цели задания, его содержания, сроков выполнения, ориентировочного объема работы, основных требований к результатам работы, критериев оценки, форм контроля и перечня литературы. В процессе консультации преподаватель предупреждает о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня подготовленности обучающихся.

Видами заданий для внеаудиторной самостоятельной работы могут быть:

- ответы на контрольные вопросы;
- подготовка сообщений к выступлению на семинаре, конференции;
- решение вариативных задач и упражнений;
- составление схем;
- решение ситуационных производственных (профессиональных) задач;
- подготовка к деловым и ролевым играм;
- проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности;
- подготовка презентаций, творческих проектов;
- проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности и др.

Для обеспечения внеаудиторной самостоятельной работы по дисциплине преподавателем разрабатывается перечень заданий для самостоятельной работы, который необходим для эффективного управления данным видом учебной деятельности обучающихся.

Обучающийся самостоятельно определяет режим своей внеаудиторной работы и меру труда, затрачиваемого на овладение знаниями и умениями по каждой дисциплине, выполняет внеаудиторную работу по индивидуальному плану, в зависимости от собственной подготовки, бюджета времени и других условий. Ежедневно обучающийся должен уделять выполнению внеаудиторной самостоятельной работы в среднем не менее 3 часов. При выполнении внеаудиторной самостоятельной работы обучающийся имеет право

обращаться к преподавателю за консультацией с целью уточнения задания, формы контроля выполненного задания.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проводиться в письменной, устной или смешанной форме с представлением продукта деятельности обучающегося.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы могут быть использованы зачеты, тестирование, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и др.

1.1 ТЕМАТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Код раздела, темы	Тема самостоятельной работы
1. Основные понятия ТРИЗ	<i>Базовые посылки Теории решения изобретательских задач</i>
	<i>Основные понятия системного анализа</i>
	<i>Функции системы. Идеальность системы</i>
	<i>Основные понятия ТРИЗ</i>
	<i>Приемы разрешения противоречий</i>
2. Законы развития технических систем	Динамичность систем
	<i>Управление в системах</i>
	<i>Законы развития искусственных систем. Их познание и применение для прогнозирования направления развития систем и целенаправленного развития систем</i>
3. Алгоритм решения изобретательских задач (Алгоритм решения проблемных ситуаций)	<i>АРИЗ (АРПС). Аналитическая стадия Оперативная стадия. Синтетическая стадия</i>
4. Инструменты ТРИЗ	<i>Инструменты ТРИЗ</i>
	<i>Методы борьбы с психологической инерцией</i>
	<i>Методы активизации творческого мышления: методы случайного поиска решений</i>
	<i>Методы активизации творческого мышления: методы систематического поиска решений</i>

1.2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1.2.1. Базовые посылки ТРИЗ.

Потребность в изобретательстве была у человечества всегда. Истоки изобретательства уходят своими корнями в глубокую древность. По-видимому, начало изобретательства положил процесс очеловечивания наших далеких предков. Для добычи пищи и защиты первые «изобретатели» пользовались объектами, «изготовленными» природой: камни, палки и т. д. Поэтому первые «изобретения» были на применение известных в природе «устройств», веществ и способов по новому назначению. Изобретательность в те времена сводилась к наблюдательности и удачливости нашего дальнего предка.

Так, судостроение, скорее всего, началось с момента, когда человек заметил, что бревно, находящееся в воде, может поддерживать его на плаву. А судостроение ведёт начало с изобретения первого плота.

Первые попытки создать методику творчества, и в частности технического творчества, предпринимались еще в древней Греции.

Создатель первой логической системы в античный период Демокрит из Абдера (ок. 460—370 гг. до н. э.). Он строил свою систему преимущественно как логику индукции, особое внимание, обращая на аналогию. Правильность рассуждений он связывал с их свойствами, видел цель науки в полном определении предмета.

Аристотель (384—322 гг. до н. э.) считал, что знание о каждом отдельном свойстве должно быть приобретено из опыта и, что убеждение в том, что это свойство — существенное, должно быть доказано умозаключением особой логической формы — силлогизмом.

Основной принцип силлогизма выражает связь между родом, видом и единичной вещью, Аристотель понимал, как отражение связи следствия, причины и носителя причины.

В одних источниках указывается, что термин "эвристика" впервые появился в трудах греческого математика Паппа Александрийского, жившего во второй половине третьего века нашей эры, в других приоритет первого упоминания отдается трудам Аристотеля.

В Древней Греции под эвристикой понимали способ обучения, практикуемый Сократом, когда учитель приводит ученика к самостоятельному решению какой-либо задачи, задавая ему наводящие вопросы. В настоящее время эвристическими способами решения задач называют способы, позволяющие минимизировать перебор возможных решений, зачастую основанные на интуиции.

Эвристика — наука о творческом мышлении. Цель эвристики — исследовать правила и методы, ведущие к открытиям и изобретениям.

Римский поэт и философ Тит Лукреций Кар в своей философской поэме «О природе вещей» излагает учение греческого философа Эпикура, который предлагает получать различные объекты путем комбинирования составляющих их частей и присоединением других частей.

Английский философ и естествоиспытатель Роджер Бэкон (ок. 1214—1292 гг.) видел основу всякого познания в опыте, который, по его представлениям, может быть двух видов: внутренний — мистический «озарение» и внешний.

Бэкон предугадал ряд открытий, например, телефона, самодвижущихся повозок, летательных аппаратов и др. Он предсказал большое значение математики, без которой, по его мнению, не может существовать ни одна наука.

Современное изучение процессов изобретательства и творческого мышления отводится самым разным наукам. Можно сказать, что это междисциплинарная. Этой проблемой занимаются и гуманитарии, и технари.

1.2.2. История ТРИЗ.

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) — наука, позволяющая не только выявлять и решать творческие задачи в любой области знаний, но и развивать изобретательское мышление, развивать качества творческой личности.

ТРИЗ - метод системного, направленного поиска для решения креативных задач.

Креативная задача - задача имеющая множество решений, причем однозначный выбор единственного верного решения невозможен. К решению креативной задачи нельзя приложить критерии правильности, однако можно оценить с позиции эффективности.

Автор ТРИЗ — Генрих Саулович Альтшуллер.

Разработкой ТРИЗ Альтшуллер Г. С. начал заниматься со своим другом Рафаилом Шапиро в 1946 г.

В послевоенное время была насущная необходимость эффективной и быстрой работы по восстановлению народного хозяйства.

Первая работа по ТРИЗ была опубликована в 1956 г. Первоначально друзья были уверены, что существует методика изобретательства. Они проанализировали всю имеющуюся в то время литературу, и нашли литературу только по психологии изобретательства, в которой исследовался метод проб и ошибок. Осознав неэффективность этого метода, в 1947 г. они приступили к анализу истории развития техники. Исследования показали, что техника развивается закономерно и эти закономерности можно познать и использовать при решении изобретательских задач. Так они пришли к выводу, что необходимо разрабатывать принципиально иную «методику изобретательства», которая должна основываться на объективных законах развития технических систем. Выявить эти законы можно систематическим анализом больших массивов патентной информации.

Так были сделаны первые выводы:

- фундаментом будущей теории изобретательства должны стать законы развития технических систем;
- для выявления законов развития техники необходимо анализировать патентный фонд.

Друзья проанализировали несколько тысяч изобретений и поняли, что для решения изобретательских задач необходимо выявить и разрешить техническое противоречие.

Этапы развития и распространения ТРИЗ в СССР (России)

В настоящее время выделяют пять основных этапов развития и распространения ТРИЗ в СССР (России) и Море [1-2].

Первый этап: с 1946 до 1956 гг.

Г.С. Альтшуллер (15.10.1926 - 24.09.1998) – писатель-фантаст, инженер, изобретатель. Работа над методологией изобретательства была начата Г.С. Альтшуллером в 1946 г. (название «ТРИЗ» появилось позже, в 70-х годах). В 1956 г. вышла первая публикация, излагающая основные идеи новой науки.

Второй этап: с 1956 до 1970 гг.

В 1959 г. был опубликован один из первых вариантов алгоритма решения изобретательских задач (АРИЗ), который получил название «АРИЗ-59». В результате его совершенствования появились модификации: АРИЗ-61,-64,-65,-68,-71,-77,-82,-85. В настоящее время используется модификация АРИЗ-85В. В 1961 г. экспертный совет Комитета по делам изобретений рассмотрел и одобрил работу по методологии изобретательства. В 1968 г. было организовано трехдневное совещание по вопросам разработки и популяризации методов технического творчества. В соответствии с решением этого совещания в конце 1968 г., в Дзинтари, был проведен первый всесоюзный семинар по обучению методам технического творчества, неделя которого была отведена на изучение АРИЗ. В конце 1969 г. Центральный совет всесоюзного общества изобретателей и рационализаторов (ЦС ВОИР), рассмотрев результаты годичной работы по обучению творчеству, организовал Общественную лабораторию методологии изобретательства

(ОЛМИ) под руководством Г.С. Альтшуллера. В этот период Г.С. Альтшуллер издаёт книги.

Третий этап: с 1970 до 1979 гг.

В 1970 г. в Баку был создан первый в стране Азербайджанский общественный институт изобретательского творчества (АзОИИТ). В течение нескольких лет в нем изучали АРИЗ самые разные слушатели от школьников до кандидатов наук. В 1972 г. школы ТРИЗ появились в Днепропетровске, Горьком, Курске, Волгограде, некоторых других городах. В 1974 г. в Баку приехала для изучения АРИЗ группа преподавателей института повышения квалификации руководящих кадров при Совете Министров ПНР. В Горьком было проведено областное совещание по ТРИЗ, фактически (по представительству) превратившееся во всесоюзное.

Обучение ТРИЗ успешно развивалось во многих городах. В октябре 1974 г. в Москве на ВДНХ была проведена научно-практическая конференция «Эвристика», организованная ЦС ВОИР. В рекомендациях конференции работа ОЛМИ получила высокую оценку.

Возрастали темпы появления новых школ. Большую роль в этом сыграли выходившие книги и журнал ВСНТО СССР «Техника и наука», который в период с 1979 по 1984 г. почти в каждом номере публиковал материалы по ТРИЗ. В 70-80-е гг. были проведены учебные семинары по ТРИЗ в крупнейших городах СССР (Москве, Ленинграде, Свердловске, Новосибирске, Днепропетровске, Уфе, Ярославле, Куйбышеве, Ростове-на-Дону, Кишиневе, Норильске, Владивостоке, Пензе, Симферополе и др.), а также в молдавских районных центрах Бельцы и Кагул. Семинары, организованные при институтах повышения квалификации, Домах техники и научно-технической пропаганды, НТО и ВОИР, стали популярными, на многие из них, собирались слушатели (по 50 и более человек) из разных городов страны. Возвращаясь, многие из них организовывали школы ТРИЗ в своих городах, на предприятиях. В этот период Г.С. Альтшуллер издаёт новые книги.

Четвертый этап: с 1980 до 1985 гг.

Систематическое проведение семинаров ускорило темпы разработки ТРИЗ. Появилась возможность быстро и в широких масштабах проводить проверку непрерывно совершенствующихся методических материалов. Ускорила подготовка преподавателей ТРИЗ, которые за несколько лет проходили уже налаженный путь: слушатель, преподаватель-стажёр, преподаватель. Многие из них включились и в исследовательскую работу по ТРИЗ. Так создавались кадры специалистов по ТРИЗ. С 1980 г. стали регулярно проводиться конференции преподавателей и разработчиков ТРИЗ (1980 г., 1982 г., 1985 г., 1987 г., 1989 г. в Петрозаводске, 1984 г. в Новосибирске, 1988 г. в Миассе).

Каждая конференция давала новый всплеск интересных работ, появились новые школы. Обучение и работа по ТРИЗ велась более чем в 200 городах страны, наиболее крупные школы действовали в Ленинграде, Днепропетровске, Кишиневе, Новосибирске, Петрозаводске, Минске, Владивостоке, Ангарске, Риге, Челябинске и других городах. Начали работать государственный центр обучения ТРИЗ в Болгарии и постоянная школа изобретателя в ГДР.

Книги по ТРИЗ широко переводились за рубежом (в Болгарии, ПНР, ГДР, Вьетнаме, США, Англии, Франции, Швейцарии, ФРГ, Финляндии).

Наряду с постоянным расширением географии ТРИЗ с 70-х гг. идет процесс вовлечения в обучение новых контингентов слушателей. Занятия в экспериментальном порядке стали проводиться с рабочими, врачами, журналистами, социологами, учителями, биологами и т. д. Они показали, что овладение ТРИЗ вполне доступно и полезно нетехнической аудитории.

Одним из самых перспективных направлений в обучении оказалась работа с детьми разных возрастов. Она началась на страницах газеты «Пионерская правда» в рубрике «Изобретать – это так сложно, изобретать – это так просто!», которую вел Г. Альтов («Г. Альтов» — литературный псевдоним Г.С. Альтшуллера). С 1988 г. в рубрике принимал

участие И.М. Верткин. Работа с детьми продолжилась в Ленинграде, Кишиневе, Риге, Новосибирске, Ангарске, Челябинске, Свердловске, Воркуте, Симферополе, Норильске, Минске, Семипалатинске, Петрозаводске и др. городах. В Кишинёве с 1985 г. обучались первоклассники, а в Норильске, Риге, Симферополе велась работа с дошкольниками в детских садах. В этот период Г.С. Альтшуллер издаёт книги.

Появляется значительное количество сайтов, популяризирующих ТРИЗ: Altshuller.ru, MATRIZ.org, www.trizland.ru, www.metodolog.ru и другие. В этот период Г.С. Альтшуллером, а также его учениками и последователями издаётся большое количество книг, практически на всех языках мира. В Челябинске под руководством Кожевниковой Л.А. на базе Челябинской областной универсальной научной библиотеки (ЧОУНБ) создаётся фонд, в котором накапливаются материалы, относящиеся к ТРИЗ, начиная с рукописей Альтшуллера.

Пятый этап: с 1986 по настоящее время

В 1989 г. по инициативе Г.С. Альтшуллера создана международная ассоциация ТРИЗ (МА ТРИЗ). С 1990 г. начал издаваться специализированный журнал ТРИЗ под редакцией Кирилла Афанасьевича Скловского. В 1992 г. была разработана первая компьютерная программа, реализующая основные инструменты ТРИЗ, программа была названа «Изобретающая машина».

ТРИЗ завоевывает мир. Созданы фирмы, занимающиеся ТРИЗ. Помимо стран бывшего СССР, ТРИЗ распространена в США, Канаде, странах Европы, в Израиле, в Австралии, Японии, странах Юго-Восточной Азии и Южной Америки.

Компании, специализирующиеся на применении и развитии ТРИЗ работают во многих странах мира. Курс ТРИЗ читается в ряде университетов США, Канаде, Франции, Англии, Германии, Швейцарии, Израиля, Японии и России.

ТРИЗ изучают инженеры и ученые, студенты университетов различных специальностей и школьники всех возрастов. Проводят занятия с дошкольниками, начиная с трех лет. Имеются курсы для подготовки воспитателей детских садов, учителей школ и преподавателей ТРИЗ для Университетов. Ведется большая работа по подготовке учебно-методических материалов.

Наиболее распространена консультационная деятельность для промышленных фирм — решение производственных и научных проблем и получение перспективных решений.

Создана и успешно работает Международная Ассоциация ТРИЗ (МА ТРИЗ), президентом которой до последнего дня своей жизни являлся Генрих Альтшуллер. Сейчас МА ТРИЗ руководят его ученики. Появилась Европейская Ассоциация ТРИЗ (ETRIA — European TRIZ Association). Имеются региональные Ассоциации ТРИЗ в США, Франции, Италии, Австрии, Израиле, Австралии, Южной Кореи, Тайваня, Мексики, Латинской Америки, в странах бывшего СССР и других странах. В США создан Институт Альтшуллера (The Altshuller Institute).

Создан Саммит разработчиков ТРИЗ — цель которого, объединить специалистов, которые занимаются развитием теории и методики. Саммит проводит ежегодные встречи, где обсуждаются наилучшие научные разработки по развитию ТРИЗ. Выпускаются бумажный «Журнал ТРИЗ» на русском и английском языках в России и самостоятельный электронный журнал в США. В Internet имеется несколько сотен сайтов и более миллиона ссылок, посвященных ТРИЗ.

Проводятся международные конференции по ТРИЗ. В США Институтом Альтшуллера, в Европе МА ТРИЗ и ETRIA, в Японии ТРИЗ Форум.

Первые работоспособные методы активизации творческого процесса начали появляться в конце 20-х годов XX столетия. К ним относятся метод фокальных объектов, предложенный немецким профессором Кунце (он назвал его «метод каталога») и усовершенствованный в 50-х американским ученым Чарльзом Вайтингом; мозговая атака (мозговой штурм), предложенная в 1939 г. американцем Алексом Осборном;

морфологический анализ, предложенный в 1942 г. швейцарским астрономом Фрицом Цвикки, синектика, разработанная американцем Уильямом Дж. Гордоном в 1952 году и др.

В дальнейшем стали появляться другие методики творчества, например, метод Тагучи (Taguchi), QFD (QualityFunctionDeployment), «6 Сигма (SixSigma)», TQM (TotalQualityManagement) и некоторые другие методы.

Эти методы интенсифицируют перебор вариантов, позволяя получить большее количество идей в единицу времени. Они все используют традиционный метод проб и ошибок, который редко или случайно приводит к изобретательским решениям. В методе проб и ошибок, прежде всего, используется имеющийся у решателя опыт, который связан с психологической инерцией.

Указанные методы не позволяют решать сложные изобретательские задачи.

Изобретательское решение получают путем выявления и разрешения противоречия, лежащего в глубине задачи. Таким образом, выявляется и устраняется первопричина проблемы. Тогда как при традиционном (шаблонном, рутинном) мышлении получают шаблонное решение, в котором всегда ищется компромисс, пытаясь незначительно улучшить одни параметры и невольно ухудшить другие. Поэтому главная разница между изобретательским и шаблонным мышлением состоит в том, что при изобретательском мышлении ищут противоречие, а при шаблонном — компромисс.

Изобретательская задача — сложная задача, для решения которой необходимо выявить и разрешить противоречие, лежащие в глубине задачи, то есть выявить первопричину (корень проблемы) и устранить эту причину.

Изучение курса ТРИЗ в нашем университете придерживается технологии «последовательного изучения».

Последовательное изучение предмета — это переход от общего к частному, от поверхностного рассмотрения всей системы к углубленному изучению деталей. Первоначально показывается вся система целиком, рассказывают предназначение каждой из частей и уясняют их взаимосвязи.

На следующем этапе рассматривается одна из частей системы, как единое целое. Описывается ее структура, предназначение каждой из подчастей и их взаимосвязь.

В дальнейшем изучаются подчасти. При необходимости подключаются некоторые элементы других частей.

1.2.3. Сравнение ТРИЗ с другими методами решения задач. Психологическая инерция. Инструментарий ТРИЗ.

Первые работоспособные методы активизации творческого процесса начали появляться в конце 20-х годов XX столетия. К ним относятся метод фокальных объектов, предложенный немецким профессором Кунце (он назвал его «метод каталога») и усовершенствованный в 50-х американским ученым Чарльзом Вайтингом; мозговая атака (мозговой штурм), предложенная в 1939 г. американцем Алексом Осборном; морфологический анализ, предложенный в 1942 г. швейцарским астрономом Фрицом Цвикки, синектика, разработанная американцем Уильямом Дж. Гордоном в 1952 году и др.

Мозговой штурм, мозговая атака, англ. brainstorming) - это такой процесс решения возникшей проблемы, когда участники обсуждения предлагают, как можно больше самых разных вариантов решения, из которых потом выбираются наиболее удачные. Согласно статистике, продуктивными оказываются всего 10-15% высказанных идей.

Морфологический анализ — метод решения задач, основанный на подборе возможных решений для отдельных частей задачи.

В дальнейшем стали появляться другие методики творчества, например, метод Тагучи (Taguchi), QFD (QualityFunctionDeployment), «6 Сигма (SixSigma)», TQM (TotalQualityManagement) и некоторые другие методы.

Все эти методы успешно изучаются и сегодня на различных курсах. Они достаточно просты, изучение их не занимает много времени, и они дают свои практические результаты каждый в своем направлении.

Эти методы интенсифицируют перебор вариантов, позволяя получить большее количество идей в единицу времени. Они все используют традиционный метод проб и ошибок, который редко или случайно приводит к изобретательским решениям.

В методе проб и ошибок, прежде всего, используется имеющийся у решателя опыт, который связан с психологической инерцией.

Психологическая инерция (ПИ) – это привычка к стандартным реакциям в стандартных ситуациях.

Указанные методы не позволяют решать сложные изобретательские задачи.

Не шаблонность мышления – это наша способность бороться с психологической инерцией, умение увидеть ситуацию в совершенно новых обстоятельствах, с новыми «игроками».

ТРИЗ позволяет вместо случайных шагов делать последовательные, методически отработанные шаги, приводящие к совершенно неожиданным, неочевидным идеям.

Изобретательское решение получают путем выявления и разрешения противоречия, лежащего в глубине задачи. Таким образом, выявляется и устраняется первопричина проблемы. Тогда как при традиционном (шаблонном, рутинном) мышлении получают шаблонное решение, в котором всегда ищется компромисс, пытаясь незначительно улучшить одни параметры и невольно ухудшить другие. Поэтому главная разница между изобретательским и шаблонным мышлением состоит в том, что при изобретательском мышлении ищут противоречие, а при шаблонном — компромисс.

Изобретательская задача — сложная задача, для решения которой необходимо выявить и разрешить противоречие, лежащие в глубине задачи, то есть выявить первопричину (корень проблемы) и устранить эту причину.

При изучении ТРИЗ целесообразно придерживаться послойного изучения изобретательской задачи.

Современные инструменты ТРИЗ делятся на три большие группы: Аналитические, решательные и обоснование решения. В свою очередь инструменты ТРИЗ условно разделяются на пять блоков.

Пять блоков инструментария ТРИЗ:

1. Формализованные задачи
2. Первичная обработка (причинно-следственные связи, связь с другими объектами, процесс, эволюция)
3. Модели конфликтов
4. Решательные механизмы
5. Проверка полученных решений

1.2.4. Основные понятия системного анализа. Функции системы. Идеальность системы.

Законы развития технических систем представляют собой фундамент, на котором строится ТРИЗ. На основании законов строятся все остальные части ТРИЗ, кроме того, законы используются для прогнозирования развития технических систем и развития сильного мышления.

Система – это целое, состоящее из элементов, взаимосвязанных между собой, находящихся между собой в определенных отношениях (человек, дерево, дом, система обучения в университете, книга, стол, человеческий язык, ПК, ПО, ...).

Системология – это наука о системах.

Существует 3 принципиально разных случая:

1. целый объект из множества одинаковых или однородных объектов (группа, студенты, юноши, девушки);
2. целый объект из множества частей (апельсин-дольки);
3. целый объект из множества целых объектов (ПК-системный блок, дисплей, клавиатура, ...).

системы можно условно разделить на материальные, нематериальные и смешанные - человек, дерево, дом; человеческий язык, математика; образовательная система, ПК.

Примеры *природных* систем вам хорошо известны: Солнечная система, растение, живой организм и прочее.

Технические системы создаются людьми. Примеры технических систем: автомобиль, компьютер, система вентиляции.

Примеры *нематериальных* систем: разговорный язык, математический язык, нотные записи.

Смешанные системы содержат в себе материальные и нематериальные компоненты. Среди них можно выделить так называемые социальные системы. Социальные системы образуют люди, объединенные одним занятием, интересами, целями, местом проживания и т. д.

Социальные системы - оркестр, футбольный клуб, население города.

Отношения, в которых находятся элементы системы, могут быть постоянными, временными или случайными. Но важно понимать, что отношения между объектами могут быть существенными или несущественными. Причем один и тот же признак может быть существенным в одном случае и несущественным в другом (при решении задач по геометрии существенное значение имеют размера объекта и его форма, а вес и материал значения не имеют; при решении задач по физике – существенными являются вес и материал, а форма и размеры наоборот).

Подсистема – элемент системы, без которого теряется системное свойство. Например, фирма без уборщицы не перестает быть фирмой. А без персонала вообще – перестает («липовые» фирмы не рассматриваем). Значит, персонал – подсистема фирмы. Деньги, товары, средства производства – все это может быть названо подсистемами.

Надсистема – объемлющая система, т. е. система, элементом которой является рассматриваемая нами система. Что именно считать надсистемой, зависит от нашего интереса в каждом конкретном случае. Например, фирма является элементом рынка, общества.

Структура — это порядок объединения элементов, составляющих систему.

Состав и структуру системы описывают с помощью схемы состава. В состав системы может входить другая система. Первую называют надсистемой, вторую — подсистемой. Имя надсистемы на схеме состава всегда располагают выше имен всех ее подсистем. В этом случае говорят о многоуровневой структуре системы, в которой один и тот же компонент может одновременно быть надсистемой и подсистемой. Например, головной мозг — подсистема нервной системы птицы и надсистема, в состав которой входят передний мозг, средний мозг и т. д.

Главное свойство любой системы – это возникновение «системного эффекта» или «принцип эмерджентности» - при объединении элементов в систему у системы появляются новые свойства, которыми не обладал ни один из элементов в отдельности или целое – больше суммы своих частей (самолет летает – крылья, фюзеляж, двигатели и т.д. - нет).

1. Эмерджентность — степень несводимости свойств системы к свойствам элементов, из которых она состоит.

2. Эмерджентность — свойство систем, обуславливающее появление новых свойств и качеств, не присущих элементам, входящих в состав системы

Свойству эмерджентности близко свойство целостности системы. Однако их нельзя отождествлять.

Целостность системы означает, что каждый элемент системы вносит вклад в реализацию целевой функции системы.

Целостность и эмерджентность — интегративные свойства системы. Целостность понятие более широкое, нежели эмерджентность.

Наличие интегративных свойств является одной из важнейших черт системы. Целостность проявляется в том, что система обладает собственной закономерностью функциональности, собственной целью.

Организованность — сложное свойство систем, заключающиеся в наличие структуры и функционирования (поведения). Непременной принадлежностью систем является их компоненты, именно те структурные образования, из которых состоит целое и без чего оно невозможно.

Функциональность — это проявление определенных свойств (функций) при взаимодействии с внешней средой. Здесь же определяется цель (назначение системы) как желаемый конечный результат.

Структурность — это упорядоченность системы, определенный набор и расположение элементов со связями между ними. Между функцией и структурой системы существует взаимосвязь, как между философскими категориями содержанием и формой. Изменение содержания (функций) влечет за собой изменение формы (структуры), но и наоборот.

Важным свойством системы является наличие поведения — действия, изменений, функционирования и т.д.

Считается, что это поведение системы связано со средой (окружающей), т.е. с другими системами с которыми она входит в контакт или вступает в определенные взаимоотношения.

Процесс целенаправленного изменения во времени состояния системы называется поведением. В отличие от управления, когда изменение состояния системы достигается за счет внешних воздействий, поведение реализуется исключительно самой системой, исходя из собственных целей.

Поведение каждой системы объясняется структурой систем низшего порядка, из которых состоит данная система, и наличием признаков равновесия (гомеостаза). В соответствии с признаком равновесия система имеет определенное состояние (состояния), которое являются для нее предпочтительным. Поэтому поведение систем описывается в терминах восстановления этих состояний, когда они нарушаются в результате изменения окружающей среды.

Еще одним свойством является свойство роста (развития). Развитие можно рассматривать как составляющую часть поведения (при этом важнейшим).

Одним из первичных, а, следовательно, основополагающих атрибутов системного подхода является недопустимость рассмотрения объекта вне его развития, под которым понимается необратимое, направленное, закономерное изменение материи и сознания. В результате возникает новое качество или состояние объекта. отождествление (может быть и не совсем строгое) терминов «развитие» и «движение» позволяет выразиться в таком смысле, что вне развития немисливо существование материи, в данном случае — системы. Наивно представлять себе развитие, происходящее стихийно. В неоглядном множестве процессов, кажущихся на первый взгляд чем-то вроде броуновского (случайного, хаотичного) движения, при пристальном внимании и изучении вначале как бы проявляются контуры тенденций, а затем и довольно устойчивые закономерности. Эти закономерности по природе своей действуют объективно, т.е. не зависят от того, желаем ли мы их проявления или нет. Незнание законов и закономерностей развития — это блуждание в потемках.

Поведение системы определяется характером реакции на внешние воздействия.

Устойчивость фундаментальное свойство системы, т.е. способность системы противостоять внешним возмущающим воздействиям. От нее зависит продолжительность жизни системы.

Простые системы имеют пассивные формы устойчивости: прочность, сбалансированность, регулируемость, гомеостаз. А для сложных определяющими являются активные формы: надежность, живучесть и адаптируемость.

Если перечисленные формы устойчивости простых систем (кроме прочности) касается их поведения, то определяющая форма устойчивости сложных систем носят в основном структурный характер.

Надежность — свойство сохранения структуры систем, несмотря на гибель отдельных ее элементов с помощью их замены или дублирования, а живучесть — как активное подавление вредных качеств. Таким образом, надежность является более пассивной формой, чем живучесть.

Адаптируемость — свойство изменять поведение или структуру с целью сохранения, улучшения или приобретения новых качеств в условиях изменения внешней среды. Обязательным условием возможности адаптации является наличие обратных связей.

Всякая реальная система существует в среде. Связь между ними бывает настолько тесной, что определять границу между ними становится сложно. Поэтому выделение системы из среды связано с той или иной степенью идеализации.

Можно выделить два аспекта взаимодействия:

- во многих случаях принимает характер обмена между системой и средой (веществом, энергией, информацией);
- среда обычно является источником неопределенности для систем.

Воздействие среды может быть пассивным либо активным (антагонистическим, целенаправленно противодействующее системе).

Поэтому в общем случае среду следует рассматривать не только безразличную, но и антагонистическую по отношению к исследуемой системе.

Пять общих признаков любой системы (признаки Гради Буча):

1. сложные системы часто бывают иерархическими и состоят из взаимосвязанных подсистем, которые в свою очередь состоят из взаимосвязанных подсистем и т.д. — это позволяет понять, описать и увидеть систему и ее части;
2. выбор, какие элементы в системе считать элементарными, — относительно произволен и зависит от цели исследования системы;
3. связь элементов внутри подсистемы сильнее внешних связей (между самими подсистемами). Т.е. самые сильные связи — на самом низком уровне;
4. иерархические системы обычно состоят из немногих типов подсистем, просто по-разному скомбинированных и организованных. Отдельные элементы системы могут быть составными элементами подсистем разного уровня; любая работающая сложная система является результатом объединения работающих более простых подсистем. Работу любой системы следует отлаживать, начиная с работы составных элементов.

Для полного описания системы наряду с перечислением ее элементов, необходимо указать, как элементы системы связаны друг с другом. Поэтому СИСТЕМА — это упорядоченный набор элементов в противоположность беспорядочному (стена — куча кирпичей; шерстяные носки — моток шерсти).

Структура системы — графически представленный характер отношений (связей) между элементами системы. Структура может определять

- пространственное взаиморасположение элементов (линейная цепочка, звезда, кольцо, сеть с квадратными ячейками и т.д.);
- вложенность или подчиненность (дерево для иерархических систем);
- хронологическую последовательность событий для сложных процессов, рассматриваемых как системы событий (линейная, ветвящаяся, циклическая).

Системный анализ – процесс исследования объекта и описание его в виде системы, т.е. результатом системного анализа объекта является описание его элементного состава и структуры. Кроме того, объект может рассматриваться как подсистема в совокупности его отношений с внешней средой (надсистемой). В одной и той же системе можно выделить разные элементы – все зависит от точки зрения, от поставленной цели. При этом, каждому набору элементов будет соответствовать свой набор отношений (связей) между ними, т.е. своя структура.

1.2.5. Законы развития систем

Законы развития технических систем можно разделить на три группы: статику, кинематику и динамику.

Статика — законы, которые определяют начало жизни технических систем.

Любая техническая система возникает в результате синтеза в единое целое отдельных частей. Не всякое объединение частей дает жизнеспособную систему. Существуют по крайней мере три закона, выполнение которых необходимо для того, чтобы система оказалась жизнеспособной.

1. Закон полноты частей системы

Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является наличие и минимальная работоспособность основных частей системы.

Каждая техническая система должна включать четыре основные части: двигатель, трансмиссию, рабочий орган и орган управления. Смысл первого закона заключается в том, что для синтеза технической системы необходимо наличие этих четырех частей и их минимальная пригодность к выполнению функций системы, ибо сама по себе работоспособная часть системы может оказаться неработоспособной в составе той или иной технической системы. Например, двигатель внутреннего сгорания, сам по себе работоспособный, оказывается неработоспособным, если его использовать в качестве подводного двигателя подводной лодки.

Закон 1 можно пояснить так: техническая система жизнеспособна в том случае, если все ее части не имеют «двоек», причем «оценки» ставятся по качеству работы данной части в составе системы. Если хотя бы одна из частей оценена «двойкой», система нежизнеспособна даже при наличии «пятерок» у других частей. Аналогичный закон применительно к биологическим системам был сформулирован Либихом еще в середине прошлого века («закон минимума»).

Закон минимума Либиха, — один из фундаментальных законов в экологии, гласящий, что наиболее значим для организма тот фактор, который более всего отклоняется от оптимального его значения. ... Сформулирован Юстусом фон Либихом в 1840 году.

Из закона 1 вытекает очень важное для практики следствие.

Чтобы техническая система была управляемой, необходимо, чтобы хотя бы одна ее часть была управляемой.

«Быть управляемой» — значит менять свойства так, как это надо тому, кто управляет.

Знание этого следствия позволяет лучше понимать суть многих задач и правильное оценивать полученные решения.

2. Закон «энергетической проводимости» системы

Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является сквозной проход энергии по всем частям системы.

Любая техническая система является преобразователем энергии. Отсюда очевидная необходимость передачи энергии от двигателя через трансмиссию к рабочему органу.

Передача энергии от одной части системы к другой может быть вещественной (например, вал, шестерни, рычаги и т.д.), полевой (например, магнитное поле) и вещественно-полевой (например, передача энергии потоком заряженных частиц). Многие

изобретательские задачи сводятся к подбору того или иного вида передачи, наиболее эффективного в заданных условиях.

Важное значение имеет следствие из закона 2.

Чтобы часть технической системы была управляемой, необходимо обеспечить энергетическую проводимость между этой частью и органами управления.

В задачах на измерение и обнаружение можно говорить об информационной проводимости, но она часто сводится к энергетической, только слабой.

3. Закон согласования ритмики частей системы

Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является согласование ритмики (частоты колебаний, периодичности) всех частей системы.

К *кинematике* относятся законы, определяющие развитие технических систем, независимо от конкретных технических и физических факторов, обуславливающих это развитие.

4. Закон увеличения степени идеальности системы

Развитие всех систем идет в направлении увеличения степени идеальности.

Идеальная техническая система — это система, вес, объем и площадь которой стремятся к нулю, хотя ее способность выполнять работу при этом не уменьшается. Иначе говоря, идеальная система — это когда системы нет, а функция ее сохраняется и выполняется.

Несмотря на очевидность понятия «идеальная техническая система», существует определенный парадокс: реальные системы становятся все более крупноразмерными и тяжелыми. Увеличиваются размеры и вес самолетов, танкеров, автомобилей и т.д. Парадокс этот объясняется тем, что высвобожденные при совершенствовании системы резервы направляются на увеличение ее размеров и, главное, повышение рабочих параметров. Первые автомобили имели скорость 15–20 км/ч. Если бы эта скорость не увеличивалась, постепенно появились бы автомобили, намного более легкие и компактные с той же прочностью и комфортабельностью. Однако каждое усовершенствование в автомобиле (использование более прочных материалов, повышение к.п.д. двигателя и т.д.) направлялось на увеличение скорости автомобиля и того, что «обслуживает» эту скорость (мощная тормозная система, прочный кузов, усиленная амортизация). Чтобы наглядно увидеть возрастание степени идеальности автомобиля, надо сравнить современный автомобиль со старым рекордным автомобилем, имевшим ту же скорость (на той же дистанции).

Видимый вторичный процесс (рост скорости, мощностей, тоннажа и т.д.) маскирует первичный процесс увеличения степени идеальности технической системы. Но при решении изобретательских задач необходимо ориентироваться именно на увеличение степени идеальности — это надежный критерий для корректировки задачи и оценки полученного ответа.

5. Закон неравномерности развития частей системы

Развитие частей системы идет неравномерно; чем сложнее система, тем не равномернее развитие ее частей.

Неравномерность развития частей системы является причиной возникновения технических и физических противоречий и, следовательно, изобретательских задач. Например, когда начался быстрый рост тоннажа грузовых судов, мощность двигателей быстро увеличилась, а средства торможения остались без изменения. В результате возникла задача: как тормозить, скажем, танкер водоизмещением 200 тыс. тонн. Задача эта до сих пор не имеет эффективного решения: от начала торможения до полной остановки крупные корабли успевают пройти несколько миль...

6. Закон перехода в надсистему

Исчерпав возможности развития, система включается в надсистему в качестве одной из частей; при этом дальнейшее развитие идет на уровне надсистемы.

Динамика - включает законы, отражающие развитие современных технических систем под действием конкретных технических и физических факторов. Законы «статики» и «кинематики» универсальны — они справедливы во все времена и не только применительно к техническим системам, но и к любым системам вообще (биологическим и т.д.). «Динамика» отражает главные тенденции развития технических систем именно в наше время.

7. Закон перехода с макроуровня на микроуровень

Развитие рабочих органов системы идет сначала на макро-, а затем на микроуровне.

В большинстве современных технических систем рабочими органами являются «железки», например, винты самолета, колеса автомобиля, резцы токарного станка, ковш экскаватора и т.д. Возможно развитие таких рабочих органов в пределах макроуровня: «железки» остаются «железками», но становятся более совершенными. Однако неизбежно наступает момент, когда дальнейшее развитие на макроуровне оказывается невозможным. Система, сохраняя свою функцию, принципиально перестраивается: ее рабочий орган начинает действовать на микроуровне. Вместо «железок» работа осуществляется молекулами, атомами, ионами, электронами и т.д.

Например, первые флэшкарты и т.д., фотоаппараты

Переход с макро- на микроуровень — одна из главных (если не самая главная) тенденций развития современных технических систем. Поэтому при обучении решению изобретательских задач особое внимание приходится обращать на рассмотрение перехода «макро-микро» и физических эффектов, реализующих этот переход.

8. Закон увеличения степени вепольности

Развитие технических систем идет в направлении увеличения степени вепольности.

Смысл этого закона заключается в том, что невепольные системы стремятся стать вепольными, а в вепольных системах развитие идет в направлении перехода от механических полей к электромагнитным; увеличения степени дисперсности веществ, числа связей между элементами и отзывчивости системы.

1.2.6. Системные свойства. Классификация систем. Свойства систем.

Состоянием системы называется совокупность существенных свойств, которыми система обладает в каждый момент времени.

Под свойством понимают сторону объекта, обуславливающую его отличие от других объектов или сходство с ними и проявляющуюся при взаимодействии с другими объектами.

Характеристика — то, что отражает некоторое свойство системы.

Классификацией называется разбиение на классы по наиболее существенным признакам. Под классом понимается совокупность объектов, обладающие некоторыми признаками общности. Признак (или совокупность признаков) является основанием (критерием) классификации.

Система может быть охарактеризована одним или несколькими признаками и соответственно ей может быть найдено место в различных классификациях, каждая из которых может быть полезной при выборе методологии исследования. Обычно цель классификации ограничить выбор подходов к отображению систем, выработать язык описания, подходящий для соответствующего класса.

По содержанию различают реальные (материальные), объективно существующие, и абстрактные (концептуальные, идеальные), являющиеся продуктом мышления.

Реальные системы делятся на естественные (природные системы) и искусственные (антропогенные).

Естественные системы: системы неживой (физические, химические) и живой (биологические) природы.

Искусственные системы: создаются человечеством для своих нужд или образуются в результате целенаправленных усилий.

Искусственные делятся на технические (техничко-экономические) и социальные (общественные).

Техническая система спроектирована и изготовлена человеком в определенных целях. К социальным системам относятся различные системы человеческого общества.

Выделение систем, состоящих из одних только технических устройств почти всегда условно, поскольку они не способны вырабатывать свое состояние. Эти системы выступают как части более крупных, включающие людей — организационно-технических систем.

Организационная система, для эффективного функционирования которой существенным фактором является способ организации взаимодействия людей с технической подсистемой, называется человеко-машинной системой.

Примеры человеко-машинных систем: автомобиль — водитель; самолет — летчик; ЭВМ — пользователь и т.д.

Таким образом, под техническими системами понимают единую конструктивную совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих объектов, предназначенная для целенаправленных действий с задачей достижения в процессе функционирования заданного результата.

Отличительными признаками технических систем по сравнению с произвольной совокупностью объектов или по сравнению с отдельными элементами является конструктивность (практическая осуществимость отношений между элементами), ориентированность и взаимосвязанность составных элементов и целенаправленность.

Для того чтобы система была устойчивой к воздействию внешних влияний, она должна иметь устойчивую структуру. Выбор структуры практически определяет технический облик как всей системы, так ее подсистем, и элементов. Вопрос о целесообразности применения той или иной структуры должен решаться исходя из конкретного назначения системы. От структуры зависит также способность системы к перераспределению функций в случае полного или частичного отхода отдельных элементов, а, следовательно, надежность и живучесть системы при заданных характеристиках ее элементов.

Абстрактные системы являются результатом отражения действительности (реальных систем) в мозге человека.

Их настроение — необходимая степень обеспечения эффективного взаимодействия человека с окружающим миром. Абстрактные (идеальные) системы объективны по источнику происхождения, поскольку их первоисточником является объективно существующая действительность.

Абстрактные системы разделяют на системы непосредственного отображения (отражающие определенные аспекты реальных систем) и системы генерализирующего (обобщающего) отображения. К первым относятся математические и эвристические модели, а ко вторым — концептуальные системы (теории методологического построения) и языки.

На основе понятия внешней среды системы разделяются на: открытые, закрытые (замкнутые, изолированные) и комбинированные. Деление систем на открытые и закрытые связано с их характерными признаками: возможность сохранения свойств при наличии внешних воздействий. Если система нечувствительна к внешним воздействиям ее можно считать закрытой. В противном случае — открытой.

Открытой называется система, которая взаимодействует с окружающей средой. Все реальные системы являются открытыми. Открытая система является частью более общей системы или нескольких систем. Если вычленишь из этого образования собственно рассматриваемую систему, то оставшаяся часть — ее среда.

Открытая система связана со средой определенными коммуникациями, то есть сетью внешних связей системы. Выделение внешних связей и описание механизмов взаимодействия «система-среда» является центральной задачей теории открытых систем. Рассмотрение открытых систем позволяет расширить понятие структуры системы. Для

открытых систем оно включает не только внутренние связи между элементами, но и внешние связи со средой. При описании структуры внешние коммуникационные каналы стараются разделить на входные (по которым среда воздействует на систему) и выходные (наоборот). Совокупность элементов этих каналов, принадлежащих собственной системе называются входными и выходными полюсами системы. У открытых систем, по крайней мере, один элемент имеет связь с внешней средой, по меньшей мере, один входной полюс и один выходной, которыми она связана с внешней средой.

Для каждой системы связи со всеми подчиненными ей подсистемами и между последним, являются внутренними, а все остальные — внешними. Связи между системами и внешней средой также, как и между элементами системы, носят, как правило, направленный характер.

Важно подчеркнуть, что в любой реальной системе в силу законов диалектики о всеобщей связи явлений число всех взаимосвязей огромно, так что учесть и исследования абсолютно все связи невозможно, поэтому их число искусственно ограничивают. Вместе с тем, учитывать все возможные связи нецелесообразно, так как среди них есть много несущественных, практически не влияющих на функционирование системы и количество полученных решений (с точки зрения решаемых задач). Если изменение характеристик связи, ее исключение (полный разрыв) приводят к значительному ухудшению работы системы, снижению эффективности, то такая связь — существенна. Одна из важнейших задач исследователя — выделить существенные для рассмотрения системы в условиях решаемой задачи связи и отделить их от несущественных. В связи с тем, что входные и выходные полюса системы не всегда удается четко выделить, приходится прибегать к определенной идеализации действий. Наибольшая идеализация имеет место при рассмотрении закрытой системы.

Закрытой называется система, которая не взаимодействует со средой или взаимодействует со средой строго определенным образом. В первом случае предполагается, что система не имеет входных полюсов, а во втором, что входные полюса есть, но воздействие среды носит неизменный характер и полностью (заранее) известно. Очевидно, что при последнем предположении указанные воздействия могут быть отнесены собственно к системе, и ее можно рассматривать, как закрытую. Для закрытой системы, любой ее элемент имеет связи только с элементами самой системы.

Разумеется, закрытые системы представляют собой некоторую абстракцию реальной ситуации, так как, строго говоря, изолированных систем не существует. Однако, очевидно, что упрощение описания системы, заключающееся в отказе от внешних связей, может привести к полезным результатам, упростить исследование системы. Все реальные системы тесно или слабо связаны с внешней средой — открытые. Если временный разрыв или изменение характерных внешних связей не вызывает отклонения в функционировании системы сверх установленных заранее пределов, то система связана с внешней средой слабо. В противном случае — тесно.

Комбинированные системы содержат открытые и закрытые подсистемы. Наличие комбинированных систем свидетельствует о сложной комбинации, открытой и закрытой подсистем.

В зависимости от структуры и пространственно-временных свойств системы делятся на простые, сложные и большие.

Простые — системы, не имеющие разветвленных структур, состоящие из небольшого количества взаимосвязей и небольшого количества элементов. Такие элементы служат для выполнения простейших функций, в них нельзя выделить иерархические уровни. Отличительной особенностью простых систем является детерминированность (четкая определенность) номенклатуры, числа элементов и связей как внутри системы, так и со средой.

Сложные — характеризуются большим числом элементов и внутренних связей, их неоднородностью и разнокачественностью, структурным разнообразием, выполняют

сложную функцию или ряд функций. Компоненты сложных систем могут рассматриваться как подсистемы, каждая из которых может быть детализирована еще более простыми подсистемами и т.д. до тех пор, пока не будет получен элемент.

Определение N1: система называется сложной (с гносеологических позиций), если ее познание требует совместного привлечения многих моделей теорий, а в некоторых случаях многих научных дисциплин, а также учета неопределенности вероятностного и не вероятностного характера. Наиболее характерным проявлением этого определения является многомодельность.

Модель — некоторая система, исследование которой служит средством для получения информации о другой системе. Это описание систем (математическое, вербальное и т.д.) отображающее определенную группу ее свойств.

Систему называют сложной если в реальной действительности рельефно (существенно) проявляются признаки ее сложности. А именно:

1. структурная сложность — определяется по числу элементов системы, числу и разнообразию типов связей между ними, количеству иерархических уровней и общему числу подсистем системы. Основными типами считаются следующие виды связей: структурные (в том числе, иерархические), функциональные, каузальные (причинно-следственные), информационные, пространственно-временные;

2. сложность функционирования (поведения) — определяется характеристиками множества состояний, правилами перехода из состояния в состояние, воздействие системы на среду и среды на систему, степенью неопределенности перечисленных характеристик и правил;

3. сложность выбора поведения — в многоальтернативных ситуациях, когда выбор поведения определяется целью системы, гибкостью реакций на заранее неизвестные воздействия среды;

4. сложность развития — определяемая характеристиками эволюционных или скачкообразных процессов.

Естественно, что все признаки рассматриваются во взаимосвязи. Иерархическое построение — характерный признак сложных систем, при этом уровни иерархии могут быть как однородные, так и неоднородные. Для сложных систем присущи такие факторы, как невозможность предсказать их поведение, то есть слабо предсказуемость, их скрытность, разнообразные состояния.

Сложные системы можно подразделить на следующие факторные подсистемы:

1. решающую, которая принимает глобальные решения во взаимодействии с внешней средой и распределяет локальные задания между всеми другими подсистемами;

2. информационную, которая обеспечивает сбор, переработку и передачу информации, необходимой для принятия глобальных решений и выполнения локальных задач;

3. управляющую для реализации глобальных решений;

4. гомеостазную, поддерживающую динамическое равновесие внутри систем и регулирующую потоки энергии и вещества в подсистемах;

5. адаптивную, накапливающую опыт в процессе обучения для улучшения структуры и функций системы.

Большой системой называют систему, ненаблюдаемую одновременно с позиции одного наблюдателя во времени или в пространстве, для которой существенен пространственный фактор, число подсистем которой очень велико, а состав разнороден.

Система может быть и большой, и сложной. Сложные системы объединяет более обширную группу систем, то есть большие — подкласс сложных систем.

Основополагающими при анализе и синтезе больших и сложных систем являются процедуры декомпозиции и агрегирования.

Декомпозиция — разделение систем на части, с последующим самостоятельным рассмотрением отдельных частей.

Очевидно, что декомпозиция представляют собой понятие, связанное с моделью, так как сама система не может быть расчленена без нарушений свойств. На уровне моделирования, разрозненные связи заменяются соответственно эквивалентами, либо модели систем строятся так, что разложение ее на отдельные части при этом оказывается естественным.

Применительно к большим и сложным системам декомпозиция является мощным инструментом исследования.

Агрегирование является понятием, противоположным декомпозиции. В процессе исследования возникает необходимость объединения элементов системы с целью рассмотреть ее с более общих позиций.

Декомпозиция и агрегирование представляют собой две противоположные стороны подхода к рассмотрению больших и сложных систем, применяемые в диалектическом единстве.

Системы, для которых состояние системы однозначно определяется начальными значениями и может быть предсказано для любого последующего момента времени, называются детерминированными.

Стохастические системы — системы, изменения в которых носят случайный характер. При случайных воздействиях данных о состоянии системы недостаточно для предсказания в последующий момент времени.

По степени организованности: хорошо организованные, плохо организованные (диффузные).

Представить анализируемый объект или процесс в виде хорошо организованной системы означает определить элементы системы, их взаимосвязь, правила объединения в более крупные компоненты. Проблемная ситуация может быть описана в виде математического выражения. Решение задачи при представлении ее в виде хорошо организованной системы осуществляется аналитическими методами формализованного представления системы.

Примеры хорошо организованных систем: солнечная система, описывающая наиболее существенные закономерности движения планет вокруг Солнца; отображение атома в виде планетарной системы, состоящей из ядра и электронов; описание работы сложного электронного устройства с помощью системы уравнений, учитывающей особенности условий его работы (наличие шумов, нестабильности источников питания и т. п.).

Описание объекта в виде хорошо организованной системы применяется в тех случаях, когда можно предложить детерминированное описание и экспериментально доказать правомерность его применения, адекватность модели реальному процессу. Попытки применить класс хорошо организованных систем для представления сложных многокомпонентных объектов или многокритериальных задач плохо удаются: они требуют недопустимо больших затрат времени, практически нереализуемы и неадекватны применяемым моделям.

Плохо организованные системы. При представлении объекта в виде плохо организованной или диффузной системы не ставится задача определить все учитываемые компоненты, их свойства и связи между ними и целями системы. Система характеризуется некоторым набором макропараметров и закономерностями, которые находятся на основе исследования не всего объекта или класса явлений, а на основе определенной с помощью некоторых правил выборки компонентов, характеризующих исследуемый объект или процесс. На основе такого выборочного исследования получают характеристики или закономерности (статистические, экономические) и распространяют их на всю систему в целом. При этом делаются соответствующие оговорки. Например, при получении статистических закономерностей их распространяют на поведение всей системы с некоторой доверительной вероятностью.

Подход к отображению объектов в виде диффузных систем широко применяется при: описании систем массового обслуживания, определении численности штатов на предприятиях и учреждениях, исследовании документальных потоков информации в системах управления и т. д.

С точки зрения характера функций различаются специальные, многофункциональные, и универсальные системы.

Для специальных систем характерна единственность назначения и узкая профессиональная специализация обслуживающего персонала (сравнительно несложная).

Многофункциональные системы позволяют реализовать на одной и той же структуре несколько функций. Пример: производственная система, обеспечивающая выпуск различной продукции в пределах определенной номенклатуры.

Для универсальных систем: реализуется множество действий на одной и той же структуре, однако состав функций по виду и количеству менее однороден (менее определен). Например, комбайн.

По характеру развития 2 класса систем: стабильные и развивающиеся.

У стабильной системы структура и функции практически не изменяются в течение всего периода ее существования и, как правило, качество функционирования стабильных систем по мере изнашивания их элементов только ухудшается. Восстановительные мероприятия обычно могут лишь снизить темп ухудшения.

Отличной особенностью развивающихся систем является то, что с течением времени их структура и функции приобретают существенные изменения. Функции системы более постоянны, хотя часто и они видоизменяются. Практически неизменными остается лишь их назначение. Развивающиеся системы имеют более высокую сложность.

В порядке усложнения поведения: автоматические, решающие, самоорганизующиеся, предвидящие, превращающиеся.

Автоматические: однозначно реагируют на ограниченный набор внешних воздействий, внутренняя их организация приспособлена к переходу в равновесное состояние при выводе из него (гомеостаз).

Решающие: имеют постоянные критерии различения их постоянной реакции на широкие классы внешних воздействий. Постоянство внутренней структуры поддерживается заменой вышедших из строя элементов.

Самоорганизующиеся: имеют гибкие критерии различения и гибкие реакции на внешние воздействия, приспособляющиеся к различным типам воздействия. Устойчивость внутренней структуры высших форм таких систем обеспечивается постоянным самовоспроизводством.

Самоорганизующиеся системы обладают признаками диффузных систем: стохастичностью поведения, не стационарностью отдельных параметров и процессов. К этому добавляются такие признаки, как непредсказуемость поведения; способность адаптироваться к изменяющимся условиям среды, изменять структуру при взаимодействии системы со средой, сохраняя при этом свойства целостности; способность формировать возможные варианты поведения и выбирать из них наилучший и др. Иногда этот класс разбивают на подклассы, выделяя адаптивные или самоприспосабливающиеся системы, самовосстанавливающиеся, самовоспроизводящиеся и другие подклассы, соответствующие различным свойствам развивающихся систем.

Примеры: биологические организации, коллективное поведение людей, организация управления на уровне предприятия, отрасли, государства в целом, т.е. в тех системах, где обязательно имеется человеческий фактор.

Если устойчивость по своей сложности начинает превосходить сложные воздействия внешнего мира — это предвидящие системы: она может предвидеть дальнейший ход взаимодействия.

Превращающиеся — это воображаемые сложные системы на высшем уровне сложности, не связанные постоянством существующих носителей. Они могут менять

вещественные носители, сохраняя свою индивидуальность. Науке примеры таких систем пока не известны.

Систему можно разделить на виды по признакам структуры их построения и значимости той роли, которую играют в них отдельные составные части в сравнение с ролями других частей.

В некоторых системах одной из частей может принадлежать доминирующая роль (ее значимость (символ отношения «значительного превосходства») значимость других частей). Такой компонент — будет выступать как центральный, определяющий функционирование всей системы. Такие системы называют централизованными.

В других системах все составляющие их компоненты примерно одинаково значимы. Структурно они расположены не вокруг некоторого централизованного компонента, а взаимосвязаны последовательно или параллельно и имеют примерно одинаковые значения для функционирования системы. Это децентрализованные системы.

Системы можно классифицировать по назначению. Среди технических и организационных систем выделяют: производящие, управляющие, обслуживающие.

В производящих системах реализуются процессы получения некоторых продуктов или услуг. Они в свою очередь делятся на вещественно-энергетические, в которых осуществляется преобразование природной среды или сырья в конечный продукт вещественной или энергетической природы, либо транспортирование такого рода продуктов; и информационные — для сбора, передачи и преобразования информации и предоставление информационных услуг.

Назначение управляющих систем — организация и управление вещественно-энергетическими и информационными процессами.

Обслуживающие системы занимаются поддержкой заданных пределов работоспособности производящих и управляющих систем.

1.2.4. Идеальный конечный результат – ИКР

Любая система, будь то автомобиль или рыболовная удочка, создается и существует не ради себя самой, а ради выполнения ею какой-то полезной для человека функции. Так, основная полезная функция автомобиля - перемещать людей и грузы с места на место.

Собственно говоря, человеку нужна именно эта функция, а вовсе не та система, которая эту функцию выполняет, порождая при этом гору всяких проблем.

С этой точки зрения в ТРИЗ существует понятие идеальной системы:

Идеальная система – это такая система, которой нет, а функция которой выполняется.

Все системы развиваются в направлении повышения степени своей идеальности.

В ТРИЗ выявлены и другие законы развития систем (ЗРС), но этот закон – закон увеличения степени идеальности систем – является, пожалуй, самым главным среди них.

При решении конкретных изобретательских задач этот закон позволяет отказаться от многих пустых проб и сразу сформулировать идеальный ответ задачи – *идеальный конечный результат (ИКР)*.

Постановка ИКР позволяет сразу выбрать правильное направление работы, сузить зону поиска и сконцентрировать усилия на поиске сильных решений задачи.

Развитие систем идет в направлении увеличения степени идеальности. *Идеальная система* – не имеет веса и размеров, не затрачивает энергию и время и полностью выполняет свои функции.

Достичь ИКР полностью, как правило, не удается.

1.2.5. Приемы (принципы) устранения системных (технических) противоречий

Различные списки изобретательских приемов с начала XX века публиковались неоднократно. Авторы публикаций произвольно включали в них те приемы, которые

казались им наилучшими, не задумываясь над природой этих приемов. Поэтому очень часто с приемами, направленными на улучшение технических систем, соседствовали приемы, психологические, совершенствующие деятельность человека, решающего задачу. Ни один из подобных списков не получил сколько-нибудь заметного применения. Ситуация существенно изменилась лишь в 50—60-х гг. с возникновением ТРИЗ, с появлением понятия “техническое противоречие”.

В ТРИЗе выработаны специальные приемы устранения системных (технических) противоречий.

Приемы (принципы) устранения системных (технических) противоречий

1. Принцип дробления:

- а) разделить объект на независимые части;
- б) выполнить объект разборным;
- в) увеличить степень дробления объекта.

2. Принцип вынесения:

отделить от объекта “мешающую” часть (“мешающее” свойство) или, наоборот, выделить единственно нужную часть (нужное свойство).

3. Принцип местного качества:

а) перейти от однородной структуры объекта (или внешней среды, внешнего воздействия) к неоднородной;

б) разные части объекта должны иметь (выполнять) различные функции;

в) каждая часть объекта должна находиться в условиях, наиболее благоприятных для ее работы.

4. Принцип асимметрии:

- а) перейти от симметричной формы объекта к асимметричной;
- б) если объект асимметричен, увеличить степень асимметрии.

5. Принцип объединения:

- а) соединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты;
- б) объединить во времени однородные или смежные операции.

6. Принцип универсальности:

объект выполняет несколько разных функций, благодаря чему отпадает необходимость в других объектах.

7. Принцип “матрешки”:

а) один объект размещен внутри другого, который, в свою очередь, находится внутри третьего и т. д.;

б) один объект проходит сквозь полости в другом объекте.

8. Принцип противовеса:

а) компенсировать вес объекта соединением с другим, обладающим подъемной силой;

б) компенсировать вес объекта взаимодействием со средой (за счет аэро- и гидродинамических сил).

9. Принцип предварительного противодействия:

а) заранее придать объекту напряжения, противоположные недопустимым или нежелательным рабочим напряжениям;

б) если по условиям задачи необходимо совершить какое-то действие, надо заранее совершить противодействие.

10. Принцип предварительного действия:

а) заранее выполнить требуемое действие (полностью или хотя бы частично);

б) заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие без затраты времени на доставку и с наиболее удобного места.

11. Принцип “заранее подложенной подушки”:

компенсировать относительно невысокую надежность объекта заранее подготовленными аварийными средствами.

12. Принцип эквипотенциальности:
изменить условия работы так, чтобы не приходилось поднимать или опускать объект.

13. Принцип “наоборот”:

а) вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие;
б) сделать движущуюся часть объекта или внешней среды неподвижной, а неподвижную — движущейся;

в) перевернуть объект “вверх ногами”, вывернуть его.

14. Принцип сфероидальности:

а) перейти от прямолинейных частей к криволинейным, от плоских поверхностей к сферическим, от частей, выполненных в виде куба и параллелепипеда, к шаровым конструкциям;

б) использовать ролики, шарики, спирали;

в) перейти от прямолинейного движения к вращательному, использовать центробежную силу.

15. Принцип динамичности:

а) характеристики объекта (или внешней среды) должны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом этапе работы;

б) разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга;

в) если объект в целом неподвижен, сделать его подвижным, перемещающимся.

16. Принцип частичного или избыточного действия:

если трудно получить 100% требуемого эффекта, надо получить “чуть меньше” или “чуть больше” — задача при этом существенно упростится.

17. Принцип перехода в другое измерение:

а) трудности, связанные с движением (или размещением) объекта по линии, устраняются, если объект приобретает возможность перемещаться в двух измерениях (т. е. на плоскости). Соответственно задачи, связанные с движением (или размещением) объектов в одной плоскости, устраняются при переходе к пространству в трех измерениях;

б) использовать многоэтажную компоновку объектов вместо одноэтажной;

в) наклонить объект или положить его “на бок”;

г) использовать обратную сторону данной площади;

д) использовать оптические потоки, падающие на соседнюю площадь или обратную сторону имеющейся площади.

18. Принцип использования механических колебаний:

а) привести объект в колебательное движение;

б) если такое движение уже совершается, увеличить его частоту (вплоть до ультразвуковой);

в) использовать резонансную частоту;

г) применить вместо механических вибраторов пьезовибраторы;

д) использовать ультразвуковые колебания в сочетании с электромагнитными полями.

19. Принцип периодического действия:

а) перейти от непрерывного действия к периодическому (импульсному) ;

б) если действие уже осуществляется периодически, изменить периодичность;

в) использовать паузы между импульсами для другого действия.

20. Принцип непрерывности полезного действия:

а) вести работу непрерывно (все части объекта должны все время работать с полной нагрузкой);

б) устранить холостые и промежуточные ходы.

21. Принцип проскока:

вести процесс или отдельные его этапы (например, вредные или опасные) на большой скорости.

22. Принцип “обратить вред в пользу”:
- а) использовать вредные факторы (в частности, вредное воздействие среды) для получения положительного эффекта;
 - б) устранить вредный фактор за счет сложения с другими вредными факторами;
 - в) усилить вредный фактор до такой степени, чтобы он перестал быть вредным.
23. Принцип обратной связи:
- а) ввести обратную связь;
 - б) если обратная связь есть, изменить ее.
24. Принцип “посредника”:
- а) использовать промежуточный объект, переносящий или передающий действие;
 - б) на время присоединить к объекту другой (легкоудаляемый) объект.
25. Принцип самообслуживания:
- а) объект должен сам себя обслуживать, выполняя вспомогательные и ремонтные операции;
 - б) использовать отходы (энергии, вещества).
26. Принцип копирования:
- а) вместо недоступного, сложного, дорогостоящего, неудобного или хрупкого объекта использовать его упрощенные и дешевые копии;
 - б) заменить объект или систему объектов их оптическими копиями (изображениями). Использовать при этом изменение масштаба (увеличить или уменьшить копии);
 - в) если используются видимые оптические копии, перейти к копиям инфракрасным и ультрафиолетовым.
27. Принцип дешевой недолговечности взамен долговечности:
- заменить дорогой объект набором дешевых объектов, поступившись при этом некоторыми качествами (например, долговечностью).
28. Принцип замены механической схемы:
- а) заменить механическую схему оптической, акустической или “запаховой”;
 - б) использовать электрические, магнитные и электромагнитные поля для взаимодействия с объектом;
 - в) перейти от неподвижных полей к движущимся, от фиксированных — к меняющимся во времени, от неструктурных — к имеющим определенную структуру;
 - г) использовать поля в сочетании с ферромагнитными частицами.
29. Принцип использования пневмо- и гидроконструкций:
- вместо твердых частей объекта использовать газообразные и жидкие: надувные и гидронаполняемые, воздушную подушку, гидростатические и гидрореактивные.
30. Принцип использования гибких оболочек и тонких пленок:
- а) вместо обычных конструкций использовать гибкие оболочки и тонкие пленки;
 - б) изолировать объект от внешней среды с помощью гибких оболочек и тонких пленок.
31. Принцип применения пористых материалов:
- а) выполнить объект пористым или использовать дополнительные пористые элементы (вставки, покрытия и т. д.);
 - б) если объект уже выполнен пористым, предварительно заполнить поры каким-то веществом.
32. Принцип изменения окраски:
- а) изменить окраску объекта или внешней среды;
 - б) изменить степень прозрачности объекта или внешней среды.
33. Принцип однородности:
- объекты, взаимодействующие с данным объектом, должны быть сделаны из того же материала (или близкого ему по свойствам).
34. Принцип отброса и регенерации частей:

- а) выполнившая свое назначение или ставшая ненужной часть объекта должна быть отброшена (растворена, испарена и т. д.) или видоизменена непосредственно в ходе работы;
- б) расходуемые части объекта должны быть восстановлены непосредственно в ходе работы.

35. Принцип изменения физико-химических параметров объекта:

- а) изменить агрегатное состояние объекта;
- б) изменить концентрацию или консистенцию;
- в) изменить степень гибкости;
- г) изменить температуру.

36. Принцип применения фазовых переходов:

использовать явления, возникающие при фазовых переходах, например, изменение объема, выделение или поглощение тепла и т. д.

37. Принцип применения теплового расширения:

- а) использовать тепловое расширение (или сжатие) материалов;
- б) использовать несколько материалов с разными коэффициентами теплового расширения.

38. Принцип применения сильных окислителей:

- а) заменить обычный воздух обогащенным;
- б) заменить обогащенный воздух кислородом;
- в) воздействовать на воздух и кислород ионизирующим излучением;
- г) использовать озонированный кислород;
- д) заменить озонированный кислород (или ионизированный) озоном.

Основная цель этого приема – повысить интенсивность процессов.

39. Принцип применения инертной среды:

- а) заменить обычную среду инертной;
- б) вести процесс в вакууме.

Этот прием можно считать антиподом предыдущего приема 38 (Принцип применения сильных окислителей).

40. Принцип применения композиционных материалов:

перейти от однородных материалов к композиционным.