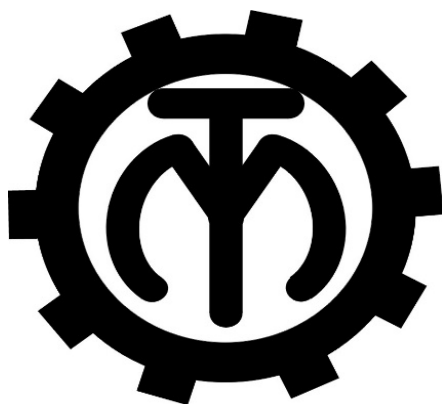


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

ТЕОРИЯ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ (ТРИЗ)

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов специальности 1-27 01 01 «Экономика
и организация производства (по направлениям)»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2021

УДК 681.5:347.7
ББК 32.965у
Т33

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «09» октября 2021 г.,
протокол № 3

Составители: В. М. Шеменков;
К. В. Сасковец;
О. Н. Кляус

Рецензент Д. М. Свирепа

Методические рекомендации содержат условия задач для практических занятий в соответствии с рабочей программой дисциплины «Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)», а также краткие теоретические положения с примерами решения задач и необходимыми справочными данными.

Учебно-методическое издание

ТЕОРИЯ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ (ТРИЗ)

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 46 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2021

Содержание

Введение.....	4
1 Функционально-структурный анализ технических объектов.....	5
2 Анализ технических объектов на соответствие принципам строения, функционирования и закономерностям развития технической системы.....	8
3 Использование операторов синектики для решений технических задач...	13
4 Решение задач по алгоритму.....	17
Список литературы.....	24

Введение

Целью учебной дисциплины «Теория решения изобретательских задач» является развитие мышления у студентов, формирование у них системы методологических знаний по поиску решений технических задач и психологической готовности к решению задач.

Целью практических занятий является формирование мышления, умений и навыков решения технических задач.

Отчет по каждому занятию включает следующее:

- цель практической работы;
- исходные данные (в соответствии со своим вариантом);
- решение заданий, выполненное в последовательности и записанное в форме, определенной настоящими методическими рекомендациями;
- выводы.

Защита практической работы проводится во время занятий устно, письменно или в форме тестирования.

Более подробно с содержанием практических работ, примерами их выполнения, а также с заданиями для выполнения можно ознакомиться в [1, 2].

1 Функционально-структурный анализ технических объектов

Целью функционально-структурного анализа может быть улучшение функционирования как отдельных компонентов, так и технического объекта (ТО) в целом, а также выявление недостатков в ТО и формулирование задач по их устранению.

Для проведения системно-структурного анализа можно предложить две модели, которые дополняют друг друга.

1 Структурная схема в виде графа (рисунки 1.1 и 1.2), которая отражает взаимосвязь выделенных компонентов.



Рисунок 1.1 – Структурная схема в виде графа

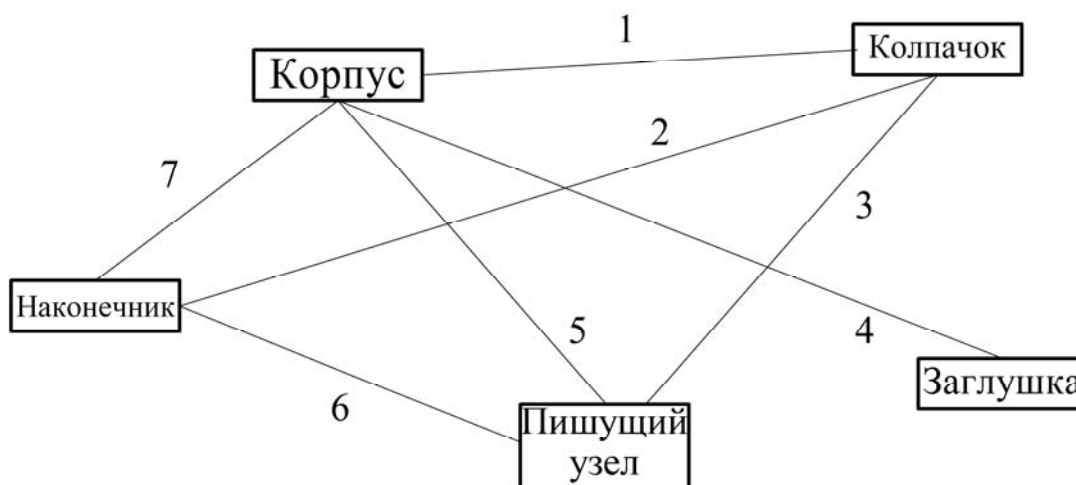


Рисунок 1.2 – Функциональная модель шариковой ручки

2 Табличная модель (таблица 1.1), в которой дается описание функций, характера связей между компонентами и результаты анализа, т. е. она применяется для проведения содержательного анализа.

При проведении функционально-структурного анализа технических систем можно выделить два подхода: операционный и предметный.

При операционном подходе объектом анализа являются функции (операции), выполняемые техническим объектом и его компонентами. Поэтому в структурной модели вершины графа обозначают функции, выполняемые ТО в целом и его компонентами. А ребра отражают связь функций.

Таблица 1.1 – Табличная модель

Функция	Компонент	Ранг функции	Уровень выполнения	Нежелательный эффект
Оставлять линии на поверхности бумаги	Пишущий узел (стержень с пастой)	Основная	Адекватный	Вытекает избыток пасты и появляется грязь
Создавать удобство удерживания при писании	Корпус	Дополнительная	Избыточный	Усложнение изготовления корпуса
Сохранять целостность конструкции	Корпус	Основная	Адекватный	Высокая материалоемкость
	Колпачок	Дополнительная	Избыточный	Сложность, разные материалы
	Наконечник	Вспомогательная	Недостаточный	Непрочный пластик
Обеспечивать замену стержня	Корпус	Основная	Адекватный	Развальцовка фиксирующих пазов
	Пишущий узел	Основная	Адекватный	Перекас при установке
	Наконечник	Основная	Недостаточный	Срез резьбы
Крепиться к одежде	Колпачок	Вспомогательная	Избыточный	Длинная прищепка; может отломиться

При предметном подходе объектом анализа являются компоненты технической системы. Поэтому в структурной модели вершины графа обозначают компоненты технической системы, выделенные по какому-либо признаку. А ребра отражают связи между выделенными компонентами либо конструктивные (обеспечивающие конструктивную целостность ТО), либо функциональные (обеспечивающие выполнение главной полезной функции (ГПФ)).

Как было отмечено, все технические объекты можно условно разделить на две группы: технические объекты, функционирование которых направлено на преобразование потоков веществ, энергии и сигналов; статические системы, представляющие собой весьма жесткие конструкции, ГПФ которых является определение взаимного расположения конструктивных элементов и сохранение своей формы под действием внешних нагрузок [1].

Исследование технических систем первой и второй групп имеет некоторые особенности. В первую очередь, по применяемым моделям.

Для моделирования ТО как первой, так и второй группы могут использоваться различные структурные модели, применение которых зависит от особенностей ТО, его структурной сложности и характера решаемой задачи.

Связь № 1. Обеспечивает возможность удержания ручки на одежде, повышает жесткость конструкции.

Связь № 2. Обеспечивает защиту наконечника от разрушения.

Связь № 3. Обеспечивает защиту кончика пишущего стержня. Предохраняет одежду от выделяющейся на шарике пасты.

Связь № 4. Повышает жесткость корпуса. Защищает внутренний объем корпуса от грязи.

Связь № 5. Фиксирует и удерживает пишущий узел. Защищает от внешних воздействий.

Связь № 6. Прижимает и фиксирует пишущий узел в корпусе.

Связь № 7. Обеспечивает разъемное соединение с корпусом, создает плавное сужение в размер выступающего стержня.

После такого анализа функциональные элементы следует ранжировать и распределить по четырем секторам в координатах «функциональность – проблемность» (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Ранжирование и определение по четырем секторам функциональных элементов в координатах «функциональность – проблемность»

Далее систему (технический объект) можно усовершенствовать:

– удалив элементы с низкой функциональностью и высокой проблемностью. Обычно функции таких элементов можно переложить на другие компоненты;

– повысив функциональность элементов не только с низкой проблемностью, но и с низкой функциональностью;

– понизив проблемность высокофункциональных компонентов, имеющих большие проблемы [2].

Задание

Построить компонентную модель согласно плану решения задания. Данные приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Исходные данные к заданию по вариантам

Номер варианта	Технический объект
1	Токарный станок
2	Компьютер
3	Фрезерный станок
4	Автомобиль
5	Горизонтально-фрезерный станок
6	Светильник
7	Вертикально-фрезерный станок
8	Промышленный робот
9	Поперечно-строгальный станок
10	Квадрокоптер

План решения задания

- 1 Построить структурную модель.
- 2 Построить функциональную модель.
- 3 Построить функциональную модель в виде схемы.
- 4 Провести анализ связей.
- 5 Провести распределение элементов по критериям «функциональность – проблемность».

Контрольные вопросы

- 1 Что такое компонентная модель?
- 2 Что такое структурная модель?
- 3 Что такое функциональная модель?

2 Анализ технических объектов на соответствие принципам строения, функционирования и закономерностям развития технической системы

К техническим системам относятся системы, содержащие хотя бы один искусственный элемент и предназначенные для выполнения определенных функций, с конечной целью – реализация потребностей человека.

Технические системы (ТС) развиваются в соответствии с объективными диалектическими законами. Их объективность проявляется в том, что попытки создания ТС с нарушением (сознательным или непреднамеренным) этих законов

приводят к появлению нежизнеспособных (плохо выполняющих свои функции) технических систем. Законы выявляются путем анализа развития значительного количества ТС различных уровней. При этом уровень определяется только относительными масштабами технических систем, но не развитом, например, в сложности структур. Каждая ТС, как правило, входит в качестве составной части в ТС более высокого уровня и содержит в качестве собственных частей ТС более низкого уровня.

Выявленные к настоящему времени законы развития технических систем можно разделить на две группы: условия жизнеспособности технических систем и тенденции развития технических систем.

Условия жизнеспособности технических систем.

1 Наличие и минимальная работоспособность основных частей ТС (условно) – изделия, инструмента, источника энергии, органа управления.

2 Сквозной проход энергии по всем частям ТС.

3 Согласование ритмики частей ТС.

Тенденции развития технических систем.

1 Неравномерность развития частей ТС.

2 Переход частей ТС на более низкий уровень (микроуровень).

3 Переход функций системы на более высокий уровень (макроуровень).

4 Увеличение степени идеальности (в пределе системы нет, а ее функции выполняются) – следствие из пп. 2 и 3.

5 Увеличение степени вепольности. Веполь, т. е. вещество + поле, – модель взаимодействия в минимальной системе.

В процессе исследований были выявлены принципиальные совпадения между законами развития натуральных (природных) систем, общественных систем – и законами развития технических систем. В то же время установлено, что неправомерно прямо переносить законы развития ТС на области, не относящиеся к технике (например, искусство). Для этого нужно собирать отдельные информационные фонды и выявлять особые законы развития именно этих систем.

Законы развития технических систем – основа для создания аппарата решения технических изобретательских задач. Возможно также непосредственное применение этих законов для решения некоторых задач, усовершенствования и, в особенности, прогнозирования развития технических систем [3].

Примеры решения задач

Задача 1. Современные промышленные дымовые трубы достигают в высоту многих десятков и даже сотен метров. При этом не всегда возможно установить непосредственно на трубе датчики, определяющие загрязненность выпускаемого потока газа. И практически невозможно измерять загрязненность на той же высоте, но на расстоянии нескольких десятков метров от трубы. Как быть?

Решение

Рассмотрим условия жизнеспособности заданной системы. Уже первое условие не выполняется – в системе присутствует только изделие (частицы вредных выбросов). Нет инструмента, который должен непосредственно взаимодействовать с частицами, измеряя их количество, нет источника энергии, органа управления. Вводя эти недостающие части, следует учитывать действие других законов развития технических систем и, прежде всего, – увеличение степени идеальности. Если нет возможности вообще избавиться от введения новых частей – следует стремиться совместить их функции в меньшем количестве элементов.

Из ситуации вытекает, что инструмент-измеритель должен подняться на высоту сотни метров, некоторым образом измениться и вернуться назад. Желательно также, чтобы инструмент сам для себя был источником энергии. Этим требованиям хорошо отвечает электромагнитное излучение. Известно, что световые лучи, например, при отражении от загрязненных участков атмосферы, испытывают смещение частоты отраженных сигналов (эффект Рамана), причем величина этого смещения зависит от степени загрязненности.

Теперь несложно представить себе техническую реализацию способа измерения загрязненности. Лазерный луч направляется на исследуемую область атмосферы, отраженное излучение сравнивается с эталонным и по смещению частоты судят о загрязнении. Такое устройство разработано управлением защиты окружающей среды США совместно с НАСА.

Зная законы развития технических систем, можно представить дальнейшее развитие этого прибора (и самого способа). Очевидно, следует стремиться к идеальности инструмента-измерителя. Он должен быть, чтобы измерение все же проводилось, и его не должно быть, чтобы конструкция упростилась. Инструмент нам нужен только тогда, когда он коснулся загрязненного облака и пошел к земле. Нам вовсе необязательно самим направлять его вверх. Следовательно, инструмент должен появиться «из ничего» – из другой технической или природной системы. Например, в качестве источника электромагнитного излучения можно взять Солнце и сравнивать прошедший или отразившийся от загрязненной области луч с эталонным (его можно записать заранее в зоне, заведомо свободной от загрязнений).

Задача 2. Во многих случаях присутствие человека на летательном аппарате небезопасно, однако весьма целесообразно. Например, автоматика не может предусмотреть всех возможных ситуаций при полете в атмосфере другой планеты. В то же время полет человека вызывает дополнительные осложнения в конструкции исследовательского зонда. К тому же, космонавт не может быть специалистом одновременно во многих областях. Как быть?

Решение

Напрашивается применение закона увеличения степени идеальности. Необходимо иметь на борту целый коллектив исследователей-специалистов – и в то же время желательно вообще не иметь на борту людей.

Исторически задача впервые возникла в военной технике при подготовке разведывательных самолетов, однако примечательно, что первое по-настоящему качественное ее решение было связано с мирными исследованиями космоса. Такими идеальными зондами стали советские «Луноходы». У них на борту не было ни одного человека – и в то же время десятки специалистов одновременно получали информацию по своей теме непосредственно с поверхности Луны и могли через дежурного оператора в любой момент вмешаться в работу зонда для уточнения, перепроверки данных.

На этом примере также хорошо прослеживается выполнение закона неравномерности развития частей системы. Самолеты-разведчики первоначально были обыкновенными самолетами, выполнявшими «по совместительству» разведывательные функции. Конструкторы увеличивали скорость самолетов, потолок, дальность полета. Все это со временем позволило использовать самолеты для особо важных заданий, но помехой стала недостаточная квалификация пилота. К тому же, пилот занят управлением и не всегда в состоянии даже просто наблюдать за чем-то вне самолета...

Интересно проследить дальнейшее развитие этой технической системы на примере космических зондов. Так, радиоимпульс от Луны на Землю и обратно идет примерно две секунды и эта задержка существенно не влияет на управление зондом. Но уже расстояние до ближайших планет – Марса и Венеры – составляет многие миллионы километров. Задержку радиоимпульса в этом случае нужно как-то компенсировать... Либо предложить принципиально новый способ управления зондом.

Задачи для самостоятельного решения

Предложить решения задач. Обосновать предложенные решения при помощи законов развития технических систем. Задачи выбираются в соответствии со списком в учебном журнале.

1 Стальные изделия закаляют в ваннах, заполненных специальным закалочным маслом. При этом качество закаливания зависит от чистоты масла. Наличие примесей выше определенной величины недопустимо. Необходим сравнительно простой способ определения наличия примесей.

2 Многие машины и механизмы в процессе работы интенсивно вибрируют. Вибрация передается на соседнее оборудование, приводя к его преждевременному износу. Для гашения вибрации применяются, например, войлочные прокладки, но они недостаточно эффективны. Как быть?

3 Бериллий обладает наиболее высоким модулем Юнга среди других известных металлов, поэтому из него выгодно изготавливать особо жесткие

(и легкие) конструкты. Однако бериллий очень токсичен, он вызывает тяжелые легочные заболевания, нередко заканчивающиеся смертью больного. Поэтому бериллий не находит широкого распространения в технике. Как быть?

4 Обычная свеча зажигания в двигателях внутреннего сгорания хорошо выполняет свои функции. Но если рассмотреть ее работу с точки зрения законов развития технических систем, легко обнаружить недостаток, устранив который можно добиться значительного улучшения работы двигателя. Что можно предложить?

5 До сих пор сложной проблемой остается перемещение космонавтов в невесомости вне космического корабля. Необходимо предложить новый способ или приемлемое устройство по старому способу для свободного перемещения космонавтов.

6 В магнитном печатающем аппарате используется пленочная печатающая головка, включающая пьезоэлектрический датчик, которая создает строку механических напряжений на бумаге. Магнитная головка создает сильное магнитное поле и в точках совпадения максимумов напряжений механического и магнитного полей формируются знаки. Способ высокопроизводительный, но требующий специальной бумаги для печати. Предложите улучшение этого способа.

7 В свое время обычные двигатели внутреннего сгорания устояли под натиском роторных двигателей Ванкеля. Однако конструкторы этих машин ищут новые, более совершенные модификации. Так был создан двигатель, ротор которого смонтирован на наклонном относительно оси вращения диске (он может вращаться и прецессировать). Новый двигатель, в отличие от предшественников, хорошо уравновешен и может развивать высокие обороты. Однако при этом возникают значительные осевые нагрузки. Как быть?

8 Семена одуванчиков имеют хромосомы, качественно подобные хромосомам человека. Как использовать это, например, при контроле за работой атомной электростанции?

9 Предложите принципиальную схему устройства, исключающего перерасход топлива в автомобилях.

10 Быстродействие матричных печатающих устройств для первых компьютеров было ограничено механическими характеристиками. Они несколько улучшаются с применением многолепестковых и сферических печатающих головок, однако этого явно недостаточно... Как (с позиции законов развития) объяснить дальнейшее совершенствование быстропечатающих устройств?

Контрольные вопросы

- 1 Назовите условия жизнеспособности технических систем.
- 2 Назовите тенденции развития технических систем.
- 3 Какие системы относятся к техническим системам?

3 Использование операторов синектики для решений технических задач

Слово «синектика» (synectics, иногда synodic) составлено из двух древнегреческих слов: *syn* – вместе и *actics* – действовать, совершать, поступать. Это словосочетание означает совместно действовать, а применительно к методу решения задач имеет смысл «совместно искать», «вместе находить», «сообща придумывать», «вместе изобретать». В некоторых источниках вторую часть слова *ectos* переводят как «снаружи», что соответствует возможностям синектики переводить подсознательные ощущения в ясные сознательные решения. Синектика формирует в сознании человека своеобразный подход к решению различных задач, который активизирует продуктивную умственную деятельность (рисунок 3.1).

Суть подхода заключается в нахождении частичного сходства между решаемой задачей и самыми различными задачами из других областей знания (таблица 3.1).

После этого открывается возможность использовать известные пути их решения. Для активизации мышления при решении задач применяются различные виды аналогий (рисунок 3.2) [1].



Рисунок 3.1 – Аспекты синектического подхода

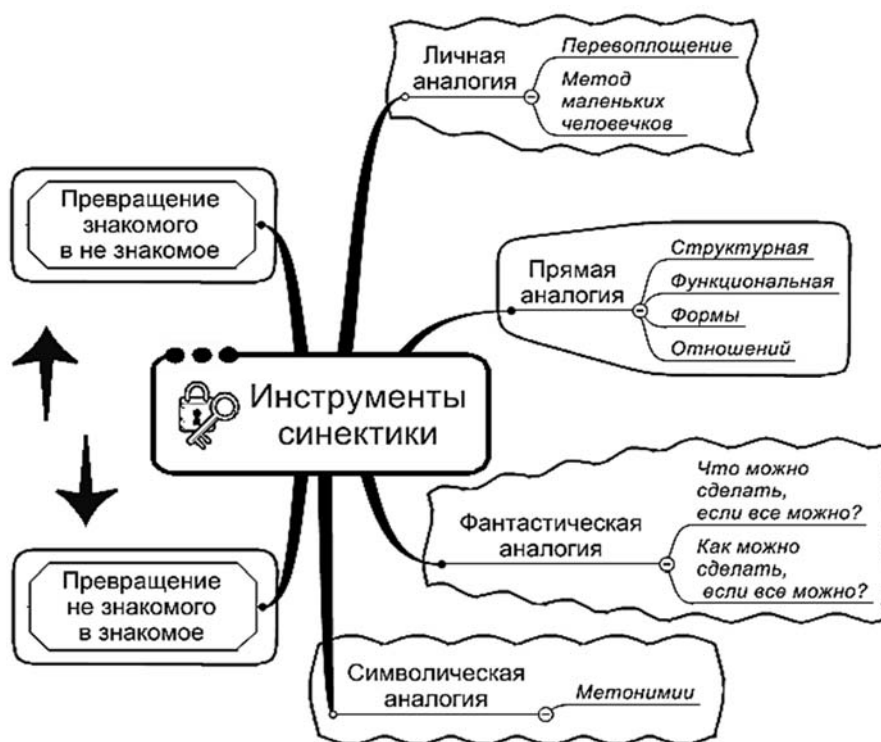


Рисунок 3.2 – Инструменты синектики для исследования сходства явлений

Таблица 3.1 – Новые функции для объекта «скрепка»

Знакомые свойства скрепки	Незнакомые функции скрепки
Скрепка – проводник тока (трансформация контекста)	Перемычка в электрической цепи
	Нагреватель
	Инструмент для выжигания
	Источник света (в раскаленном состоянии)
Изогнутая скрепка (трансформация видения)	Крючок для подвешивания легких предметов
	Крючок для рыбы
	Крючок для скрепления одежды
	Подпорка для рассады
	Чистка пазов и отверстий
Распрямленная скрепка	Нанесение линий на поверхности
	Шило
	Указка
	Инструмент для акупунктуры
	Цепочки, браслеты
Несколько скрепленных скрепок (трансформация контекста)	Елочные украшения
	Занавеска
	Рамка для фото
	Магнитные свойства скрепки (трансформация контекста)
	Стрелка компаса
	Обнаружение магнитного поля

Различают четыре вида аналогий: прямая, личная, фантастическая и символическая. Общим для них является то, что они используются как инструменты выявления и изучения сходства различных объектов (структур,

процессов) по ряду их признаков. Отличия связаны с процедурой формирования совокупности общих признаков сопоставляемых объектов и формой представления результатов.

Прямая аналогия предполагает сопоставление исследуемого или проектируемого объекта с естественными или искусственно созданными объектами этой же или другой области, а также решаемой задачи с подобными задачами в рассматриваемой или другой предметной области.

Личная, или субъективная аналогия (эмпатия) – способность сопоставить объективный исходный предмет с предметом в контексте личного восприятия.

Фантастическая аналогия формируется, когда объективный исходный предмет сопоставляется с условным, фантастическим предметом, обладающим теми же свойствами, функциями, что и исходный предмет.

При *символической аналогии* объективный исходный предмет сопоставляется с абстрактным предметом, символом, представляющим некоторый художественный образ, создающий определенный эмоциональный контекст. В широком смысле механизм символической аналогии – это представление объекта в виде символа, рисунка, образа, знака, пиктограммы.

Пример – Выращивание кристалла. Требуется вырастить правильный кристалл из насыщенного раствора соли. Вещества в виде правильных кристаллов обладают рядом уникальных свойств. Например, кристаллы сегнетовой соли служили диодами в первых радиоприемниках. Главная проблема технологии выращивания самых разных кристаллов – это получение крупных кристаллов без дефектов кристаллической решетки (правильный кристалл).

Шаг 1. Можно вырастить кристалл из насыщенного раствора поваренной соли или из медного купороса.

Шаг 2. Сопоставим процесс выращивания кристалла с воспитанием ребенка – выращивание кристалла похоже, например, на то, как растут ребенка.

Шаг 3. Разработать методику воспитания, режим дня, обеспечить чистоту, хорошие материальные условия: посуда, мебель, пища, комфортная обстановка температура, музыка. Детей может быть несколько. Найти индивидуальный подход к ребенку, мальчикам нужно одно воспитание (строгое), девочкам – другое (более нежное).

Шаг 4. Идеи: проверить воздействие температуры, чистоты среды, лабораторной посуды на качество и скорость роста кристаллов. Что взять в виде затравки для выращивания одиночного кристалла и друзы (нескольких сросшихся кристаллов)? Как поддерживать требуемую концентрацию раствора? Проверить действие звука (музыки) или ультразвука на выращивание правильных кристаллов, сортировать соли по трудности выращивания кристаллов. Какая должна быть температура: комнатная, пониженная вплоть до замерзания или повышенная? А может быть, выращивать кристаллы из расплава солей?

Шаг 5. Составить программу исследований технологии выращивания кристаллов, откорректировать ее по результатам экспериментов. При возможности изучить действие ультразвука и других полей на рост кристаллов [1].

Задания

1 Найдите и запишите пять примеров использования в технике аналогий.

2 Придумайте и запишите две символические аналогии для каждого из следующих предметов (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Исходные данные по вариантам

Номер варианта	Предмет
1	Токарный резец
2	Чугун
3	Кулачок (механизм)
4	Гидравлический привод
5	Храповый механизм
6	Трехслойные конструкции с сотовым наполнителем
7	Шлифовальный круг
8	Диэлектрик
9	Прочность
10	Сталь

3 Дано несколько предметов (таблица 3.3). Составьте список функций, которые эти предметы выполняют. Против каждой функции в составленном списке впишите предметы (аналоги), выполняющие такие же функции (таблица 3.4).

Таблица 3.3 – Исходные данные по вариантам

Номер варианта	Предмет
1	Кран
2	Поезд
3	Автопогрузчик
4	Амортизатор
5	Долговечность
6	Вязкость
7	Газовая сварка
8	Диэлектрик
9	Датчик
10	Деталь

Таблица 3.4 – Пример выполнения задания 3

Предмет	Функция	Аналог
Волчок	Вращение	Гироскоп

4 В соответствии со своим вариантом (таблица 3.5) выберите предмет и рассмотрите его с точки зрения представителей трех разных профессий.

Таблица 3.5 – Исходные данные по вариантам

Номер варианта	Предмет
1	Дефект
2	Зубчатая передача
3	Деформация
4	Коленчатый вал
5	Диагностика
6	Зубчатое колесо
7	Кривошипный механизм
8	Маховик
9	Мощность
10	Муфта

Контрольные вопросы

- 1 Что такое синектика?
- 2 Что такое прямая аналогия?
- 3 Что такое личная, или субъективная аналогия?
- 4 Что такое фантастическая аналогия?
- 5 Что такое символическая аналогия?

4 Решение задач по алгоритму

Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) включает три основные компоненты [5]: программу, информационное обеспечение, методы управления психологическими факторами.

1 Программа АРИЗ представляет собой последовательность операций по выявлению и разрешению противоречий, анализу исходной ситуации и выбору задачи для решения, синтезу решения, анализу полученных решений и выбору наилучшего из них, развитию полученных решений, накоплению наилучших решений и обобщению этих материалов для улучшения способа решения других задач. Структура программы и правила ее выполнения базируются на законах и закономерностях развития техники.

2 Информационное обеспечение питается из информационного фонда, который включает систему стандартов на решение изобретательских задач; технологические эффекты (физические, химические, биологические, математические, в частности, наиболее разработанных из них в настоящее время – геометрические); приемы устранения противоречий; способы применения ресурсов природы и техники.

3 Методы управления психологическими факторами необходимы вследствие того, что программа АРИЗ предназначена не для компьютера, а задачи решаются человеком. При решении изобретательских задач у решателя возникает психологическая инерция, которой необходимо управлять. Кроме того, эти методы позволяют развить творческое воображение, необходимое для решения сложных изобретательских задач.

Основные понятия АРИЗ.

Категориальный аппарат АРИЗ достаточно прост и базируется на двух основных понятиях: противоречиях и идеальном конечном результате. Рассмотрим их детально и проиллюстрируем примерами.

Противоречия. Противоречие – взаимодействие противоположных, взаимоисключающих сторон и тенденций, предметов и явлений, которые вместе с тем находятся во внутреннем единстве. В случае с ТРИЗ и АРИЗ решение проблемы строится на последовательности по выявлению и разрешению противоречий, устранению их причин. АРИЗ апеллирует к трем видам противоречий, благодаря которым выявляются причинно-следственные связи. Их определение необходимо для понимания сути решения задачи, поэтому рассмотрим их детальнее.

Поверхностное противоречие (ПП) – противоречие между потребностью и возможностью ее удовлетворения. Классическая теория Г. С. Альтшуллера называет это противоречие административным (АП), поскольку оно часто формулируется администрацией или заказчиком и содержит отсылку к проблеме: «Надо увеличить скорость работы, но неизвестно как» или «Имеется брак в производстве, его нужно устранить, но неясно как это сделать» и т. д. Поверхностное противоречие (ПП) сопряжено либо с устранением нежелательного эффекта (НЭ) – того, что нас не устраивает в технической системе, либо с необходимостью создания чего-то нового, но еще непонятно как. Пример: снимая горячую кастрюлю с плиты, можно обжечься. Как устранить этот недостаток?

Углубленное противоречие (УП) – это противоречие между определенными частями, качествами или параметрами системы. УП возникает при улучшении одних частей (качеств или параметров) системы с учетом недопустимости ухудшения других, когда полезное действие вызывает одновременно и вредное. Обычно приходится искать компромисс, т. е. чем-то жертвовать ради решения (скоростью работы, габаритами и т. д.). Таким образом, углубленное противоречие представляет собой причину возникновения поверхностного противоречия, усиливая его. Г. С. Альтшуллер, указывая, что для решения задачи нужно изменить технические характеристики объекта, называл это противоречие техническим (ТП). Пример: кастрюля должна нагреваться, ведь только так возможно приготовление еды. Это вступает в противоречие с потребностью снимать кастрюлю руками.

Обостренное противоречие (ОП) – предъявление диаметрально противоположных свойств (например, физических) к определенной части технической системы. Оно необходимо для определения причин, породивших углубленное противоречие, другими словами, является дальнейшим его углублением. Порой это нужно для выявления первопричины. Для многих

незнакомых с АРИЗ такая формулировка звучит непривычно, ведь ОП подразумевает, что часть ТС должна находиться сразу в двух взаимоисключающих состояниях: быть холодной и горячей, подвижной и неподвижной и т. д. Изучение причин, породивших углубленное (техническое) противоречие приводит к необходимости выявления противоречивых физических свойств системы, поэтому Г. С. Альтшуллер назвал его физическим противоречием (ФП). Пример: кастрюля должна быть горячей, чтобы готовить в ней еду, и холодной, чтобы снимать ее руками. Но достаточно, чтоб горячим было только дно и стенки. А вот ручки можно сделать из теплоизоляционного материала. Так мы приходим к решению.

Идеальный конечный результат (ИКР) – решение, которое мы хотели бы видеть в своих самых смелых мечтах, когда возможно абсолютно все. ИКР – идеальная система, КПД которой равен 100 %. Г. С. Альтшуллер предположил, что самое эффективное решение проблемы – такое, которое достигается «само по себе», только за счет уже имеющихся ресурсов. Он определял ИКР как ситуацию, когда «Некий элемент (X-элемент) системы или окружающей среды сам устраняет вредное воздействие, сохраняя способность выполнять полезное».

Идеальная техническая система – это система, которой нет, а ее функции выполняются, другими словами, цели достигаются без средств. Мы приводили пример такой ТС, описывая закон увеличения степени идеальности системы.

Идеальное вещество – вещества нет, а функции его (прочность, непроницаемость и т. д.) остаются. Этим объясняется современная тенденция использовать все более легкие и более прочные материалы.

Идеальная форма – обеспечивает максимум полезного эффекта, например, прочность при минимуме используемого материала.

Идеальный процесс – получение результатов без процесса, т. е. мгновенно. Сокращение процесса изготовления изделий – цель любой прогрессивной технологии.

Пример нанесения покрытий.

Нанесение покрытий на металлические поверхности изделия происходит путем помещения его в ванну, заполненную горячим раствором соли металла (рисунок 4.1). Происходит реакция восстановления, и на поверхности изделия оседает металл из раствора (эту реакцию многие наблюдали, когда в раствор медного купороса опускали металлический предмет, который через некоторое время покрывался налетом меди).

Процесс идет тем быстрее, чем выше температура. Но при высокой температуре раствор разлагается, металл осаждается на стенки ванны, раствор быстро теряет рабочие свойства и через 2...3 ч его приходится менять. До 75 % химикатов идут в отходы, тем самым увеличивая стоимость процесса покрытия.

Необходимо устранить эти недостатки, причем процесс покрытия должен оставаться прежним (используя реакции восстановления).

1 Поверхностное противоречие (ПП).

Сформулируем для данной задачи два ПП.

1.1 **ПП₁**: нужно **уменьшить расход** раствора соли металла.

Нежелательный эффект – антиА (большой расход соли металла).

Требование **А – малый расход** соли металла

1.2 **ПП₂**: нужно обеспечить **быстрое (производительное)** покрытие детали металлом. Требование **Б – быстрое (производительное)** покрытие детали.

2 Углубленное противоречие (УП).

2.1 **УП₁**: при покрытии детали в холодном растворе его **мало тратится**, но процесс покрытия происходит **слишком медленно**. **А – антиБ**.

Требование **А – малый расход** соли металла.

Требование **антиБ – медленное (не производительное)** покрытие детали.

2.2 **УП₂**: при покрытии детали в горячем растворе процесс покрытия происходит **быстро, но много тратится** раствора. **Б – антиА**.

Требование **Б – быстрое (производительное)** покрытие детали.

Требование **антиА – большой расход** соли металла.

3 Идеальный конечный результат (ИКР).

Быстрое покрытие детали (Б) при малом расходе раствора (А).

4 Обостренное противоречие (ОП).

Раствор должен быть **горячим** (свойство С), чтобы **обеспечить быстрое** покрытие детали (Б), и **холодным (антиС)**, чтобы расход соли был **малым (А)**.

5 Решение задачи (РЗ).

5.1 **Разделение противоречивых свойств (ОП) в пространстве.**

Противоречивые свойства быть **горячим** и **холодным** разделить **в пространстве**, значит – не нагревать весь раствор. Можно производить местный нагрев раствора у поверхности изделия или же само изделие (рисунок 4.2).

5.2 **Разделение противоречивых свойств во времени.**

Производить быстрый (в идеале – моментальный) нагрев раствора в районе детали или самой детали так, чтобы вся остальная масса раствора не нагрелась. Осуществить такое решение можно, например, сфокусировав на деталь лазерный или плазмотронный луч.

5.3 **Разделение противоречивых свойств по структуре.**

Перестройку структуры можно осуществить, заморозив раствор (вся зона холодная) и опускать в «лед» нагретую деталь (выделенная зона нагрева) (рисунок 4.3).

В результате простейших преобразований выяснили, что нагревать лучше деталь, а не раствор или зону раствора, непосредственно прилегающую к детали. Казалось бы задача решена, но как быть в тех случаях, если деталь по технологическим соображениям нагревать недопустимо? Как обеспечить местный нагрев? На этот вопрос простейшие преобразования ответа не дают. Для этого необходимо использовать физические эффекты.

5.4 **Разделение противоречивых свойств использованием физических эффектов.**

5.4.1 Местный нагрев могут обеспечить токи высокой частоты (ТВЧ).

5.4.2 Из физики процесса известно, что интенсивность покрытия будет увеличена, если поток будет подвижным (динамизация процесса).

В связи с этим необходимо или перемещать деталь (рисунок 4.4), или перемещать раствор, или то и другое вместе (рисунок 4.5).

Такое решение представлено в следующем виде: способ нанесения

химических покрытий, например, никель фосфорных или кобальт-фосфорных, отличающийся тем, что с целью интенсификации процесса и улучшения прочности сцепления покрытий с металлом изделия, осаждение ведут из холодного проточного раствора при индукционном нагреве деталей токами высокой частоты.

5.4.3 Интенсивность покрытия еще повысится, если перемещение детали сделать на микроуровне (закон перехода на микроуровень). Это можно осуществить, если деталь колебать с ультразвуковой частотой.

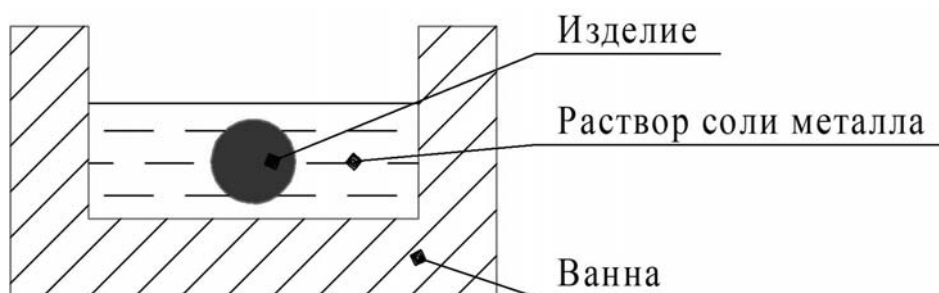


Рисунок 4.1 – Схема нанесения покрытий

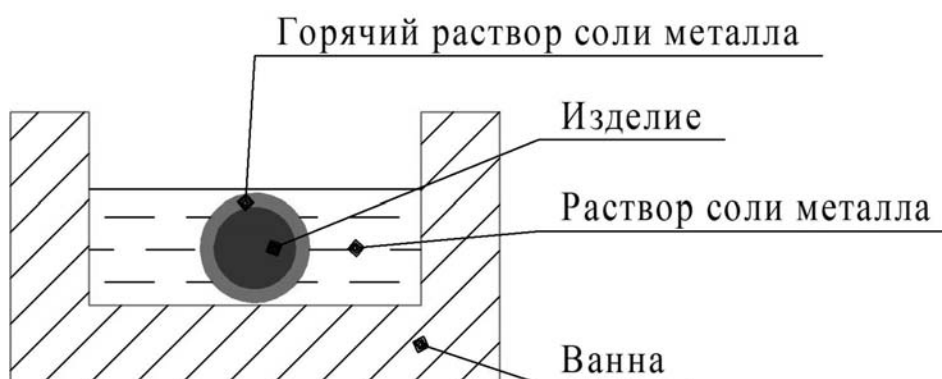


Рисунок 4.2 – Схема нанесения покрытий при использовании правила разделения противоречивых свойств в пространстве

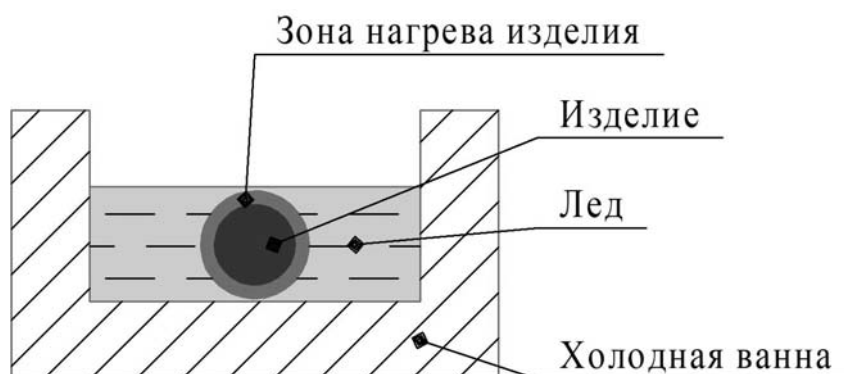


Рисунок 4.3 – Схема нанесения покрытий при использовании правила разделения противоречивых свойств по структуре

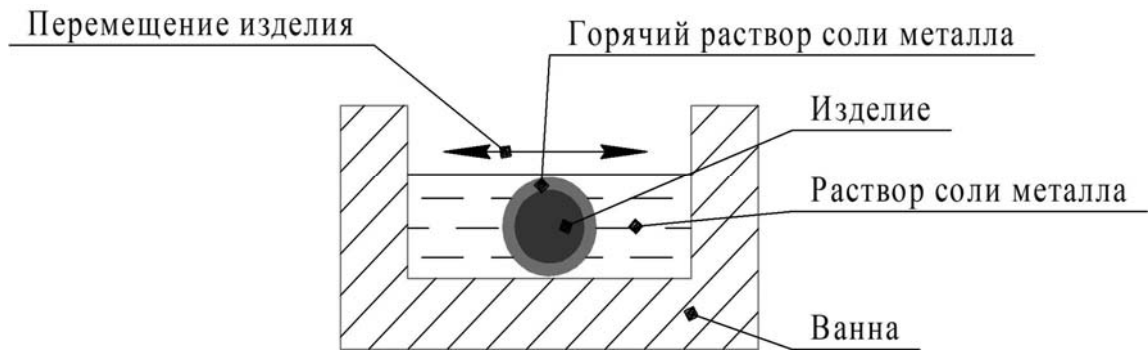


Рисунок 4.4 – Схема нанесения покрытий при перемещении детали

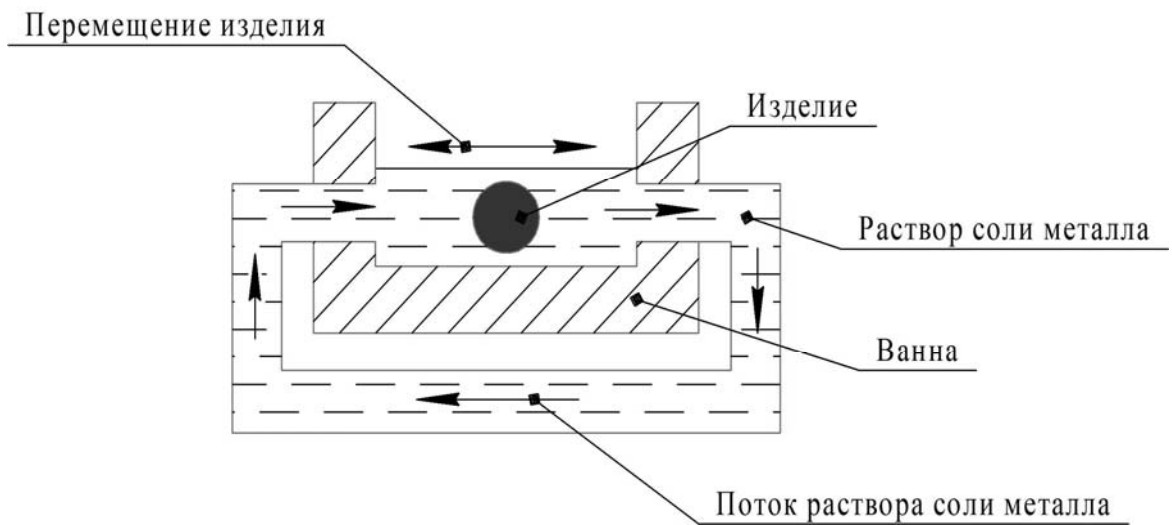


Рисунок 4.5 – Схема нанесения покрытий при перемещении раствора соли

Задание

Выполнить задания в соответствии с вариантом (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Исходные данные по вариантам

Номер варианта	Задание
1	2
1	<i>Задача 1.</i> Выявить и сформулировать поверхностное противоречие
2	<i>Задача 2.</i> Выявить и сформулировать идеальный конечный результат
3	<i>Задача 1.</i> Выявить и сформулировать обостренное противоречие
4	<i>Задача 2.</i> Определить и сформулировать решение задачи
5	<i>Задача 1.</i> Выявить и сформулировать углубленное противоречие
6	<i>Задача 2.</i> Выявить и сформулировать обостренное противоречие
7	<i>Задача 1.</i> Определить и сформулировать решение задачи
8	<i>Задача 2.</i> Выявить и сформулировать углубленное противоречие
9	<i>Задача 1.</i> Выявить и сформулировать идеальный конечный результат
10	<i>Задача 2.</i> Выявить и сформулировать поверхностное противоречие

Задача 1. Снятие пружины с оправки.

Обычно пружины изготавливают на токарном станке путем навивки на стержне, который называется оправка. Чтобы пружина была качественная (витки одинакового диаметра) ее нужно плотно навивать на оправку, но при этом пружину трудно снять с оправки. Ситуация усложняется, если пружины квадратного или шестигранного сечений.

Обычно оправку выбивают, ослабляя пружину, или навивают пружину неплотно. При этом тратится много времени, нужно использовать специальный инструмент, портится оправка или пружина с самого начала сделана некачественно.

Как быть?

Задача 2. Колеса вагонов.

Колесные пары железнодорожных вагонов или локомотивов изнашиваются, и время от времени их надо приводить в порядок – обтачивать в строгом соответствии с железнодорожными требованиями. Это делается по традиционной схеме: колеса выкатывают из-под вагонов или тепловозов, ставят на огромные токарные станки и обрабатывают.

Специального оборудования на ремонтных заводах для этого недостаточно. Поэтому многие вагоны и тепловозы простаивают, дожидаясь «своей очереди». Кроме того, тратится много времени и сил для снятия и установки колес.

Как более производительнее и с меньшей затратой сил обтачивать колеса с имеющимся оборудованием?

Контрольные вопросы

- 1 Что такое противоречие?
- 2 Что такое поверхностное противоречие?
- 3 Что такое углубленное противоречие?
- 4 Что такое обостренное противоречие?
- 5 Что такое идеальный конечный результат?
- 6 Что такое идеальное вещество?
- 7 Что такое идеальная форма?
- 8 Что такое идеальный процесс?

Список литературы

1 **Ревенков, А. В.** Теория и практика решения технических задач: учебное пособие / А. В. Ревенков, Е. В. Резчикова. – Москва: Форум, 2008. – 381 с.

2 **Петров, В. М.** Теория решения изобретательских задач – ТРИЗ: учебник по дисциплине «Алгоритмы решения нестандартных задач» / В. М. Петров. – Москва: СОЛОН-Пресс, 2017. – 500 с.: ил.

3 **Феофанов, Ю. А.** Функциональный анализ технических объектов: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение» / Ю. А. Феофанов. – Москва: МАМИ, 2005. – 37 с.

4 **Альтшуллер, Г. С.** Найти идею. Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач / Г. С. Альтшуллер. – 5-е изд. – Москва: Альпина Паблишерз, 2013. – 440 с.: ил.