

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерного проектирования

Кафедра электронной техники и технологии

П. В. Камлач, В. В. Шаталова

ТЕОРИЯ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

*Рекомендовано УМО по образованию в области
информатики и радиоэлектроники в качестве пособия
для специальности 1-39 80 03 «Электронные системы
и технологии»*

Минск БГУИР 2021

УДК 001.894(076)
ББК 30у я73
К18

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра технологии и оборудования переработки нефти и газа
учреждения образования «Полоцкий государственный университет»
(протокол №11 от 02.06.2020);

директор ООО «Амадин электроникс»
А. Л. Дриго

Камлач, П. В.

К18 Теория решения изобретательских задач. Практические занятия : пособие /
П. В. Камлач, В. В. Шаталова. – Минск : БГУИР, 2021. – 66 с. : ил.
ISBN 978-985-543-598-4.

Пособие направлено на формирование теоретических знаний и практических умений, необходимых для решения нестандартных задач и анализа конкретных ситуаций, а также организации процессов, возникающих в экономических, организационных, информационных и технических системах.

УДК 001.894(076)
ББК 30у я73

ISBN 978-985-543-598-4

© Камлач П. В., Шаталова В. В., 2021
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Перечень принятых сокращений	4
Введение	5
Практическое занятие №1 Использование законов развития технических систем для решения изобретательских задач	6
Практическое занятие №2 Решение задач с применением вепольного анализа	12
Практическое занятие №3 Решение задач с использованием физических эффектов	18
Практическое занятие №4 Решение задач с использованием стандартов.....	28
Практическое занятие №5 Решение задач с использованием алгоритма решения изобретательских задач.....	46
Практическое занятие №6 Решение задач с использованием метода моделирования «маленькими человечками» и оператора «размер – время – стоимость»	58

Перечень принятых сокращений

АРИЗ	– алгоритм решения изобретательских задач
ВНР	– вещественно-полевые ресурсы
ЗРТС	– законы развития технических систем
ИКР	– идеальный конечный результат
М	– модель
МММЧ	– метод моделирования «маленькими человечками»
ОП	– оперативные параметры
ОР	– оценка решения
РВС	– размер – время – стоимость
РИ	– развитие идеи
РТВ	– развитие творческого воображения
С	– ситуация
СР	– структурное решение
ТП	– техническое противоречие
ТР	– техническое решение
ТРИЗ	– теория решения изобретательских задач
ТС	– техническая система
ФП	– физическое противоречие
ФР	– физическое решение

Введение

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) возникла в конце 1940-х – начале 1950-х годов в СССР. Ее основоположником стал специалист инспекции по изобретательству Каспийской военной флотилии Генрих Альтшуллер. Инновации в области психологии мышления также внесли вклад в ТРИЗ, не последнюю роль сыграло развитие естественных наук, открывавших все новые физические, химические и иные эффекты, расширяющие возможности инженеров. Важнейшие для теории решения изобретательских задач понятия «развитие», «система» и «противоречие» веками рассматривались в рамках философии. Большое значение для популяризации ТРИЗ имел как собственный изобретательский опыт Г. Альтшуллера, так и его выводы, сделанные на основании работ других изобретателей [1].

ТРИЗ пользовалась чрезвычайной популярностью в 70-х и 80-х годах XX века, однако потом, с началом перестройки, интерес начал постепенно угасать, но одновременно теория стала популярна на Западе. Такие известные фирмы, как Ford, Motorola, Procter & Gamble, Eli Lilly, 3M, Siemens, Phillips, LG и многие другие, сделали ТРИЗ частью подготовки инженерно-технического персонала. В настоящее время теория решения изобретательских задач вызвала новую волну интереса к изобретениям и творчеству и заняла твердую ведущую позицию среди других активных и инновационных методов обучения, таких как мозговой штурм, эвристика, латеральное мышление, тренинги, моделирование, проектирование, метод синектики и др.

ТРИЗ – это не только теория, полезная в инженерном деле или других сферах (реклама, PR), но еще и метод мышления, парадигма, особый подход к решению любых проблем и задач. Теория решения изобретательских задач универсальна, так как дает мощный инструмент познания окружающего мира: учит междисциплинарному подходу и преодолению психологической инерции старых представлений; отказу от компромиссов, стремлению получить желаемое, ничего не теряя; постоянно стремиться к идеалу [1].

Данное пособие предназначено для обеспечения базовых знаний, которые в свою очередь дадут возможность получения опыта решения нестандартных задач и анализа конкретных ситуаций, организации процессов, возникающих в экономических, организационных, информационных и технических системах, а также позволят выпускнику успешно работать в сфере проектирования архитектуры предприятия, стратегического планирования развития, организации процессов жизненного цикла, аналитической поддержки процессов принятия решений для управления предприятием и обладать универсальными, предметно-специализированными компетенциями, способствующими его социальной мобильности и устойчивости на рынке труда.

Практическое занятие №1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАКОНОВ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

Цель работы: ознакомиться и изучить различные методы научно-технического творчества (включая методы случайного, систематического поиска решений и логического поиска решений) и законы развития технических и бизнес-систем; применить полученные знания для самостоятельного решения технических задач.

1.1 Краткие теоретические сведения

Издавна человек использовал природу для своих потребностей, например палкой можно сбить плод с дерева, перевернуть камень можно применить ее в качестве копья для добычи пропитания. Выступая в качестве инструмента для достижения цели, природный объект уже может считаться техническим объектом. Если технический объект состоит из двух или более частей и благодаря этому приобретает какие-либо свойства, не сводящиеся к свойствам любой отдельной части, то такой объект называется технической системой (ТС) [1].

Техническая система – совокупность взаимосвязанных материальных частей (элементов), предназначенная для повышения эффективности деятельности человека (общества) и обладающая хотя бы одним свойством, которым не обладает ни одна из составляющих ее частей. Любая ТС создается для выполнения своей главной функции (ГФ).

Полная формулировка ГФ включает две части. Первая часть показывает главную цель, ради которой создана и обычно используется потребителем данная ТС, – это ее предназначение: «что делает система» с позиции потребителя. Вторая часть показывает конкретный способ действия данной ТС – это техническая функция, т. е. указывает, как система выполняет свое предназначение.

Полная формулировка ГФ объединяет предназначение и техническую функцию:

$$\text{ГФ} = \text{Предназначение} + \text{Техническая функция} [1].$$

В книге «Творчество как точная наука» (1979) Г. С. Альтшуллер выделил три группы законов [2].

Законы развития технических систем

Статика – это группа законов, определяющая критерии жизнеспособности новых ТС, что позволяет определить, будет ли функционировать создаваемая система, и что нужно сделать, чтобы она функционировала длительное время.

Законы группы «Статика» [3]:

1. Закон полноты частей системы: необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является наличие и минимальная работоспособность основных частей системы (рисунок 1).

Следствие из закона 1: чтобы система была управляемой, необходимо, чтобы хотя бы одна ее часть была управляемой.

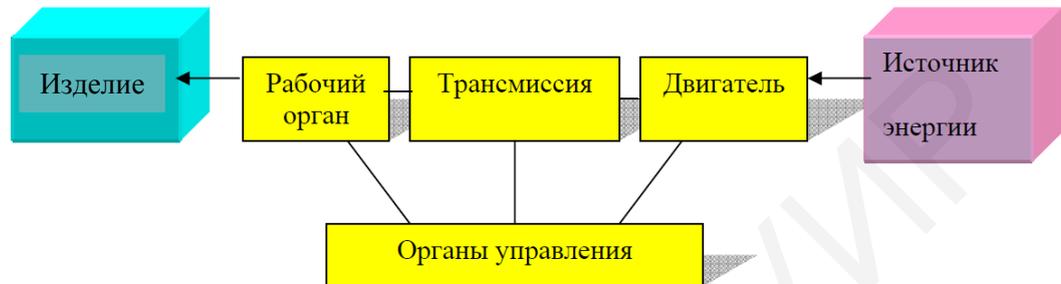


Рисунок 1 – Схема полной технической системы [3]

2. Закон «энергетической проводимости» системы: необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является сквозной проход энергии по всем частям системы (рисунок 2).

Следствие из закона 2: чтобы часть технической системы была управляемой, необходимо обеспечить энергетическую проводимость между этой частью и органами управления.



Рисунок 2 – Сквозной проход энергии в технической системе [3]

3. Закон согласования ритмики частей системы: необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является согласование ритмики (частоты колебаний, периодичности) всех частей системы (рисунок 3).



Рисунок 3 – Согласование в технической системе [3]

Кинематика – группа законов, описывающих направление развития ТС независимо от конкретных технических и физических механизмов развития. Она показывает, как должна изменяться ТС для того, чтобы отвечать нашим возрастающим требованиям к ней.

Законы группы «Кинематика» [3]:

1. Закон увеличения степени идеальности системы: развитие всех систем идет в направлении увеличения степени идеальности.

2. Закон неравномерности развития частей системы: развитие частей системы идет неравномерно; чем сложнее система, тем неравномерное развитие ее частей.

3. Закон перехода в надсистему: исчерпав возможности развития, система включается в надсистему в качестве одной из частей, при этом дальнейшее развитие идет уже на уровне надсистемы.

Динамика – группа законов, отражающих развитие современных технических систем под действием конкретных технических и физических факторов.

Законы группы «Динамика» [3]:

1. Закон перехода с макроуровня на микроуровень: развитие рабочих органов системы идет сначала на макро-, а затем на микроуровне.

2. Закон увеличения степени вепольности: развитие технических систем идет в направлении увеличения степени вепольности.

Примеры решения задач с использованием законов развития технических систем

Задача 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.

Решение. Все части системы налицо: изделие (примеси), инструмент (масло), тепловое поле, несущее энергию в систему. Этим полем можно легко управлять. Теперь все эти части необходимо связать таким образом, чтобы изменение содержания примесей в масле немедленно сказывалось бы на всей системе. Здесь проще всего учесть неравномерность развития частей системы, а именно различную степень восприимчивости инструмента и изделия к действию теплового поля. Так, при нагревании пробы масла выше температуры 100–120 °С его давление изменяется неодинаково при различных степенях загрязнения. Примеси влияют на объем и вес пробы, но практически не влияют на давление, которое определяется только количеством чистого масла.

Задача 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 решить данную проблему?

Решение. Если установленные амортизаторы неэффективны и вибрация в любой части системы хорошо передается другим частям, по законам ТРИЗ необходимо нарушить жизнеспособность системы. Поскольку удалять из нее части и прерывать энергопоток нельзя, остается нарушить ритмику частей системы.

Именно на этом принципе работает звукопоглощающее покрытие, разработанное в университете Легай (Бетлен, штат Пенсильвания, США). На лист пластика наносят тонкий (менее 0,5 мм) слой латекса или каучука, а сверху покрывают алюминиевой фольгой. Резонансная частота такого «пирога» близка к естественной максимальной частоте колебаний звука. В то же время собственно лист пластика и дополнительный лист фольги имеют различные резонансные частоты и колеблются несинхронно. Благодаря этому промежуточный слой поглощает до двух третей шума устройств, расположенных на нем. Таким образом, согласование и рассогласование ритмики частей системы является действенным средством влияния на функционирование системы. Его используют также в стандартах на решение изобретательских задач, применяют как отдельный физический эффект.

Задача 3. Бериллий обладает наиболее высоким модулем Юнга среди других известных металлов, поэтому из него выгодно изготавливать особо жесткие (и легкие) конструкции. Однако бериллий очень токсичен: он вызывает тяжелые легочные заболевания, нередко заканчивающиеся смертью больного. Поэтому данный химический элемент не находит широкого распространения в технике. Как найти возможность использовать бериллий?

Решение. Компромиссный выход – соединения бериллия. Но при этом неизбежно нарушается кристаллическая структура металла, которая,

собственно, и создает те качества, которые необходимо использовать. Поэтому желательно рассмотреть ситуацию с точки зрения законов развития технических систем. Закон 2.5 – увеличение степени идеальности: бериллия нет, а его лучшие качества сохранены. Данный закон трактуется так: бериллий есть, но он перестал быть вредным для человека... Путь к реализации первого направления – создание кристаллических структур, аналогичных структуре бериллия, но из других элементов, безопасных для человека. Второй путь противоречив, так как исключает из рассмотрения человека. Но именно этот путь уже реализован: специалисты фирмы «Бритиш эйркрафт» провели исследования, которые показали, что применение бериллия в несущих конструкциях искусственных спутников Земли позволяет снизить вес этих конструкций на 35 %. Что же касается вредных для человека свойств бериллия, то в спутниках, работающих в автоматическом режиме и в безвоздушном пространстве, они несущественны.

1.2 Индивидуальные задания

Задание 1. Установлено, что ядовитые тяжелые металлы лучше выводятся организмом через потовые железы, чем посредством почек. Для ядовитых легких металлов зависимость обратная. Используя законы развития ТС, предложите применение этого эффекта для диагностики и лечения.

Задание 2. Первые океанские нефтеналивные суда (танкеры), построенные еще в конце XIX века, имели водоизмещение от 3 тыс. т. С тех пор водоизмещение танкеров неуклонно растет: 1939 год – «Эмиль Минье» – 30 тыс. т; 1956 год – «Юнигерс Аполло» – 109 тыс. т; 1973 год – «Глобтик Токио» – 550 тыс. т; 1980 год – «Сиуайз Джаэнт» – 640 тыс. т. Докажите, что эти данные не противоречат закону возрастания идеальности.

Задание 3. Рассмотрите телевизор как систему, состоящую из двигателя, трансмиссии, рабочего органа и системы управления. Определите, какие подсистемы выполняют функцию каждого из функциональных блоков.

Задание 4. Рассмотрите систему «продовольственный магазин» и проследите в ней потоки следующих объектов: а) деньги, б) покупатели, в) молоко, г) живая рыба, д) вода, е) электричество.

Задание 5. Определите основные потоки в системе «пассажирский вагон».

Задание 6. Определите в системе «электродрель ручная» все энергетические и информационные потоки.

Задание 7. Благодаря улучшенному медицинскому обслуживанию уменьшается срок пребывания в больницах. Соответственно, больничная одежда на протяжении одного и того же периода стирается чаще, чем раньше. В связи с этим предлагается использовать более дорогие, но долговечные синтетические материалы. Однако против синтетики активно

возражают врачи. Какие законы развития технических систем проявились в этой ситуации? Проследите эволюцию дальше.

Задание 8. Лесные пожары, вызванные ударами молний, – достаточно распространенное явление. Предположим, найден абсолютно надежный способ защиты леса от молний (например, на каждом дереве установлен молниеотвод). Обоснуйте целесообразность (или нецелесообразность) его применения.

Задание 9. Предложен такой метод охлаждения электронных схем: между двумя платами с печатными схемами располагается лист гофрированного алюминия, который выполняет одновременно функции несущей конструкции и радиатора. На основе законов развития технических систем предложите дальнейшее усовершенствование этого способа.

Задание 10. Семена одуванчиков имеют хромосомы, качественно подобные хромосомам человека. Как использовать это, например, при контроле за работой атомной электростанции?

1.3 Вопросы для самоконтроля

1. Всегда ли развитие идет от простейшего технического объекта к полной ТС?
2. Приведите пример развитой ТС со всеми основными функциональными блоками.
3. Технические системы, выполняющие функции измерения или обнаружения, например микроскоп, имеют те же функциональные блоки?
4. Можно ли считать развитыми ТС, работающие как статические конструкции, например телевизионную антенну или здание?
5. Приведите формулировку ГФ для сложных, многофункциональных систем, например компьютера.

Литература

1. Теория решения изобретательских задач. Учебное пособие I уровня : учеб.-метод. пособие / А. А. Гин [и др.]. – 3-е изд. – Томск : Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2017. – 64 с.
2. Альтшуллер, Г. С. Творчество как точная наука / Г. С. Альтшуллер. – М. : Сов. радио, 1979. – С. 122–127.
3. Тригуб, А. А. Законы развития технических систем: история создания, структура, проявления (методический материал для преподавателей ТРИЗ) [Электронный ресурс] / А. А. Тригуб. – Режим доступа : <http://os.x-pdf.ru/20tehnicieskie/763231-1-trigub-zakoni-razvitiya-tehnicieskih-sistem-istoriya-sozdaniya-st.php>. – Дата доступа : 30.03.2020.
4. Нарбут, Н. Н. Учебник и сборник задач по ТРИЗ / Н. Н. Нарбут, А. Ф. Нарбут. – Запорожье – Сеул, 2004. – 213 с.

Практическое занятие №2

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЕПОЛЬНОГО АНАЛИЗА

Цель работы: изучить основные виды противоречий в технических системах в теории ТРИЗ (административные, технические, физические), а также приемы их разрешения; применить полученные знания для самостоятельного решения технических задач.

2.1 Краткие теоретические сведения

К техническим системам предъявляются комплексные требования, к примеру, ТС должна быть надежна, проста в эксплуатации, легка, потреблять мало энергии. Однако выполнить все требования в совокупности не просто. Чтобы учесть это при решении изобретательских задач, в ТРИЗ изобретательскую ситуацию формулируют в виде технического противоречия. Техническое противоречие (ТП) – модель описания информационной системы (ИС), в которой выделены желательные и нежелательные последствия конкретного изменения ТС [1].

В зависимости от того, на каком уровне сформулировано противоречие, в ТРИЗ различают противоречия административные, технические и физические [2].

Административные противоречия констатируют лишь факт возникновения проблемной ситуации – что-то сделать необходимо, но как – неизвестно.

Техническое противоречие – это такая ситуация, когда попытка улучшить одну характеристику технической системы вызывает ухудшение другой характеристики. Технические противоречия отражают конфликт между частями или свойствами системы (рисунок 4).

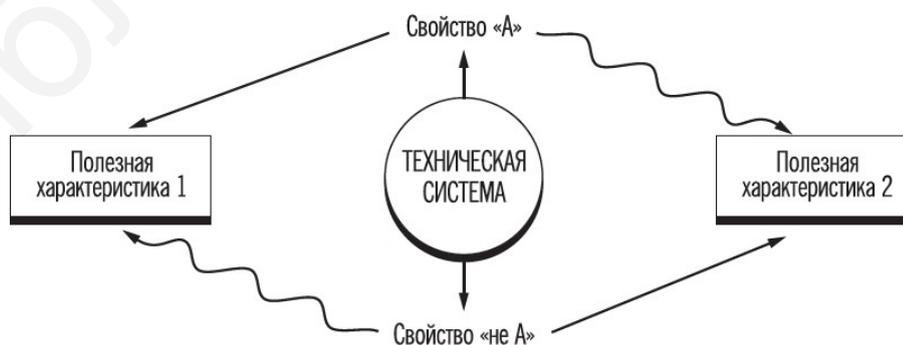


Рисунок 4 – Техническое противоречие [1]

Для формулировки **физического противоречия** необходимо выделить зону, к физическому состоянию которой предъявляются противоречивые требования, например, данная зона должна обладать свойством «А» и одновременно не должна обладать свойством «А».

Физическое противоречие (ФП) – это модель описания задачи, в которой противоположные требования предъявляются к одному элементу ТС.

Преодолевать противоречия необходимо, опираясь на знание законов развития технических систем. Сами по себе законы развития техники не предназначены для поиска конкретных технических решений. Они лишь указывают направление развития и тенденции совершенствования ТС. Одним из эффективных методов познания является моделирование, т. е. замена реального объекта его моделью – идеальной системой, в некоторых чертах отражающей особенности реальной. С моделями работать намного проще, а результаты, полученные на моделях, потом можно перенести на исходную систему.

В ТРИЗ для поиска новых технических решений используются модели технических систем, получившие название «веполь». Веполь (от слов Вещество и ПОле) – это минимальная структурная модель работающей технической системы, включающая **изделие V_1** , которое надо изменить, и **инструмент V_2** , осуществляющий необходимое действие и приводящий к возникновению технического противоречия, а также **внешнее поле Π** , отражающее силу либо энергию их взаимодействия (рисунок 5) [2].

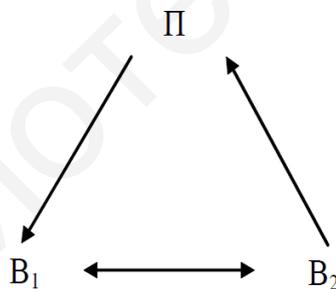


Рисунок 5 – Вепольная модель [2]

Вепольное преобразование подсказывает изобретателю, что нужно ввести в систему для решения задачи, – вещество, поле или и то, и другое, но не конкретизирует, какие именно поля и вещества следует использовать.

Под термином «вещество» в ТРИЗ понимаются любые объекты независимо от степени их сложности: лед и ледокол, резец и станок, заготовка и сложное готовое изделие.

Под термином «поле» понимается пространство, каждой точке которого поставлена в соответствие некоторая скалярная или векторная величина. К полям в ТРИЗ относят как **физические поля** (гравитационное, электромагнитное, поля сильных и слабых ядерных взаимодействий), так и **«технические»**.

Любую сложную техническую систему можно свести к сумме веполей. Полученная модель освобождается от всего лишнего, несущественного, что дает возможность наиболее четко выделить недостатки исходной технической системы, связанные, как правило, с нарушением объективных закономерностей развития техники [2].

Статистический анализ патентной информации показал, что существуют некоторые общие закономерности преобразования вепольных моделей, соответствующие законам развития техники и позволяющие решать значительную часть встречающихся на практике задач [3].

Правило 1. Вещество плохо поддается управлению (обнаружению, измерению, изменению), требуется обеспечить эффективное управление [2].

Задача 4. Как обнаружить просачивание жидкости через сверхузкое отверстие? Дан неполный веполь (одно вещество). Необходимо его достроить.

Решение. Добавляем в жидкость люминофор и, облучая систему ультрафиолетовым полем, находим место просачивания (рисунок 6) [4]. Перед тем как использовать масло (B_1) в какой-либо технической системе (например, в холодильнике), в это масло вводят немного люминофора (B_2). В случае необходимости предполагаемое проблемное место облучают ультрафиолетовым излучением ($\Pi_{уф}$). Эту работу проводят в затемненном помещении. Тогда там, где действительно появились микротрещины, будет видно свечение ($\Pi_{св}$) люминофора.

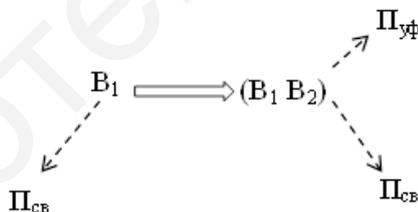


Рисунок 6 – Вепольная схема решения задачи 4 [4]

Правило 2. В исходной системе имеется полный веполь, но взаимодействие между его элементами ненужное [2].

Задача 5. В светокопировальной машине по органическому стеклу движется калька с чертежом. Калька электризуется, прилипает к стеклу. Как решить эту проблему?

Решение. Необходимо устранить вредный веполь: между движущейся калькой и органическим стеклом кладут неподвижную (чистую) кальку (рисунок 7) [4]. Определенное количество чистой кальки «протягивают» по оргстеклу и там оставляют. Прозрачная калька, электризуясь под действием электростатического поля, «прилипнет» к оргстеклу (B_1), но при этом будет хорошо пропускать свет, необходимый для светокопирования. Калька с чертежами сможет свободно двигаться по уже прилип-

шей чистой кальке. Благодаря этому B_2 уже не будет останавливать производственный процесс светокопирования.

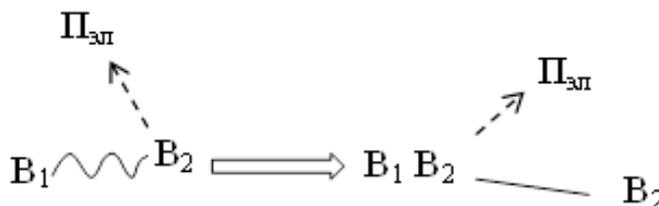


Рисунок 7 – Вепольная схема решения задачи 5 [4]

Правило 3. «Форсирование» веполя [2].

Задача 6. Для извлечения из корпуса прибора впрессованного шарика в гнездо до запрессовки вводят каплю жидкости (рисунок 8). Если теперь корпус нагреть, пар сам вытолкнет шарик [4]. Составьте вепольную схему решения.

Решение. Для преодоления противоречия и с учетом идеального конечного результата (ИКР) проблему решают следующим образом: вводят каплю жидкости (B_3) в гнездо (B_1) до запрессовки шарика (B_2) в корпус прибора. Когда надо избавиться от шарика (B_2), корпус прибора подогревают в том месте, где находится гнездо (B_1) с впрессованным шариком. Жидкость под действием теплового поля вскипает и превращается в пар. Пар выталкивает шарик. При этом третье вещество исчезает бесследно (испаряется).

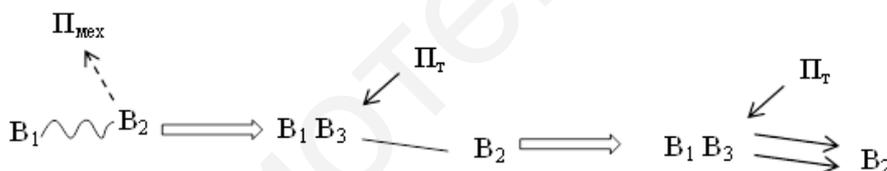


Рисунок 8 – Вепольная схема решения задачи 6 [4]

Правило 4. Вещество или поле обладает двумя конфликтующими сопряженными свойствами. Требуется улучшить одно свойство, не ухудшая другие [2].

Если конфликтуют свойство и антисвойство (горячий – холодный, сильный – слабый, магнитный – немагнитный), то конфликт может быть устранен разделением в пространстве, во времени и в структуре (целое имеет одно свойство, а часть – другое). Если используется разделение вещества во времени, целесообразно, чтобы переход от одного состояния к другому осуществлялся самим веществом, поочередно принимающим разные формы (изменение агрегатного состояния, переход через точку Кюри и т. д.).

2.2 Индивидуальные задания

Задание 1. Многоканальные радиопередатчики наряду со многими положительными качествами обладают существенным недостатком: при делении основной частоты на составляющие трудно стабилизировать каждую новую частоту, так как мешает несовершенство аппаратуры. Как устранить данный недостаток?

Задание 2. Для удаления нефтепродуктов с поверхности воды используется пенопласт «пластапор», применяемый в качестве тепло- и звукоизолятора в строительстве. Он хорошо впитывает нефтепродукты, оставаясь при этом на поверхности воды. Однако куски «пластапора» не пропитываются нефтепродуктами полностью, так как мешает воздух, который остается внутри. Как решить эту проблему?

Задание 3. Эксперименты показывают, что, применяя некоторые редкоземельные элементы, можно создать новые магнитные материалы, которые имеют гораздо лучшие свойства, чем традиционные (при том же весе). Наибольшая сложность осуществления способа заключается при этом в получении магнита необходимой формы из новых материалов. Не подходит, например, плавление с последующим литьем: это приводит к необратимым ухудшениям магнитных свойств материалов. Предложите решение создания магнита без ухудшения свойств материалов.

Задание 4. Готовясь к зимней спячке, летучие мыши уменьшают в своем организме содержание бромистых солей и в результате этого впадают в состояние, аналогичное эпилептическому припадку. Рассмотрите ситуацию с точки зрения вепольного анализа.

Задание 5. В последнее время все большее распространение получает железнодорожный транспорт на воздушной подушке. Используя правила вепольного анализа, спрогнозируйте направление развития двигателей для таких составов.

Задание 6. Витамин С способствует удалению холестерина из организма и тем самым играет немалую роль в предупреждении сердечных приступов. Рассмотрите ситуацию с точки зрения вепольного анализа.

Задание 7. Вливание внутривенных растворов нередко спасает больному жизнь, однако может вызвать целый ряд воспалительных реакций. Предположим, удалось полностью устранить вредный эффект биологической несовместимости и вирусной инфекции, а воспаление все еще есть. Что можно предложить?

Задание 8. В обычных пенопластах поры образуются газами вспенивающего вещества. Но зачастую, особенно когда пенопласт должен работать в воде, пустота внутри материала нежелательна. Рассмотрите ситуацию с точки зрения вепольного анализа.

Задание 9. Для людей многих профессий (актеров, летчиков и др.) необходимы контактные линзы вместо очков. Однако обычные стеклянные

ные контактные линзы при длительном ношении вызывают обезвоживание роговицы глаза, мешают нормальному газообмену между глазом и атмосферой. Предложите выход с позиций вепольного анализа.

Задание 10. В одной из университетских библиотек на юге Англии в корешки всех книг встроены металлические полоски. При попытке вынести книгу из библиотеки срабатывает охранная сигнализация. При законной выдаче книги сигнальную полоску вынимают. Однако в таком случае вынуть полоску может и злоумышленник. Решите задачу с точки зрения вепольного анализа.

2.3 Вопросы для самоконтроля

1. Можно ли сказать, что в любой технической системе есть противоречия?
2. Что такое вепольный анализ? Дайте определение. Что такое веполь? Дайте определение.
3. Что такое вещество в вепольном анализе? Дайте определение. Назовите виды веществ.
4. Что такое поле в вепольном анализе? Дайте определение. Назовите виды полей, которые вы знаете.

Литература

1. Теория решения изобретательских задач. Учебное пособие I уровня : учеб.-метод. пособие / А. А. Гин [и др.]. – 3-е изд. – Томск : Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2017. – 64 с.
2. Шамина О. Б. Теория решения изобретательских задач. Конспект лекций / О. Б. Шамина. – Томск : Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2012. – 79 с.
3. Альтшуллер Г. Найти идею: Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач [Электронный ресурс] / Г. Альтшуллер. – Режим доступа : <https://ipps.hse.ru/mirror/pubs/share/227454105>. – Дата доступа : 30.03.2020.
4. Нарбут, Н. Н. Учебник и сборник задач по ТРИЗ / Н. Н. Нарбут, А. Ф. Нарбут. – Запорожье – Сеул, 2004. – 213 с.
5. Петров, В. М. Теория решения изобретательских задач – ТРИЗ : учебник / В. М. Петров. – М. : СОЛОН-Пресс, 2017. – 500 с.

Практическое занятие №3

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЗИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ

Цель работы: изучить понятие физического противоречия, а также рассмотреть основные способы разрешения ФП; применить полученные знания для самостоятельного решения технических задач.

3.1 Краткие теоретические сведения

Одним из инструментов алгоритма решения изобретательских задач является понятие физического противоречия.

Физическое противоречие – предъявление диаметрально противоположных свойств (например, физических) к определенной части технической системы [1].

Физическое противоречие – своего рода нестандартное неравенство, так как обычно с помощью неравенств указывается промежуток (или интервал), например, $a < x < b$. Графически промежуток представлен на рисунке 9.

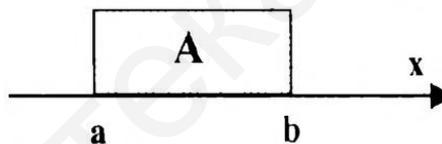


Рисунок 9 – Графическое представление промежутка [1]

Этот промежуток представляет собой зону «А». Обычно в данной зоне и ищут «оптимальное» решение. Однако согласно ТРИЗ действуют совершенно иначе. Определяют, каким свойством «с» должна обладать система, чтобы параметр «А» (в ТП) был наилучший. Обозначим это свойство «С». Далее определяют, каким свойством «с» должна обладать система, чтобы параметр «Б» был наилучший. Обозначим это свойство «анти-С». Такое конфликтующее действие представляется в виде неравенства $C > c > \text{анти-С}$. Формулировка физического противоречия требует, чтобы «с» было одновременно в зоне «А» и в зоне «Б», что исходя из графика, представленного на рисунке 10, невозможно.



Рисунок 10 – Изображение физического противоречия [1]

В качестве основных способов разрешения ФП можно назвать способы разрешения противоречивых свойств:

- в пространстве;
- во времени;
- в структуре, в частности, фазовые изменения, например, агрегатное состояние;
- по условию.

По представлениям классической физики, которые справедливы для огромного числа технических макросистем, элементами технических систем могут выступать вещество и физическое поле, гравитационное или электромагнитное. Именно к свойствам веществ и полей и предъявляются противоречивые требования. Наиболее сильные решения технических изобретательских задач получаются при использовании физических эффектов и явлений.

Известно около пяти тысяч физических эффектов и явлений. В разных областях техники могут применяться различные группы физических эффектов, но есть и общеупотребительные. Их примерно от 300 до 500.

Например, эффект Пельтье состоит в том, что выделение или поглощение теплоты происходит при пропускании электрического тока через контакт (спай) двух различных проводников. Выделение теплоты сменяется поглощением при изменении направления тока.

При этом количество теплоты пропорционально току, проходящему через спай. Существует много изобретений, реализующих применение этого эффекта.

Разработаны также таблицы (таблица 1) непосредственного использования физических эффектов и явлений – прямого и обратного. По ним определяется:

- а) необходимый физический эффект по заданному (требуемому) действию;
- б) необходимое действие по заданному (наиболее удобному) физическому эффекту.

Таблица 1 – Физические эффекты

Требуемое действие, свойство	Физическое явление, эффект, фактор, способ
1. Измерение температуры	Тепловое расширение и вызванное им изменение собственной частоты колебаний. Термоэлектрические явления. Спектр излучения. Изменение оптических, электрических, магнитных свойств вещества. Переход через точку Кюри. Эффекты Гопкинса и Баркгаузена. Тепловое излучение

Требуемое действие, свойство	Физическое явление, эффект, фактор, способ
2. Понижение температуры	Теплопроводность. Конвекция. Излучение. Фазовые переходы. Эффект Джоуля – Томпсона. Эффект Ранка. Магнитокалористический эффект. Термоэлектрические явления
3. Повышение температуры	Теплопроводность. Конвекция. Излучение. Электромагнитная индукция. Вихревые токи. Диэлектрический нагрев. Электронный нагрев. Электрические разряды. Поглощение излучения веществом. Термоэлектрические явления. Сжатие тела. Ядерные реакции
4. Стабилизация температуры	Фазовые переходы (в том числе переход через точку Кюри). Тепловая изоляция
5. Индикация положения и перемещения объекта	Введение меток – веществ, преобразующих внешние поля (люминофоры) или создающих свои поля (ферромагнетики), и потому легко обнаруживаемых. Отражение и испускание света. Фотоэффект. Деформация. Рентгеновское и радиоактивное излучения. Электрические разряды. Эффект Доплера. Интерференция
6. Управление перемещением объектов	Действие магнитным полем на объект или на ферромагнетик, соединенный с объектом. Действие электрическим полем на заряженный или электризующийся объект. Передача давления жидкостями и газами. Механические колебания. Центробежные силы. Тепловое расширение. Световое давление. Пьезоэффект. Эффект Магнуса
7. Управление движением жидкости и газа	Капиллярность. Осмос. Электроосмос. Эффект Томса. Эффект Бернулли. Волновое движение. Центробежные силы. Эффект Вайссенберга. «Газирование» жидкостей. Эффект Коанда
8. Управление потоками аэрозолей (пыль, дым, туман)	Электризация. Электрические и магнитные поля. Давление света. Конденсация. Звуковые волны. Инфразвук

Требуемое действие, свойство	Физическое явление, эффект, фактор, способ
9. Перемешивание смесей	Образование растворов. Ультразвук. Инфразвук. Кавитация. Диффузия. Электрические поля. Магнитное поле в сочетании с ферромагнитным веществом. Электрофорез. Резонанс
10. Разделение смесей	Электро- и магнитосепарация. Изменение кажущейся плотности жидкости – разделителя под действием электрических и магнитных полей. Центробежные силы. Фазовые переходы. Диффузия. Осмос
11. Стабилизация положения объекта	Электрические и магнитные поля. Фиксация в жидкостях, твердеющих в магнитном и электрическом полях. Гироскопический эффект. Реактивное движение. Деформация. Сварка, диффузионная сварка. Фазовый переход
12. Силовое воздействие. Регулирование сил. Создание больших и малых давлений	Действие магнитным полем через ферромагнитное вещество. Фазовые переходы. Тепловое расширение. Центробежные силы. Изменение гидростатических сил путем изменения кажущейся плотности магнитной или электропроводной жидкости в магнитном поле. Применение взрывчатых веществ. Электрогидравлический эффект. Осмос. Сорбция. Диффузия. Эффект Магнуса. Оптикогидравлический эффект
13. Изменение трения	Эффект Джонсона – Рабека. Воздействие излучений. Явление Крагельского. Колебания. Действие магнитным полем через ферромагнитное вещество. Фазовый переход. Сверхтекучесть. Электроосмос
14. Разрушение объекта	Электрические разряды. Электрогидравлический эффект. Резонанс. Ультразвук. Кавитация. Индуцированное излучение. Фазовые переходы. Тепловое расширение. Взрыв
15. Аккумуляция механической и тепловой энергии	Упругие деформации. Маховики. Фазовые переходы. Гидростатическое давление. Термоэлектрические явления

Требуемое действие, свойство	Физическое явление, эффект, фактор, способ
16. Передача энергии (механической, тепловой, электрической)	Деформации. Колебания. Эффект Александра. Волновое движение, в том числе ударные волны. Излучение. Теплопроводность. Конвекция. Явление отражения света (световоды). Индуцированное излучение. Эффект Зеебека. Электромагнитная индукция. Сверхпроводимость. Преобразование энергии из одного вида в другой, более «удобный» для передачи. Инфразвук. Эффект памяти формы
17. Установление взаимодействия между подвижными (меняющимися) и неподвижными (не меняющимися) объектами	Использование электромагнитных полей (переход от «вещественных» связей к «полевым»). Использование потоков жидкостей и газов. Эффект памяти формы
18. Измерение размеров объектов	Измерение собственной частоты колебаний. Нанесение и считывание магнитных и электрических параметров. Голография
19. Изменение размеров и формы объектов	Тепловое расширение. Биметаллические конструкции Пьезоэлектрический эффект. Магнитоэлектрострикция. Деформации. Фазовые переходы. Эффект памяти формы
20. Контроль состояния и свойств поверхности	Электрические разряды. Отражение снега. Электронная эмиссия. Муаровый эффект. Излучения. Голография
21. Изменение поверхностных свойств	Трение. Адсорбции. Диффузия. Эффект Баушингера. Электрические разряды. Механические и акустические колебания. Облучение. Наклеп. Термообработка
22. Контроль состояния и свойств в объеме	Введение «меток» – веществ, преобразующих внешние поля (люминофоры) или создающих свои поля (ферромагнетики), зависящие от состояния и свойств исследуемого вещества. Изменение удельного электрического сопротивления в зависимости от изменения структуры и свойств объекта. Поглощение, отражение, преломление света. Электро- и магнитооптические явления.

Требуемое действие, свойство	Физическое явление, эффект, фактор, способ
	Поляризованный свет. Рентгеновские и радиоактивные излучения. Электронный парамагнитный и ядерный магнитный резонансы. Магнитоупругий эффект. Переход через точку Кюри. Эффекты Гопкинса и Баркгаузена. Измерение собственной частоты колебаний объекта. Ультразвук, инфразвук. Эффект Мессбауэра. Эффект Холла. Голография. Акустическая эмиссия
23. Контроль состояния и свойств в объеме	Введение «меток» – веществ, преобразующих внешние поля (люминофоры) или создающих свои поля (ферромагнетики), зависящие от состояния и свойств исследуемого вещества. Изменение удельного электрического сопротивления в зависимости от изменения структуры и свойств объекта. Поглощение, отражение, преломление света. Электро- и магнитооптические явления. Поляризованный свет. Рентгеновские и радиоактивные излучения. Электронный парамагнитный и ядерный магнитный резонансы. Магнитоупругий эффект. Переход через точку Кюри. Эффекты Гопкинса и Баркгаузена. Измерение собственной частоты колебаний объекта. Ультразвук, инфразвук. Эффект Мессбауэра. Эффект Холла. Голография. Акустическая эмиссия
24. Изменение объемных свойств объекта	Изменение свойств жидкости (плотности, вязкости) под действием электрических и магнитных полей. Введение ферромагнитного вещества и действие магнитным полем. Тепловое воздействие. Фазовые переходы. Ионизация под действием электрического поля. Радиоактивное, рентгеновское, ультрафиолетовое, излучения. Диффузия. Электрические и магнитные поля. Эффект Баушингера. Термоэлектрические, термомагнитные и магнитооптические эффекты. Кавитация. Фотохромный эффект. Внутренний фотоэффект. «Газирование» жидкостей, вспенивание. СВЧ излучение
25. Создание заданной структуры. Стабилизация структуры объекта	Интерференция волн. Дифракция. Стоячие волны. Муаровый эффект. Магнитные и электрические поля. Фазовые переходы. Механические и акустические колебания. Кавитация

Требуемое действие, свойство	Физическое явление, эффект, фактор, способ
26. Индикация электрических и магнитных полей	Осмоз. Электризация тел. Электрические разряды. Пьезо- и сегнетоэлектрические эффекты. Электреты. Электронная эмиссия. Электрооптические явления. Эффекты Гопкинса и Баркгаузена. Эффект Холла. Ядерный магнитный резонанс. Гирромагнитные и магнитооптические явления. Ферромагнетизм. Электролюминесценция.
27. Индикация излучения	Оптико-акустический эффект. Тепловое расширение. Фотопластический эффект. Электрический разряд
28. Генерация электромагнитного излучения	Эффект Джозефсона. Туннельный эффект. Явление индуцированного излучения. Люминесценция. Эффект Ганна. Эффект Черенкова. Эффект Зеемана
29. Управление электромагнитными полями	Экранирование. Изменение состояния среды, например, увеличение или уменьшение ее электропроводности. Изменение формы поверхности тел, взаимодействующих с полями. Пинч-эффект
30. Управление потоками света. Модуляция света	Преломление и отражение света. Электро- и магнитооптические явления. Фотоупругость, эффекты Керра и Фарадея. Эффект Ганна. Эффект Франца – Келдыша. Преобразование светового потока в электрический сигнал и обратно, стимулированное излучение
31. Инициирование и интенсификация химических превращений	Ультразвук. Инфразвук. Ультрафиолетовое рентгеновское, радиоактивное излучения. Кавитация. Деформации. Ударные волны. Электрические разряды Катализация. Нагрев

Задача 7. При изготовлении полупроводниковых материалов часто требуется ввести в них точно дозированные добавки. Обычно это делается термическим путем. Однако многие полезные свойства полупроводников исчезают после термообработки. Необходимо найти новый принцип введения добавок – эффективный и надежный.

Решение. Требуется новый физический принцип, но с точки зрения ТРИЗ необходимо просто заменить плохую вепольную систему другой, с

более высокой степенью управляемости, а соответственно, более эффективную. В таблице 1 находим свойство 6 «Управление перемещением объектов». Вначале записываем отдельно объект, который необходимо управляемо перемещать. Это – ионы некоторых элементов. Теперь выбираем по таблице действие электрическим полем на заряженный объект или действие магнитным полем на объект. В данном случае это наиболее подходящее решение, поскольку ионы всегда «отзывчивы» на электрическое и магнитное поля. С другой стороны, именно эти поля позволяют выполнять, например, очень точные перемещения объектов.

Задача 8. Для защиты от акул применяется пневматическое ружье, стреляющее разрывными пулями. Такие пули практически наверняка убивают акулу, однако выделяющаяся в большом количестве кровь привлекает новых хищниц. Что предпринять в данном случае?

Решение. Идеальное решение – пуля должна наверняка поражать акулу, но при этом не позволять крови течь из раны. Задача, поставленная таким образом, уже наполовину решена. Только необходимо учесть, что оба действия должны реализовываться одним физическим эффектом. Кровь хорошо застывает при охлаждении, пуля, попадая в акулу, должна ее хорошо охлаждать, чтобы из раны не выделялась кровь. Одновременно пуля должна лишать акулу подвижности (более конкретное требование). В таблице 1 для свойства 2 «Понижение температуры» рекомендуется использовать фазовые переходы. Очевидно, речь может идти о фазовом переходе вещества пули. Таким образом, нужна пуля, которая при попадании в акулу совершит фазовый переход из твердого состояния в жидкое или газообразное, охладив при этом рану и лишив акулу подвижности. Предпочтительнее переход в газообразное состояние: при этом поглощается больше энергии (лучше охлаждение) и газ будет занимать больший объем.

Задача 9. Электрохимические люминесцентные элементы очень удобны в самых разнообразных случаях, однако у них есть существенный недостаток: их действие непрерывно. На каких физических принципах можно построить техническую систему, содержащую люминесцентный элемент прерывистого действия?

Решение. Таблица 1 рекомендует целый ряд физических эффектов, с помощью которых можно получить прерывистость в стационарной реакции.

Такие же принципы использованы, например, в разработках исследовательского центра фирмы «Баттель» (Женева, Швейцария). Предложен, в частности, элемент, в котором флюоресцирующий состав разлагается электролизным путем, при этом на аноде и катоде элемента образуются положительные и отрицательные ионы состава. При взаимодействии последних в растворе происходит восстановительная реакция с высвобождением энергии, причем энергия испускается в виде люминесцентного излучения. Восстановленные молекулы вновь попадают на электроды и распадаются при электролизе.

Интересен случай использования для создания свечения кавитации. В таблице 1 указано, что с помощью этого явления можно регулировать течение химических реакций (свойство 27), а в идеале – получать световое излучение. Недавно этот легко предсказуемый эффект – свечение схлопывающихся кавитационных пузырьков – был обнаружен экспериментально.

3.2 Индивидуальные задания

Задание 1. При поражении самолета молнией часто наблюдается «двойной удар» – практически одновременные прямой (облако – земля) и обратный разряды. Почему так происходит и как использовать это явление?

Задание 2. Атомы гелия-3 отличаются от атомов обычного гелия-4 отсутствием в ядре одного нейтрона. В результате этого при низкой температуре (2,7 миллиградуса Кельвина) гелий-3 переходит в фазовое состояние со странными термодинамическими и магнитными свойствами, которые отсутствуют у гелия-4. С другой стороны, в гелии-3 не наблюдается сверхпроводимости и сверхтекучести. Проанализируйте ситуацию и предложите возможные применения гелия-3 и гелия-4.

Задание 3. Условия радиоприема в дневное и ночное время резко отличаются. Чем это можно объяснить? Как использовать это отличие в других областях?

Задание 4. Предложен водопаровой ракетный ускоритель. При вспышке смеси в камере сгорания образуется волна давления, а за ней – волна разрежения, которая всасывает в камеру новую порцию холодного воздуха и топлива. Зажигание (кроме первого) происходит от соприкосновения смеси с горячими газами. Почему этот ускоритель (эффективный и дешевый) нельзя использовать как основной двигатель?

Задание 5. Акустические и электромагнитные способы связи не всегда работают в экстремальных условиях. Предложите и обоснуйте новые способы связи.

Задание 6. Иногда возникает необходимость размагнитить образец материала. Для этого образец помещают в поле, компенсирующее магнитное поле Земли, и постепенно размагничивают. Замечено, однако, что при вращении образца во время процесса возникают паразитные магнитные моменты. Необходимо паразитные явления обратить в полезные.

Задание 7. Смеси фтористых соединений металлов аккумулируют в 2-3 раза больше тепла, чем другие материалы, и в 30 раз больше энергии, чем обычные аккумуляторы. В чем (с физической точки зрения) сложность применения таких эффективных соединений? Как ее можно устранить?

Задание 8. Клинические исследования показывают, что склеротические поражения стенок сосудов возникают в местах турбулентности потока крови (и наоборот – наличие турбулентности почти всегда свидетельствует о болезни сосудов). Предложите способ профилактики и лечения артеросклероза, основанный на этом явлении.

Задание 9. Для электросистем космических кораблей многообразного использования сложной проблемой является изготовление легких трансформаторов. Жидкое масло, которое в них применяется, плохо переносит перегрев, возникающий при спуске, нередко портится при перегрузках. Как устранить данные проблемы?

Задание 10. Для освещения внутренних помещений нефтехранилищ применяется химический светильник – эластичная пластмассовая трубка, заполненная некоторым реагентом, а внутри трубки – стеклянная ампула. При легком изгибании трубки ампула разламывается, внутрь трубки поступает новый химический компонент, что вызывает реакцию, сопровождающуюся испусканием желто-зеленого света. Светильник работает около трех часов, хотя нужен он иногда всего один час в день. Предложите способ «включать» и «выключать» такой светильник.

Задание 11. Обычно проводники в интегральных микросхемах (ИМС) делают из золота, имеющего самое малое удельное сопротивление току, но недопустимо плохую адгезию с материалом подложки. Как устранить данный недостаток?

3.3 Вопросы для самоконтроля

1. Приведите примеры (в том числе свои) разрешения противоречий во времени, в пространстве, в отношениях, в системе (системных уровнях).
2. Опишите способы разрешения физического противоречия. Приведите примеры.
3. Что такое физическое противоречие? Дайте определение.

Литература

1. Петров, В. М. Теория решения изобретательских задач – ТРИЗ : учебник / В. М. Петров. – М. : СОЛОН-Пресс, 2017. – 500 с.
2. Нарбут, Н. Н. Учебник и сборник задач по ТРИЗ / Н. Н. Нарбут, А. Ф. Нарбут. – Запорожье – Сеул, 2004. – 213 с.
3. Публикации по ТРИЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://triz.natm.ru/articles/petrov/00.htm>. – Дата доступа : 21.04.2020.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАНДАРТОВ

Цель работы: изучить основную классификацию стандартов на решение изобретательских задач, основанных на законах эволюции технических систем; применить полученные знания для самостоятельного решения технических задач.

4.1 Краткие теоретические сведения

Идея стандартов на решение изобретательских задач разрабатывалась в ТРИЗ с 1975 по 1985 год. От отдельных стандартов был сделан переход к наиболее распространенной сейчас системе из 76 стандартов (Стандарты-76), объединенных в пять классов [1–3]. Стандарты на решение изобретательских задач – это правила синтеза и преобразования технических систем, непосредственно вытекающие из законов развития технических систем и вепольного анализа.

Класс 1. Построение и разрушение вепольных систем

Подкласс 1.1. Синтез веполей

Стандарт 1.1.1. Постройка веполя. Если дан объект, плохо поддающийся нужным изменениям, и условия задачи не содержат ограничений на введение веществ и полей, задачу решают синтезом веполя, вводя недостающие элементы. Данный стандарт соответствует основному правилу вепольного анализа – переходу от невепольных систем к вепольным (простому веполю) и соответствует схеме, представленной на рисунке 11.

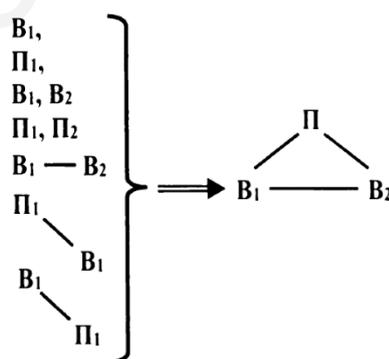


Рисунок 11 – Синтез веполей [3]

Стандарт 1.1.2. Внутренний комплексный веполь. Если дан веполь, плохо поддающийся нужным изменениям, и условия задачи не содержат ограничений на введение добавок в имеющиеся вещества, задачу решают переходом (постоянным или временным) к внутреннему комплексному веполю, вводя в V_1 или V_2 добавки, увеличивающие управляемость или придающие веполю необходимые свойства (рисунок 12).

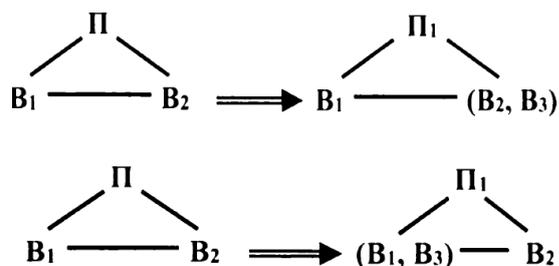


Рисунок 12 – Стандарт 1.1.2 [3]

Стандарт 1.1.3. Внешний комплексный веполь. Если дан веполь, плохо поддающийся нужным изменениям, а условия задачи содержат ограничения на введение добавок в имеющиеся вещества V_1 или V_2 , задачу решают переходом (постоянным или временным) к внешнему комплексному веполью, добавляя к V_1 или V_2 внешнее вещество V_3 , увеличивающее управляемость или придающее веполью необходимые свойства (рисунок 13).

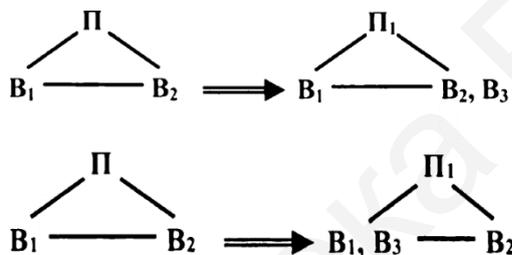
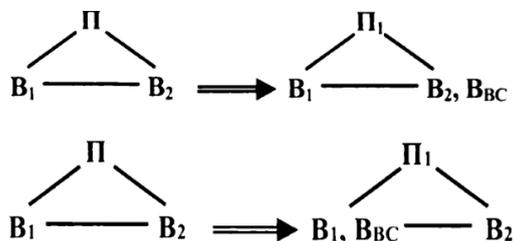


Рисунок 13 – Стандарт 1.1.3 [3]

Стандарт 1.1.4. Веполь на внешней среде. Если дан веполь, плохо поддающийся нужным изменениям, а условия задачи содержат ограничения на введение в него или присоединение к нему веществ, задачу решают достройкой веполя, используя в качестве вводимого вещества имеющуюся внешнюю среду (рисунок 14).



$V_{\text{вс}}$ – вещество внешней среды, $V_3 = V_{\text{вс}}$.

Рисунок 14 – Стандарт 1.1.4 [3]

Стандарт 1.1.5. Веполь на внешней среде с добавками. Если внешняя среда не содержит веществ, необходимых для построения веполя по стандарту 1.1.4, это вещество может быть получено заменой внешней среды, ее разложением или введением в нее добавок (рисунок 15).

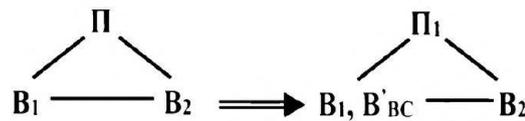


Рисунок 15 – Стандарт 1.1.5 [3]

Стандарт 1.1.6. Минимальный режим. Если требуется минимальный (дозированный, оптимальный) режим действия, а обеспечить его по условиям задачи трудно или невозможно, необходимо использовать максимальный режим, а избыток убрать. При этом избыток поля убирают веществом, а избыток вещества – полем. Избыточное действие обозначено на рисунке 16 двумя стрелками.

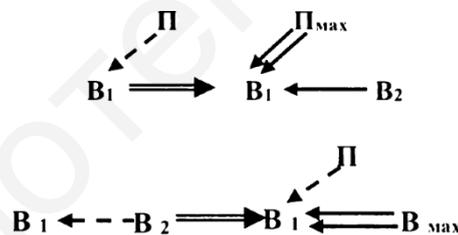


Рисунок 16 – Стандарт 1.1.6 [3]

Стандарт 1.1.7. Максимальный режим. Если необходимо обеспечить максимальный режим действия на вещество, а это по тем или иным причинам недопустимо, максимальное действие следует сохранить, но направить его на другое вещество, связанное с первым (рисунок 17).

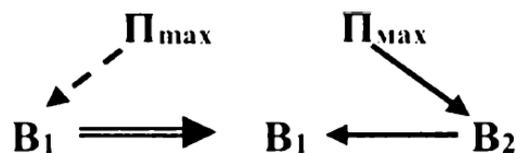


Рисунок 17 – Стандарт 1.1.7 [3]

Стандарт 1.1.8. Избирательно максимальный режим. Если требуется избирательно максимальный режим (максимальный режим в определенных

зонах при сохранении минимального в других), поле должно быть либо максимальным, либо минимальным.

Стандарт 1.1.8.1. Введение защитного вещества. В места, где необходимо минимальное воздействие, вводят защитное вещество (рисунок 18).

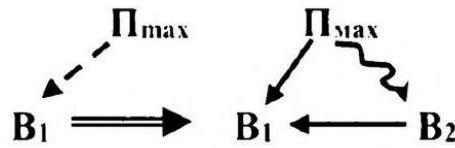


Рисунок 18 – Стандарт 1.1.8.1 [3]

Стандарт 1.1.8.2. Введение вещества, дающего локальное поле. В места, где необходимо максимальное воздействие, вводят вещество, дающее локальное поле, например, термитные составы – для теплового воздействия, взрывные составы – для механического воздействия (рисунок 19).

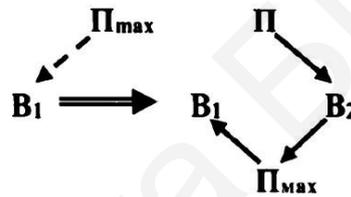


Рисунок 19 – Стандарт 1.1.8.2 [3]

Подкласс 1.2. Разрушение веполей

Стандарт 1.2.1. Устранение вредной связи введением B_3 . Если между двумя веществами в веполе возникают сопряженные действия – полезное и вредное (причем непосредственное соприкосновение веществ сохранять необязательно), задачу решают введением между двумя веществами постороннего третьего вещества, бесплатного или достаточно дешевого (рисунок 20).

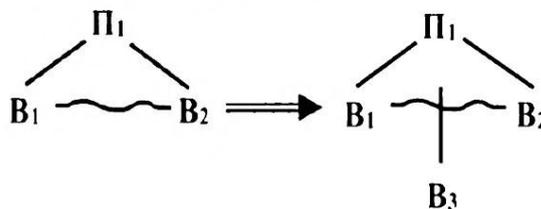


Рисунок 20 – Стандарт 1.2.1 [3]

Стандарт 1.2.2. Устранение вредной связи введением видоизмененных B_1 и/или B_2 . Если между двумя веществами в веполе возникают сопряженные действия – полезное и вредное (причем непосредственное соприкосновение веществ сохранять необязательно), а использование посторонних веществ за-

прещено или нецелесообразно, задачу решают введением между двумя веществами третьего, являющегося их видоизменением (рисунок 21).

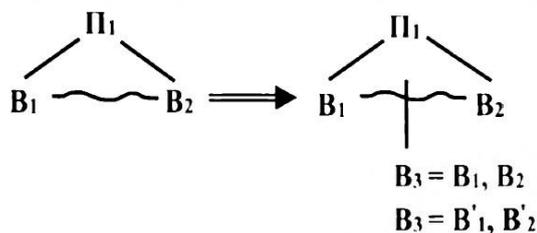


Рисунок 21 – Стандарт 1.2.2 [3]

Стандарт 1.2.3. «Оттягивание» вредного действия. Если необходимо устранить вредное действие поля на вещество, задача может быть решена введением второго элемента, оттягивающего на себя вредное действие поля (рисунок 22).

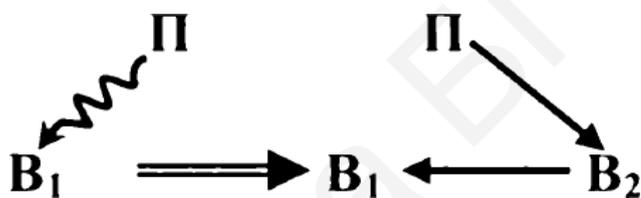


Рисунок 22 – Стандарт 1.2.3 [3]

Стандарт 1.2.4. Противодействие вредным связям с помощью Π_2 . Если между двумя веществами в веполе возникают сопряженные действия – полезное и вредное (причем непосредственное соприкосновение веществ в отличие от стандартов 1.2.1 и 1.2.2 – должно быть сохранено), задачу решают переходом к двойному веполу, в котором полезное действие остается за полем Π_1 , а нейтрализацию вредного действия (или превращение вредного действия во второе полезное действие) осуществляет Π_2 (рисунок 23).

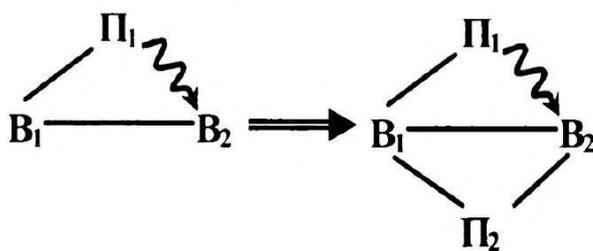


Рисунок 23 – Стандарт 1.2.4 [3]

Стандарт 1.2.5. «Отключение» магнитных связей. Если необходимо разрушить веполь с магнитным полем, задача может быть решена с применением физических эффектов, «отключающих» ферромагнитные свойства веществ, например, размагничиванием при ударе или при нагреве выше точки Кюри (рисунок 24).



Рисунок 24 – Стандарт 1.2.5 [3]

Пример решения задачи с использованием стандарта класса 1

Задача 10. Разработан новый метод терапии рака, при котором радиоактивный источник доставляется к опухоли с помощью антител: их облучают и вводят в кровь пациента. Какие стандарты использованы в данном случае?

Решение. Известно, что злокачественные опухоли разрушаются под действием радиоактивного излучения, однако непосредственное облучение организма нежелательно, так как связано с воздействием на здоровые ткани. При этом обычно дополнительно сообщается, что определенное лечебное воздействие на опухоль оказывают некоторые антитела (например, антиферритин).

Решение такой задачи без применения ТРИЗ наталкивается на множество препятствий. Выделим две основные трудности: нелегко получить удовлетворительную, работоспособную идею; нелегко определить действительную ценность полученной идеи. Отсутствие надежных критериев (при решении задач без применения ТРИЗ), с одной стороны, тормозит генерацию идей (сказывается психологическая инерция), с другой – мешает остановиться и углубить действительно хорошую идею. Применение стандартов на решение изобретательских задач, основанное на использовании законов развития технических систем, предписывает качественно другой путь.

В условии задана неработоспособная (невепольная) система. Ее необходимо изменить. Поскольку система невепольна, – ее следует синтезировать (подкласс 1.1 «Синтез веполей»). В этом подклассе всего восемь стандартов, причем область применения каждого из них (как и всех остальных) четко оговорена. В данном случае необходимо достроить веполь. В условии даны вещество (опухоль) и поле, которое воздействует на это вещество. Не хватает второго вещества, которое должно доставлять поле по назначению (управляемо перемещать поле). Таким веществом может быть антитело, которое само (вместе с потоком крови) попадает в опухоль и накапливается там.

Этот метод, названный радиоиммуноглобулиновой терапией, позволяет в 7–10 раз уменьшать объем опухоли. К недостаткам следует отнести то, что больные на протяжении примерно 10 дней являются источниками сильного излучения, поэтому их необходимо содержать в специальных палатах, где они не входят в контакт с обслуживающим персоналом. К тому же не исключено возникновение заболеваний, связанных с радиоактивным поражением здоровых органов. В связи с этим возникает новая задача: избежать радиоактивного поражения здоровых органов при использовании этого, безусловно, перспективного терапевтического метода.

Класс 2. Развитие вепольных систем

Подкласс 2.1. Переход к сложным веполям

Стандарт 2.1.1. Цепные веполи. Если необходимо повысить эффективность вепольной системы, задачу решают превращением одной из частей веполя в независимо управляемый веполь и образованием цепного веполя (рисунок 25).

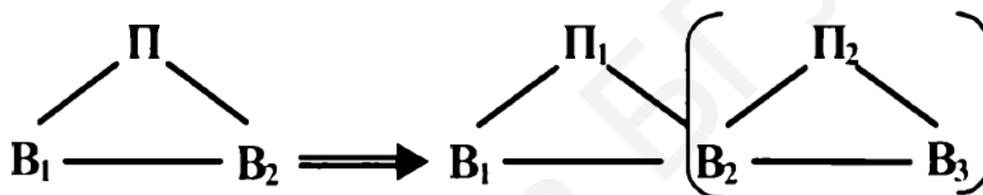


Рисунок 25 – Стандарт 2.1.1 [3]

Стандарт 2.1.2. Двойные веполи. Если дан плохо управляемый веполь и необходимо повысить его эффективность, причем замена элементов этого веполя недопустима, задача решается постройкой двойного веполя путем введения второго поля, хорошо поддающегося управлению (рисунок 26).

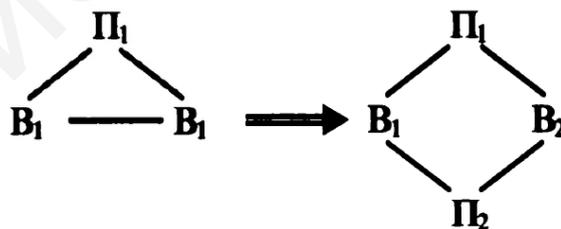


Рисунок 26 – Стандарт 2.1.2 [3]

Подкласс 2.2. Форсирование веполей. Стандарты подкласса 2.2 представляют собой механизмы исполнения законов увеличения степени управляемости и динамичности.

Стандарт 2.2.1. Переход к более управляемым полям. Если дана вепольная система, ее эффективность может быть повышена заменой неуправляемого (или плохо управляемого) рабочего поля управляемым (хорошо управляемым) полем, например, заменой гравитационного поля механическим, механического – электрическим и т. д. (рисунок 27).

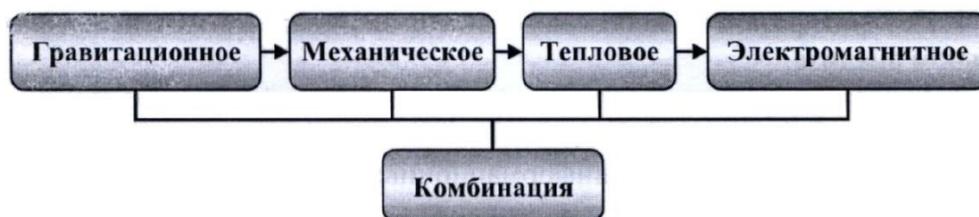


Рисунок 27 – Последовательность увеличения управляемости полей [3]

Стандарт 2.2.2. Дробление B_2 . Если дана вепольная система, ее эффективность может быть повышена путем увеличения степени дисперсности (дробления) вещества, играющего роль инструмента (рисунок 28).



Рисунок 28 – Схема тенденции увеличения степени дробления [3]

Стандарт 2.2.3. Переход к капиллярно-пористым веществам (КПВ). Эффективность веполей может быть повышена за счет использования капиллярно-пористой структуры, присущей многим вепольным системам.

Стандарт 2.2.4. Динамизация. Если дана вепольная система, ее эффективность может быть повышена путем увеличения степени динамизации, т. е. перехода к более гибкой, быстро меняющейся структуре системы.

Подкласс 2.3. Форсирование согласованием ритмики. Данный подкласс является реализацией закона согласования.

Подкласс 2.4. Веполи (комплексно-форсированные веполи). Подкласс описывает способы применения магнитного поля, ферромагнитных частиц, магнитной и реологической жидкостей.

Пример решения задачи с использованием стандарта класса 2 [4]

Задача 11. Если один и тот же цветной объект сфотографировать на черно-белую пленку дважды – через красный светофильтр и без него, а затем, после получения обычных (черно-белых) диапозитивов, спроецировать оба изображения на один экран (причем изображение, снятое через светофильтр, проецировать через такой же светофильтр), на экране появится полноцветное цветное изображение. Предложите (с помощью стандартов) способ цветной киносъемки, основанный на этом принципе.

Решение. Предлагается использовать новый эффект с окончательно невыясненным принципом действия. Предполагается, что здесь срабатывает один из механизмов психофизиологического восприятия цвета, поскольку в любой точке экрана объективно присутствует только красный цвет различной степени яркости. Тем не менее эффект можно применять даже в таком, «непроявленном» виде. В конечном счете для решения задачи необходимо не выявлять суть эффекта, а только использовать его в известной технической системе для создания принципиально новой системы.

Итак, следует обеспечить цветную киносъемку (и демонстрацию цветного изображения) на черно-белую киноплёнку с помощью описанного эффекта. К данной ситуации ближе всего стандарт «Согласование несовместимых или ранее независимых действий», предусматривающий совершение одного действия в паузах другого, причем стандарт имеет в виду действие полей. В этом случае задача не может быть сведена точно к известным стандартам, однако приближение названного стандарта дает весьма значительную точность: очевидно, необходимо при съемке чередовать кадры, снятые через светофильтр и без светофильтра. Аналогичная задача возникает при демонстрации фильма и решается таким же образом. Практически это реализуется с помощью вращающегося перед объективом камеры диска с чередующимися красными и бесцветными светофильтрами.

Такую камеру (для передачи телевизионного изображения) разработала для станции «Скайлэб» французская фирма «Анженье». Известны эксперименты английских ученых по передаче цветного изображения с помощью черно-белых телевизионных передатчиков и приемников, также основанные на одном из невыясненных механизмов зрения. Возможно, со временем эти эффекты позволят значительно упростить и удешевить цветное телевидение, а также сделать излишней длительную и сложную обработку цветных фотоматериалов.

Класс 3. Переход к надсистеме и на микроуровень [4]

Подкласс 3.1. Переход к бисистемам и полисистемам. Наряду с «внутрисистемным» совершенствованием существует линия «внешнесистемного» развития: на любом этапе внутреннего развития система может быть объединена с другими системами в надсистему с новыми качествами:

- системный переход 1-а: образование бисистем и полисистем;
- развитие связей в бисистемах и полисистемах;
- системный переход 1-б: увеличения различий между элементами;
- свертывание бисистем и полисистем;
- системный переход 1-в: противоположные свойства целого и частей.

Подкласс 3.2. Переход на микроуровень. Есть два пути перехода к принципиально новым системам: переход к надсистеме («путь вверх» – стандарты подкласса 3.1) и переход к использованию «глубинных» подсистем («путь вниз» – подкласс 3.2):

- системный переход 2: переход на микроуровень.

Примеры решения задач с использованием стандарта класса 3

Задача 12. Детекторы, применяемые для поиска оружия в багаже авиапассажиров, обладают существенным недостатком: если частота электромагнитного сигнала мала, – детектор срабатывает просто от суммарной массы металла, например, от четырех-пяти банок с аэрозолем; если же частота велика, – детектор реагирует больше на плотность металла и срабатывает, например, от ключа в кармане. Как усовершенствовать прибор, чтобы он срабатывал только при наличии в багаже оружия (т. е. металла плотного и массивного)?

Решение. Перед нами – типичное противоречие в системе. Инструмент (электромагнитное поле) должен одновременно иметь высокую и низкую частоту. Электромагнитные поля используются сейчас в технике очень широко. И так же часто повышение эффективности их использования наталкивается на только что сформулированное противоречие.

Необходимо улучшить технические показатели системы, а здесь имеются препятствия принципиального характера. Стандарт «Системный переход 1-в: противоположные свойства целого и частей» рекомендует выход в надсистему, при этом частички системы выполняют одно требуемое действие (или имеют одно требуемое свойство), а вся система в целом – противоположное. В данном случае (для решения обеих задач) необходимо применять высокочастотное электромагнитное поле – промодулированное по амплитуде низкой частотой. Таким образом, один электромагнитный сигнал совмещает в себе два противоположных требования, обладает двумя прямо противоположными свойствами.

Такое совмещение требований (свойств) давно известно в радиотехнике. Так, фирма «Электроник системз саппорт» (отделение фирмы «Вестингауз»), которая производит детекторы, применяет два источника электромагнитного поля различной частоты, причем сигнал опасности подается только при одновременном срабатывании обеих линий контроля.

Задача 13. Предложите электромагнитную систему определения месторасположения самолета, пригодную для полетов на рейсовых трассах.

Решение. Ограничение – «рейсовые трассы» – намного облегчает построение необходимой технической системы. Рейсовость говорит о регулярности полетов в данном районе. Таким образом, эксплуатация ТС

должна быть достаточно продолжительной, система должна работать постоянно (или почти постоянно). Как и в предыдущей задаче, создавая новую техническую систему, желательно воспользоваться стандартами подкласса 3.1 «Переход к бисистемам и полисистемам». Указание к переходу в надсистему необходимо конкретизировать с помощью таблиц применения физических эффектов и явлений.

Совместное применение стандартов и таблиц показывает, что необходимо получить в значительных масштабах стабильное электромагнитное поле, свойства которого изменяются известным образом от точки к точке. На самолете достаточно иметь только сравнительно небольшое (и дешевое) устройство для определения параметров этого свойства. Такую систему «Омега» описывает английский журнал «Флайт Интернейшнл» (том 103, №3336). Она основана на непрерывном синхронном излучении несколькими наземными радиостанциями сверхдлинных радиоволн. В зоне полетов сигналы создают интерференционную картину с максимумами и минимумами амплитуды. При этом в пространстве образуется стационарная сеть «линий», которые легко «прочитываются» несложным устройством, размещенным на борту самолета.

Класс 4. Стандарты на обнаружение и изменение систем [4]

Подкласс 4.1. Обходные пути. Измерения и обнаружения в системах обслуживают главное – «измерительное» – действие. Поэтому следует так перестроить главное действие, чтобы оно исключало необходимость (или сводило к минимуму) измерительно-обнаружительного действия, но не в ущерб точности:

- вместо обнаружения и изменения – изменение систем;
- использование копий;
- измерение – два последовательных обнаружения.

Подкласс 4.2. Синтез измерительных систем. В синтезе измерительных систем проявляется тактика, типичная для синтеза «измерительных» систем: любым путем достроить веполь, вводя недостающие вещества или поля. Отличается синтез измерительных веполей тем, что структура веполя должна обеспечить получение поля на выходе:

- «измерительный» веполь;
- комплексный «измерительный» веполь;
- «измерительный» веполь на внешней среде;
- получение добавок во внешней среде.

Подкласс 4.3. Форсирование измерительных веполей. Измерительные веполи могут быть форсированы за счет применения физических эффектов и согласования ритмики:

- использование физических эффектов;
- использование резонанса контролируемого объекта;
- использование резонанса присоединенного объекта.

Подкласс 4.4. Переход к фепольным измерительным системам.

Измерительные веполы имеют особенно выраженную тенденцию перехода в фепольный ряд:

- «измерительный протофеполь»;
- «измерительный» феполь;
- комплексный «измерительный» феполь;
- «измерительный» феполь на внешней среде.

Подкласс 4.5. Направление развития измерительных систем.

Развитие измерительных веполей совершается обычными системными переходами, но имеет и специфические особенности:

- переход к бисистем и полисистем;
- переход к измерению производных.

Примеры решения задач с использованием стандарта класса 4 [4]

Задача 14. Установлено, что время релаксации ядерного спина протонов различно для нормальной и раковой ткани. Как использовать это явление для диагностики и лечения?

Решение. Причина разного времени релаксации спина пока не установлена. Возможно, это связано с тем, что внутриклеточная вода в опухолях имеет менее выраженную структуру или опухоли содержат больше воды. Тем не менее, даже не зная точной причины явления, можно использовать его по известным количественным характеристикам. Как это сделать, подсказывает соответствующий стандарт «Вместо обнаружения и изменения – изменение систем», где речь идет об обнаружении и измерении систем. То есть речь идет как об измерении, так и об изменении системы.

По контрольному ответу метод измерения ядерного магнитного резонанса биологической ткани применяется только для диагностики: определяется наличие или отсутствие злокачественных образований. Если же следовать предписанию стандарта, то логично предположить принципиальную возможность с помощью изменения времени релаксации ядерного спина протонов известными в физике методами повлиять на рост злокачественных опухолей.

Задача относится к области перспективных и потому проблематичных разработок. В таких случаях, безусловно, легче воспользоваться эффектами, причины которых выяснены с достаточной степенью точности. Однако не следует исключать (особенно при планировании исследовательских работ) направлений, подсказанных новыми, еще недостаточно исследованными эффектами, если к тому же эти направления явно не противоречат известным законам природы и законам развития технических систем.

Задача 15. В обычных условиях пилот гражданского реактивного лайнера должен следить за показаниями около 300 приборов. При посадке, когда все внимание пилота приковано к лобовому стеклу,

резко возрастает опасность не заметить критическое показание одного из приборов, т. е. пилот должен смотреть на приборы и не должен смотреть на приборы. Как устранить данное противоречие? Как это лучше сделать с помощью стандартов?

Решение. Прежде всего отметим, что перед нами – задача на обнаружение. Необходимо обнаруживать нежелательные отклонения в показаниях приборов (и в то же время не смотреть на эти приборы). В данном случае следует применять стандарт «Использование копий». Если нет возможности контролировать отклонения одновременно по приборам и лобовому стеклу, которое при посадке является основным источником информации, требуемые операции можно осуществлять с их оптическими копиями.

Контрольный ответ (разработка Японского научно-исследовательского авиационного института в Токио): показания приборов отображаются на полупрозрачное стекло, которое крепится к лобовому стеклу кабины. Таким образом, пилот может одновременно, не отвлекаясь от наблюдения за посадочной полосой, видеть показания необходимых приборов.

Класс 5. Стандарты на применение стандартов [4]

Подкласс 5.1. Особенности введения веществ. При постройке, перестройке и разрушении веполей часто приходится вводить новые вещества. Их введение связано либо с техническими трудностями, либо с уменьшением степени идеальности системы. Поэтому вещества надо «вводить, не вводя», и использовать различные обходные пути:

- обходные пути;
- разделение изделия на взаимодействующие части;
- самоустранение отработанных веществ;
- использование надувных конструкций и пены.

Подкласс 5.2. Введение полей. При постройке, перестройке и разрушении веполей часто необходимо вводить новые поля:

- использование полей по совместительству;
- введение полей из внешней среды;
- использование веществ-источников полей.

Подкласс 5.3. Фазовые переходы. Противоречивые требования к вводимым веществам и полям могут быть удовлетворены использованием фазовых переходов:

- фазовый переход 1: замена фазового состояния вещества;
- фазовый переход 2: двойственное фазовое состояние;
- фазовый переход 3: использование сопутствующих явлений;
- фазовый переход 4: переход к двухфазному состоянию;
- взаимодействие фаз.

Подкласс 5.4. Особенности применения физических эффектов.

Многие стандарты предусматривают применение физических эффектов или могут быть использованы вместе с ними. При этом необходимо учитывать некоторые приемы, повышающие результативность применения физических эффектов:

- самоуправляемые переходы.
- усиление поля на выходе.

Подкласс 5.5. Экспериментальные стандарты:

- получение частиц вещества разложением;
- получение частиц вещества соединением;
- получение частиц вещества разложением и соединением.

Примеры решения задач с использованием стандарта класса 5 [4]

Задача 16. Многие способы диагностики онкологических заболеваний основаны на обнаружении веществ, накапливающихся в опухолях. Обнаружено вещество (селенометионин), накапливающееся там уже на ранних стадиях заболевания. Как использовать его для лечения?

Решение. В самом условии заложено применение стандарта «Вместо обнаружения и изменения – изменение систем» из класса 4: необходимо перейти от диагностики к лечению, от измерения системы к ее изменению. Известно, что чем раньше приступить к лечению, тем эффективнее терапевтические средства (на поздних стадиях заболевания применение этих средств практически не дает положительных результатов). Целесообразно в профилактических целях периодически вводить в организм противораковые препараты. Однако делать это нужно крайне осторожно, поскольку в больших количествах такие препараты вредны и для здоровых тканей. Таким образом, в организм необходимо ввести некоторую добавку и нельзя вводить эту добавку. Такое противоречие помогает разрешить стандарт «Добавку вводят в очень малых дозах, но размещают ее концентрированно – в отдельных частях объекта». Другими словами, добавка-лекарство должна сама накапливаться в тех частях организма, где только начинает образовываться злокачественная опухоль. Таким носителем может стать, например, селенометионин.

Задача 17. Предложите способ демонстрации стереокинофильмов с помощью обыкновенной (и единственной) стандартной кинопроекторной установки (обычно для этого используют два проектора). Какими усложнениями надсистемы придется компенсировать простоту этого способа?

Решение. По контрольному ответу изображение для каждого глаза совмещается на одном кадре киноплёнки (рядом или друг над другом), а проекционная камера снабжается поворотными призмами, которые обеспечивают поляризацию изображений и их совмещение. Просмотр фильма

осуществляется через поляризационные очки. Преимущества такого способа заметны: уже нет необходимости в принудительной синхронизации работы двух кинопроекторных установок. Усложнения надсистемы, на первый взгляд, оправданы: поляроидные очки и до этого применялись при демонстрации стереокинофильмов, сложность в изготовлении киноплёнки при массовом тиражировании быстро окупается. Однако есть и нерационально усложняющее звено – призма.

Пример хорошо показывает процесс трансформации технической системы, вернее, ее последовательное приближение к виду, диктуемому законами развития технических систем. Возникла сложность с синхронизацией кадров на разных киноплёнках – совместим изображения на одном кадре. Однако чрезмерное совмещение также не дает хороших результатов. Целесообразнее все же изображения для правого и левого глаза сжимать на различные кадры, но на одну плёнку (реализация стандарта «Раздвоение вещества»). Усложнение процесса изготовления плёнки по сравнению со способом-прототипом незначительное (изготовление становится даже более простым). Отсутствует необходимость в регулировке положения изображений, плёнка приближается к стандартному виду, не меняется размер и форма кадров.

4.2 Индивидуальные задания

Задание 1. Дождевальная машина имеет горизонтально расположенный поливной трубопровод длиной 40 м, вращающийся вокруг вертикальной оси, проходящей через центр трубопровода. Чтобы трубопровод не сломался, его поддерживает рама из дюралевых балок и стальных тросов-расчалок. В целом сооружение имеет немалый вес и потому нуждается в сильном двигателе. Какие изменения следует ввести в систему? На каких стандартах основаны эти изменения?

Задание 2. Необходимо разработать способ изготовления длинных и тонких стальных пружин. Внутренний диаметр пружины 2 мм, толщина проволоки 1 мм, длина пружины 400 мм. В нерастянутом состоянии витки пружины должны прилегать друг к другу. Какой стандарт следует использовать? Как выглядит конкретное техническое решение?

Задание 3. При нагреве стальных заготовок под обработку давлением (прокатка, прессование и т. д.) до температуры 1000–1200 °С, начиная с температур, превышающих 800–850 °С, поверхность заготовок интенсивно окисляется и обезуглероживается. Как предотвратить окисление и обезуглероживание поверхности, сохранив способ нагрева заготовок – контактный или индукционный?

Применение для этой цели различного рода обмазок и покрытий нежелательно, а использование защитных атмосфер усложняет технологический процесс.

Задание 4. Затонувшие корабли поднимают с помощью понтонов, т. е. больших емкостей, прикрепляемых к кораблю. Понтоны наполняют водой, опускают на дно, крепят к кораблю, а потом вытесняют (сжатым воздухом) воду из понтонов. Понтоны всплывают и тянут за собой корабль. Крепление понтонов осуществляют водолазы. Под кораблем протягивают тросы и с двух сторон крепят понтоны. Этот процесс усложняется, если корабль глубоко сидит в иле (так бывает часто). Водолазы не могут работать в иле. Кроме того, ил держит корабль, «цепляясь» за корпус и создавая при подъеме огромную силу, удерживающую корабль на дне. Если слой ила тонкий, его еще можно смыть струей воды, подаваемой под давлением. Но чаще всего слой ила толстый (корабль всем корпусом сидит в иле) и плотный. Размыв ила идет медленно (используют землесосные устройства). В случае шторма корабль снова окажется в иле. Необходимо найти эффективный способ борьбы с вредным действием ила.

Задание 5. В экспериментальной установке для очистки загрязнений с внутренних поверхностей труб используют «ерш» – длинный стержень с выступающей во все стороны «щетинной» из тонкой проволоки. «Ерш» передвигают «туда-сюда», постепенно отдирая плотную корку загрязнений со стенок трубы. Работа медленная и тяжелая. Был изготовлен «ерш с вибратором», производительность очистки повысилась незначительно. По условиям задачи нельзя предлагать другие способы и устройства для очистки. Инструментом должен оставаться «ерш» или «ерш с вибратором». Очищаемые трубы жестко прикреплены к громоздкой и сложной аппаратуре. Поэтому в данном случае попытка настроиться на резонансную частоту труб ничего не дает. Какой стандарт следует использовать? Как?

Задание 6. При электрококсовании угля воздух подают снизу через слой кускового угля, лежащий на колосниковой решетке. Схема следующая: решетка – крупные куски угля – мелкие куски угля (крупные куски нужны, чтобы мелкие не провалились). Но уголь горюч, крупные куски угля воспламеняются, происходит нежелательный разогрев решетки. Попробовали заменить слой крупного угля защитным слоем из чего-то негорючего (кварцита, фосфориты, углекислый кальций) – перегрева колосников нет, но защитный слой смешивается с получаемым коксом, продукция загрязняется. Что предпринять в таком случае? Решите задачу по стандартам.

Задание 7. В авторском свидетельстве №578984 описан способ очистки отработанного масла. Согласно ему в качестве фильтрующего материала используют пористый магнитный металлокерамический материал, хорошо улавливающий стальные частицы. Сформулируйте задачу, связанную с дальнейшим развитием этого способа. Как решается задача?

Задание 8. Фонтан – техническая система и, следовательно, должен развиваться. Предложите новую конструкцию фонтана. Речь идет о технической конструкции, не об архитектуре. При этом, кроме новизны, должны быть достигнуты «полезность» и эстетический эффект.

Задание 9. Флаг – полотнище, укрепленное на древке. Спрогнозируйте развитие этой системы, используя стандарты.

Задание 10. Красивые гранитные плиты – это бывшие каменные глыбы, распиленные и отполированные. Камнерезный станок дает грубую поверхность, ее сразу не отполируешь: слишком большой припуск необходимо снять. Поверхность камня предварительно обрабатывают ультразвуком в какой-нибудь среде. Но на твердой холодной поверхности камня это медленный процесс. Пытались обрабатывать камень ультразвуком в горячей среде, но тогда обработка идет слишком интенсивно, и камень даже растрескивается. То есть время, сэкономленное на обработке, приходится тратить на тщательный контроль поверхности, а для этого процесс обработки приходится часто прерывать. Как решить данную проблему?

Задание 11. Прототип изобретения: «Способ резки стекла, включающий нанесение надреза на поверхность стекла и образование сквозной трещины путем сообщения акустических колебаний...» Какими должны быть дальнейшие изобретения, если учесть общую схему развития системы? Каким стандартам соответствуют эти изобретения?

Задание 12. Ответственные детали приборов и механизмов хранят упакованными в пластиковую пленку, после снятия которой необходимо убедиться, что на приборе или механизме не осталось ни малейших кусочков налипшей пленки. Как это сделать?

Задание 13. Известен способ бестраншейной прокладки трубопроводов продавливанием (например, под шоссе или полотном железной дороги). Для уменьшения сопротивления между боковыми стенками трубы и грунтом в скважину подают воду. Как усилить действие воды?

4.3 Вопросы для самоконтроля

1. Опишите систему 76 стандартов на решение изобретательских задач.
2. Сколько классов стандартов в системе 76 стандартов?
3. Для чего предназначен каждый из классов стандартов? Опишите каждый из классов.
4. Опишите алгоритм использования стандартов.

Литература

1. Стандартные решения изобретательских задач. 76 стандартов. Официальный фонд Г. С. Альтшуллера (автора ТРИЗ-РТВ-ТРТЛ)

www.altshuller.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.altshuller.ru/triz/standards.asp>. – Дата доступа : 30.03.2020.

2. Петров, В. История развития системы стандартов. Информационные материалы / В. Петров. – Тель-Авив, 2003. – 126 с.

3. Петров, В. М. Теория решения изобретательских задач – ТРИЗ : учебник / В. М. Петров. – М. : СОЛОН-Пресс, 2017. – 500 с.

4. Нарбут, Н. Н. Учебник и сборник задач по ТРИЗ / Н. Н. Нарбут, А. Ф. Нарбут. – Запорожье – Сеул, 2004. – 213 с.

Библиотека БГУИР

Практическое занятие №5

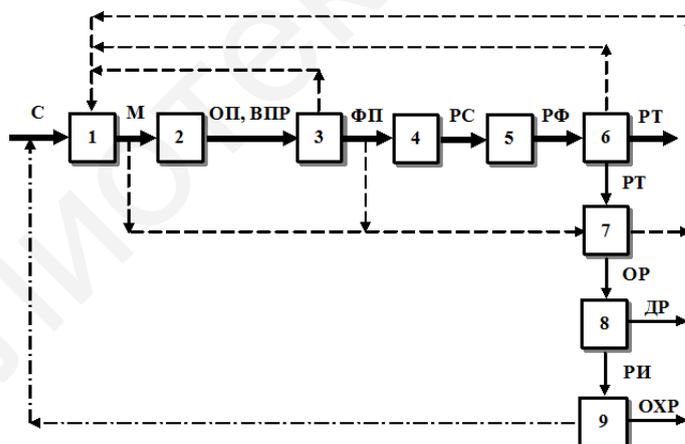
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

Цель работы: изучить законы развития технических систем, предназначенные для анализа изобретательских задач, для выявления и разрешения скрытых противоречий, а также применить полученные знания для самостоятельного решения нестандартных технических задач.

5.1 Краткие теоретические сведения

Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) – раздел теории решения изобретательских задач, предназначенный для решения нестандартных (с точки зрения ТРИЗ) задач повышенной сложности. АРИЗ разработан Генрихом Альтшуллером и представляет собой алгоритмическую программу для детального анализа задачи с пошаговым продвижением к ответу.

Первая модификация появилась в 1959 году (АРИЗ-59). Имелись модификации АРИЗ-61, АРИЗ-64, АРИЗ-71, АРИЗ-77, АРИЗ-82. Последней является модификация АРИЗ-85-В (рисунок 29) [2].



- 1 – анализ задачи; 2 – анализ модели задачи; 3 – определение ИКР и ФП;
4 – мобилизация и применение вещественно-полевых ресурсов;
5 – применение информационного фонда; 6 – изменение и/или замена задачи; 7 – анализ способа устранения ФП; 8 – применение полученного ответа; 9 – анализ хода решения; С – ситуация; М – модель;
ОП – оперативные параметры; ВПР – вещественно-полевые ресурсы;
ФП – физическое противоречие; РС – структурное решение;
РФ – физическое решение; РТ – техническое решение; ОР – оценка решения; ДР – другие решения; РИ – развитие идеи

Рисунок 29 – Структурная схема АРИЗ-85-В

АРИЗ-85-В содержит девять частей [2]:

1. Анализ задачи.
2. Анализ модели задачи.
3. Определение ИКР и ФП.
4. Мобилизация и применение вещественно-полевых ресурсов.
5. Применение информационного фонда.
6. Изменение и/или замена задачи.
7. Анализ способа устранения ФП.
8. Применение полученного ответа.
9. Анализ хода решения.

1. Анализ задачи.

Прежде чем приступить к решению задачи по АРИЗ, целесообразно ее сформулировать, так как чаще всего заказчик предоставляет не задачу, а достаточно туманную ситуацию (С). Такую ситуацию называют изобретательской, и, как правило, она содержит несколько поверхностных противоречий (ПП). Выбор задачи из изобретательской ситуации сводится практически к выбору поверхностного противоречия.

Цель АРИЗ – перейти от поверхностного противоречия к модели (М) задачи, представляющей собой два элемента системы: конфликтующую пару и углубленное противоречие (УП) между ними.

АРИЗ свойственно постепенное сужение анализируемой области (области рассмотрения) в системе. Вначале рассматривается изобретательская ситуация со многими элементами и конфликтами. Из всех элементов отбирают только два, входящих в конфликтующую пару, – изделие и инструмент, а затем переходят от пары элементов к одному, который и изучается на следующих частях АРИЗ.

В конце первой части модель представляют в вепольном виде и преобразуют в соответствии с тенденциями развития вепольных систем. Иногда это приводит к решению задачи.

2. Анализ модели задачи.

Во второй части АРИЗ в модели задачи предельно сужают область исследования, определяя оперативные параметры (ОП): оперативную зону, оперативное время и вещественно-полевые ресурсы (ВПР).

3. Определение ИКР и ФП.

В третьей части АРИЗ определяют идеальный конечный результат (ИКР) и обостренное противоречие (ОбП).

Формулируя ОбП, необходимо следить за выполнением логики АРИЗ. Если она не соблюдена, то следует вернуться к первой части и откорректировать модель задачи (стрелка обратной связи, показанная на рисунке 29 вверху). Кроме того, осуществляют попытку получить структурное решение, используя стандарты на решение изобретательских задач. Если решение найдено, то его проверяют, переходя к седьмой части

(стрелка внизу на рисунке 29) и продолжают решение, начиная с четвертой части.

4. Мобилизация и применение вещественно-полевых ресурсов.

В четвертой части мобилизуют и применяют вещественно-полевые ресурсы, выявленные во второй части. Использование ВПР позволяет получить решение, более приближенное к идеальному результату.

5. Применение информационного фонда.

Пятая часть АРИЗ предназначена для разрешения обостренного противоречия. Для этой цели используется информационный фонд (стандарты на решение изобретательских задач, задачи-аналоги, технологические эффекты, приемы). Если решение найдено, то переходят к седьмой части и проверяют его, а затем продолжают решение по частям 6–9.

6. Изменение и/или замена задачи.

Основная цель шестой части АРИЗ – переход от физического решения к техническому. Для этого необходимо сформулировать технический способ осуществления физического решения, разработать конструктивное воплощение и технологическую реализацию. Если решение не получено, то рекомендуется вернуться к первой части (на рисунке 29 это показано в виде петли обратной связи), заново сформулировать УП и решать задачу. Если и в этом случае не получено решение, то снова формулируют модель задачи, выбрав другое ПП. При необходимости такое возвращение совершают несколько раз – с переходом к надсистеме (системе более высокого ранга).

7. Анализ способа устранения ФП.

В седьмой части алгоритма осуществляется анализ полученного решения и определение его пригодности для конкретных производственных условий, т. е. проводится оценка решения (ОР). Один из приемов оценки решения – это сравнение его с ИКР. Степень близости полученного решения к ИКР определяет качество полученного решения.

В результате оценки решения могут возникнуть две ситуации: полученное решение приемлемо или неприемлемо. В первом случае идею решения развивают с помощью восьмой части и оценивают ход решения в девятой части. Когда решение по каким-то причинам не устраивает, то целесообразно вернуться к первой части (петля обратной связи на рисунке 29 показана штрихпунктирной линией) и сформулировать другую модель задачи. Если решение подходит, то следует проверить (по патентным данным) формальную новизну полученного решения и выявить подзадачи, возникающие при технической разработке полученной идеи, записать возможные подзадачи – изобретательские, конструкторские, расчетные, организационные. После этого развивают идею решения и оценивают ход решения в соответствии с восьмой и девятой частями.

8. Применение полученного ответа.

В восьмой части развивается идея решения по трем направлениям. Первоначально определяется соответствие полученного решения надсистеме, куда должна входить рассматриваемая в задаче система. Такое соответствие зависит от уровня полученного решения: принципиально новое или не принципиально новое.

Если решение не принципиально новое, то оно подстраивается под систему и надсистему. Прежде всего следует выяснить взаимосвязи разработанной системы с другими системами, надсистемой и внешней средой и обеспечить процесс их взаимодействия так, чтобы не вызывать взаимных отрицательных явлений. Это осуществляется в соответствии с законами развития технических систем, например, согласованием параметров, форм, связей, веществ и полей вновь создаваемой системы с надсистемой и окружающей средой. Кроме того, происходит согласование процессов по времени, в частности, согласование ритмики работы.

Если при этом выявляются какие-то недостатки, то они устраняются. Часто в таких случаях устранение недостатков является новой задачей, которая тоже может быть решена по АРИЗ.

После этого решение дорабатывается конструктивно, технологически, разрабатываются мероприятия по использованию полученного решения.

Если решение принципиально новое, то для его осуществления, как правило, следует изменить надсистему.

Второе направление развития идеи решения – использование полученного решения по новому назначению – предназначено для выполнения других функций, для других систем.

Третье направление – применение полученной идеи решения для решения других задач. Так формулируются новые стандарты на решение изобретательских задач. Таким образом, на выходе восьмой части мы получаем развитие идеи (РИ) и другие решения (ДР).

9. Анализ хода решения.

Цели девятой части – совершенствование навыков пользования АРИЗ и усовершенствование самого АРИЗ.

Такая операция проводится путем сопоставления идеального хода решения задачи по всем шагам АРИЗ с реальным ходом.

После получения решения достаточно легко представить идеальный ход решения, так как полученный результат помогает увидеть наиболее быстрый, легкий и точный путь, ведущий к вершине решения. При сравнении реального решения с идеальным легче обнаружить просчеты и неточности, допущенные при решении. Следует тщательно разобраться в причинах этих ошибок, запомнить их и учесть при решении других задач. За счет такого анализа совершенствуется методика решения, значительно эффективнее и быстрее происходит ее освоение.

Иногда ошибки совершаются не по причине незнания АРИЗ, а из-за его несовершенства. Тогда такие ошибки собираются и систематизируются, чтобы устранить недостатки алгоритма решения изобретательских задач. Так постепенно совершенствуется АРИЗ.

Задача 18. Известно, что летящий к земле предмет находится в состоянии невесомости. Это так называемая «невесомость падения». Ее можно определить как отсутствие реакции опоры. Чем дольше длится свободное падение, тем дольше предмет находится в состоянии невесомости. Этим воспользовались инженеры и в середине прошлого века создали стенды для проведения научных экспериментов и отработки некоторых перспективных космических технологий. Такие стенды существовали еще в семидесятые годы в США, в Центре космических исследований имени Д. Маршалла (сброс с башни) и в центре Льюиса (шахта глубиной 170 м). Приборы помещались в специальные контейнеры, снабженные амортизирующими системами, предназначенными для защиты от удара при приземлении.

При проведении экспериментов оказалось, что существенное влияние на контейнер с приборами оказывает воздух. При сбрасывании с башни на контейнер действует еще и ветер. В шахте ветра нет, но торможение за счет трения о воздух приводит к появлению внутри контейнера небольшой весомости, достигающей сотых долей нормального ускорения свободного падения. Это недопустимо для целого ряда экспериментов. Как устранить погрешность?

В связи с отсутствием возможности проводить патентные исследования коротко рассмотрим историю решения этой задачи.

Наиболее массовыми являются варианты решений, связанные с компенсацией возникающего воздушного сопротивления. Это предлагалось делать с помощью ракетных двигателей, пропеллерных систем, тянущих систем (например, приводимых в движение электромоторами канатов, протянутых по всей длине шахты с закрепленным на них контейнером). Предлагаемые средства должны компенсировать сопротивление воздуха (ракетные или пропеллерные системы) или самостоятельно обеспечивать движение падающего контейнера с требуемым ускорением (канаты). Но все эти варианты значительно усложняют систему. Например, применение ракетных двигателей потребует обеспечения высокой точности регулирования тяги.

Сложности возникнут и при эксплуатации шахты, в которой перед сбросом контейнера предлагается откачивать воздух. В такой шахте придется создавать герметичную оболочку по всей боковой поверхности (для предотвращения подсоса воздуха из земных пород), использовать вакуумные насосы большой мощности, шлюзовые камеры. Персонал должен работать в скафандрах.

Все эти решения возможны, но неудобны для практического применения. Итак, в процессе падения приборы должны двигаться с ускорением, точно соответствующим величине g .

Как уже отмечалось, АРИЗ содержит развернутую первую часть, в рамках которой проводится предварительное исследование проблемной ситуации. Выполнение этого этапа требует длительного времени. Первые шаги второй части также требуют значительных затрат времени, необходимого для использования патентных фондов. Поэтому решение будет проводиться с шага 2-3, на котором формулируется уже поставленная, предварительно обработанная задача [1–3].

Решение

Шаг 2-3

Дана система, состоящая из вертикальной шахты, контейнера, приборов. Даны воздух, заполняющий шахту, а также сила притяжения Земли. Свободному падению контейнера с приборами мешает сопротивление воздуха.

Шаг 2-4

Разделим элементы на изменяемые и неизменяемые.

Контейнер – искусственный элемент, его можно менять. Шахта – технический, искусственный элемент и формально его также можно менять.

Воздух – природный элемент, менять его сложно.

Приборы – элемент технический, но мы занесем его в список неизменяемых.

Выбор изменяемого элемента является важнейшим этапом алгоритма. Именно к изменяемому элементу будут предъявлены требования идеального конечного результата, на его основе возникнет комплекс противоречивых требований, которые впоследствии придется устранять.

Иными словами, выбирая изменяемый элемент, выбирается путь дальнейшей работы, будущее решение. В АРИЗ была процедура, согласно которой в качестве изменяемого надо было выбирать элемент, максимально далеко отстоящий от сути конфликта. В этом была своя логика, ведь чем дальше от уже существующего конфликта, тем меньшее количество дополнительных требований и ограничений наложено на объект.

Но очень скоро Г. С. Альтшуллер увидел, что понятие «элемента, далеко отстоящего от зоны конфликта», очень неопределенно, и ввел в алгоритм принципиальное изменение. Теперь предлагалось выбирать в качестве изменяемого элемента такой, который стоит максимально близко к конфликту.

В данном случае в качестве изменяемого элемента нами предварительно был выбран контейнер. Рассмотрим внимательно все перечисленные элементы и оценим возможность их изменения. Такую работу целесообразно совершать в отношении каждого из анализируемых элементов.

Шахта. Сама шахта – это искусственное сооружение и, конечно, его параметры можно менять: насыщать шахту специальными механизмами

и устройствами, изменять длину ствола. При этом стоит оценить масштабы изменений. Шахта – объект изменяемый, но приступать ее к изменению стоит в последнюю очередь.

Воздух. Природный объект. Воздух также можно менять: удалять газы или заменять их на специально подобранные, например гелий, как более «скользящий», создающий меньше трения при обтекании. Но эти изменения обязательно потребуют изменения шахты. Воздух менять также нежелательно, как и шахту.

Контейнер. Довольно простая техническая система, имеющая незначительные размеры. В конкретной ситуации контейнеры меняют довольно часто, после нескольких циклов испытаний. Значит, процесс замены контейнера не будет болезненным. Контейнер считается легко изменяемым объектом.

Приборы. Их можно менять, например, потребовать от ученых, чтобы приборы имели малое сечение для уменьшения трения о воздух. Но приборы в рамках задачи являются обрабатываемым изделием. Будем считать, что «покупатель всегда прав», и оставим приборы без изменений.

Рассмотрим теперь, как связаны перечисленные элементы с сутью конфликта. Конфликт состоит в том, что воздух тормозит контейнер с приборами. Шахта в конфликте не фигурирует. Конфликт останется, даже если шахты не будет. В зоне конфликта воздух и контейнер.

На основании произведенной экспертной оценки выбираем в качестве наиболее легко изменяемого элемента контейнер.

Шаг 2-5

Контейнер.

Шаг

3-1

Сформулируем идеальный конечный результат.

ИКР: контейнер сам предотвращает замедление приборов во время их падения, продолжая защищать от удара.

Шаг 3-2



Рисунок 30 – Графическое изображение исходной ситуации («было») и ИКР («стало»)

Здесь: «Было» – контейнер тормозится о воздух и передает это торможение приборам, «Стало» – приборы перестают контактировать с воздухом (контейнер продолжает тормозиться о воздух, но не передает это торможение приборам).

Следует иметь в виду, что шаг 3-2 очень важен, ведь именно на нем впервые, пусть элементарно, возникает некая схема – предвестник формулировки физического противоречия. Различные изображения могут привести к различным формулировкам конфликтов в выделенной части и различным противоречиям. Неаккуратное выполнение этого внешне вспомогательного шага приводит к тому, что решающий не может построить физическое противоречие). Внимательно рассматривая работу, выполненную на этом шаге, можно увидеть, что здесь возникает некое приращение к ранее заданной информации. Рисунок – это зона внутри алгоритма, в которой неявно работает неформализованное творчество. Небрежное, поверхностное, формальное выполнение этого шага приводит к тому, что решатель не получает такого внешне незаметного приращения и как результат не выходит впоследствии на идею решения.

Шаг 3-3

Выделенная часть контейнера находится на его торцевой поверхности.

Шаг 3-4

Выделенная часть должна не дать воздуху контактировать с приборами. Предположим, что торцевая часть контейнера, тормозящаяся воздухом, не будет связана с боковыми стенками (в данном случае именно формулировка «предположим» и задает траекторию дальнейшего решения). При падении она будет двигаться медленнее, чем остальной контейнер и связанные с ним приборы.

Шаг 3-5

Выделенная часть жестко связана с боковыми стенками контейнера, к которым прикреплены приборы, и передает им воздействие воздуха, тормозит их.

Выделенная часть должна взаимодействовать с приборами и не должна взаимодействовать с ними.

Выделенную часть можно распространить на всю внешнюю поверхность контейнера.

Контейнер должен взаимодействовать с приборами, удерживать их в определенном положении и защищать от удара при падении. Но контейнер не должен взаимодействовать с приборами, чтобы не передавать им тормозящее воздействие воздуха. Чтобы обойти это противоречие, контейнер может быть выполнен двойным.

Интересное решение описано в книге А. Ф. Евича «Индустрия в космосе». Существует еще один способ избежать ненужных перегрузок. Речь идет о методе защитного кожуха. К верхней внутренней поверхности (потолку) этого кожуха прикрепляют основной контейнер меньших раз-

меров. Когда скорость снижения еще незначительна, сопротивление атмосферы едва заметно, соответственно малы и перегрузки. Разогнавшись, кожух начинает «чувствовать» перегрузки. Под их действием внутри него падает экспериментальный контейнер. Это «падение в падении» происходит с очень малой скоростью (не более 0,5 м/с), поэтому внутренняя атмосфера в защитном кожухе не оказывает серьезного сопротивления движению контейнера. Достигаемые при этом перегрузки примерно в десять тысяч раз меньше, чем в случае проведения эксперимента без защитного кожуха. Если в кожухе создать вакуум хотя бы до 10^{-2} мм рт. ст., то воздействие атмосферы на кожух практически не будет сказываться на контейнере и на проходящих в нем процессах. В малом объеме такого разрежения легче добиться, чем в большом.

Итак, контейнер сделали двойным. Наружный контейнер взаимодействует с воздухом и тормозится им. Внутренний контейнер содержит в себе приборы, защищает их от перегрузок при ударах. Простое и практичное решение...

Это решение позволяет нам устранить противоречие: «Контейнер должен взаимодействовать с приборами для того, чтобы размещать их в себе, и не должен взаимодействовать для того, чтобы не тормозить приборы».

Новый контейнер, в котором откачан воздух и происходит невозмущенное падение приборов, мог быть получен нами и как средство устранения противоречия, связанного с шахтой. (Воздуха не должно быть в шахте для получения качественной невесомости, и воздух должен быть в шахте для того, чтобы не усложнять конструкцию).

5.2 Индивидуальные задания

Задание 1. Корпус вертолета разрушается под действием вибрации, которая передается от винта на ось, соединяющую корпус с винтом. Все возможные амортизаторы уже поставлены, подшипники усилены. Попытка поставить второй винт, вращающийся в противоположном направлении, также не приводит к заметному уменьшению вибрации и разрушения корпуса. Каким способом можно уменьшить вибрацию?

Задание 2. Во время эксплуатации трубки бегущей волны на ее катоде образуется нарост, приводящий нередко к короткому замыканию и выходу из строя всего блока. Известен срок надежной эксплуатации трубки, но его необходимо увеличить в 1,5–2 раза. Как это сделать?

Задание 3. Ускорители заряженных частиц работают, используя ускоряющие электромагнитные волны радиодиапазона. Однако при ускорении, например, протонов, используется только положительная составляющая волны. Половина энергии фактически тратится напрасно. Что можно предложить?

Задание 4. Для герметизации транзисторов и микросхем используется эпоксидный компаунд. Он хорошо защищает полупроводниковый материал от химического загрязнения, однако подвергает его чрезмерным механическим нагрузкам. Требуется избавиться от вредного действия.

Задание 5. Для оптических зеркальных телескопов самое сложное – изготовление зеркала. Необходимо собирать лучи, например, с площади 10 м². Изготовить зеркало таких размеров с необходимой точностью не представляется возможным. А телескопы нужны... Как решить проблему?

Задание 6. Заправочные станции распределяют бензин по объему, однако объем, например, 1 кг бензина, меняется в значительных пределах при изменении температуры. Продавать нефтепродукты по весу тоже плохо, так как бак автомобиля заполняется по объему. Предложите способ решения.

Задание 7. В плавильные печи часто требуется подавать воду (жидкую или в виде пара). При этом необходимо предварительно раздробить поток на мелкие частицы заданного размера. В идеальном случае поток должен раздробиться сам. Но как этого добиться?

Задание 8. Для связи с шахтерами, находящимися под землей, обычные электромагнитные средства связи малопригодны: радиоволны быстро затухают в породе (грунт, гранит). Предложите новый способ связи, лишенный этого недостатка.

Задание 9. Для измерения потоков текучих и сыпучих материалов выпускается (фирмой «Маис Келлер») специальная установка. Поток падает на наклоненную под определенным углом пластину, являющуюся плечом рычага. По отклонению рычага судят о расходе материала. Как усовершенствовать этот способ?

Задание 10. Построена аэродинамическая камера высокого давления, необходимая для многих исследований. Однако использовать камеру на полную мощность достаточно производительно не удастся, так как необходимо постоянно вносить образцы в камеру и выносить их оттуда. Для этого в камере приходится понижать давление, а каждый такой процесс занимает около часа потерянного времени. Как решить проблему?

Задание 11. Пробой топливного бака ракеты вызывает мгновенное местное разогревание топлива и, как результат, – взрыв. Защита стенок бака от пробоя малоэффективна: в космосе всегда попадет достаточно быстрый метеорит, который пробьет любую защиту. Но и допускать взрыв тоже нельзя. Предложите способ решения проблемы.

Задание 12. Транспортировка природного газа на большие расстояния – сложная техническая проблема. Для этого применяются специальные криогенные танкеры, в которых газ находится при температуре минус 160 °С. Такая перевозка очень дорого стоит. Какой вариант может быть альтернативным?

Задание 13. Некоторые фирмы применяют шестифтористую серу в качестве гасителя электрической дуги в электрических разъемах (высоковольтных). Для гашения используется газообразное соединение, однако оно быстро сжижается при высоких давлениях внутри искрогасителя, поэтому необходим постоянный подогрев, а это дополнительный расход энергии. Что можно предпринять для решения данного затруднения?

Задание 14. Предложите (путем преодоления противоречий в системе) новый способ определения скорости движения самолетов.

Задание 15. В бензин вводят специальные добавки, содержащие свинец, которые снижают опасность детонации топлива. Однако избыток свинца в бензине резко увеличивает токсичность выхлопных газов. Как устранить погрешность?

Задание 16. Одна из самых сложных проблем вертолетостроения – компенсация значительного вращательного момента винта, передающегося на корпус. Предложите способ вращения винта, исключающий необходимость компенсировать вращательный момент.

Задание 17. Для уничтожения опухолей в организме применяют смесь железных опилок с силиконом, которую вводят в опухоль. Смесь застывает и перекрывает кровеносные сосуды, питающие опухоль. Однако до застывания часть смеси может рассосаться по другим, здоровым частям организма. Какое решение проблемы может быть?

Задание 18. Фирма «Роллс-Ройс» применяет собственную (по утверждению фирмы) технологию сверхточного литья: восковой шаблон детали погружают в форму из жидкого материала, в котором после застывания образуется полость, точно повторяющая форму детали. После выплавления воска полость заливается расплавленным металлом и получают необходимую деталь.

По данным фирмы точность изготовления достигает тысячных долей сантиметра. Какие противоречия были преодолены при решении этой проблемы? Какие новые противоречия возникли?

Задание 19. Количество пассажирских и грузовых самолетов постоянно возрастает. Растут также их полезный объем и габариты. Возникла сложность: теперь переоборудовать пассажирский самолет в грузовой (как это нередко делается) – значительная проблема, так как слишком много времени уходит на демонтаж кресел. Предложите способ решения.

Задание 20. При размыкании контактов реле в электромагнитных устройствах возникает сильная радиопомеха. Предложите эффективный способ снижения радиопомехи, исключающий, например, использование бесконтактного реле.

5.3 Вопросы для самоконтроля

1. Опишите цепочку противоречий, используемых в АРИЗ. Приведите примеры.

2. Что такое логика АРИЗ? Опишите логику АРИЗ. Приведите примеры.
3. Что такое модель задачи в АРИЗ?
4. Что такое конфликтующая пара в АРИЗ?
5. Что такое изделие в АРИЗ?
6. Что такое инструмент в АРИЗ?

Литература

1. Гасанов, А. Учебник по ТРИЗ [Электронный ресурс] / А. Гасанов. – Режим доступа : <http://litra.pro/uchebnik-po-triz/gasanov-a-i/read>. – Дата доступа : 30.03.2020.
2. Петров, В. Алгоритм решения изобретательских задач : учеб. пособие / В. Петров. – Тель-Авив, 1999. – 256 с.
3. Нарбут, Н. Н. Учебник и сборник задач по ТРИЗ / Н. Н. Нарбут, А. Ф. Нарбут. – Запорожье – Сеул, 2004. – 213 с.

Практическое занятие №6

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ «МАЛЕНЬКИМИ ЧЕЛОВЕЧКАМИ» И ОПЕРАТОРА «РАЗМЕР – ВРЕМЯ – СТОИМОСТЬ»

Цель работы: изучить понятие психологической инерции, причины появления психологической инерции и методы ее преодоления, а также методы развития творческого воображения.

6.1 Краткие теоретические сведения

Решение технических изобретательских задач нередко тормозится стереотипностью подхода к ситуации, трудностью, связанной с «давлением» привычных терминов, представлений. Все эти препятствия в совокупности называются психологической инерцией при решении изобретательских задач.

Для преодоления такого рода психологической инерции существует ряд приемов-методов, знакомство с которыми значительно облегчает решение изобретательских задач [1].

1. Метод моделирования «маленькими человечками» (МММЧ).

Суть метода заключается в том, что заданный объект представляют (как правило, графически) в виде множества «маленьких человечков», которые выполняют функции объекта. В отличие от метода эмпатии, где функции объекта выполняет один человек, МММЧ позволяет легко перейти, например, к дроблению объекта, его растворению в кислоте и т. п. Заставляя «маленьких человечков» выполнять те или иные действия, не следует думать о том, как эти действия будут осуществляться реальным объектом [2].

2. Оператор РВС (размер – время – стоимость).

Суть метода заключается в том, что размеры заданного объекта, время протекания процесса (или скорость его движения) и стоимость последовательно изменяются от заданной величины до нуля и от заданной величины до бесконечности. Иногда значения указанных параметров изменяют также в области отрицательных величин. Используя оператор РВС, следует иметь в виду, что количественные изменения параметров должны сопровождаться качественными изменениями свойств объекта, которые необходимо развить и оценить.

Мысленные эксперименты по увеличению размеров исследуемой системы до бесконечности или уменьшению их до нуля дают пищу воображению, приводят к пониманию новых возможностей или ограничений. Аналогичные путешествия к сверхбольшому и сверхмалому проводятся и относительно времени осуществления рабочего процесса или его стоимости.

Так, проводя исследование, например, бытового пылесоса, и постепенно меняя при этом его размеры в сторону их уменьшения, можно прийти к выводу о том, что накопитель пыли не может находиться внутри такого пылесоса. Это должен быть уже не пылесос, а пылесборник. При этом возникает потребность представить себе, как может выглядеть подобный пылесборник. Пыль может накапливаться на поверхности аппарата, а может обрабатываться им, преобразовываться в вид, удобный для последующей сборки, например, коагулироваться, скатываться в достаточно большие объемы.

Процесс мысленного увеличения пылесоса приводит к тому, что он начинает постепенно захватывать все пространство комнаты или квартиры, а затем и дома. Возникает картина «жизни в пылесосе», и становится ясно, что функцию пылесоса должен взять на себя, например, пол. Аналогичные процедуры можно проделать и с оставшимися осями. Рассмотрим ситуацию, когда время сбора пыли стремится к нулю. На этом пути придется не только повышать мощность устройства, но и позаботиться о том, чтобы оно было размещено везде, где может быть загрязнение. И опять возникает идея дома – пылесоса, поверхностей, самостоятельно борющихся с загрязнениями.

Тот же результат получается при последовательном увеличении времени работы. Стоит последовательно увеличить время очистки поверхности от сегодняшних минут и часов на несколько порядков, как становится понятной принципиальная невозможность ручной работы. Пылесос должен работать сам, работать медленно, постепенно и незаметно убирая пыль. Это приводит и к пониманию невозможности использовать существующий сегодня принцип засасывания пыли струей воздуха, ведь витание частиц возможно только при определенной скорости, а она у нас по условиям все должно делаться очень медленно...

Снижение стоимости процесса заставляет искать возможность выполнить очистку поверхности, избавиться от пыли за счет уже существующих систем иного назначения. В дело могут пойти различные электризуемые поверхности, например, специальная «пылесборная» пластинка, которая ставится на проигрыватель, когда надо собрать пыль в воздухе.

Как ни странно для обычного мышления, наименьшее количество эффективных решений находят при использовании варианта «стоимость стремится к бесконечности». Но это становится понятным исходя из понятия идеальности – использование дополнительных затрат для реализации функции прямо противоречит выявленной общей закономерности развития технических систем [2].

Задача 19. Длина резонансной полости в лазерах определяется расстоянием между зеркалами, находящимися по обеим сторонам рабочего тела (кристалла, газа и т. д.). Выходной луч проходит сквозь отверстие в одном из зеркал. На основании этого предложите конструкцию лазера с регулируемой выходной мощностью.

Решение. Предварительное условие для решения всех технических изобретательских задач – оценка ситуации с помощью законов развития технических систем и ее описание в вепольной форме. Только после этой обязательной подготовительной работы имеет смысл приступить к дальнейшему разбору задачи.

Если приемы преодоления психологической инерции применяются самостоятельно (отдельно от АРИЗ), то неважно, используются они по одному или в совокупности. Приобретая определенный навык пользования этими приемами, можно будет различать ситуации, которые легче поддаются разрешению с помощью метода МММЧ или оператора РВС.

Предварительный анализ условий задачи показывает, что без значительных дополнительных затрат мощность лазерного луча можно изменять только в меньшую сторону. Желательно также, чтобы это делали сами зеркала.

Применяем оператор РВС. Уменьшаем расстояние между зеркалами. Масштаб уменьшения (увеличения) всегда следует согласовывать с естественными (имеющимися в данной технической системе) величинами. В лазере такой единицей измерения будет длина излучаемой световой волны. Если расстояние между зеркалами будет меньшим, произойдет качественный скачок: излучение прекратится. Максимум выходной мощности потока достигается, когда расстояние между зеркалами кратно целому числу длин волн. Увеличим расстояние между зеркалами. Будут расти потери на поглощение фотонов в среде. В итоге наступит момент, когда все испущенные кванты света поглотятся рабочим телом лазера, а его мощность, соответственно, уменьшится до нуля. Однако возникает необходимость построить лазер многометровой длины.

Допустим (вторая ось оператора), что расстояние между зеркалами научились изменять с большой скоростью, сравнимой со скоростью света. Возникает неожиданный эффект: стенки могут подгонять или тормозить фотоны, изменяя тем самым выходную мощность лазера. Как заставить стенки-зеркала вибрировать (а речь идет именно о вибрации)? В идеальном случае фотоны должны сами их раскачивать (тогда, безусловно, будет согласована ритмика частей системы). Малая скорость изменения соответствует статичности лазерных стенок.

Стоимость переделки лазера равна нулю, а это соответствует тому, что лазер сам осуществляет свою перенастройку (по минимальному управляющему сигналу).

В качестве изменяемого элемента для работы оператором РВС можно выбрать отверстие в одном из зеркал. Как тогда видоизменится задача?

Легко видеть, что после применения оператора РВС задача пришла к знакомому, более удобному для решения виду. В некоторых случаях, преодолев психологическую инерцию, можно непосредственно выйти к ответу, близкому к контрольному. Так, рассмотрев с помощью оператора отверстие в зеркале, несложно прийти к ответу: регулировка мощности осуществляется самим отверстием, в котором находится небольшое третье зеркальце, расположенное под определенным углом к направлению выходного луча; меняя этот угол, меняют, соответственно, выходную мощность лазера. Такие приборы выпускает, например, американская фирма «Сандиа лейбораториз» [2].

Задача 20. Стенфордским университетом разработана миниатюрная – размером с обычную авторучку – телевизионная передающая камера, с помощью которой можно считывать отдельные буквы печатного текста. Такая камера была бы незаменима для людей со слабым зрением, но ведь на телеэкран тоже необходимо смотреть. Как решить данную проблему?

Решение. Прежде чем воспользоваться методом МММЧ (а в данном случае именно он дает хороший результат), опишем ситуацию в вепольной форме: какие вещества и поля входят в систему, как они между собой взаимодействуют, насколько это эффективно для выполнения основной функции ТС? Теперь становится очевидно: изображение следует преобразовать с помощью механического поля, тогда его можно будет воспринимать тактильным путем, например, пальцами. Итак, имеется экран, на котором некоторым образом, появляется изображение, переданное микротелекамерой. Представим его в виде толпы «маленьких человечков». То есть подход перевода инструмента на микроуровень дает перспективную идею, хорошо согласующуюся с законами развития технических систем. Экран должен состоять из множества миниатюрных элементов-«человечков». Что должны делать «человечки»? От них требуется совсем немного: быть заметными, если они являются элементами изображения, или быть незаметными, если в данной области экрана сигнала изображения нет. На рисунке (а рисунки при работе методом МММЧ делать обязательно – схематичные, приближенные, но ясные) это можно представить таким образом: в толпе «человечков» все стоят одинаково, а некоторые подняли руки. Теперь заметны будут только поднятые руки – они-то и несут информацию.

Такой принцип реализован в матрице вибрирующих иголочек, имеющей размеры обычной книжной страницы. Проводя одной рукой с телекамерой по строкам книги, можно пальцами другой руки «читать» буквы на матрице.

Моделирование «маленькими человечками», как и оператор РВС, не предназначено для точного решения изобретательских задач. От них можно требовать только устранения психологической инерции на этапе постановки задачи. Но данный пример показывает, что в некоторых случаях доводка решения после применения приемов преодоления психологической инерции требует незначительных (в основном конструкторских и технологических, но не изобретательских) усилий [2].

Задача 21. Для искусственного освещения районов, испытывающих недостаток света (полярная ночь), предлагается приманить рефлекторы из фольги, выведенные на стационарную околоземную орбиту. Спрогнозируйте развитие этого способа.

Решение. Прогноз – область, где хорошо работает оператор «размер – время – стоимость». Будем увеличивать размер «космического зеркала». Уже в предыдущей задаче выяснилось, что подобные неограниченные изменения параметров в конечном счете приводят к некоторым качественным изменениям свойств объекта. Так, достраивая зеркала новыми и новыми участками, можно прийти к зеркалу, которое полностью окружает Землю. Может показаться, что оно из полезного превратилось во вредное: полностью перекрыло доступ солнечных лучей к планете. Однако технически вполне осуществимы (и уже изготавливаются) зеркала-детекторы, пропускающие свет в одном направлении. Таким образом, созданная система ограничит излучаемое Землей количество энергии – и на планете станет теплее. Сделав зеркало динамичным, можно регулировать тепловой баланс атмосферы, меняя в широких пределах кривизну – менять количество света (и другого вида излучения), попадающего на конкретный участок земной поверхности. В конечном счете пространство под сферой можно пополнить (например, за счет распыленных астероидов) атмосферой и расширить тем самым область обитания человека.

Однако сферу-зеркало можно расширять (увеличивать) неограниченно. Значит, вскоре внутри нее разместится не только Луна, на которую при наличии атмосферы можно будет летать, скажем, на воздушном шаре, но и Солнце. Это приведет к «возвращению» задачи на новом уровне и даст несколько совершенно неожиданных результатов. Например, солнечные лучи можно будет сфокусировать в один, и тогда (в силу реактивного принципа) наша планетная система превратится в обыкновенный фотонный корабль, хорошо управляемый и вполне жизнеспособный.

Обратите внимание: изменяя всего один параметр обычной в наше время ТС «космическое зеркало» (проект находится в состоянии реализации), можно получить самые разнообразные, на первый взгляд, чисто фантастические результаты. Но оператор РВС хорошо срабатывает только в том случае, когда на каждом этапе полученная идея тщательно развивается и прорабатывается. Если же ограничиться одной констатацией факта изменения параметра, результат редко бывает даже удовлетворительным [2].

Задача 22. Оптические телескопы в открытом космосе легко разрушаются микрометеоритами, их стекла портятся также под действием космического излучения. Подсчитано, однако, что применение оптического телескопа в открытом космосе во много раз выгоднее его работы на поверхности Земли, где сказываются сильные атмосферные помехи. Предложите способ размещения оптического телескопа на орбите.

Решение. Применение метода МММЧ в данном случае кажется крайне неудачным: ведь не дробить же дорогие оптические стекла! Тем не менее позволим «маленьким человечкам» выполнить свою работу самостоятельно, не требуя сразу очевидных результатов. Итак, представим объектив телескопа в виде толпы «маленьких человечков». Их атакуют другие «человечки» – излучение, микрометеориты. Столкновение «человечков» всегда приводит к их обоюдному разрушению. Никакие щиты здесь не помогут, кроме того, это запрещено правилами метода: «человечки» могут действовать только сами по себе. Таким образом, происходит постоянное разрушение вещества-инструмента. Это разрушение необходимо чем-то восполнять. Если один из «человечков» исчез (покинул систему), на его месте должен сразу же появиться другой, причем сам. Техническая система, в которой работают «человечки», должна сама посылать их в нужное (поврежденное) место. Другими словами, необходимо создать «надежную систему из ненадежных элементов».

Понятно, что добиться такой динамичности в твердом веществе очень трудно. В газообразном, наоборот, слишком «легко»: «человечки» газа стремятся разбежаться во все стороны. Остается жидкая фаза, в которой и должно пребывать вещество-инструмент. Состав его будет заметно отличаться от состава обычного оптического стекла, но ведь в открытом космосе даже обычная вода обладает вполне достаточным коэффициентом преломления, чтобы использовать ее в качестве материала для объектива телескопа. К тому же она практически не подвержена влиянию излучения (за исключением редких вспышек, вызываемых торможением, например, быстрых электронов). Попадание в каплю-объектив микрометеорита в самом неблагоприятном случае вызовет частичное вскипание воды. Ее можно снова сконденсировать или заменить равным количеством воды без ущерба для качества изображения.

У такого решения есть свои трудности: обычную воду в космосе трудно «заставить» быть жидкой. Но это уже другая задача [2].

6.2 Индивидуальные задания

Задание 1. Для создания искусственной гравитации внутри космических кораблей предлагалось раскручивать их вокруг оси. Этот способ неудобен, поскольку мешает проводить наблюдения. Но как в таком случае все же создать искусственную гравитацию для космонавтов?

Задание 2. Предложите надежный способ увлажнения полотенца в условиях невесомости. Задача имеет вполне реальное применение: космонавты в полете обтираются влажными полотенцами.

Задание 3. Солнце влияет на погоду планеты не только чисто тепловым излучением. Показано, что геомагнитная активность в ионосфере прямо связана с образованием зон в атмосфере, в которых резко меняется давление. Как использовать это явление?

Задание 4. Широко используемый в сельском хозяйстве инсектицид гептахлор на солнечном свете становится более чем в 20 раз токсичнее. Опишите ситуацию с точки зрения приемов преодоления психологической инерции.

Задание 5. Опишите принципиальную схему изготовления покрытий на базе жидких кристаллов. Покрытие должно последовательно менять цвета при изменении температуры.

Задание 6. Производство интегральных микросхем идет по пути увеличения специализации. Однако производству постоянно нужны новые функциональные схемы. При этом неиспользованные ИС бесполезно утрачиваются. Что можно предложить?

Задание 7. Автомобилестроители надеются на создание двигателя, использующего энергию сверхвысокочастотного кабеля, проложенного под дорогой. Какие изменения в дорожном движении может вызвать его применение?

Задание 8. Шведские врачи предлагают для лечения невралгии тройничного нерва сравнительно простую операцию по исправлению челюстного механизма. Тем самым устраняется набухание мышц, которые, ущемляя нерв, вызывали заболевание. Обоснуйте применение этого способа.

Задание 9. Предложите способ предотвращения смешивания водорода и хлора при дезинфицировании воды, используя приемы преодоления психологической инерции.

Задание 10. Водород – практически идеальное топливо для двигателей внутреннего сгорания. Однако его очень неудобно хранить, особенно в автомобиле. Баллоны, например, вмещают слишком мало газа и перевозить сжиженный водород еще сложнее. Как решить проблему?

6.3 Вопросы для самоконтроля

1. Что входит в методы развития личности и коллективов?
2. Каково назначение курса развития творческого воображения (РТВ)?
3. Что такое метод моделирования «маленькими человечками»? Опишите правила пользования методом.

4. Что такое теория развития творческой личности? Опишите ее основные понятия.

5. Что такое теория развития творческих коллективов? Опишите ее основные понятия.

Литература

1. Нарбут, Н. Н. Учебник и сборник задач по ТРИЗ / Н. Н. Нарбут, А. Ф. Нарбут. – Запорожье – Сеул, 2004. – 213 с.

2. Оператор РВС (размер, время, стоимость). Учебник по ТРИЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://tech.wikireading.ru/3608>. – Дата доступа : 30.03.2020.

Библиотека БГУИР

Учебное издание

**Камлач Павел Викторович
Шаталова Виктория Викторовна**

**ТЕОРИЯ РЕШЕНИЯ
ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ.
ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

ПОСОБИЕ

Редактор *М. А. Зайцева*
Корректор *Е. Н. Батурчик*
Компьютерная правка, оригинал-макет *О. И. Толкач*

Подписано в печать 04.03.2021. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 4,07. Уч.-изд. л. 4,0. Тираж 30. Заказ 176.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.
Ул. П. Бровки, 6, 220013, г. Минск