

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДДЕРЖКА ТЕХНОЛОГИЙ
ИННОВАЦИОННОГО МЫШЛЕНИЯ
(COMPUTER SUPPORT OF TECHNOLOGIES
OF INNOVATIVE THINKING)**

Учебно-методическое пособие

к организации и выполнению самостоятельной работы
для студентов направлений

15.03.04 – «Автоматизация технологических процессов и производств»,
профиль «Промышленность»;

15.03.06 - «Мехатроника и робототехника»,
профиль «Мехатронные и роботизированные технологические системы и комплексы»;

12.03.04 – «Биотехнические системы и технологии»,
профиль «Биотехнические и медицинские аппараты и системы»;

12.03.01 - «Приборостроение»,
профиль «Информационно-измерительная техника и технологии»
(квалификационный уровень – бакалавр)

Севастополь
СевГУ
2022

УДК 004:658.52(076.5)
ББК 32.965:32.97я73
К637

Р е ц е н з е н т :

А. О. Харченко - канд. техн. наук, профессор кафедры
«Технология машиностроения» СевГУ

Составитель: А. Г. Карлов

К637 Компьютерная поддержка технологий инновационного мышления = Computer support of technologies of innovative thinking : учебно-методическое пособие к организации и выполнению самостоятельной работы для студентов направлений 15.03.04 – «Автоматизация технологических процессов и производств», профиль «Промышленность»; 15.03.06 – «Мехатроника и робототехника», профиль, «Мехатронные и роботизированные технологические системы и комплексы»; 12.03.04 – «Биотехнические системы и технологии», профиль «Биотехнические и медицинские аппараты и системы»; 12.03.01 – «Приборостроение», профиль «Информационно-измерительная техника и технологии» (квалификационный уровень – бакалавр) / Севастопольский государственный университет ; сост. А. Г. Карлов. – Севастополь : СевГУ, 2022. – 77 с. – Текст : электронный.

Учебно-методическое пособие предназначено для обеспечения дисциплин ТРИЗ и «Компьютерная поддержка технологий инновационного мышления (computer support of technologies of innovative thinking)» для студентов специальностей 15.03.04 – «Автоматизация технологических процессов и производств», профиль «Промышленность»; 15.03.06 - «Мехатроника и робототехника», профиль, «Мехатронные и роботизированные технологические системы и комплексы»; 12.03.04 – «Биотехнические системы и технологии», профиль «Биотехнические и медицинские аппараты и системы»; 12.03.01 - «Приборостроение», профиль «Информационно-измерительная техника и технологии».

Могут быть полезными для последующей работы над выпускной квалификационной работой бакалавра по направлениям: 15.03.06 - «Мехатроника и робототехника», профиль, «Мехатронные и роботизированные технологические системы и комплексы»; 12.03.04 – «Биотехнические системы и технологии», профиль «Биотехнические и медицинские аппараты и системы»; - «Приборостроение», профиль «Информационно-измерительная техника и технологии», очной формы обучения. Также МУ могут быть полезными при подготовке выпускной квалификационной работой магистра по направлениям: 15.04.04 – «Автоматизация технологических процессов и производств», профиль «Промышленность»; 12.04.04 – «Биотехнические системы и технологии», профиль «Биотехнические и медицинские аппараты и системы»; 12.04.01 - «Приборостроение», профиль «Информационно-измерительная техника и технологии».

Целью методических указаний является оказание помощи студентам в процессе организации и выполнения самостоятельной работы по указанным дисциплинам и последующей работы над индивидуальным заданием по теме ВКРБ и ВКРМ.

УДК 004:658.52(076.5)
ББК 32.965:32.97я73

Учебно-методическое пособие рассмотрено и утверждено на заседании кафедры «Приборные системы и автоматизация технологических процессов», протокол № 4 от 29 декабря 2021 г.

Допущено учебно-методическим центром СевГУ в качестве учебно-методического пособия.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работы.....	4
2. Теоретическая часть самостоятельной работы:	4
2.1. Глоссарий основных понятий и определений базы знаний по ОТСМ-ТРИЗ, инновационному проектированию средств и сис- тем автоматизации технологий, мехатроники, робототехники, цифровизации промышленности.....	6
2.2. Эволюция компьютерных технологий, поддерживающих ге- нерацию изобретательских идей при создании концепта иннова- ционного изделия или процесса.....	37
3. Практическая часть самостоятельной работы:	50
3.1. Обоснование и выбор софта для поддержки процессов созда- ния инновационного изделия или процесса.....	50
3.2. Примеры процедур применения софта SM 2.0 при поиске и формировании концептуальных решений инновационных объек- тов в структуре ВКРБ и ВКРМ.....	68
Библиографический список.....	75

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Цели и задачи самостоятельной работы касаются освоения терминологии по дисциплинам Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ), «Компьютерная поддержка технологий инновационного мышления (Computer support of technologies of innovative thinking)»

1.2 Цель самостоятельной работы - освоение основных терминов и понятий для достижения необходимого уровня профессиональных компетенций в процессах инновационного проектирования изделий и технологических процессов, овладение методами проектирования систем автоматизации технологических процессов, применяемых в различных отраслях промышленного производства с учётом возможности применения цифровых двойников; умение обосновать рациональную технологию автоматизированного технологического процесса, провести анализ и синтез систем автоматизации, выбрать комплектующие информационной и исполнительной подсистем, обосновать и применить наиболее эффективную программу компьютерной поддержки технологий инновационного мышления. Основные задачи самостоятельной работы:

- закрепление теоретических знаний по базовым циклам дисциплин учебного плана подготовки бакалавра по направлениям обучения 15.03.04; 15.03.06; 12.03.01; 12.03.04 и магистров по направлениям: 15.04.04; 12.04.01; 12.04.04.
- приобретение умений и практических навыков инновационного проектирования автоматизированных технологических процессов, расчета технических средств автоматизации, использования современных программных и аппаратных средств моделирования и управления компьютерно-интегрированными технологическими процессами и производствами;

- совершенствование знаний, умений и навыков поиска новой информации в технических изданиях, книгах, локальных и глобальных компьютерных сетях для обоснования и решения задач, поставленных в индивидуальном задании по РГР, КР, КП, ВКРБ и ВКРМ с учетом реальных ресурсов и ограничений конкретных производителей средств автоматизации, имеющих-ся в каталогах фирм.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

2.1 Глоссарий по основным понятиям и определениям в сферах ОТСМ-ТРИЗ, инновационного проектирования средств и систем автоматизации технологий, мехатроники, робототехники, цифровизации промышленности

Автомат, *Automaton* – (от греческого *autómatos* – самодействующий) - устройство (совокупность устройств), выполняющее по заданной программе без непосредственного участия человека все действия (переходы, операции) в процессе получения, преобразования, передачи и распределения (использования) энергии, материалов и информации.

Автоматика, *Automatics* – техническая наука (в области теоретических и прикладных знаний) о методах и средствах построения автоматических устройств, механизмов, агрегатов и систем, действующих без непосредственного участия человека.

Автоматизация, *Automatization* – практическое применение (внедрение) самодействующих механизмов и систем в производстве (на транспорте, в строительстве и в других областях деятельности человека).

Автоматизация технологического процесса, *Automation of technological process* - основная задача такой автоматизации исключить участие человека из конкретного производственного процесса, т.е. возложить на машину выполнение не только энергетических и технологических функций, но и функций управления рабочей машиной, контроля, регулирования.

Автоматизированное проектирование, *CAD (Computer-Aided Design)* - термин используется для обозначения широкого спектра компьютерных инструментов, которые помогают инженерам, архитекторам и другим профессионалам в осуществлении проектирования. Являясь ключевым инструментом в рамках концепции управления жизненным циклом изделия, системы автоматизированного проектирования (САПР) включают

в себя множество программных и аппаратных средств - от систем двумерного черчения до трехмерного параметрического моделирования поверхностей и объемных тел.

Автоматизированное конструирование, CAE (*Computer-Aided Engineering*) - использование специального программного обеспечения для проведения инженерного анализа прочности и других технических характеристик компонент и сборок, выполненных в системах автоматизированного проектирования (см. [CAD](#)). Программы автоматизированного конструирования позволяют осуществлять динамическое моделирование, проверку и оптимизацию изделий и средств их производства.

Автоматизированное производство, CAM (*Computer-Aided Manufacturing*) - термин используется для обозначения программного обеспечения, основной целью которого является создание программ для управления станками с ЧПУ (см. CNC). Входными данными CAM-системы является геометрическая модель изделия, разработанная в системе автоматизированного проектирования (см. [CAD](#)). В процессе интерактивной работы с трехмерной моделью в САМ системе инженер определяет траектории движения режущего инструмента по заготовке изделия (так называемые CL-данные, от cutter location - положение резца), которые затем автоматически верифицируются, визуализируются (для визуальной проверки корректности) и обрабатываются постпроцессором для получения программы управления конкретным станком (называемой также G-кодом).

Автоматизированная технологическая подготовка производства, CAPP (*Computer-Aided Process Planning*) - (планирование технологических процессов). Используется для обозначения программных инструментов, применяемых на стыке систем автоматизированного проектирования (см. [CAD](#)) и производства (см. [CAM](#)). Задача технологической подготовки - по заданной CAD-модели изделия составить план его производства, называемый операционной или маршрутной картой. Данный

план содержит указания о последовательности технологических и сборочных операций, используемых станках и инструментах и проч. Технологическая подготовка производства всегда осуществляется по имеющейся базе данных типовых техпроцессов, применяемых на конкретном предприятии. Различают два подхода к автоматизированной технологической подготовке - модифицированный (вариантный) и генеративный. При модифицированном подходе задача CAPP-системы состоит в поиске наиболее похожего изделия в существующей базе данных и предъявлению его операционной карты для модификации. При модифицированном подходе широко применяется групповая технология, позволяющая проводить классификации деталей в семейства похожих. Генеративный подход состоит в распознавании у детали типовых конструктивных элементов и применении к ним типовых техпроцессов (токарная обработка, сверление и проч.) При генеративном подходе используются известные методы искусственного интеллекта для распознавания элементов и логического вывода.

Автоматизации различных технологий с помощью компьютера (Общий термина для обозначения), CAx (Computer-Aided) - примерами CAx могут служить автоматизированное проектирование (см. [CAD](#)), конструирование (см. CAE), технологическая подготовка (см. [CAPP](#)) и производство (см. [CAM](#)), являющиеся ключевыми компонентами концепции управления жизненным циклом изделия (см. [PLM](#)).

Автоматизированная система управления производственными процессами, MES (Manufacturing Execution System) - MES-система позволяет контролировать процессы, материалы, трудовые ресурсы в реальном времени. Как правило, данная система состоит из большого числа аппаратных и программных устройств. MES-система тесно взаимодействует с ERP-системой, получая из нее производственные планы, составленные с учетом заказов и поставок сырья, и передавая назад информацию о реальных затратах на всех этапах производства партии.

Аддитивные технологии, *Additive technologies* - группу технологий, которые позволяют изготавливать различные изделия за счет послойного нанесения жидкого (или разжиженного) исходного материала на будущее изделие, расположенное на специальном столе, посредством перемещения специальной головки в горизонтальной плоскости по программе цифрового управляющего устройства. После нанесения очередного слоя стол по программе опускается на величину, равную толщине наносимого слоя. После нанесения очередного слоя материал теряет текучесть, становится твердым под действием химических реакций или вследствие остывания

Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ), *Algorithm of Inventive Problem Solving* — предписанная последовательность действий, следуя которой решатель приходит либо к решению задачи, либо к пониманию, почему это решение получить нельзя и как переформулировать задачу для достижения положительного результата.

Альтернативные технические системы, *Alternative Technical System* — особый вид конкурирующих систем, у которых как минимум одна пара свойств зеркальна: где у одной системы несомненное достоинство, у другой — явный недостаток, и наоборот.

Анализ эволюционного потенциала, *Evolutionary Potential Analysis* - аналитический инструмент, который помогает определить потенциал технической системы или ее подсистемы в их развитии, основанный на дополнении диаграммы с указателем текущего положения системы или определенной подсистемы относительно каждой Тенденции Эволюции Технических Систем [4].

Атрибут, *Attribute* — неотъемлемый признак объекта (например, у технических объектов это положение в пространстве, материал, динамичность и т.п.).

Быстрое прототипирование, *Rapid Prototyping* - метод производства физической модели (прототипа) изделия непосредственно по CAD-

данным, без использования станков с ЧПУ (см. [CNC](#)). Наиболее распространенными процессами быстрого прототипирования являются стереолитография, трехмерная печать и ламинирование (LOM - Laminated Object Manufacturing).

Вепольная модель, *Substance-Field Model* — модель задачи, в которой компоненты оперативной зоны представлены как условные «вещества», а способы их взаимодействия — «поля». Сочетание компонентов в модели называют «веполь» (от слов вещество + поле) [8.54].

Вепольный анализ, *Substance-Field Analysis* - метод абстрактного символического моделирования технической системы или части технической системы (иногда в комбинации с частью ее суперсистемы) в терминах компонентов вещества, полей, и физических взаимодействий между ними [8.54].

Виртуальные фабрики (Virtual Factory) – системы комплексных технологических решений, обеспечивающие в кратчайшие сроки проектирование и производство глобально конкурентоспособной продукции нового поколения за счет объединения Цифровых и (или) «Умных» фабрик в распределенную сеть. Виртуальная фабрика подразумевает наличие информационных систем управления предприятием (Enterprise Application Systems, EAS), позволяющих разрабатывать и использовать в виде единого объекта виртуальную модель всех организационных, технологических, логистических и прочих процессов на уровне глобальных цепочек поставок (поставки => производство => дистрибуция и логистика => сбыт => послепродажное обслуживание) и (или) на уровне распределенных производственных активов [8.32].

Вредная машина, *Harmful Machine* - Модель технической системы, которая следует из описания, анализа и понимания процессов в системе, которые создают отрицательные эффекты.

Гипотеза устранения конфликта (рабочая гипотеза), *Hypothesis of elimination of the conflict (working hypothesis)* — обобщенное предпо-

ложение о том, при каких условиях можно устранить существующий конфликт.

Главная полезная функция системы, *Main useful function of system* — назначение системы; то действие, для выполнения которого она проектируется и изготавливается.

Дерево противоречий, *Contradictions Tree* - дерево, которое связывает различные противоречия, формирующие проблему. Дерево противоречия получается в результате ветвления нисходящего главного отрицательного или нежеланного эффекта на многие взаимосвязанные возникающие противоречия [8.54].

Диалектика, *Dialectics* - направление в философии, которое предлагает метод исследования и обсуждения противоречивых идей, чтобы решить конфликт. Несколько основных понятий диалектики использовались основателем ТРИЗ Г.С. Альтшуллером для формирования фундамента ТРИЗ и его основных понятий, таких как идеальность, технические и физические противоречия [8.54].

Динамизация, *Dynamisation* - Развитие в направлении к более гибким структурам, способным приспосабливаться к изменению условий окружающей среды (мультифункциональные возможности) и к переменным режимам работы [8.54].

Желаемый результат, *Desirable result* — описание условий, которые мы хотим получить в результате преобразования полезной системы при решении задачи: улучшение каких-то ее качеств или устранение недостатков.

Задача, *Problem* — постановка конкретной цели по улучшению проблемной ситуации: как выполнить те или иные преобразования полезной системы; как создать те или иные условия и т.п. Хорошо сформулированная задача содержит следующую информацию: описание обстоятельств, указание конфликта, предположение о способе устранения кон-

фликта и вопрос о том, как этот способ реализовать в конкретных обстоятельствах улучшаемой системы;

— **аналог, *analog*** — задача, аналогичная решаемой в каких то аспектах: с похожим принципом действия системы, улучшаемым параметром, ограничениями, доступными ресурсами. Между задачами может быть и более глубокая аналогия: по выделенному техническому или физическому противоречиям;

— **сопутствующая, *concomitant*** — задача о том, как устранить препятствия практической реализации некоторой перспективной, но недостаточно конкретной идеи преобразования полезной системы, или об устранении не критичного, но значимого недостатка нового варианта системы.

Законы развития технических систем, *Trend of Technical Systems Evolution* - общие направления развития для любых технических систем, выделенные Г.С. Альтшуллером и его коллегами. Среди них законы:

- полноты частей системы;
- «энергетической проводимости» системы;
- согласования ритмики системы;
- увеличения степени идеальности;
- неравномерности развития частей системы;
- перехода в надсистему;
- повышения динамичности;
- перехода на микроуровень;
- увеличения степени вепольности.

Идеальность, *Idealness* — отношение комплексного параметра, характеризующего пользу от выполнения функции технической системы, к затратам на ее функционирование.

Идеальный конечный результат (ИКР), *Ideal final result* — решение задачи без введения в техническую систему дополнительных компонен-

тов путем преобразования уже существующих компонентов и (или) связей между ними.

Изобретательский процесс, *Inventive Process* - процесс преобразования начальной нечетко определенной изобретательной ситуации к описанию патентоспособной идеи решения (Изобретение).

Инерция мышления (психологическая инерция), *Inertia of thinking (psychological inertia)* — свойство мышления, заключающееся в нежелании или неумении отойти от существующих представлений и постулатов. Проявляется в использовании очевидных решений и знакомых способов преодоления затруднений.

Инженерный опыт, *Engineering experience* — личный запас знаний и умений инженера, образующийся как совокупность базового образования, технического кругозора и информации об аналогичных решенных задачах.

Инновация, *Innovation* – это внедренное новшество, обеспечивающее качественный рост эффективности процессов или продукции, востребованное рынком. Является конечным результатом интеллектуальной деятельности человека, его фантазии, творческого процесса, открытия, ноу-хау, изобретения, рационализаторского предложения.

Инструмент (рабочий орган), *Tool (work member)* — компонент технической системы, который непосредственно участвует в выполнении ее функции, воздействуя на обрабатываемый объект.

Киберфизические системы, *(Cyber-physical systems)* - информационно-технологическая концепция, подразумевающая интеграцию вычислительных ресурсов в физические процессы. В такой системе датчики, оборудование и информационные системы соединены на протяжении всей цепочки создания стоимости, выходящей за рамки одного предприятия или бизнеса. Эти системы взаимодействуют друг с другом с помощью стандартных [интернет-протоколов](#) для прогнозирования, самонастройки и адаптации к изменениям.

Классическая ТРИЗ, *Classical TRIZ* - Множество теоретических постулатов ТРИЗ и практических инструментов, сформулированные основателем ТРИЗ Г.С. Альтшуллером или с его помощью.

Коботы (коллаборативные роботы), *Cobots (collaborative robots)*, «совместные роботы», которые предназначены для взаимодействия с людьми и совместного использования рабочего пространства.

Коллективная разработка изделия, *CPD (Collaborative Product Development)* - бизнес-стратегия, рабочий процесс и набор программного обеспечения, которые способствуют совместной работе различных организаций над одним изделием. Коллективная разработка изделия является частью общей концепции управления его жизненным циклом (см. [PLM](#)) и состоит из следующих частей:

- управление данными об изделии (см. [PDM](#)),
- визуализация изделия,
- средства организации телеконференций,
- средства трансляции CAD-данных.

Комплексные решения – Цифровые, «Умные», Виртуальные Фабрики Будущего, *Digital, Smart, Virtual Factories of the Future* – имеют принципиальную схему в виде триады «**цифровое проектирование и моделирование & новые материалы & аддитивные технологии**», в которой драйвером выступает **новая парадигма цифрового проектирования и моделирования Smart Digital Twin – [(Simulation & Optimization)-Based Smart Big Data]-Driven Advanced (Design & Manufacturing) [8.38.]**.

Компьютеризированное числовое программное управление (ЧПУ), *CNC (Computerized Numerical Control)* - используется для управления современными станками с ЧПУ посредством их программирования с помощью G-кода (стандарт EIA-274-D).

Конкурирующие системы, *Competing systems* — системы, выполняющие одну и ту же функцию различными способами. Способы выполне-

ния функции различаются физическим принципом и обуславливаются стоимостью и обстоятельствами.

Конфликт, *Conflict* — негативное взаимодействие компонентов машины, которое проявляется в возникновении вредного продукта. В конфликтном взаимодействии один из компонентов подвергается воздействию — это обрабатываемый объект, другой компонент (инструмент) выполняет вредное действие.

Концепция максимального движения вверх, *Concept of Vertical Mobility* - стратегия пошаговой модернизации целей и задач человеком, имеющим дело с техническим творческим потенциалом, который определяет три фазы развития в жизни творческого человека: 1) Решая определенные технические проблемы в узкой области, 2) Решая крупномасштабную разработку или научные проблемы, 3) Решая крупномасштабные социальные проблемы с помощью прорывных инновационных решений [8.54].

Краткая формулировка задачи, *Short formulation of a problem* — представление сути задачи в обобщенном и понятном виде. Эта формулировка описывает, что происходит, какие компоненты участвуют и как они взаимодействуют, в чем заключается недостаток и что нужно изменить.

Линия развития, *Development line* — последовательность обобщенных преобразований, одинаковая для множества эволюционирующих систем; — **базовая, *baseline*** — линия развития, описывающая общие преобразования систем без привязки к конкретной технической системе (список базовых линий см. в приложении 11 в [8.53]);

— **конкретная, *concrete*** — последовательность вариантов технических средств и их компонентов, полученных в результате применения к ней обобщенных преобразований (соответствующих базовой линии развития).

Машина, *machine* — устройство, механизм, агрегат, оборудование, созданное с целью выполнения полезной функции.

Место конфликта, *Conflict place* — зона в полезной системе, где возникает конфликтующее взаимодействие ее компонентов.

Метод, *Method* — систематизированная совокупность шагов, действий, которые нацелены на решение определенной задачи или достижение определенной цели.

Метод проб и ошибок (МПиО), *Method of Trials and Errors* - неалгоритмический способ поиска новых идей решения, основанный на прямом умственном скачке от проблемы к новой идее. Первичный недостаток метода - потребность в значительном числе попыток для генерации большого количества идей при решении трудной проблемы в течение длительного периода времени, делая попытки до тех пор, пока приемлемая идея не будет найдена.

Механизация технологического процесса, *Mechanisation of technological process* - первый этап применения рабочих машин, где операции управления, контроля, регулирования и программирования производственных процессов выполняются исключительно человеком и только функции **энергетические** (приложение усилий для выполнения работы) и **технологические** (использование орудий труда для изменения формы, состава, структуры предмета труда) выполняются технологической машиной без вмешательства человека.

Многоэкранная схема, *Multi-Screen Diagram* - метод анализа технической системы, которая рассматривает свойства и особенности системы в их отношениях с подсистемами и надсистемами, так же как и с предыдущими поколениями системы (прошлые), ее подсистемами и надсистемами, и их проектируемым будущим поколениям системы [8.54].

Модель, *Model* — упрощенное представление реального объекта с выделением его признаков, наиболее существенных для проводимого анализа;

— **вепольная, *Substance-Field Model*** — модель задачи, в которой компоненты заменяются условными «веществами», а способы их взаимодействия — «полями». Такую модель называют «веполь» (от слов вещество + поле);

— **функциональная, *functional*** — упрощенная графическая модель технического устройства. Она дает возможность получить совокупное представление о составе, структуре и функциональных связях между компонентами;

— **процессная, *process*** — упрощенная графическая модель функционирующего технического устройства, представляет совокупность операций технологического процесса, связанных через обрабатываемый объект на различных стадиях преобразования.

Модель задачи, *Problem model* — упрощенное представление задачи в виде словесного описания, графической схемы и т.п.;

— **формализованная, *formalized problem*** — модель задачи, в которой в упрощенном виде описываются условия, которые нужно получить в оперативной зоне. Формализованная модель задачи состоит из четырех частей: краткой формулировки, указания оперативной зоны, списка доступных ресурсов, указания ограничений;

— **двухпараметрическая, *two-parameter*** — модель задачи, включающая техническое противоречие между двумя параметрами полезной системы: улучшение одного из параметров вызывает недопустимое ухудшение другого;

— **структурная, *structural*** — модель задачи, показывающая компоненты оперативной зоны и их взаимодействие;

— **однопараметрическая, *one-parameter*** — модель задачи, включающая противоречие между взаимоисключающими требованиями к одному и тому же параметру компонента или его части. Аналог физического противоречия в ТРИЗ.

Модель решения, *Decision model* — описание предлагаемого принципиального изменения системы или ее отдельных компонентов для устранения конфликта.

Надсистема, *Supersystem* — система более высокого иерархического уровня, включающая анализируемую полезную систему как одну из составных частей.

Национальная технологическая инициатива всеобъемлющей цифровизации в России, *The national technological initiative universal digitization in Russia*, и проект TEXNET (*TechNet*) – «кросс-рыночное и кросс-отраслевое направление, обеспечивающее технологическую поддержку развития рынков НТИ и высокотехнологичных отраслей промышленности за счет формирования: Цифровых, *Digital*, «Умных», *Smart*, Виртуальных Фабрик Будущего, *Virtual Factories of the Future* [8.32].

Нежелательный эффект, *Undesirable effect* — внешнее проявление несовершенства какой либо машины.

Новая парадигма (New Paradigm) проектирования - основана на разработке в процессе «цифровой сертификации» и применении семейства Smart Digital Twins (DT-1, DT-2, SDT-1, SDT-2,). Эту новую парадигму кратко можно выразить формулой Smart Digital Twin [(Simulation & Optimization)-Based Smart Big Data]-Driven Advanced (Design & Manufacturing) – передовое проектирование и передовое производство, драйвером которых является «умный» цифровой двойник, формируемый в результате мультидисциплинарного (MultiDisciplinary)/многомасштабного (MultiScale) /... численного моделирования и применения многих технологий оптимизации (MultiCriteria, MultiParametric, MultiDisciplinary, Topology, Topography, Sizing, Shaping и др.) на основе специальным образом генерируемых «умных» больших данных (Smart Big Data) «на входе» и «на выходе» [8.32].

Ноу-Хау, *Know How* – (*знаю, как, англ.*) - информация, сведения, знания научного, технического, технологического, коммерческого характера, которые не стали общеизвестными. Ноу-хау может передаваться по лицензионному договору (договор о передаче ноу-хау).

Обрабатываемый объект, *Processed object* — компонент полезной системы, который подвергается воздействию с целью получения полезного продукта.

Обход патента, *Patent Circumvention* - метод, обеспечивающий юридически корректно обойти ограничения, наложенные конкурентоспособным патентом, в случае необходимости получить свободу легально работать, не посягая на права владельца патента.

Озарение (инсайт), *Flash of inspiration* — интеллектуальное явление, суть которого заключается в неожиданном обнаружении решения для проблемы.

Оперативная зона, *Operative zone* — место в системе, компоненты которого надо изменить, чтобы устранить конфликт.

Оператор PBC, *Size-Time-Cost Operator* - метод и технология, которая позволяет уменьшить психологическую инерцию, чтобы придумать инновационные решения, решая изобретательную проблему или радикальным увеличением или уменьшением одного из трех параметров технической системы или материального объекта: размер, время, стоимость [8.54].

Оптимизация, *Optimisation* — совершенствование полезной системы путем изменения параметров ее подсистем. Цель оптимизации — достижение наилучших значений эксплуатационных параметров преобразуемой системы.

Основной производственный план, *MPS (Master Production Schedule)* - комбинация всех известных и ожидаемых потребностей в определенном продукте. Производственный план простирается до горизонта планирования - несколько месяцев или лет в будущее - и содержит в себе только

данные о потребности в конечных изделиях во времени. Уровень компонент (потребностей в компонентах) обрабатывается системами планирования потребности в материалах (см. [MRP](#)).

ОТСМ-ТРИЗ, OTSM-TRIZ - сокращение, обозначающее "Общую Теорию Сильного Мышления - ТРИЗ" и представление области исследования, которое появилось из Классического TRIZ. OTSM-TRIZ стремится понимать, как систематический подход к организации интеллектуального процесса может увеличить личные интеллектуальные навыки и преобразовать ее в так называемое "талантливое размышление" независимо о прикладной области. OTSM-TRIZ использует фундаментальные Постулаты TRIZ, добавленные со многими Аксиомами OTSM-TRIZ как его фон [8.54].

Патент, Patent - юридический документ, выпущенный национальным или международным патентным ведомством для защиты права интеллектуальной собственности владельца патента на определенное изобретение в течение ограниченного промежутка времени.

Патентоспособное решение, Patentable Solution - новое изобретательское решение, которое отвечает всем формальным требованиям, которым нужно соответствовать.

Первопричина конфликта, Conflict original cause — событие, обуславливающее возникновение других взаимосвязанных событий, в результате приводящих к конфликту.

Передовые производственные технологии, Advanced industrial technologies — это технологии и технологические процессы (включая необходимое для их реализации оборудование), управляемые с помощью компьютера или основанные на микроэлектронике, используемые при проектировании, производстве или обработке продукции (товаров и услуг). Типичные применения включают автоматизированное конструирование и проектирование, гибкие производственные центры, роботов, автоматически управляемые транспортные средства, системы авто-

матизированного хранения и поиска. Все они могут быть соединены системами связи (локальными заводскими сетями) в единую гибкую производственную систему, а в конечном счете — в единое автоматизированное предприятие или интегрированную компьютерную производственную систему.

Период 1-й промышленной революции, *The period of 1st industrial revolution* - (1760–1830-е годы). Этот период связан с переходом к машинному производству и фабрично-заводской организации последнего, использования преимущества электрификации [8.4., 8.2.].

Период 2-й промышленной революции, *The period of 2st industrial revolution* - начало массового производством при его конвейерной организации на примере заводов Форда (1910–1930-е годы) [8.4., 8.2.].

Период 3-й промышленной революции, *The period of 3st industrial revolution* - начало массового производством с уже достаточно кастомизированной продукцией при гибких производственных системах и распределенном производстве, основанном на компьютерных технологиях (1970–1990-е годы) [8.4., 8.2.].

Период 4-й промышленной революции, *The period of 4st industrial revolution* – ее началом считается 2011 г., когда президент Всемирного экономического форума в Давосе Клаус Шваб сформулировал концепцию «Индустрии 4.0». Эксперты прогнозируют, что это приведет к полной автоматизации большинства производственных процессов, и, как следствие, увеличению производительности труда, экономического роста и конкурентоспособности ее стран-лидеров. Суть «Индустрии 4.0» состоит в ускоренной интеграции киберфизических систем в заводские процессы, в результате чего значительная часть производства будет проходить без участия человека. С «Индустрией 4.0» связаны такие понятия, как «промышленный интернет вещей» и «цифровое предприятие». Лидером развития «Индустрии 4.0» является Германия, где создан аналог Кремниевой долины — Intelligent Technical Systems OstWestfalenLippe. Анало-

гичные программы запущены в Нидерландах, Франции, Великобритании, Италии, Бельгии и др. В США с 2012 г. существует некоммерческая «Коалиция лидеров умного производства», объединяющая бизнес, университеты и госструктуры.

Планирование потребности в производственных мощностях, *CRP (Capacity Requirements Planning)* - технология планирования загрузки трудовых и технических ресурсов в соответствии с заданным планом потребностей в материалах (см. [MRP](#)). Загрузка рабочих мест рассчитывается на основе технологического маршрута изготовления изделия - набора шагов (операций), которые необходимо совершить для изготовления изделия или его части. Каждая операция совершается на каком-то рабочем месте, которое может состоять из одного или нескольких человек и/или оборудования. Технология CRP является частью концепции планирования производственных ресурсов (см. [MRP II](#)).

Планирование (управление) ресурсами предприятия, *ERP (Enterprise Resource Planning)* - данный термин появился в результате развития концепции планирования производственных ресурсов (см. [MRP II](#)). ERP-системы - это информационные управляющие системы, которые интегрируют и объединяют множество бизнес-процессов, связанных с операционными или производственными аспектами предприятия: производство, логистика, дистрибуция, складирование, погрузка, выставление счетов, бухгалтер. ERP-системы зачастую используются совместно с автоматизированными системами управления производственными процессами (см. [MES](#)). ERP-системы часто называются системами класса бэк-офис, чтобы отделить их от фронт-офис систем, таких как системы управления взаимодействия с клиентами (см. [CRM](#)) или системы управления цепочками поставок (см. [SCM](#)). В более широкой трактовке, термин ERP включает в себя системы классов MRP II, HRM, SCM и CRM.

Планирование потребности в материалах, *MRP (Material Requirement Planning)* - производственное планирование и инвентаризация, необходи-

мые для эффективного управления процессами производства изделия. MRP-системы помогают достичь следующих целей одновременно:

- проверить, что материалы и изделия доступны для производства или доставки заказчикам,
- управлять наименьшим возможным уровнем инвентаризации,
- планировать производственные процессы, поставки и закупки.

На входе таких систем задается основной производственный план (см. MPS), данные о запасах (информация о доступности сырья и полуфабрикатов), спецификация материалов (см. BOM) и данные о планировании (маршрутные, трудовые и машинные стандарты). На выходе получается рекомендованный производственный план (с детальной информацией о времени начала и окончания каждой операции в терминах компонент изделия) и рекомендованный план закупок сырья и полуфабрикатов. Возникшая в конце 1960-х годов технология MRP затем была расширена до более общей технология планирования производственных ресурсов (см. MRP II) и концепции управления ресурсами предприятия (см. ERP).

Подсистема, *Subsystem* — составная часть системы.

Полный веполь, *Complete Su-Field* - Ве-Поль представляет модель проблемы или решения проблемы, выраженной в терминах Вепольного анализа, в которой как минимум имеются два вещества и поле, чтобы создать работающую техническую систему или подсистему.

Полуавтомат, *Semiautomatic machine* – это машина или агрегат, самостоятельно выполняющий рабочий цикл, но подготовка к следующему циклу и пуск осуществляется человеком.

Потоковый анализ, *Flow Analysis* - аналитический метод и инструмент, который идентифицирует неудобства в потоках энергии, веществ, и информации в технической системе [8.54].

Предварительное решение, *preliminary decision* — концепция преобразования полезной системы или условий ее работы, описывающая один из способов решения задачи.

Причина конфликта, *Conflict reason* — событие, предшествующее конфликту и прямо или опосредованно обуславливающее возникновение конфликта.

Проблемная ситуация, *Problem situation* — совокупность обстоятельств, в которых содержится один или несколько нежелательных эффектов. В технических проблемных ситуациях эти обстоятельства, как правило, связаны с какой то машиной (оборудованием, устройством, агрегатом, производственной установкой и т.п.).

Программа автомата, *Automatic machine program* — это комплекс каких-либо предписаний (заданий, инструкций, алгоритмов). Программа может быть задана либо в его *конструкции* копиями, кулачками, рычагами и др. механизмами (часы, торговые автоматы), либо *извне* посредством перфокарт, перфолент, магнитных лент, магнитных или оптических дисков и т.п. (станки с числовым программным управлением, ЭВМ).

Продукт, *Product* — материальный результат преобразования обрабатываемого объекта, получаемый при работе машины. Продукт может иметь потребительскую ценность, а также может быть побочным или даже вредным;

— **полезный, *useful*** — продукт, создаваемый при работе машины и имеющий определенную потребительскую ценность;

— **вредный, *harmful*** — продукт, образующийся при работе машины и приводящий к появлению нежелательного эффекта.

Противоречие, *Contradiction* — несоответствие между потребностью и возможностью ее удовлетворения;

— **административное, *administrative*** — противоречие между потребностью в изменении некоторой проблемной ситуации и неизвестностью способа удовлетворения этой потребности;

— **техническое, *technical*** — противоречие, которое заключается в том, что улучшение одного эксплуатационного параметра полезной системы приводит к недопустимому ухудшению другого;

— **физическое, *physical*** — противоречие, которое заключается в том, что к одному свойству системы или ее компонента предъявляются взаимоисключающие требования.

Прорывное изобретение, *Disruptive Innovation* - изобретательное решение высокого уровня согласно ТРИЗ-овской системы Пяти Уровней Изобретений, которая или решает давнишнее противоречие или предлагает новую техническую систему, которая разрушает существующую технологию. Обычно такая прорывная инновация обеспечивает или скачек параметра на S-образной кривой развитии существующей технической системы или начинает радикально новую S-кривую Технологии [8.54].

Процессно-иерархический анализ, *Process-hierarchical analysis* - предназначен для сужения поля поиска, определения проблемного места в машине и проблемной операции в технологическом процессе и представляет собой иерархическую последовательность описания технологического процесса на нескольких уровнях. При этом каждый следующий уровень не описывает выполнение всего технологического процесса, описание концентрируется на выполнении выбранной проблемной операции, решатель при таком направляет процесс на проблемную операцию, которая и является причиной возникновения вредного продукта машины (см. в приложении 4 в [8.53]);

Развертывание, *Expansion* - интервал на графике времени технического развития системы, когда инновационные изменения предназначаются для достижения желаемого результата работы ее Главной Полезной Функции при максимальном усложнении системы, увеличении ее размеров, потребления энергии, и затрат, требуемых для реализации Главной Полезной Функции. Обычно фаза Развертывания системы замещается фазой Свертывания системы [8.54].

Распределенное числовое программное управление, *DNC (Distributed Numerical Control)* - современная концепция управления

станками с компьютеризированным ЧПУ (см. CNC), состоящая в том, что все станки управляются с центрального компьютера, который загружает в них программы обработки. Распределенное ЧПУ позволяет управлять всем цехом с одного рабочего места.

Ресурсы, *Resources* — все, что может быть использовано для преобразования систем с целью решения задачи: вещества, поля, время, пространство, информация;

— **вещественные, *substantial*** — все вещества в любом агрегатном состоянии (твердые, жидкие, газообразные, плазма, вакуум), их смеси, а также все технические и природные объекты;

— **временные, *temporal*** — временные промежутки до, во время или после рассматриваемого конфликтного события, которые можно использовать для предотвращения, нейтрализации или исправления его негативных последствий;

— **полевые, *field*** — все виды энергии, физические поля, а также все силы и взаимодействия между вещественными объектами;

— **легкодоступные, *readily available*** — природные и технические ресурсы, получение и использование, которых не требует больших расходов, а их количество условно неограниченно;

— **пространственные, *spatial*** — все свободное пространство в оперативной зоне и в других частях полезной системы, в том числе и то, которое можно получить в результате каких либо преобразований материальных ресурсов: полости, промежутки между компонентами, особенности геометрической формы и внутренней структуры компонентов и т.п.

Свертывание, *Convolution* - интервал на графике времени технического развития системы согласно Колоколообразной кривой развития, которое следует за фазой Расширения системы. Во время Свертывания инновационные изменения технической системы приводят к уменьшению всей сложности системы, уменьшению ее измерений и потребления энергии, снижению затрат, требуемых для реализации главной полезной функции

системы или обеспечению значения главного параметра, гарантируя, что необходимые степень качества и работоспособность не ухудшаются. Возможны три сценария: 1) Минимальный, когда все подсистемы все еще остаются независимыми; 2) Частичный, когда многие подсистемы становятся единственной подсистемой; 3) Полный, когда все подсистемы, возможно, не работают независимо. Во многих случаях частичное и полное свертывание требует изменения ряда принципов эксплуатации [8.54].

Система, *System* — совокупность взаимосвязанных компонентов, обладающая интегративным свойством, т.е. свойством, которым не могут обладать как каждый компонент в отдельности, так и их неорганизованная совокупность;

— **абстрактная, *abstract*** — система, представленная абстрактной моделью (словесной, графической, математической);

— **вредная, *harmful*** — самоорганизующаяся совокупность компонентов машины, производящая вредный продукт;

— **идеальная, *ideal*** — полезная система, затраты на функционирование которой пренебрежимо малы по сравнению с пользой от того действия, которое она производит;

— **инженерная, *engineering*** — система, построенная на основе машины, технического средства;

— **полезная, *useful*** — понятие, аналогичное понятию «функционирующая техническая система»; совокупность компонентов, организованная для производства полезного продукта;

— **простейшая полезная, *elementary useful*** — особый вид полезных систем, в которых происходит только одно преобразование энергии от источника энергии до рабочего органа (инструмента). Структура такой системы включает в свой состав компоненты, выполняющие роли двигателя, трансмиссии, рабочего органа, обрабатываемого объекта, источника энергии и органа управления;

— **техническая, *technical*** — особый вид систем, сознательно и целенаправленно организуемый человеком для выполнения какой то необходимой работы, получения нужного продукта;

— **техническая функционирующая, *technical functioning*** — понятие, аналогичное понятию «полезная система». Совокупность компонентов, организованных для производства полезного продукта.

Системный анализ, *System analysis* — дисциплина, занимающаяся проблемами принятия, решений в условиях, когда выбор альтернативы требует анализа сложной информации различной природы.

Системный подход, *System approach* - определенный этап в развитии методов познания, методов исследовательской и конструкторской деятельности, способов описания природы анализируемых или искусственно создаваемых объектов.

Система изобретательских стандартов, *System of Inventive Standards* - система из 76 Изобретательских Стандартов, которая включает пять классов в соответствии с типом изобретательских проблем: 1) Построение и разрушение вепольных систем; 2) Развитие вепольных систем; 3) Переход к надсистеме и на микроуровень; 4) стандарты на обнаружение и измерение; 5) Стандарты на применение стандартов [8.54].

Системные инновации, *Systematic Innovation* - Структура, которая комбинирует различные теории, методы и инструменты, основанные на системном подходе, чтобы поддержать инновационный процесс от начального анализа ситуации к развитию патентоспособных решений [8.54].

Сквозные технологии НТИ России, *Through technologies* — - технологии хранения и анализа больших данных;

- искусственный интеллект;
- технологии распределенных реестров;
- квантовые технологии;
- технологии создания новых и портативных источников энергии;

- новые производственные технологии;
- технологии сенсорики, производства компонентов робототехники;
- технологии беспроводной связи и «интернета вещей»;
- технологии управления свойствами биологических объектов;
- нейротехнологии, технологии виртуальной и дополненной реальности [8.32].

Скорость диффузии технологий, *Speed of diffusion of technologies* – это время, за которое технологии начинают активно использоваться большинством потребителей [8.4].

Список изобретательских приемов, *40 Inventive Principles* -

- список 40 Изобретательских Принципов создан основателем ТРИЗ Г.С. Альтшуллером на основе обширных исследований информации относительно многочисленных изобретений. 40 Изобретательных Принципов могут использоваться в комбинации с Матрицей Противоречий (также известный как Матрица Альтшуллера) или независимо [8.54].

Способ, *Method* — прием, действие и их совокупность, применяемые при выполнении какой-нибудь деятельности.

Стоимостной Анализ, *Cost Analysis* - шаг в Анализе Функции, который идентифицирует абсолютные и относительные затраты компонентов, которые составляют проанализированную техническую систему [8.54].

Схемы типичных конфликтов в моделях задач, *Diagrams of Typical Conflicts in the Models of Problems* - множество рисунков, которые представляют различные модели технических противоречий, появляющихся наиболее часто при решении изобретательских проблем [8.54].

S-образная кривая технической системы, *System S-Curve* - S-кривая, представляющая развитие определенной технической системы или ее подсистемы, основанной на том же самом эксплуатационном принципе.

Таблица основных приемов для устранения типовых технических противоречий, *Altshuller Matrix* - первая версия Матрицы Противоре-

чий созданная Г.С. Альтшуллером, основателем ТРИЗ (см. Матрицу Противоречия).

Техническое противоречие, *Technical Contradiction* - ситуация, которая возникает, когда попытка решить изобретательскую проблему, улучшая определенный признак (параметр) технической системы приводит к недопустимому ухудшению другого признака (параметра) той же самой системы.

Точка бифуркации, *Bifurcation point* — при работе по алгоритму — кризисный момент, когда необходимо сделать принципиальный выбор, в каком направлении следовать дальше.

Требования к ресурсу, *Requirements to a resource* — описание условий, которым должен отвечать ресурс, обеспечивающий переход от модели решения к предварительному решению задачи.

Триада требований современных глобальных рынков, *Triad of requirements of the modern global markets* - это система требований, связанных с:

- сокращением времени принятия решений (**Time-to-Decision, T2D**);
- значительным сокращением времени выполнения/ реализации проектов (**Time-to-Execution, T2E**);
- значительным сокращением времени вывода продукции на рынок (**Time-to-Market, T2M**) [8.32].

Указатель эффектов, *Catalogue of Effects* - база данных научных эффектов из научной дисциплины, в которой эффекты структурированы и категоризированы согласно родовым техническим функциям, которые могут быть получены на основе определенных научных эффектов. В каждом Каталоге эффекты объединены в различные группы, которые включают эффекты, способные повлиять на определенную техническую функцию. Известны следующие Каталоги: физических, химических, геометрических, биологических эффектов.

«Умный» цифровой двойник первого уровня (Smart Digital Twin, SDT-1) – это объединение **цифрового двойника объекта/продукта (Digital Twin, DT-1)** и **цифрового двойника производства (Digital Twin, DT-2)** в рамках единой цифровой модели на основе выполнения десятков тысяч виртуальных испытаний в процессе специальным образом организованной «цифровой сертификации» [8.32.].

«Умная» цифровая тень (Smart Digital Shadow, SDS) – она строится на основе «умной» модели, которая адекватно описывает поведение реального объекта/ продукта на всех режимах работы (например, пуски и остановки, нормальные условия работы, нарушения нормальных условий работы, аварийные ситуации и пр.). Формирование SDS происходит за счет получения оперативной информации о функционировании конкретного объекта/продукта при помощи технологий промышленного интернета и диагностики (**Health Monitoring System, HMS**). Эта дополнительная информация, полученная на этапе эксплуатации, позволяет продолжить «обучение» SDT-1, делая его еще более «умным», повышая его уровень адекватности и позволяя в дальнейшем моделировать с его помощью различные возможные и «непредвиденные» ситуации, включая их всевозможные комбинации/наложения, и эксплуатационные режимы (например, оценивать уровень возможных повреждений или остаточный ресурс) [8.32.].

«Умные» фабрики (Smart Factory) – системы комплексных технологических решений, обеспечивающие в кратчайшие сроки производство глобально конкурентоспособной продукции нового поколения от заготовки до готового изделия, отличительными чертами которого является высокий уровень автоматизации и роботизации, исключая человеческий фактор и связанные с этим ошибки, ведущие к потере качества («безлюдное производство»). В качестве входного продукта «Умных» фабрик, как правило, используются результаты работы Цифровых фабрик. «Умная» фабрика обычно подразумевает наличие оборудования для производства – станков с числовым программным управлением, промышленных роботов и

т. д., а также автоматизированных систем управления технологическими процессами (Industrial Control System, ICS) и систем оперативного управления производственными процессами на уровне цеха (Manufacturing Execution System, MES) [2.].

Управление данными об изделии, PDM (*Product Data Management*) - категория программного обеспечения, позволяющая сохранять данными об изделии в базах данных. К данным об изделии прежде всего относят инженерные данные, такие как CAD-модели и чертежи (см. [CAD](#)), цифровые макеты (см. [DMU](#)), спецификации материалов (см. [BOM](#)). Мета-данные содержат информацию о создателе файла и текущем статусе соответствующей компоненты. Система PDM позволяет организовать совместный доступ к этим данным, обеспечивая их постоянную целостность, обеспечивает внесение необходимых изменений во все версии изделия, модифицировать спецификацию материалов, помогать конфигурировать варианты изделия. Однако самым важным преимуществом системы PDM является ее использование на протяжении всего жизненного цикла изделия в рамках концепции управления этим циклом (см. [PLM](#)). Большинство PDM-систем позволяют одновременно работать с инженерными данными, полученными от разных CAD-систем.

Управление жизненным циклом изделия, PLM (*Product Lifecycle Management*) - данный термин используется для обозначения процесса управления полным циклом изделия - от его концепции, через проектирование и производство до продаж, послепродажного обслуживания и утилизации. PLM - это набор возможностей, которые позволяют предприятию эффективно обновлять свои продукты и релевантные услуги на протяжении полного бизнес-цикла. PLM - это один из четырех краеугольных камней в ИТ-структуре любого производственного предприятия. Всем компаниям необходимо уметь работать с клиентами (см. [CRM](#)) и поставщиками (см. [SCM](#)), а также управлять ресурсами предприятия (см. [ERP](#)). В дополнение к этому машиностроительным компаниям необходимо уметь разра-

батывать, описывать, управлять и распространять информацию об их изделиях, для чего нужно PLM. Ключевые компоненты PLM - это управление данными об изделии (см. [PDM](#)), совместное проектирование изделия (см. [CPD](#), [CAD](#), [CAE](#)), управление производственными процессами (см. [MPM](#), [CAPP](#), [CAM](#)).

Управление производственными процессами, цифровое производство (*digital manufacturing*), MPM (*Manufacturing Process Management*) - обобщенное название набора технологий, методов и программ, используемых при производстве изделий. MPM является ключевым элементом концепции управления жизненным циклом изделий (см. [PLM](#)), являясь связующим звеном между системами проектирования (см. [CAD](#)) и системами планирования ресурсов предприятия (см. [ERP](#)). Планирование производственных цехов (см. [AEC](#)), технологических процессов (см. [CAPP](#)), программирование станков с ЧПУ (см. [CAM](#) и [CNC](#)) являются компонентами MPM. Система MPM тесно взаимодействует с системами управления данными об изделии (см. [PDM](#)), планирования ресурсов предприятия (см. [ERP](#)) и автоматизированной системой управления производственными процессами (см. [MES](#)).

Уровень изобретательских решений, *Level of Invention* - безразмерная качественная мера, которая оценивает изобретательное решение согласно предполагаемому числу попыток, необходимых, чтобы генерировать такое решение и степень его вклада в общее развитие технологии и техники [8.54].

Управление цепочками поставок, SCM (*Supply Chain Management*) - процесс планирования, осуществления и контроля операций в цепи или сети поставок, логистической сети, основная цель которого - удовлетворить требования заказчика максимально эффективно. Данная деятельность состоит в управлении всеми перемещениями и складированиями сырья, полуфабрикатов и готовых изделий от пункта отправления до

пункта потребления товара. Следующие проблемы успешно решаются в рамках SCM:

- конфигурация распределенной сети: количество и местоположение поставщиков, производственных мощностей, оптовых баз, складов и заказчиков,
- стратегия распространения товара: централизованная или децентрализованная, прямые поставки или стыковки, маркетинговая стратегия вытягивания или вталкивания товаров на рынок (pull or push strategy), логистические услуги третьей стороны,
- информация: интеграция систем и процессов во всей цепочке поставок для разделения ценной информации, такой как сигналы о запросах, прогнозы, инвентаризация и транспортировка,
- управление инвентаризацией: количество и местоположение инвентаря, включая сырье, полуфабрикаты и готовые изделия.

Финальное решение, *final decision* — описание технического предложения по изменению полезной системы, в котором учтены наиболее полезные частные преобразования, описанные ранее в предварительных решениях.

Функциональная пара, *Functional pair* — функциональная модель, включающая только два компонента. При этом определено, какой компонент является инструментом (воздействует), а какой — обрабатываемым объектом (подвергается воздействию).

Функциональное моделирование, *Functional modelling* — один из наиболее эффективных методов анализа технических устройств, поскольку дает возможность получить совокупное представление о составе, структуре и связях между компонентами.

Функциональная модель, *Functional model* — это упрощенная графическая модель технического устройства (см. приложение 2 в [1]). В ней каждый компонент устройства представлен в виде прямоугольника, а действие этого компонента на другой — стрелкой. В прямоугольник впи-

сывается название компонента, а над стрелкой — глагол, обозначающий действие.

Функция полезной системы, *Function of useful system* — предназначение полезной системы, выражаемое в действии, направленном на изменение состояния материальных объектов. Функцию можно представить как взаимодействие двух компонентов: инструмента и обрабатываемого объекта. Инструмент воздействует на обрабатываемый объект, преобразует его и производит продукт — результат выполнения функции.

Функционально-идеальное моделирование, *Function-Ideal Modeling* - Метод увеличения степени идеальности технической системы или процесса, за счет уменьшения многих компонент, обеспечивающих систему или функциональные возможности процесса без потери качества работы системы или процесса. Инструмент, который осуществляет Идеально-функциональное Моделирование, называют "Trimming" (обрезка, калибровка) [4].

Функционально-Стоимостной Анализ, *Function Analysis* - (ФСА) — метод технико-экономического исследования систем, направленный на оптимизацию соотношения между их потребительскими свойствами и затратами на достижения этих свойств. Задачей ФСА является достижение наивысших потребительских свойств продукции при одновременном снижении всех видов производственных затрат.

Холмообразная схема решения задачи, *Hill-shaped scheme of the decision of a problem* — схема, иллюстрирующая процесс решения любой задачи. В схеме показаны три перехода: от условия задачи к абстрактной модели задачи; от абстрактной модели задачи к абстрактной модели решения; от абстрактной модели решения к конкретному решению.

Цифровой модуль Camozzi, *Digital module* – индивидуальный клиентский пакет, который содержит всю необходимую аппаратную составляющую, обеспечивающую функции удаленного сбора данных и контроля разнообразных физических параметров и режимов работы основных

механизмов и исполнительных систем: контроль состояния шкафов управления, температуры, потребления энергии, статус обработки, эффективность и производительность каждого элемента, анализ элементов, требующих ремонта или замены [1].

Цифровых Фабрик Будущего Концепция, (Smart Factory) - процесс использования новых технологий в контексте всех процессов для создания платформ и оборудования, обладающих свойствами:

- *Гибкости* – возможности легкой настройки различных параметров процесса;
- *Динамичности* – способности быстро реагировать на сбои и потребности в обслуживании;
- *Прозрачности* – информация и параметры процесса обобщаются и компонуются в общую структуру с целью облегчения просмотра и оптимизации решений;
- *Оптимизации* – потребления энергии, отходов, эффективности и надежности машин и оборудования и их жизненного цикла [1., 2].

Цифровой двойник производства (Digital Twin, DT-2) - высокоадекватная «умная» модель с учетом особенностей конкретного производства [2].

Шаблон эволюции, *Evolution Pattern* - описание определенного преобразования, происшедшего с технической системой во время ее развития, которое характерно для большинства других технических систем независимо от областей технологии, которым они принадлежат [4].

Эвристика, *Heuristics* - метод достижения результата, который основан на использовании статистически детерминированных правил с высокой вероятностью успеха, при определенных условиях отсутствия точной теории, предполагающий возможность получения итога со 100%-ной гарантией успеха [4, 5].

Элемент внешней среды, *Environment Component* - элемент внешней среды данного Веполя, который может использоваться для построения нового Веполя, анализа или развития существующего Веполя.

Эксплуатационный параметр, *Operational parametre* - параметр, характеризующий выполнение полезной системой той функции, для которой она предназначена.

Эффект, *Effect* — природное явление, которое может быть использовано для преобразования систем при решении задачи. Эффект описывается по определенной схеме:

- входное действие;
- объект, на который оказывается действие;
- результат воздействия на объект (выход);

- **биологический, *Biological Effect*** - влияние, оказанное биологическим объектом (животное, микроб, насекомое, растение) или их комбинацией таким образом, чтобы эта подсказка могла быть использована для изобретательного решения проблемы.

- **геометрический, *Geometrical Effect*** - эффект, при котором изменение геометрической формы объекта приводит к возникновению каких то новых свойств;

- **физический, *Physical Effect*** - эффект, при котором физическое воздействие на объект приводит к преобразованию энергии, переходу вещества в новое фазовое состояние, появлению полей, изменению свойств объекта и т.п.;

- **химический, *Chemical Effect*** — эффект, при котором химическое взаимодействие между атомами и молекулами вещества приводит к возникновению какого то поля либо действия или появлению новых свойств объекта.

2.2 Эволюция компьютерных технологий, поддерживающих генерацию изобретательских идей при создании концепта инновационного изделия или процесса

Компьютерных программ в области методов решения изобретательских задач немного, но они довольно широко распространены в мире. Такие программы, как *Invention Machine*, *Tech Optimizer*, *Gold Fire*, семейство программ компании *Ideation* – активно используются практически во всех мировых компаниях, которые находятся на гребне конкуренции. Именно эти софты выступили в качестве проводников ТРИЗ в большой мир, показали возможности ТРИЗ при устранении проблем компаний [10].

Распространение ТРИЗ по миру началось в начале 1990-х, когда эмигранты из Советского союза начали распространять эту методику в первую очередь в США. Крупные компании поначалу скептически отнеслись к этой теории: мол, разве могут что-то эффективное придумать в нищей России? Однако отношение к ТРИЗ постепенно менялось. Ключевой момент наступил тогда, когда В.М. Цуриков со своей «Изобретающей машиной» был награжден золотой медалью чикагской выставки.

С этого момента началось уверенное движение по миру методик ТРИЗ и тризовского софта. Первые попытки создать изобретательский софт были предприняты в начале восьмидесятых годов. Тому были **две причины**.

Первая – появились персональные компьютеры. Мысль о том, что положить процесс решения задачи на компьютерную программу, запрограммировать логику действий, оказалась плодотворной.

Вторая – ТРИЗ достигла уровня, вполне достаточного для решения изобретательских задач, чему накопились весомые подтверждения.

Оставалось только запрограммировать последовательность действий, и программа готова. Поскольку структура алгоритмов ТРИЗ и компьютерных программ во многом идентичны, создание тризовского софта представлялось сначала простым делом.

Было много попыток создания приемлемого тризовского софта. Однако большинство из них так и остались на уровне интерактивного учебника и записной книжки. Но, по сути, компьютер стал просто большой записной книжкой, книжкой с всплывающей без перелистывания нужной картинкой. Единственное, что поддавалось программированию – это матрица Альтшуллера, построенная предельно алгоритмично. Но этого было далеко недостаточно для уверенной работы с задачей. Тризовские методы, хорошо проработанные на уровне инструментов, на практике не желали образовывать единую систему, применялись они, чаще всего, независимо друг от друга.

Это не очень мешало решению задач, поскольку обучение ТРИЗ было построено на углубленном изучении эвристических инструментов и солидном тренинге по решению учебных и реальных изобретательских задач. Способы применения инструментов были у каждого свои, то есть, немного, но отличались. То есть, в голове у обученного тризовца создавался некий образ ТРИЗ, в котором инструменты были одинаковы, но способы их применения могли быть самыми разными.

Однако, получалось, что особо программировать и нечего - алгоритмы представляли собой набор инструментов, и между шагами простирались огромные пространства логического тумана.

Разработанный к этому времени Г.С. Альтшуллером алгоритм АРИЗ-85 был хорош, как для решения задачи, так и для обучения. Однако навешивание на алгоритм этих двух различных функций привело к его значительному переусложнению. Хотя это было вполне приемлемо для ручной работы, но мало подходило для создания софта, где очень важна сухая алгоритмичность, и трудно запрограммировать работу мысли.

Таким образом, перед разработчиками тризовского софта стояло **две задачи**.

✓ **Первая и главная** – это создание, продумывание эффективного, логичного и простого процесса решения задачи, который хорошо поддавался бы программированию.

✓ **Вторая** – это собственно программирование, построение компьютерной структуры тризовского алгоритма и набора эвристических инструментов, обеспечение диалога с пользователем, разработка дружественного интерфейса.

Интеллектуальные системы строились на основе выявленных в ТРИЗ объективных законов развития технических систем [10]. Именно следование законам развития дает возможность сделать конкурентоспособными выпускаемые продукты и разрабатываемые технологии. Это позволяет избежать многих дорогостоящих ошибок проектирования и повысить качественный уровень идей, определяющих главные показатели новой техники. Применение тризовского софта помогает инженеру, конструктору, технологичному в решении сложных изобретательских задач, в том числе при проведении функционально-стоимостного анализа.

Дальнейшее развитие тризовских софтов шло рука об руку с совершенствованием компьютерных технологий. Так, существенно развилась возможность получения информации, необходимой для решения изобретательских задач. Это значительно усилило решательные возможности софтов, ведь можно найти массу аналогов, которые можно применить для решения задачи. Эта возможность, несомненно полезная, подкрепляется развитием логической части софтов. Интересно, что здесь в полной мере проявляется закон неравномерности развития частей системы – развитие программ для поиска информации не всегда сопровождается усилением логической части.

Сейчас наблюдается тенденция позиционирования изобретательских софтов. Так, например, продукты проекта Invention Machine и компании Ideation – это сложные дорогостоящие программы, которые по силам приобрести только большой компании или университету. Для обычного поль-

зователя эти софты недоступны по стоимости, а функциональность их чрезмерна. Кроме того, эти софты существуют только на английском языке и малополезны для русскоязычного пользователя.

В качестве примера русскоязычного софта для решения изобретательских задач, можно указать софтверный продукт «Новатор» компании «Метод», представляющий собой базу данных эффектов с системой выхода на нужный эффект по требуемой функции. Эта программа дает возможность получить большое число решений, представленных в виде эффектов, без их оценки и привязки к исходной ситуации. Поиск эффектов не предусматривает углубленного предварительного анализа, поэтому получается много информационного шума, то есть, больше число нереализуемых решений. Это требует дополнительной работы по выбору наиболее подходящего решения, а иногда это вообще невозможно сделать [22].

Исходя из этого, представляет интерес разработка простых версий изобретательского софта. Надо сказать, что разработки эти активно ведутся. Появляющиеся в последнее время софтверные программы чаще всего можно назвать «программами одного инструмента». Весьма популярна к программированию хорошо алгоритмизованная таблица Альтшуллера, легко представить в виде программы линии развития технических систем и их компонентов. Такие «софты» малоэффективны, поскольку предусматривают поддержку только малой части процесса решения задачи.

Кроме решательных софтов, существуют специальные софты для обучения ТРИЗ. Чаще всего, подход разработчиков состоит в том, что они рассматривают тризовский учебный софт, как средство программно-ориентированного обучения. То есть, обучаемому дается информация по разделам, в основном по инструментам ТРИЗ, почтаив которую, человек должен ответить на вопросы по тексту. В конце обучения «пройденная» информация должна объединиться в алгоритм решения задачи. Даже при самых благоприятных обстоятельствах обучаемый получает только знания

о ТРИЗ, тренинговая составляющая – минимальна, что совершенно недостаточно для выработки навыка решения изобретательской задачи.

Ниже мы познакомимся с существующими на рынке софтверными продуктами для решения изобретательских задач.

2.2.1 ПРОЕКТЫ СЕМЕЙСТВА «ИЗОБРЕТАЮЩАЯ МАШИНА»

Семейство систем "Изобретающая машина" (ИМ) является программным продуктом, предназначенным для поддержки решения сложных инженерно-изобретательских задач. Поддержка может осуществляться на самых ранних стадиях проектирования техники, когда производится выбор принципов действия и архитектуры будущей машины, устройства. Софты можно также применять при решении задач, возникающих при совершенствовании уже существующих устройств, машин, технологических процессов. Базой знаний системы ИМ является ТРИЗ.

Основное достоинство и основная особенность рассматриваемой системы состоят в независимости заложенных в систему принципов от области техники. Законы развития технических систем, принципы разрешения противоречий и методы управления мышлением конструктора одинаково эффективно работают везде, поэтому семейство «Изобретающая машина» может применяться в любой области техники, связанной с обработкой веществ и полей, например, в машиностроении, электротехнике, микроэлектронике и т.д. Это подтверждается опытом эксплуатации системы на предприятиях различных отраслей: машиностроения, металлургии, электроники, химического машиностроения, самолетостроения, медицинской техники, строительства и др. [8, 9].

Все системы семейства ориентированы на пользователей, не имеющих специальных знаний в области компьютерной техники. Пользователи системы – специалисты разных отраслей, имеющие дело с производством и

созданием новой техники: инженеры, конструкторы, технологи, научные работники, патентоведы.

В основу ИМ положена теория решения изобретательских задач, включающая типовые принципы разрешения технических и физических противоречий, алгоритм решения изобретательских задач – АРИЗ, специальный язык техники (вепольный анализ), упорядоченный информационный фонд (указатели физических, химических, геометрических эффектов).

Главное положение теории заключается в выводе, что технические системы развиваются по объективным законам, знание которых помогает быстро и эффективно решать сложные задачи проектирования новой техники. Использование этих законов в комплексе с методами подавления психологической инерции, является принципиальным отличием ТРИЗ от таких методов, как мозговой штурм, синектика, метод фокальных объектов и др., опирающихся только на психологический подход.

При разработке программы «Изобретающая машина» тризовцы из Минска продемонстрировали грамотный подход к делу. В 1976 году В.М. Цуриковым была основана минская городская школа изобретателей, где основной изучаемой методикой стала ТРИЗ.

В школу стали приходить не только студенты Радиотехнического института, при котором она первоначально существовала, но и инженеры, и научные сотрудники предприятий и НИИ города. Основной целью школы была подготовка кадров для проекта "Изобретающая машина", а дополнительной – тщательная проверка и обкатка алгоритмов и инструментов ТРИЗ. В этой школе активно работал Н.Н. Хоменко, разрабатывая свою версию общей теории сильного мышления (ОТСМ).

К 1986 году образовалось ядро компании во главе с В.М. Цуриковым и Н.Н. Хоменко. Проект "Изобретающая Машина" вступил в фазу создания формального коллектива и разработки программного продукта. Коллектив Научно-исследовательской Лаборатории Изобретающих Машин (НИЛИМ, IMCorp, ISH, США) состоял из преподавателей и выпускников

школы ТРИЗ. В то время знание ТРИЗ-технологий было одним из важнейших условий работы в НИЛИМ.



Рис. 2.1. а) Руководитель Научно-исследовательской Лаборатории Изобретающих Машин (НИЛИМ, Минск; IMCorp, ISH, США), инициатор проекта “Изобретающая машина”, ныне главный архитектор интеллектуальных систем компании Predizo, к.т.н., Цуриков В.М. б) Информация о различных версиях софта. [1, 10]

В целом система занимает самый верхний уровень в иерархии САПР. Развитие обычных САПР идет в сторону элементарной интеллектуализации, что приводит к появлению некоторых свойств, присущих экспертным системам (автоматическая генерация диалога, пояснение логического вывода и т.п.). «Изобретающая машина» развивается по пути более полного усвоения теории развития технических систем, а также навстречу обычным САПР. В целом систему можно отнести к классу систем поддержки творческого мышления.

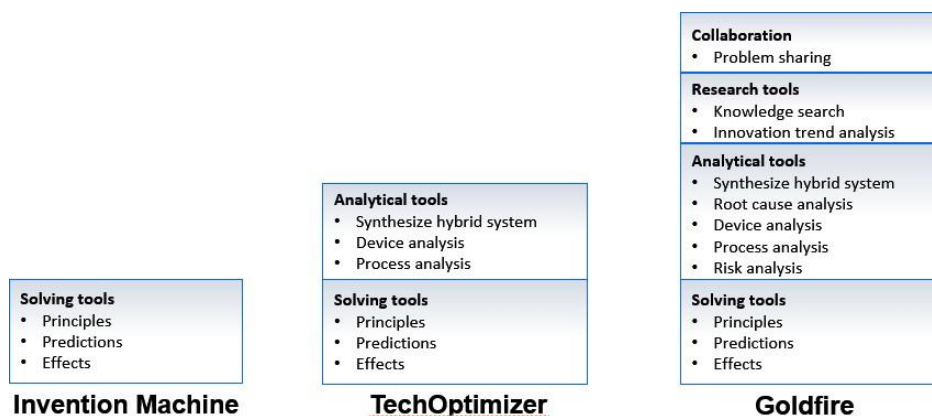


Рис. 2.2. Эволюция инструментария софта «Изобретающая машина» [8, 9, 23, 24, 25]

Базу знаний системы составляют методы поиска решений, созданные в СССР школой ТРИЗ (теория решения изобретательских задач) Г.С. Альтшуллера. Основные механизмы этих методов поддаются автоматизации с использованием искусственного интеллекта [16, 18].

Эволюция подходов к «Изобретающей машине» отражает тенденции развития тризовского софта в мире. Так, в самом начале, версии ИМ 1.1 – 1.5 предусматривали диалог пользователя и компьютера. Компьютер задавал вопросы, помогая выстроить противоречие, пользователь отвечал на вопросы, используя в качестве подсказок инструменты ТРИЗ.

Такой софт хорошо работал с четко сформулированными задачами, но выяснилось, что его аналитическая часть слабовата. Поэтому следующие версии под названием TechOptimizer уже содержали элементы функционального и процессного анализа, однако диалог с пользователем был сведен к минимуму. Центр тяжести переносился на использование технической информации и эвристических инструментов.

Дальнейшим развитием идеи было создание новой версии софта – Gold Fire. Решательная часть софта не подвергалась значительным изменениям, развитие софта пошло в сторону усиления аналитической части и разработки новых модулей. Были добавлены модули семантического поиска информации и модель работы с пользователем по совместному решению проблем.

ИЗОБРЕТАЮЩАЯ МАШИНА 1.1 – 2.11

Версии программы Изобретающая Машина 1.1 – 2.11 начинают семейство программ проекта. Система ИМ ведет анализ изобретательской ситуации в соответствии с логикой АРИЗ с целью выявления как технических, так и физических противоречий, формулирования идеального конечного результата, выделения оперативной зоны и т.п., вплоть до глубокого понимания сути задачи. В процессе диалога с системой исходная поста-

новка проблемы может сильно измениться за счет снятия влияния психологической инерции, присущей любому специалисту. Для решения поставленной задачи могут подключаться такие модули системы ИМ, как приемы устранения технических противоречий, стандартные решения задач, принципы разрешения физических противоречий, указатели физических, химических, математических эффектов.

Работает программа в диалоговом режиме: задает вопросы пользователю, при необходимости снабжая их краткими или развернутыми комментариями, дает справки по ТРИЗ и ТРТС, иллюстрирует их примерами. Главное положительное качество системы заключается в том, что пользователь приучается мыслить последовательно. Исключаются разрывы в логике анализа, часто встречающиеся на первых порах освоения АРИЗ.

Версии программы 1.1 – 2.11 содержат три самостоятельных модуля. [8, 9].

Система «ИМ-Приёмы» после краткого диалога с пользователем формулирует задачу и ведет поиск эффективных приемов разрешения технических противоречий с выдачей описания каждого из приемов и примеров их практического применения. Подсистема может разрешать до 1250 типов технических противоречий вида «улучшение известными методами параметра А вызывает недопустимое ухудшение параметра В».

В системе «ИМ-Стандарты» происходит неявное разрешение противоречий за счет обращения к одному из наиболее сильных инструментов ТРИЗ – стандартам (имеется в виду первоначальный смысл термина «стандартный», т.е. образцовый, наилучший). Стандарты ТРИЗ были сформулированы после анализа сильных методов решения изобретательских задач. Включают в себя 76 комплексных приемов, работающих совместно с физическими и другими эффектами. Главным достоинством подсистемы «ИМ-Стандарты» является возможность прогнозирования развития полученной идеи решения, что приводит к получению целой серии новых идей,

определяющих развитие структуры и принципа действия исходной технической системы.

Система «ИМ-Эффекты» предлагает пользователю описания физических, химических и геометрических эффектов с пояснением особенностей применения эффектов при решении изобретательских задач. База знаний подсистемы организована в соответствии с разработанным в ТРИЗ ресурсно-функциональным принципом, что позволяет любому пользователю применять в своей практической деятельности наиболее подходящие эффекты, описанные в доступной инженеру форме.

Кроме этих модулей для семейства ИМ прорабатывались такие модули, как:

- «ИМ-заявка», помогающий пользователю получить патент на полученную идею;
- «ИМ-учитель», дающий возможность обучить пользователя ТРИЗ вообще и работе с программой в частности;
- «ИМ-ФСА», позволяющий проанализировать состав и работу улучшаемой технической системы.

В качестве примера рассмотрим подробнее модуль «ИМ-ФСА» (рис. 2.3).

Процесс усовершенствования технической системы, разделяется на три самостоятельных этапа, охватывающих полный цикл проектирования.

1. Анализ ТС с целью определения того, что нас не устраивает, т.е. выявление задач.
2. Получение идей решения этих задач.
3. Обеспечение внедрения полученных решений.

База знаний системы ИМ-ФСА версия 1.0 содержит правила алгоритма постановки задач, построенного на аналитическом аппарате ФСА и ТРИЗ. Структура программы ИМ-ФС, показанная на рис. 2.3, представляет собой сеть, состоящую из самостоятельных блоков анализа.

Работа с системой ИМ-ФСА начинается с формулировки необходимых исходных данных по объекту анализа - блок подготовки информации (ПИ). После введения исходных данных применяется блок структурного анализа (СА).

В этом блоке эксперты определяют состав объекта анализа и элементы, с которыми он взаимодействует на различных стадиях своего жизненного цикла.

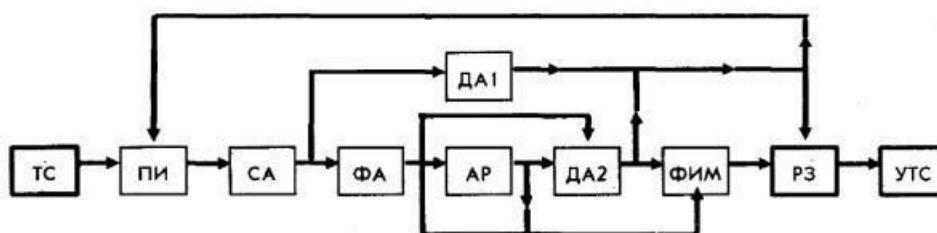


Рис. 2.3. Структура системы ИМ-ФСА версия 1.0:

ТС – техническая система; ПИ – блок подготовки информации; СА – блок структурного анализа; ФА – блок функционального анализа; АР – блок анализа ресурсов; ФИМ – блок функционально-идеального моделирования; РЗ – решение задачи; ДА1 – блок диагностического анализа 1; ДА2 – блок диагностического анализа 2.[8, 9]

Затем программа по определенным правилам помогает построить структурную модель исходной системы, и дает возможность установить, описать и проанализировать связи между ее элементами. Анализ положительных и отрицательных эффектов, проявляющихся при взаимодействии между элементами, позволяет выявить ряд задач и сформулировать предварительные предложения по совершенствованию объекта анализа. Сформулированные задачи и предложения система заносит соответственно в список задач и список предложений, пополняемые по ходу анализа.

Далее экспертам предоставляется возможность либо провести диагностический анализ объекта - блоки диагностического анализа (ДА1, ДА2), либо построить его функциональную модель - блок функционального анализа (ФА).

Определив "неблагополучные" элементы эксперты могут провести более углубленный анализ этих элементов, вернувшись к блоку ПИ, или перейти к решению выявленных задач - блок решения задач (РЗ) с помо-

щью интеллектуальных систем поддержки решения изобретательских задач "ИМ-Приемы", "ИМ-Стандарты", "ИМ-Эффекты".

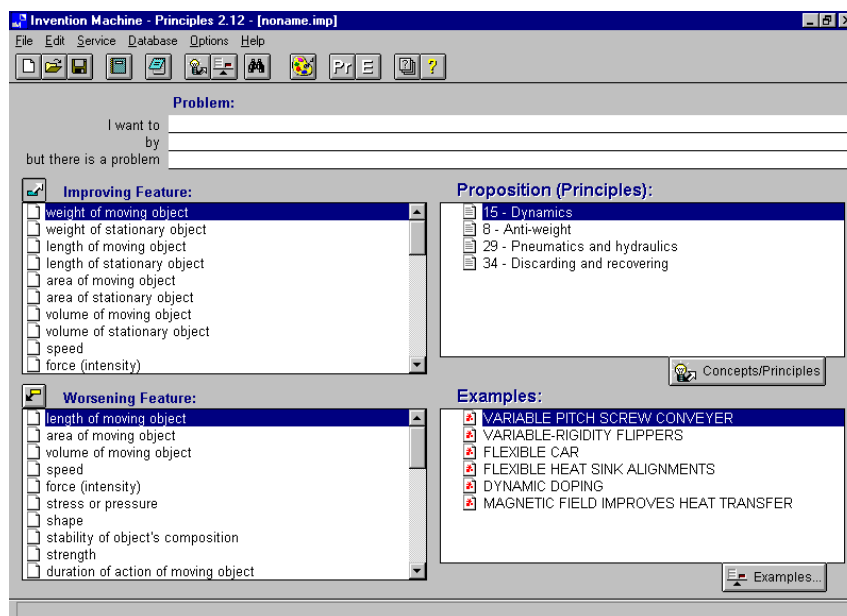


Рис. 2.4. Окно программы IMLab 2.11 (модуль «Приёмы») [8, 9]

Версии ИМ 1.1-1.5 были запрограммированы под MS DOS, и пользовались спросом в Советском Союзе. К концу восьмидесятых система MS DOS становится все менее популярной, а ситуация в Советском Союзе — неблагоприятной для экономики и бизнеса.

В этой связи было принято решение разработать версию программы на английском языке, которая могла бы работать под Windows. Такая версия программы носит название IMLab 2.11, именно эта версия использовалась для внедрения программы «Изобретающая Машина» на западный рынок (рис. 2.4).

Большим преимуществом семейства ИМ 1.1-1.5. является то, что выход на необходимое эвристическое преобразование осуществляется путем диалога пользователя с программой. Такой диалог дает возможность предварительно обработать задачу, и точнее выйти на нужный прием или эффект.

Большим преимуществом семейства ИМ 1.1-1.5. является то, что выход на необходимое эвристическое преобразование осуществляется путем диалога пользователя с программой. Такой диалог дает возможность пред-

варительно обработать задачу, и точнее выйти на нужный прием или эффект.

3 Практическая часть самостоятельной работы

3.1. Обоснование и выбор софта для поддержки процессов создания инновационного изделия или процесса

Существующие софты для изобретателей помогают решению изобретательских задач, в этом нет никакого сомнения – ведь быстрое и результативное решение изобретательских задач – это веление времени, условие для конкурентоспособности любого предприятия. Попытка анализа существующих на рынке изобретательских софтов заведомо неполна и однобока, но в открытом доступе представлено очень мало материалов, чтобы сделать полностью объективный анализ.

Разбираться в перспективах развития тризовских софтов можно только из академического интереса. Дело в том, что лучшие из них, – софты проекта *Invention Machine: Goldfire Innovator, TechOptimizer*, и семейство софтов компании *Ideation*, в первую очередь *Innovation Workbench*, присутствуют на рынке только в англоязычном варианте. Из значимых софтов на русскоязычном рынке представлена только программа *Новатор*. [5.2].

Отсутствие русскоязычных вариантов софтов тормозит их распространение. Это – главная причина, сродни с причиной сдачи города, которую маршал Ней привел Наполеону в числе прочих шести. «У меня не было пороха». Другие причины Наполеон выслушивать не стал.

По нашему мнению, основная проблема существующих софтов вытекает из неосознанного убеждения, что компьютер может изобретать сам, без участия человека. Данная максима приводит к тому, что для софта разрабатывается такая структура, которая по максимуму может работать самостоятельно. Имеет место неявно вербализуемая надежда на то, что компьютер может изобретать сам, поэтому невольно предпринимаются попытки переложить на программу все функции человека-решателя. В тоже

время приходится учитывать участие человека в работе с софтом. Такое противоречие неизбежно накладывает отпечаток на структуру софта, поскольку совместить эти два типа софта без потери смыслов довольно трудно.

Наверное, можно предельно автоматизировать процесс решения задачи, но это требует предельно простого алгоритма, например, «требуемая функция – варианты выполнения функции». Конечно, существует подход, когда софт включает элементы искусственного интеллекта, например, Machine learning. Этот подход довольно интересен, он может стать эффективным, если будет решена проблема отбора наиболее эффективных идей. Однако подход Machine learning далеко уводит нас от софта для пользователя, помогающего ему разработать изобретательскую задачу.

Попытки совместить эти подходы в одном софте нельзя признать удачными. Софт с элементами ИИ требует четкого алгоритма, который полностью обеспечивает нахождение и отбор идей решения. Работа решателя осложняется тем, что методическая основа существующих софтов – ТРИЗ в целом.

Но ТРИЗ, пока что, рыхлая «штуковина», нацеленная на слишком широкий спектр задач. Это приводит к тому, что проработка каждого типа задач недостаточно эффективна, в той или иной мере требуются ментальные усилия самого решателя.

Еще одна причина состоит в том, что существующие софты либо направлены на решение сложных задач, либо, наоборот, предельно просты и выполняют только одну функцию, как софт *Новатор* – он ищет только примеры выполнения функций, оставляя без должного внимания сам ход решения задачи.

Это приводит к тому, что софты имеют справочный характер, то есть пользователь работает не в софте, но с софтом. Решатель использует только часть программного потенциала, необходимого для выполнения своих

собственных задач, применяя какие-то части софта в качестве методической и информационной поддержки.

Поскольку алгоритмическая основа существующих софтов проработана недостаточно, они дают пользователю справочную информацию: набор приемов, стандартные решения задач, другие эвристические преобразования, базы данных эффектов, возможность поиска патентной информации и т.п. Чтобы пользоваться такими *справочными* софтами нужно пройти обучение методам ТРИЗ, и представлять себе общий алгоритм решения изобретательской задачи. При работе с такими программами значительный объем творческих операций, необходимых для решения проблемы, пользователь выполняет самостоятельно.

Инструменты, специально предназначенные для работы по изобретательской проблеме, разработаны, как максимально универсальные и многофункциональные. Это следствие того, что нет приемлемой классификации задач, не определен наиболее распространенный тип изобретательской задачи. Попытки объять необъятное приводит к тому, что существующие программные продукты сложны и требуют много времени для обучения и понимания. Эти программные продукты являются дорогостоящими, и в основном используются в крупных компаниях.

Какой же софт должен быть, что нужно современному решателю изобретательских задач? Наверное, можно сказать так: софт не должен конкурировать с человеком, решателем задач. Наоборот, он должен максимально подстраиваться под него и помогать человеку в полной мере раскрыть свои творческие способности. То есть, это должен быть софт-собеседник, софт-помощник, ведущий решателя по процессу решения задачи.

Важным требованием к изобретательскому софту является его точное позиционирование, нацеленность на самый распространенный тип задач. Изобретательские проблемы бывают самые разные как по степени сложности, так и по широте охвата ситуации. Это могут быть как сравнительно простые ситуационные задачи, так и сложные большие проекты. Наиболее

распространенный тип проблем, головная боль производителя, менеджера – это более или менее простые проблемные ситуации, содержащие один нежелательный эффект. Часто они решаются сразу, а иногда приходится затратить на их решение значительное время. Согласно нашим оценкам, такие задачи составляют 70-80 процентов от всех инновационных проектов, выполняемых компаниями. [10].

Для любой компании самый важный, невосполнимый ресурс – это время. Изобретательские задачи решали безо всякой ТРИЗ, по наитию, используя инженерную интуицию и опыт. Но сейчас, когда поколения машин и технологий сменяются все быстрее и быстрее, на долгие поиски и раздумья просто нет времени. Проблема состоит не в том, чтобы решить задачу, а в том, чтобы сделать это быстро, эффективно, с малыми затратами сил.

Конечно, существует и другой тип изобретательских проектов – это большие комплексные проекты, а также сложные задачи: разработка новых материалов и технологий, снижение себестоимости продукции, оптимизация системы управления компанией, повышение качества продукции. Такие проекты выполняются коллективно, при взаимодействии нескольких интеллектуальных подразделений, с привлечением, в первую очередь, специалистов ТРИЗ и 6 сигм. Чтобы разобраться в сложных проблемных ситуациях, используют мощные аналитические инструменты. В результате анализа проект неизбежно декомпозируется, разделяется на ряд «элементарных кирпичиков», более простых проблемных ситуаций. Таким образом, целесообразно позиционировать софт, как инструмент для решения этих выделенных проблем, устранения определяемых при анализе нежелательных эффектов.

Главное умение, необходимое при решении изобретательской задачи – это умение размышлять. Однако от хаотичных рассуждений бывает мало толку. Для эффективного решения задачи все звенья мыслительной цепи должны быть логически связаны, непротиворечивы, одно действие должно

вытекать из другого. Лучше всего решать задачу, когда есть хороший собеседник. Это большая удача, но случается она редко, в реальной жизни почти никогда. Любой партнер для дискуссии будет «гнуть» задачу под своё понимание, которое зависит от степени его компетентности, стиля мышления, и, скорее всего, не совпадет с вашим. А тут нужен идеальный собеседник, чуткий, понимающий, не лезущий вперед вас в своих рассуждениях, умеющий и высказать своё компетентное мнение, и покритиковать ваше суждение, и задать важный вопрос. С этой ролью должен справляться хороший изобретательский софт.

Точная нацеленность изобретательского софта дает возможность хорошо проработать те позиции, которые содержатся в нем. То есть, структура софта может содержать только то, что нужно для решения задачи, ничего лишнего. Это делает программный продукт простым, лёгким в обучении и использовании.

Изобретательский софт должен быть основан на рациональном алгоритме, который должен направлять решателя к сильному решению наиболее эффективным (быстрым и результативным) маршрутом. Для этого, он должен предлагать пользователю весь процесс решения задачи, но не малую его часть. Пользователь должен иметь выбор – пройти ли ему по всем ключевым точкам алгоритма, или пропустить очевидные ему действия.

Если софт делается для человека, должно быть обеспечено максимальное удобство работы с ним. В первую очередь, это требование включает хорошую наглядность работы с задачей, чтобы включалось образное мышление. Кроме того, важна максимальная автоматизация работы, чтобы решатель не тратил время на обслуживающие действия, а концентрировался на решении задачи.

Важным требованием является эффективная информационная и методическая поддержка решателя. Такая поддержка должна сопровождать как весь ход решения задачи, так и каждое его действие в целом. При этом поддерживающая информация должна быть предельно конкретной, под-

робно и исчерпывающе объяснять смысл действий решателя, но избегать лишней информации.

Последнее в списке, но не по значению, – требование оптимальной стоимости изобретательского софта.

3.1.2. ПРОГРАММНЫЙ ПРОДУКТ SOLVING MILL

Исходя из требований к эффективному изобретательскому софту, цель проекта Solving Mill – предложить для рынка компьютерную программу, напрямую предназначенную для решения изобретательской задачи от описания проблемной ситуации до получения и оценки идеи решения. Дать пользователю помощника, компетентного и логичного собеседника, который ведет его при решении задачи по эффективному алгоритму, задает нужные вопросы и напоминает, что надо сделать и какую сопутствующую информацию применить.

Идея создания подобной программы не нова, подобный подход – работать непосредственно через алгоритм решения задачи – лежал в истоках известной программы «Изобретающая машина» (версии 1.0 – 1.5). Однако, потом концепция софта была радикальным образом изменена.

Поздние версии программ семейства ИМ, TechOptimizer, – это, скорее набор инструментов, помогающий пользователю решать задачу.

Gold Fire имеет сильный семантический поисковик, систему обработки патентной информации. В остальном же, если судить по доступным материалам, это тот же самый набор инструментов.

Таким образом, сложилось представление, каким должен быть эффективный изобретательский софт.

Это должен быть софт-собеседник, умный партнер, который ведет пользователя по процессу решения задачи, не забегая вперед, учитывая все ответы пользователя и максимально автоматизируя его работу.

Компьютерная программа должна быть недорогой, доступной для широкого круга пользователей и в тоже время достаточно эффективной. Здесь нужно избежать двух крайностей – не упростить софт до примитивности, и не переусложнить его.

Чтобы удовлетворить требованиям простоты, алгоритм должен содержать минимальное количество ключевых, реперных точек, которые надо пройти при решении задачи. Требование сложности удовлетворяется тем, что переход между точками алгоритма может осуществляться самыми разными способами - от простой догадки, до применения самых сложных и эффективных инструментов ОТСМ-ТРИЗ. То есть, алгоритм должен пошагово вести решателя от точки к точке, показывая, какой результат он должен получить после каждого шага.

Методы выполнения шагов конкретизируются в каждом конкретном случае. Такой алгоритм представляет собой **фрактальный кластер, древовидную структуру** (рис. 2.5.).

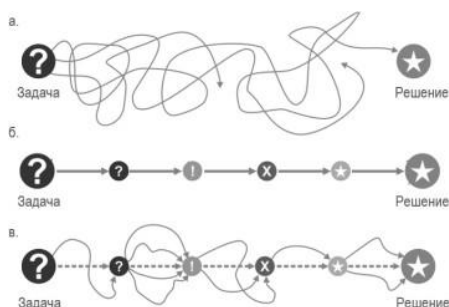


Рис. 2.5. Разные подходы к решению задачи: а) неорганизованный процесс; б) жестко детерминированный алгоритм; в) фрактальный алгоритм [1, 10]

Переходы между точками подразумевают наличие мини-алгоритмов применения инструментов ОТСМ-ТРИЗ и правил выполнения дополнительных шагов. Мини-алгоритмы можно уточнять и развивать до бесконечности, стараясь закрыть все основные типы решаемых задач, но основные шаги алгоритма при этом не меняются.

Такое понимание процесса решения изобретательской задачи и было положено в основу алгоритма исправления проблемных ситуаций, АИПС [1, 10, 26].

Алгоритм был протестирован на компаниях SAMSUNG и POSCO (Южная Корея) при многолетней работе с практическими изобретательскими задачами из области микроэлектроники, полупроводников, металлургии, медицины, дисплеев различных типов, производства домашней техники и т.д.

Он показал высокую эффективность, и на его основе была разработана компьютерная программа Solving Mill. Это эффективный софтверный продукт для устранения проблемных ситуаций, простой и лёгкий в обучении и пользовании.

Софт организован так, чтобы направить пользователя к сильному решению наиболее быстрым и результативным маршрутом.

Какие задачи решает Solving Mill?

Софт Solving Mill предназначен для поддержки решения нетривиальных технических задач от анализа проблемной ситуации до проверки эффективности полученного решения. Эти задачи могут быть связаны с процессами разработки, производства, хранения, транспортировки, продажи продукции, организации работы предприятия, рекламы и т.п. Алгоритм и инструменты универсальны для проблем из любых областей промышленности, могут применяться для других областей деятельности, где возникают нетривиальные задачи.

Продукт, получаемый при использовании Solving Mill это концептуальные решения, направленные на устранение проблемных ситуаций, возникающих при разработке, изготовлении, эксплуатации и утилизации устройства или технологии. Поэтому Solving Mill представляет интерес для таких пользователей, как инженеры, проектировщики, исследователи, тех-

нологи, руководители проектов, специалисты инновационных подразделений, патентоведы, руководители компаний и т.п. То есть, для всех тех, кто по роду деятельности сталкивается с необходимостью решать нетривиальные задачи.

Отдельная область применения Solving Mill - для организации обучения студентов университетов. Софт становится ядром, вокруг которого легко организовать как учебный процесс, так и практические занятия, причем это можно делать как при контакте с преподавателем, так и дистанционно.

В структуре программы предусмотрен тщательный анализ проблемной ситуации с построением причинно-следственных взаимодействий и выходом на оптимальные инструменты решения задачи. На основе анализа программа обеспечивает построение противоречий и других моделей задач, решение задачи при помощи миниалгоритмов и инструментов, разработанных в ТРИЗ и сопутствующих дисциплинах. Пользователь может усилить полученные решения при помощи линий развития. Поскольку программа Solving Mill предназначена для одной вполне определённой цели: исправление проблемных ситуаций, его удалось сделать эффективным, простым и лёгким в обучении и работе. [1, 10, 26].

Главный решательный инструмент Solving Mill – пошаговый темплейт для работы с проблемой, который заполняется по мере продвижения пользователя к решению.

Темплейт (рис. 2.6), организован согласно алгоритму АИПС, адаптированному для программного использования. Пользователь заполняет своеобразную «карту решения»: отвечает на вопросы, заполняет требуемые ячейки, помещает в темплейт описания, иллюстрации, схемы, выводы и другой контент, который генерируется по ходу работы с задачей. Следуя темплейту, пользователь проходит шаг за шагом по всем этапам работы с задачей. Пользователь может легко перемещаться по карте решений, имея возможность детальнее рассмотреть и проработать тот или

иной её участок, вернуться назад и исправить ход решения. Благодаря этому при работе пользователь видит и оценивает всю проектную ситуацию: как далеко он продвинулся в решении, есть ли какие-то промежуточные результаты и т.п.

Темплейт содержит 11 шагов, расположенных последовательно по горизонтали. У каждого шага есть своё отдельное поле. В нём даны указания для пользователя, что ему нужно делать: к примеру, описать что-то, внести данные в схемы, выполнить действия в операторе, сделать вывод и т.п. Заполненный темплейт дает полную и наглядную информацию обо всех шагах работы с задачей.

На входе в темплейт пользователь имеет описание проблемной ситуации в свободной форме, по завершению работы он получает:

- ряд идей о том, как решить проблему и улучшить проблемную ситуацию;
- предложения по внедрению полученных идей;
- зафиксированный процесс работы над проблемой в виде хорошо структурированных текстов, рисунков, схем (то есть готовый отчёт по проекту),
- заготовку формулы изобретения, которая автоматически формируется на основе зафиксированных данных.

При необходимости пользователь может получить помощь, инструкции, подсказки и примеры решённых задач. Для этого основной решательный инструмент – темплейт – имеет пять уровней информационной поддержки (рис. 2.7).

В случае затруднений при решении задачи и пользовании темплейтом, можно использовать короткие **подсказки**, которые расположены у каждой ячейки. Подсказка показывает, какая информация нужна программе от пользователя, и как корректно представить требуемые данные.

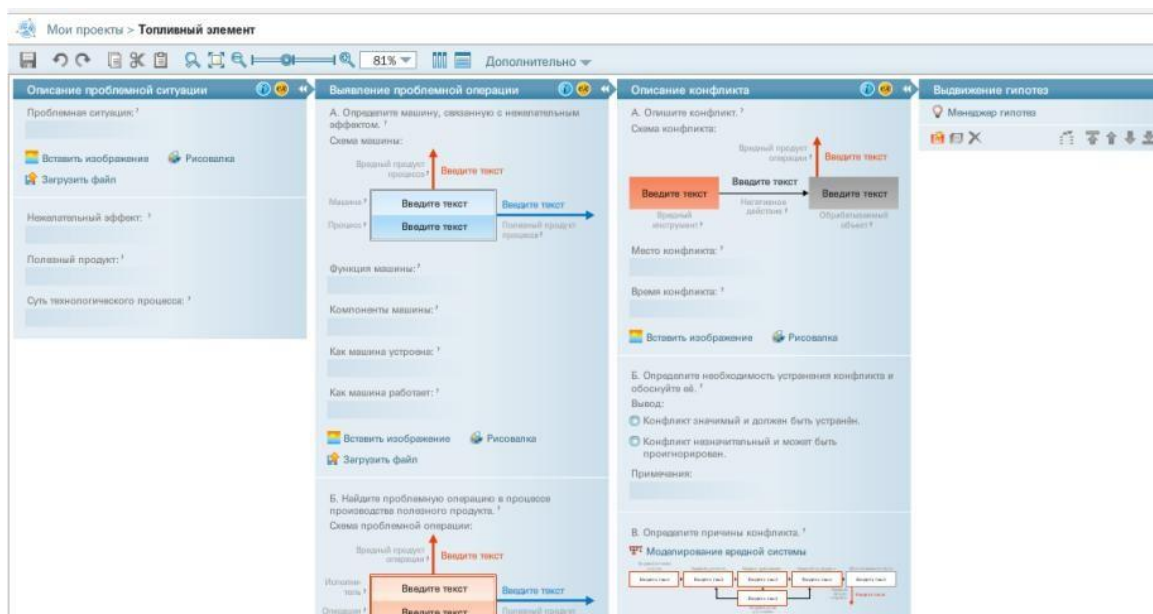


Рис. 2.6. Темплейт софта Solving Mill [1, 10, 26]

Для выполнения сложных действий и для работы с ТРИЗ-методами есть *операторы*. Каждый оператор открывается в отдельном окне и имеет свой особый интерфейс. С помощью *операторов* выполняются вспомогательные действия: построение моделей, обработка получаемой информации, генерация идей и т.п. (см. рис. 2.8).

Результат работы в каждом из операторов помещается в темплейт, а вся наработанная вспомогательная информация хранится внутри оператора, пользователь имеет к ней доступ в любой момент.

Помимо алгоритма АИПС (см. рис. 2.7), в софте использованы известные в ТРИЗ и разработанные авторами мини-алгоритмы [1, 10, 26].

Эти алгоритмы направлены на поддержку решательного процесса:

- построения модели технической системы;
 - выявления причинно-следственных связей;
 - построения конфликтного взаимодействия в системе
 - построения и анализа иерархической процессной модели;
- построения модели вредной системы
- выдвижения гипотез устранения конфликта

- построения таких моделей задач, как вепольная, техническое и физическое противоречие и другие
- построения требований к ресурсу «неизвестный ресурс – атрибут – описание атрибута»

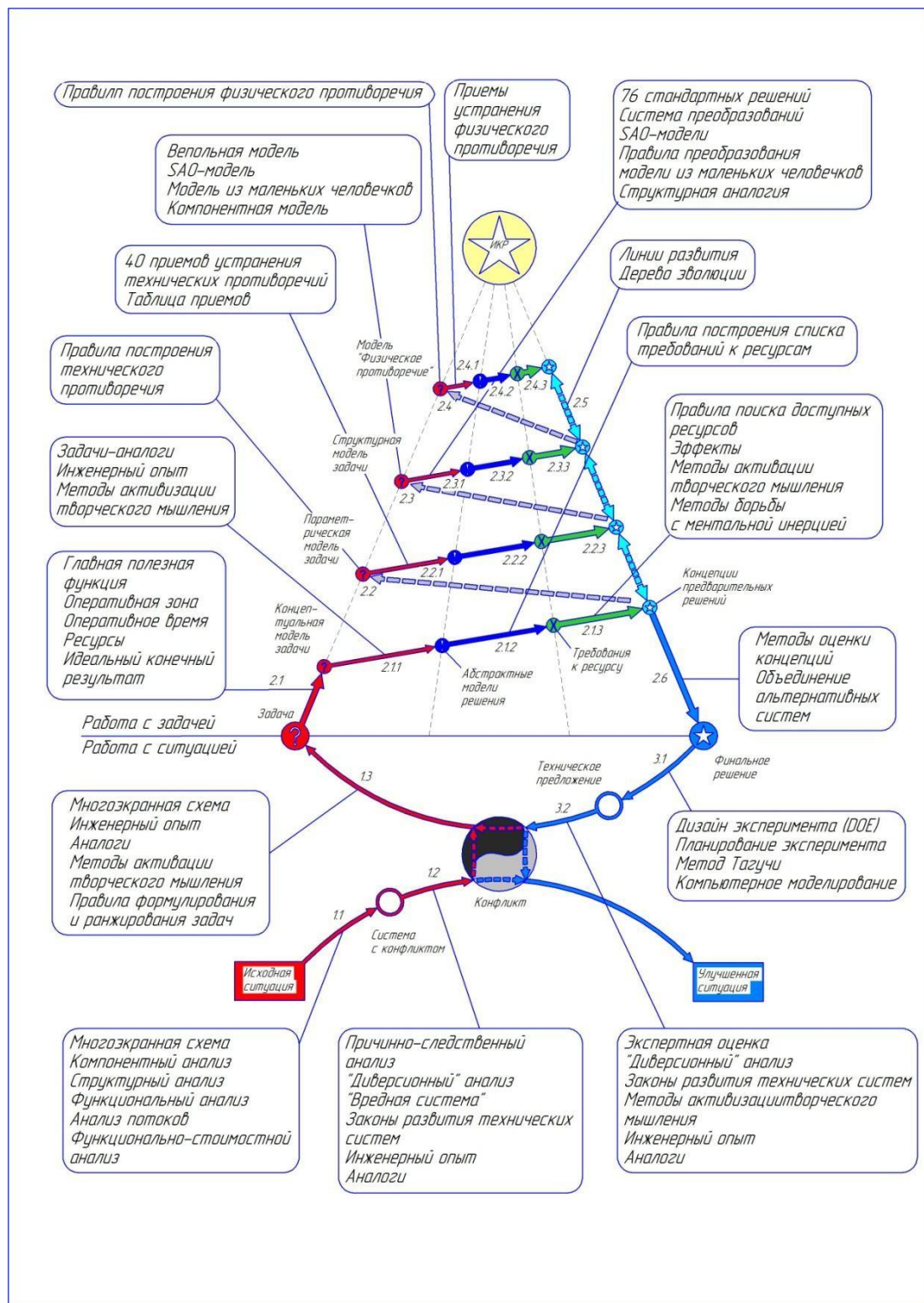


Рис. 2.7. Развёрнутый Алгоритм Исправления Проблемных Ситуаций (АИПС)

- применение дерева эволюции и линий развития для интенсификации идеи решения
- и многие другие.

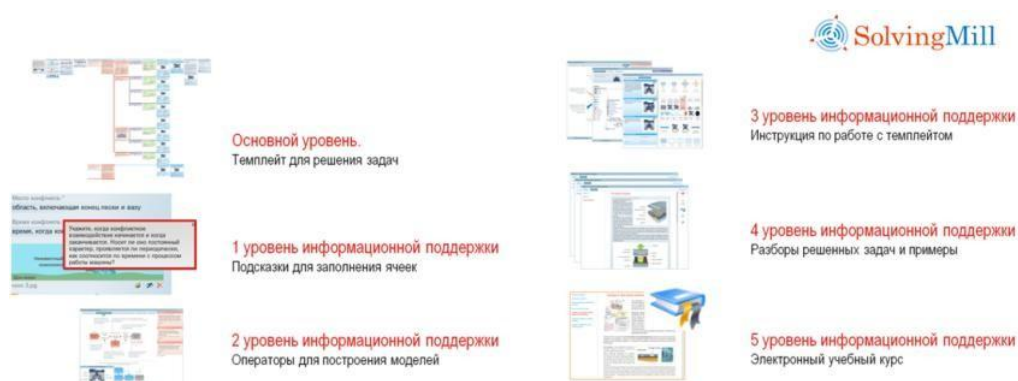


Рис. 2.8. Уровни информационной поддержки софта Solving Mill [1, 10]

Кроме того, в распоряжении пользователя имеются **инструкции**, в которых подробно рассказывается, как выполнять каждый шаг алгоритма и пользоваться методическими инструментами. Для более полного понимания особенностей пользования софтом Solving Mill и самостоятельного изучения процесса решения задачи пользователю предлагается учебный курс.

Если подсказок недостаточно, пользователь может посмотреть **примеры** решения задач и выполнения тех или иных действий (рис. 2.10). Примеры — это сквозные кейс-стади по решённым задачам. Каждый пример выполнен в соответствии с матричной основой софта: строго по шагам темплейта. Это дает возможность лучше понять, как процесс решения задачи, так и особенности работы с темплейтом и операторами [1, 10].

Программа организована таким образом, что пользователь может получить достаточную информационную поддержку по каждому шагу темплейта, а может дополнительно изучить весь ход решения задачи. Это возможно потому, что темплейт строго следует шагам алгоритма АИПС.

Таким образом, программа Solving Mill имеет матричную структуру (рис. 2.11). Это существенно упрощает пользование софтом, и позволяет самостоятельно освоить все особенности его применения.

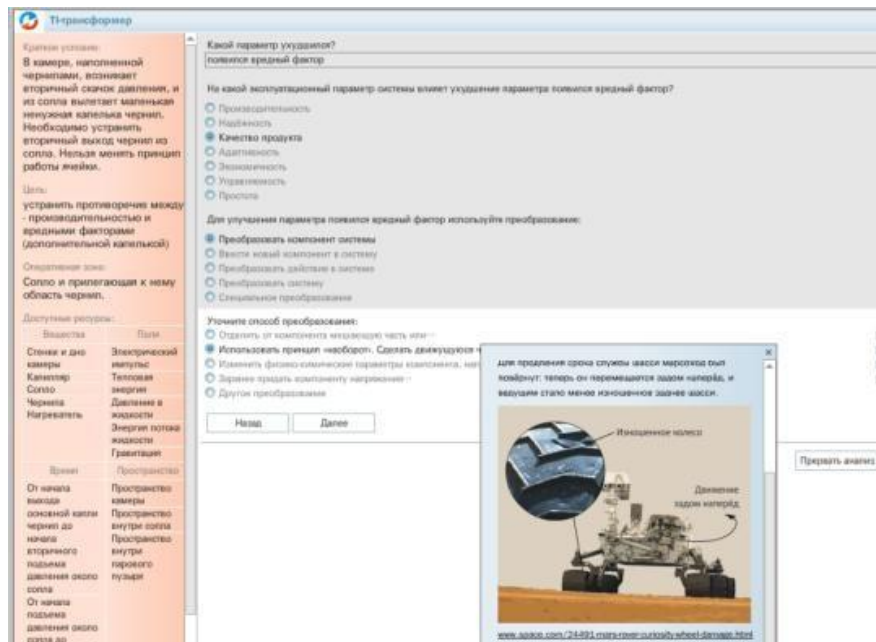


Рис. 2.9. Пример оператора TI-transformer софта Solving Mill [5.1, 5.11]

При достаточной мотивации не требуется предварительное обучение пользователя, что является значительным конкурентным преимуществом.



Рис. 2.10. Пример разбора решенной задачи софта Solving Mill [5.1, 5.11]

Для иллюстрации выполняемых действий в софте Solving Mill предусмотрен *графический редактор*, который дает возможность выполнять чертежи, схемы и простые рисунки.

5. Учебный курс						
4. Разборы задач						
3. Инструкции						
2. Операторы						
1. Подсказки						
0. Темплейт						
	Шаг 1	Шаг 2	Шаг 3	Шаг 4		Шаг N

Рис. 2.11. Матричное устройство софта Solving Mill [1, 10]

Редактор включает инструменты для рисования и базу данных изображений-примитивов, которые можно использовать при создании изображений – рис. 2.12.

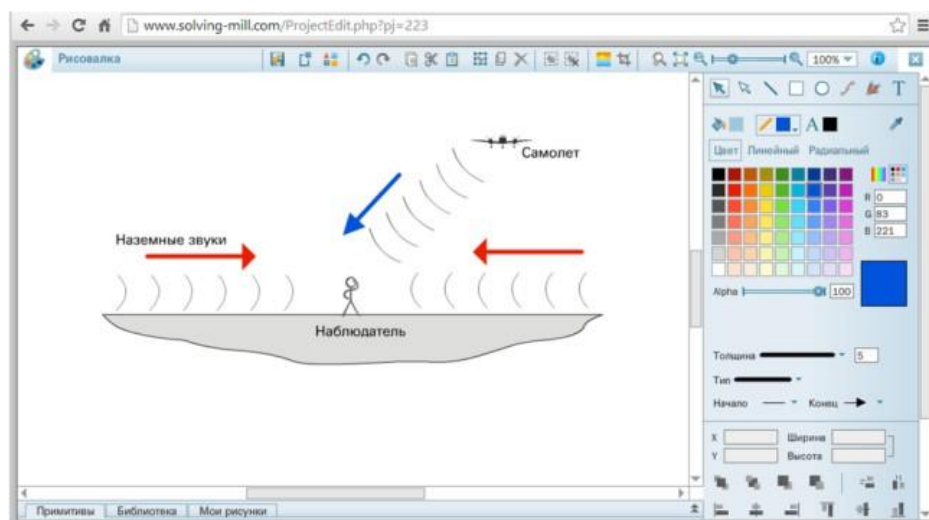


Рис. 2.12. Графический редактор софта Solving Mill [1, 10]

Архитектура программы включает раздел **«Администрирование»** (рис. 2.13), что дает возможность администратору группы возможность управлять процессом решения изобретательских задач: распределять задания, входить в аккаунт каждого из пользователей и контролировать ход решения, проводить сессий совместного решения задачи с удаленным доступом, учитывать решенные задачи, и компилировать базу данных решенных задач.

Это позволяет систематизировать и рационально организовать работу изобретателей на уровне предприятия, проводить корпоративное обучение сотрудников, в том числе дистанционное.

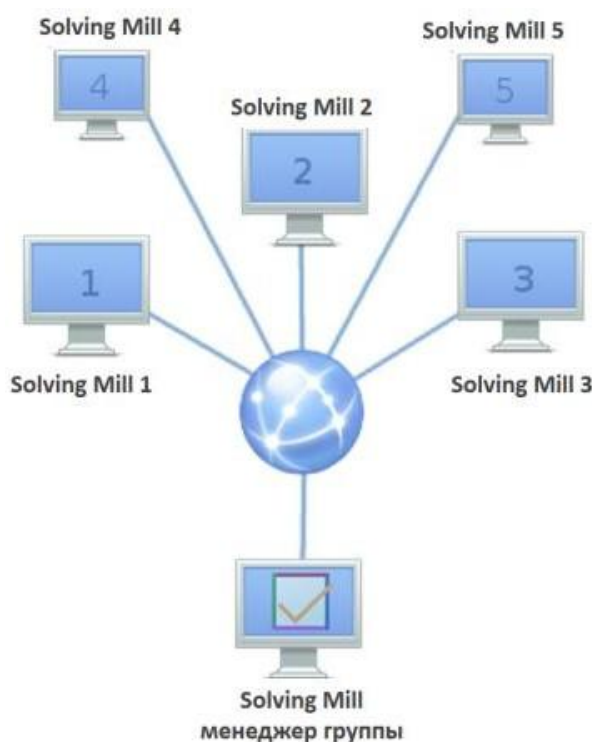


Рис. 2.13. Система администрирования Solving Mill [1, 10, 26]

Это позволяет систематизировать и рационально организовать работу изобретателей на уровне предприятия, проводить корпоративное обучение сотрудников, в том числе дистанционное.

Хорошо работает система администрирования софта Solving Mill при обучении студентов университетов, когда преподаватель может организовывать практические занятия и контролировать их выполнение студентами в режиме реального времени.

Более подробное руководство применения софта предложено автором настоящих МУ в Методических указаниях к выполнению расчетно-графической работы «Поиск и формирование изобретательских идей на стадии создания концепта инновационного продукта на основе софта Solving Mill» [21].

3.2. Примеры процедур применения софта SM 2.0 при поиске и формировании концептуальных решений инновационных объектов в структуре ВКРБ и ВКРМ

Задача о повышении производительности автоматизированного процесса печатания плоских диодов.

Этап 1. Анализ проблемной ситуации.

Чтобы сделать пленочный диод, необходимо напечатать несколько (до 10) разных слоев на подложке. Печать производится при помощи сетчатого шаблона, который устанавливается над листом бумаги, и шпателя печатающим составом. Состав заполняет пустые места шаблона и остается на бумажной подложке.

Проблема состоит в том, что для печати каждого слоя необходимо точно выставить шаблон над поверхностью столика. На регулировку шаблона требуется много времени.

Вопрос: Как повысить производительность печатания плоских диодов?

Как устроена машина:

Основа – лист бумаги – располагается на подвижном столике. Над столиком с зазором 1,3 мм устанавливается рамка с сетчатым шаблоном для печати. Макет-сетка представляет собой малогабаритную сетку, растянутую на кадре. Поверхность сетки покрыта изоляционным веществом в надлежащих местах. Шпатель установлен с возможностью перемещения по сетчатому шаблону.

Как работает машина:

Лист бумаги фиксируется на поверхности подвижного стола с помощью вакуумного устройства. Затем привод перемещает стол в продольном направлении и слегка поднимает его. Шаблон устанавливается каждый раз

в одном и том же положении, так что бумага помещается под сеткой с небольшим зазором (см. рис. 2.14).

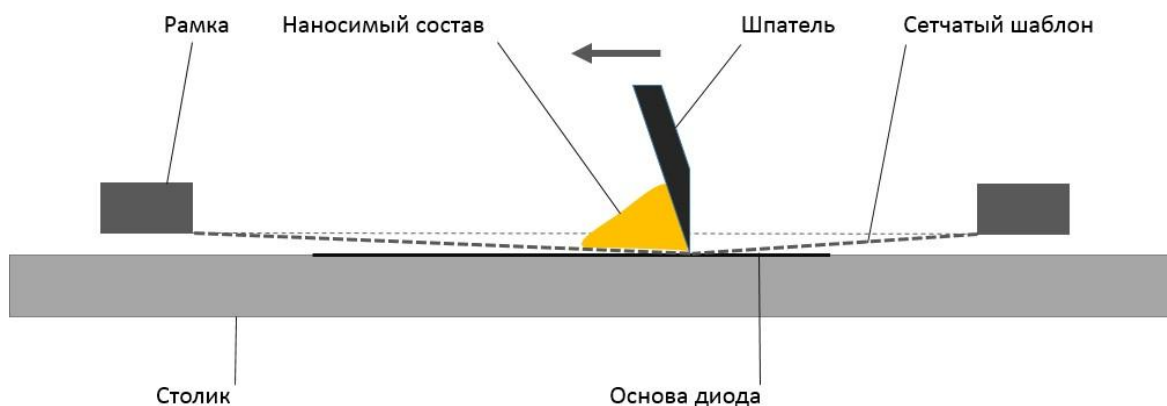


Рис. 2.14. Схема работы машины для печатания плоских диодов [1, 10]

Затем на край шпателя наносят состав, который образует данный слой диода. Шпатель перемещается, прижимая сетчатый шаблон к бумаге и втирая краску в свободные места шаблона. На подложке появляется отпечаток одного из диодных слоев.

После того как данный слой напечатан, шаблон заменяется, и печатается следующий слой.

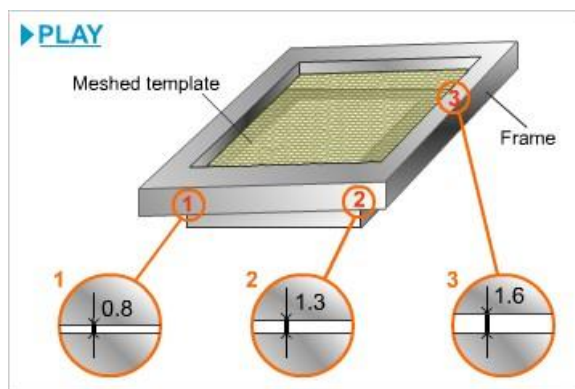


Рис. 2.15. При замене шаблона расстояние между столом и сеткой должно составлять 1,3 мм [1, 10]

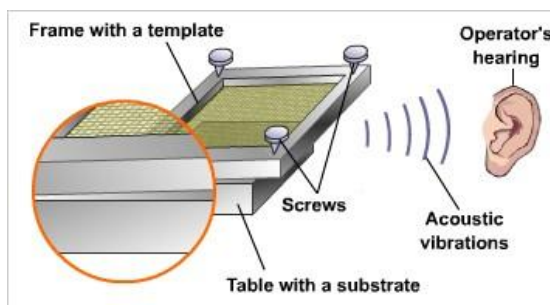


Рис. 2.16. Фаза процесса, когда зазор становится равным 1,3 мм, акустический анализатор генерирует световой сигнал [1, 10]

Проблемная операция:

При замене шаблона необходимо установить его таким образом, чтобы расстояние между столом и сеткой составляло 1,3 мм (см. рис. 2.15). Это делается оператором, который поворачивает регулировочный винт и постоянно щелкает по сетке в ее углах. При изменении положения угла сетки частота звука изменяется, и когда зазор становится равным 1,3 мм, акустический анализатор генерирует световой сигнал (см. рис. 2.16).

После этого корректируются другие три угловые точки шаблона. Такой метод установки шаблона требует много времени и сильно зависит от умения оператора.

Конфликт:

Обстоятельства конфликта: сложный метод установки сетки - замедляет - установку сетки.

Вредный продукт: неточно установленная сетка

Место: в углах сетки

Время: при установке сетки.

Причины конфликта:

Причинно-следственная цепочка очень короткая:

Почему сетку надо регулировать?

1. Она изначально установлена неправильно.

Почему установка сетки занимает долгое время?

1. Нужно отрегулировать все четыре угла сетки.
2. Регулировка осуществляется вручную.
3. Звуковой сигнал подается вручную. Почему сетка может быть установлена неточно?

1. Из-за спешки оператора.

Основные причины конфликта заключаются в том, что сетка изначально устанавливается неправильно, и все действия по установке сетки – перемещение углов, подача звукового сигнала осуществляются вручную.

Согласно этим причинам можно выделить две гипотезы устранения конфликта:

1. Сетка должна быть установлена правильно, т.е. параллельно поверхности основы и с зазором 1,3 мм.
2. Заменить ручную установку сетки на автоматическую.

Этап 2. Решение задач.

Выберем для решения гипотезу 2, как более простую.

Задача 1.

Необходимо установить рамку параллельно столу с зазором 1,3 мм.

Вопрос: Требуется разработать автоматическое устройство для установки рамки.

Идея решения 1:

Возьмем в качестве аналога любое устройство с обратной связью.

Тогда устройство для установки рамки с сеткой может быть выполнено следующим образом. На углах рамки с сеткой устанавливаются исполнительные механизмы, например, винтовые. Кроме перемещения рамки ис-

полнительный механизм должен постукивать по сетке, чтобы генерировать звуковой сигнал (см. рис. 2.17).

При постукивании по сетке генерируется звуковой сигнал, который воспринимается датчиком. Контрольное устройство оценивает частоту звуковых колебаний и подает команду на исполнительное устройство, которое поднимает или опускает соответствующий угол рамки с сеткой.

Достоинства этого решения: Ускоряется установка рамки в требуемое положение и повышается точность ее установки.

Недостатки: Устройство для установки рамки получилось очень сложным.

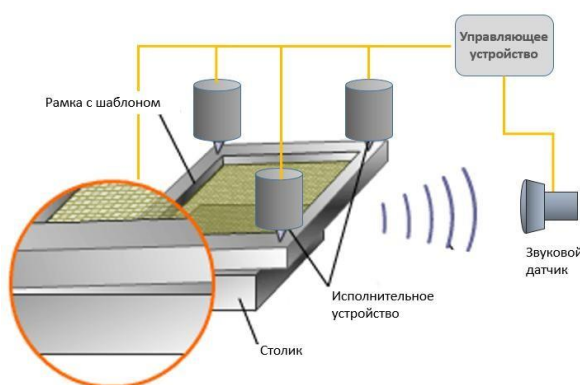


Рис. 2.17. Идея решения 1 - контрольное устройство оценивает частоту звуковых колебаний и подает команду на исполнительное устройство, которое поднимает или опускает соответствующий угол рамки с сеткой [1, 10, 26]

Сформулируем задачу на основе оставшейся гипотезы:

Задача 2.

При установке сетки над бумажной основой нужно найти такое ее положение, чтобы сетка была параллельной основе. Тогда можно перемещать не углы сетки по отдельности, а всю сетку сразу. Это существенно ускорит процесс установки сетки.

При каких условиях сетка будет абсолютно параллельна основе? Такие условия возникнут, если сетка будет к основе прижата всей своей поверхностью. Но сетка должна быть установлена с зазором.

Вопрос: Как удовлетворить описанным условиям?

Модель задачи:

Вырисовывается следующее физическое противоречие относительно положения сетки в пространстве (рис. 2.18).

- Сетка должна касаться основы всей своей поверхностью, чтобы быть параллельной основе.
- Сетка не должна касаться поверхности основы, поскольку нужно обеспечить требуемый зазор.

- **Модель решения:**

- *К какому атрибуту ресурса предъявляются противоречивые требования?*

- Сетчатый шаблон с рамкой
- *Какой тип противоречия мы имеем?*
- Противоречивые значения параметров требуются в одно и то же время.

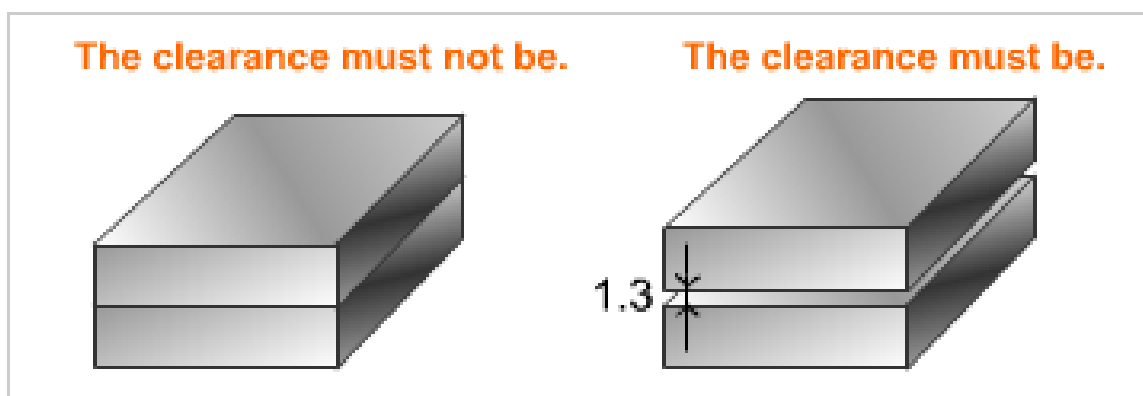


Рис. 2.19. Физическое противоречие относительно положения сетки в пространстве [1, 10]

Доступные ресурсы:

Вещества	Поля
Сетчатый шаблон, Рамка, Шпатель,	Электрическое поле Механическое поле (уп- ругие силы)

Подвижной столик, Основа печатаемого диода, Исполнительные механизмы для установки углов Звуковой датчик	
Время	Пространство
От начала установки сетчатого шаблона до ее окончания.	Всё пространство, включающее сетку с рамкой и столик

Разрешить такое противоречие можно *в пространстве*.

Например, установит сетку на рамке так, чтобы ее поверхность имела зазор с нижней поверхностью рамки 1,3 мм. Тогда рамка полностью ляжет на столик, а сетка расположится совершенно параллельно с зазором 1,3 мм.

Идея решения 2.

Выполнить выступы высотой 1,3 мм на краях стола или на рамке сетчатого шаблона (см. рис. 2.18).

В реальной машине для печати диодов столик меньше по размеру, чем рамка с сеткой. В этом случае выступы могут быть на дополнительных кронштейнах, увеличивающих размер стола.

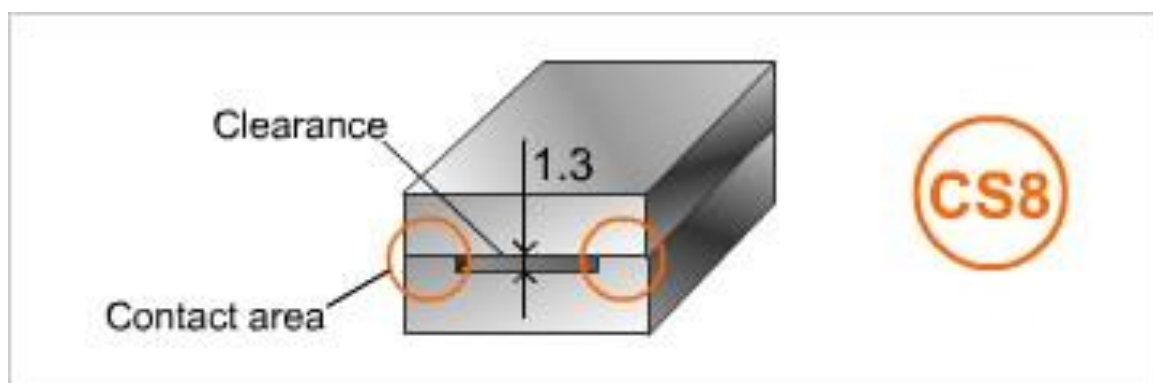


Рис. 2.19. Идея решения 2 - выполнить выступы высотой 1,3 мм на краях стола или на рамке сетчатого шаблона [1, 10]

На рис. 2.20. показано, как это выглядит в программе Solving Mill

Это решение можно усилить, поскольку, наряду с проблемой вертикального позиционирования сетчатого шаблона существует проблема горизонтального его позиционирования.

Укажите атрибут:	
положение в пространстве	
Выберите тип противоречия:	
☐ Противоречивые значения параметра требуются в одном и том же месте	
☒ Противоречивые значения параметра требуются в одно и то же время	
☐ Противоречивые значения параметра требуются в одном и том же месте и в одно и то же время	
MP	Для разрешения противоречия, связанного с атрибутом положение в пространстве, разнести противоречащие значения параметра в пространстве.
Укажите, как это преобразование может быть применено для решения данной задачи:	
Выполнить на рамке с сеткой выступы, обеспечивающие зазор 1,3 мм.	

Рис. 2.20. Окно программы Solving Mill [1, 10]

Идея решения 3.

Выполнить выступы конической формы, а на рамке предусмотреть соответствующие отверстия.

Тогда при контакте выступы попадут в отверстия, что предотвратит боковое смещение сетки при печати слоя.

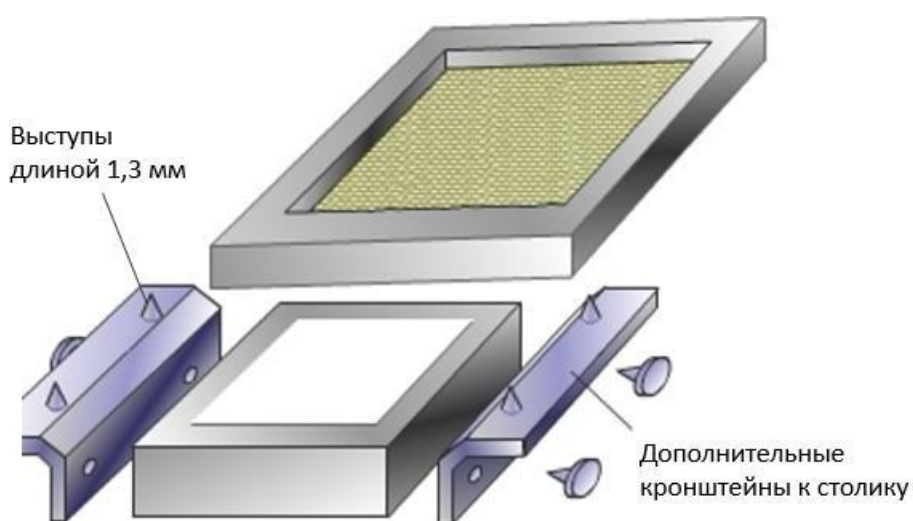


Рис. 2.21. Идея решения 3 - выполнить выступы конической формы, а на рамке предусмотреть соответствующие отверстия [1, 10]

Идея решения 3.

Выполнить выступы конической формы, а на рамке предусмотреть соответствующие отверстия.

Тогда при контакте выступы попадут в отверстия, что предотвратит боковое смещение сетки при печати слоя.

Вывод:

Конструкция регулировочного устройства согласно идеям решения 2 и 3 выполняет все функции автоматического устройства, представленного идеей решения 1. В то же время конструкция, полученная в результате разрешения физического противоречия очевидно проще, точнее и надежнее, чем автоматическое устройство по идее 1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карлов А.Г., Шпаковский Н.А. Идеи, изобретения, инновации в сфере автоматизации технологий и технических систем: учебное пособие. — М. : Центр каталог, 2019. — 536 с. — (Вузовский учебник). ISBN 978-5-903268-25-2
2. Боровков А.И., Рябов Ю.А., Марусева В.М. Новая парадигма цифрового проектирования и моделирования глобально конкурентоспособной продукции нового поколения. Цифровое производство, методы, экосистемы, технологии. Рабочий доклад департамента корпоративного обучения Московской школы управления Сколково. 2018, с. 24-43.
3. Боровков А.И., Рябов Ю.А., Кукушкин К.В., Марусева В.М., Кулемин В.Ю. Цифровые двойники и цифровая трансформация предприятий ОПК. Научно-технический сборник «Оборонная техника», №1, 2018, с. 6-33.
4. В проектировании под производство нет ничего сложного – был бы подходящий инструмент. Ильин И. Информационно-аналитический журнал. CAD/CAM/CAE Observer №8 (124) / 2018 - URL: http://cad-cam-cae.ru/?fbclid=IwAR2_scqgAlMesHfoqj2b37WjiWN64VynhwZ6tBwaYomDqTSGdkRo0JKccHs
5. Valeri Souchkov. Glossary of TRIZ and TRIZ-related Terms. Version 1.2. The International TRIZ Association – MATRIZ. 2018 (2014) / URL: http://www.xtriz.com/publications/TRIZGlossaryVersion1_2.pdf.
6. Шпаковский Н.А. Деревья Эволюции. Анализ технической информации и генерация новых идей. Издательство: НИИ школьных технологий, ТРИЗ-профи, Пульс, 2006 г. - 240 с.
7. Шпаковский Н.А.. Учебные курсы по двум областям знаний: Технологии направленного изобретательства (включая ТРИЗ); Закономерности развития технических систем и их практическое применение URL: <http://www.target-invention.ru/Info/Offers-universities/TargetInvention.html>

8. Хоменко Н.Н., Кучерявый Д. "ИЗОБРЕТАЮЩАЯ МАШИНА" – семейство систем поддержки решения изобретательских задач.
URL:https://otsm-triz.org/sites/default/files/ready/im_khomenko_kucheryaviy.pdf.
9. Н. Петрович, В. Цуриков, Путь к изобретению (Десять шагов), М.: «Молодая гвардия», 1986, 222 с.
10. Шпаковский Н.А., Новицкая Е.Л. ТРИЗ. Практика целевого изобретательства. Учебник. - М.: Форум, 2011. - 336 с. - (Высшее образование).
11. Хоменко Н.Н., Аштиани М. Классическая ТРИЗ и ОТСМ как теоретическая основа инструментов для решения нестандартных проблем. /
URL: http://www.jlproj.org/this_bibl/KNN_ETRIA.RUS11.pdf
12. Викентьев И.Л., Приёмы рекламы и public relations. Программы-консультанты: 446 примеров, 200 учебных задач и 21 практическое приложение, СПб, 8-е дополненное издание, "ТРИЗ-ШАНС" и "Бизнес-пресса", 2007 г., 406 с. URL: <http://www.triz-chance.ru/litera.html>
13. Фаер Сергей. ТРИЗ-технологии в избирательных компаниях. URL: <https://www.trizland.ru/trizba/pdf-books/trizba-6-22.pdf>.
14. Khomenko N., Cavallucci D. From TRIZ to OTSM-TRIZ: Addressing complexity challenges in inventive design. Решение сложных изобретательских задач в проектировании с помощью ОТСМ-ТРИЗ // International Journal of Product Development (IJPД), 2006.
15. Хоменко Н.Н. Предельно краткое введение в Классическую ТРИЗ и ОТСМ
URL: https://otsm-triz.org/sites/default/files/ready/super_short_introduction_into_classical_triz_and_otsm-ed_ch_ag.pdf
16. Г.С. Альтшуллер. Процесс решения изобретательской задачи: основные этапы и механизмы». URL: <https://www.altshuller.ru/triz/triz1.asp>
17. Шпаковский Н.А. ТРИЗ. Анализ технической информации и генерация новых идей. М.: Форум, 2010. - 264 с.: ил.

- 18.Альтшуллер Г.С. Алгоритм решения изобретательских задач АРИЗ-85В . 1985 // URL: <http://altshuller.ru/triz/ariz85v.asp>.
- 19.Петров В. М. Теория решения изобретательских задач – ТРИЗ: учебник по дисциплине «Алгоритмы решения нестандартных задач» / В. М. Петров. М.: СОЛОН-Пресс, 2017–500 с.: ил. 364.
- 20.Альтшуллер Г.С., Верткин И.М. Как стать гением: жизненная стратегия творческой личности. Минск: Беларусь, 1994. — 479 с.
21. Методические указания к выполнению расчетно-графической работы «Поиск и формирование изобретательских идей на стадии создания концепта инновационного продукта на основе софта Solving Mill» и организации самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Теория решения изобретательских задач» для студентов специальностей 15.03.04 – «Автоматизация технологических процессов и производств», профиль «Промышленность»; 12.04.01 - «Приборостроение», профиль «Информационно-измерительная техника и технологии», очной формы обучения (квалификационный уровень – магистр), /Разраб. А.Г. Карлов, М.А. Худаймуратов, - Севастополь: Изд-во СевГУ, 2020. – 56 с.
- 22.Изобретающая программа Новатор, версия 4.02 URL: <http://www.method.ru/>
- 23.Руководство по установке TechOptimizer 4.0. URL: http://invention-machine.com/custsupport/to_install.cfm
- 24.Изобретающая машина Goldfire TM, программное обеспечение для устойчивых инноваций. URL: http://invention-machine.com/factsheet_GoldfireInnovator.html.
- 25.Инновационные продукты TRIZSoft® компании Ideation International Inc. URL: <http://www.whereinnovationbegins.net/software/>
26. Софт Solving Mill. URL: <http://www.solving-mill.com/>

Учебное издание

**КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДДЕРЖКА ТЕХНОЛОГИЙ
ИННОВАЦИОННОГО МЫШЛЕНИЯ
(COMPUTER SUPPORT OF TECHNOLOGIES
OF INNOVATIVE THINKING)**

Учебно-методическое пособие

Составитель : Карлов Антон Георгиевич

В авторской редакции

Изд. № 20/2022. Объем 5 п.л. Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 4,9.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»