ИНЖИНИРИНГОВЫЕ ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ. АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ИНЖИНИРИНГОВЫХ ЗАДАЧ (АРИнЗ©)

Горобченко С.Л., к.т.н., Сертифицированный специалист ТРИЗ 3-го уровня,
КЦ ПРОМКОНСАЛТ ВШТЭ, СПб ГУПТД
valvepromconsult@bk.ru, www.promconsult.ru

Аннотация
На сегодня еще нет однозначного понимания того, в каком объеме и какие методики ТРИЗ могут быть эффективно применены в инжиниринговых проектах. Однако, этот класс задач, имея достаточно большую определенность, предполагает возможность нахождения таких методик и создания соответствующего алгоритма решения инжиниринговых задач.

Работа посвящена анализу инжиниринговых задач, их лучшему пониманию по сравнению с другими видами творческих задач, а также разработке алгоритма решения инжиниринговых задач (АРИнЗ).

Приведен пример решения модельной задачи по АРИнЗ.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на большое внимание, уделяемое разработчиками ТРИЗ решению изобретательских задач в целом, разработка методики, которая бы в большей степени отвечала решению определенных классов задач, таких как инжиниринговые задачи, в настоящее время отсутствует.

Для начала давайте уточним понятие "инжиниринг", поскольку, отталкиваясь от него, нам будет легче понять, какие практики могут быть применены и дадут наибольшую эффективность. Далее на этой основе мы проведем небольшой обзор существующих и используемых инженерных практик.

ЧТО ТАКОЕ ИНЖИНИРИНГ? НАВЕРХУ ИНЖЕНЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Совет американских инженеров по профессиональному развитию (American Engineers' Council for Professional Development — ECPD) дал следующее определение термину «инженерия»:

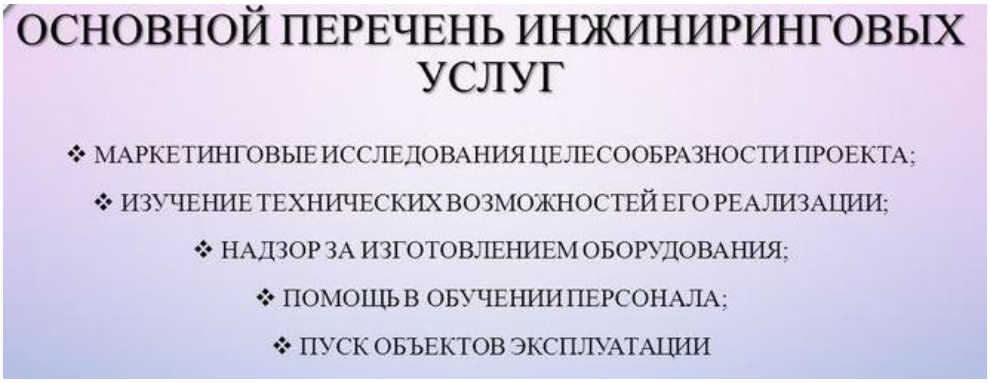
«Творческое применение научных принципов для проектирования структур, машин, аппаратуры, производственных процессов, а также работа по использованию их отдельно или в комбинации; конструирование или управление тем же самым с полным знанием их дизайна; предсказание их поведения в определенных эксплуатационных режимах. Люди, которые постоянно и профессионально практикуют инженерию, называются инженерами».

Интернет-энциклопедия «Википедия» трактует «инжиниринг (от англ. engineering) как «инженерно-консультационные услуги исследовательского, проектно-конструкторского, расчетно-аналитического характера, в том числе создание технико-экономических обоснований проектов, выработку рекомендаций в области организации производства и управления, то есть как комплекс коммерческих услуг по обеспечению процессов подготовки к производству и реализации продукции, по обслуживанию и эксплуатации промышленных, инфраструктурных и других объектов».

В сформированной Европейской экономической комиссией и принятой инженерным сообществом классификации выделяются несколько видов инжиниринга. Наиболее

распространенные — консультационный, строительный, технологический и комплексный инжиниринг. Последний включает в себя многие функции перечисленных видов: проектирование, поставку оборудования, руководство строительно-монтажными работами, сдачу промышленного объекта «под ключ». Инжиниринг также включает в себя предоставление рекомендаций относительно путей и приемов реализации продукции.

Таким образом, можно выделить основные виды инжиниринговых услуг:



Сам инжиниринг носит системный и проектный характер. В нем должны учитываться основные этапы проекта и выполняться работы по организации и сопровождению проекта. При разработке инжиниринговых проблем также можно выделить их основные этапы. К ним, как правило, относят:

1. определение потребности
2. исследования
3. разработку технологии
4. подбор оборудования
5. поставку и внедрение

Для целей нашей работы важно выделить пункты 1-3, где влияние творческой составляющей и соответствующее выделение класса задач, характерных именно для инжиниринга, наиболее выражено.

ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРАКТИКИ. ТУПИКИ И ПРОРЫВЫ

Тупики. Мозговой штурм

Не секрет, что до сих пор наиболее часто компании, чтобы решить вопросы инновационного развития и проработки инжиниринговых задач, используют мозговой штурм. Хотя давно признано, что такой метод дает множество достаточно бессмысленных идей и не направляет мышление инноватора сразу в сторону сильных решений, тем не менее, в свое время инновационные компании давали весьма значительные результаты, особенно на фоне редкости патентов. В этом смысле патенты, закрывающие пространство возможных решений от конкурентов "патентным зонтиком", были особенно актуальны. Так, известно, что лабораторией Эдисона за шесть с половиной лет работы было получено около 300 патентов, что составляло 1 патент за 8 дней. Еще более усовершенствованной была система Белла, сотрудники лаборатории которого получили с 1879 года по 1900 год свыше 3000 патентов, что составляло в среднем 1 патент за каждые два с половиной дня в течение 12 лет.

Другие способы, такие как тотальный синтез AEG, морфологический ящик Цвики, метод контрольных вопросов, синектика, эмпатия и пр., в инжиниринговых компаниях практически не используются. Таким образом, метод мозгового штурма, являющийся по сути усиленным методом проб и ошибок, по-прежнему царствует в большинстве инжиниринговых компаний.

Простые инструменты активизации творческого мышления, по всей видимости, не дадут больших прорывов и в эпоху информатизации. Как и раньше, они остаются тупиковой ветвью развития творческого мышления.

Прорывы. ТРИЗ

С приходом ТРИЗ все изменилось. Впервые поиск инновационных решений был поставлен на научную почву с применением системного и диалектического подходов и развиваемых на их основе методов. Основные базовые положения классической ТРИЗ дали возможность инноваторам научиться формулировать проблемы через противоречия, представлять цели через понятие идеальности, использовать банки приемов и обобщенный опыт решения задач, учитывать закономерности развития технических систем.

В свою очередь стали выделять разнообразные классы задач, под которые начала специализироваться ТРИЗ и различные алгоритмы на его базе, по аналогии с АРИЗ (Алгоритмом решения изобретательских задач). К разнообразным ветвям ТРИЗ относятся ТЭР (Теория эффективных решения), ОТСМ - ТРИЗ (Основы теории сильного мышления), ТРИЗ - ФСА, дерево эволюции технических решений, ТПАнализ и др.

Отдельное место в решении инженерных задач занял Алгоритм решения инженерных проблем Г. Иванова (АРИП). Его наиболее сильной стороной стала возможность решать инженерные проблемы, не применяя сложных алгоритмов, поиска и использования "далеких" ресурсов, доступ к которым на реальных промышленных предприятиях часто отсутствует.

Тем не менее, не появилось ни одной методики, учитывающей особенности решения именно инжиниринговых задач, которые не сводятся в чистом виде ни к инженерным, ни к изобретательским.

Указанные трудности стали отправной точкой в разработке возможных вариантов алгоритма решения инжиниринговых задач. Мы поставили себе целью найти такие инструменты в ТРИЗ, которые были бы наиболее приближены к решению инжиниринговых задач, и разработать для них наиболее приемлемый алгоритм.

ТРИЗ В ИНЖИНИРИНГОВЫХ ЗАДАЧАХ

Рассмотрим подробнее, какие инструменты решения задач могут быть применены на каждом из этапов инжиниринга.

1. Определение потребности

В инжиниринговых задачах все начинается с определения потребности. Нужно очень тщательно выявить проблему, отделить ее от симптомов и сформулировать истинные потребности предприятия. Проблема должна быть проверена на состоятельность, в частности, для инжиниринговых задач характерно особенное внимание к финансовой состоятельности решения, наличию рынка и этапу его развития, соответствию законам развития потребностей, экономическим закономерностям, законам предоставления услуг. Многие неудачи во внедрении сильных решений были связаны с неучетом системных ограничений, накладываемых со стороны внешнего, как правило, делового окружения, элементами которого являются системы, представленные выше.

На этом этапе из массы мнений и различных сложностей должна быть выявлена определенная системообразующая проблема, которую можно было бы решить средствами, ресурсами и способностями компании.

По результатам определения потребности должен быть проведен выбор проблемы.

2. Выбор проблемы

При выборе проблемы необходимо определить границы системы, понимая ее как триаду связей рынка, потребителя, компании и продукта. Это позволит лучше определить масштаб проблемы и проверить ее на возможность решения в ближайшей или дальней перспективе.

Инструментами, помогающими в выборе проблемы, являются:
1. Анализ проблемы в зависимости от жизненного цикла
2. Анализ проблемы по ЗРТС
3. АВИЗ (алгоритм выбора изобретательских задач)
4. Функционально-ориентированный поиск
5. Анализ эволюции системы "Рынок – потребитель - продукт" по системному оператору
6. Анализ по закону корректирующего действия надсистемы и потенциальных барьеров
7. Анализ проблемы по ФСА на вклад решения проблемы в общее системное решение
8. Технико-экономические показатели
9. Анализ проблемы по влиянию на интересы ЗС (Заинтересованных Сторон)
10. Дерево эволюции и выбор следующего шага в развитии системы
11. Модель бизнес-куба Л. Семеновой, развиваемой также в работе Горобченко С.Л. (см. Горобченко С.Л. Как найти своего дилера в России, журнал ТПА, №2, 2013).

По результатам этапа проблема уточняется и формируется ключевая задача.

3. Постановка ключевых задач

Постановка ключевых задач является одной из ответственных сторон в решении инжиниринговых задач. Для ее решения могут быть предложены следующие инструменты, используемые в ТРИЗ:

1. Определение основных потребительских свойств продуктов на рынке
2. Выявление физических параметров продуктов, определяющих их основные потребительские свойства
3. Уточнение инновационной стратегии фирмы-клиента и стратегического направления продвижения продуктов на рынке.

Для выявления ключевых проблем используются:
- 3.1. Закономерности развития технических систем
- 3.2. Анализ развития системы по S-образной кривой
- 3.3. Бенчмаркинг и анализ лучших доступных технологий
- 3.4. Компонентно-структурный анализ
- 3.5. Функциональный анализ
- 3.6. Потоковый анализ
- 3.7. Причинно-следственный анализ
- 3.8. Закономерности развития потребностей
- 3.9. Закономерности развития предоставления услуг
- 3.10. Экономические законы и маркетинговые закономерности

Для постановки и решения ключевых задач используются:
- 4.1. Диагностический анализ
- 4.2. Функционально-идеальное моделирование
- 4.3. Функционально-ориентированный поиск
- 4.4. Перенос свойств
- 4.5. Вещественно-полевые ресурсы
- 4.6. Технические и физические противоречия, способы их разрешения
- 4.7. Стандарты на решение изобретательских задач
- 4.8. Классический алгоритм решения изобретательских задач
- 4.9. Бенчмаркинг

4. Формирование идеального решения проблемы (ИКР)

На этапе формирования идеального решения проблемы с учетом анализа по п. 1-3, выявления проблемы, оценки ее реальности и постановки ключевых задач проводится определение основных разрывов между ИКР и существующим положением дел в системе и этапами развития технических и бизнес-систем клиента, рынка и продукта. Как правило, они не сходятся. В результате этого возникает дополнительная задача по согласованию между собой ИКР для клиента ("я полностью удовлетворяю свою единственную потребность"; "никаких хлопот и мне это ничего не стоит") и ИКР инжиниринговой компании (например, "я одним продуктом удовлетворяю максимальное количество потребностей клиентов, причем это недостижимо для конкурентов, затраты на производство отсутствуют, прибыль максимальна").

ТРИАДА "ПРОДУКТ - КОМПАНИЯ - ПОТРЕБИТЕЛЬ (РЫНОК)" и ИКР

Как мы знаем, и продукт, и компании, и потребители, и рынок в целом проходят через 4 основные стадии развития - зарождение, развитие, зрелость и старость. Однако, в отличие от традиционного подхода, рассматривающего эти составляющие каждую саму по себе, они активно взаимодействуют друг с другом. Подробности вы можете найти в работах С.Л. Горобченко, Л.Н. Семеновой, А. Шнейдера и др.

При формировании ИКР необходимо рассмотреть основные тенденции развития каждого из членов триады. Необходимо найти правильные сочетания между ними и обозначить роль каждого при их взаимодействии на каждом этапе.

Первый этап рынка

На первом этапе рынка возможна взаимосвязь только между первыми двумя уровнями компаний. Компания, созданная энтузиастами, как правило. в своих гаражах, должна перерасти в инжиниринговую.

Тип компании	**Продукция на этапе жизненного цикла**			
	1-й этап	2-й этап	3-й этап	4-й этап
начинающая	[redacted]			
Уровень 2	[redacted]			
Уровень 3				

Рис. 1. «Продукт – рынок - компании», первый уровень рынка

Второй этап рынка

На втором этапе интерес к опробованным решениям возникает у больших компаний или могущественных дилеров. Если потребитель говорит «да», то без сомнения за заказы начинается борьба и привлекаются все новые «участники соревнований». Дилеры с широкими сетями будут интересоваться продвижением продукции и частично использовать решения.

Тип компании	**Продукция на этапе жизненного цикла**			
	1-й этап	2-й этап	3-й этап	4-й этап
начинающая		[redacted]		
Уровень 2		[redacted]	[redacted]	
Уровень 3			[redacted]	

Рис. 2. «Продукт – рынок - компании», второй уровень рынка

Третий этап рынка

Количество потребителей растет, а вместе с ними растет конкуренция, цены создают возможности для роста, стандартизируется продукт.

Тип компании	Продукция на этапе жизненного цикла			
	1-й этап	2-й этап	3-й этап	4-й этап
начинающая				
Уровень 2		[redacted]	[redacted]	
Уровень 3				

Рис. 3. «Продукт - рынок- компании», третий уровень рынка

Четвертый этап рынка

Больше нет новых потребителей. Все потребители старых решений ушли со старого рынка, переключившись на новый продукт. Продукт стандартизирован и кастомизирован. Бизнес введут в своем большинстве могучие компании третьего уровня или владельцы дилерских сетей.

Тип компании	Продукция на этапе жизненного цикла			
	1-этап	2-й этап	3-й этап	4-й этап
Начинающая				
Уровень 2				
Уровень 3			[redacted]	[redacted]

Рис. 4. «Продукт - рынок- компании», четвертый уровень рынка

Пятый этап рынка

Рождаются новые рынки с новым продуктом. Потребители начинают уходить. Возникают ниши, в которых начинают работать или новые энтузиасты, или новые дочки гигантских глобальных компаний. Сети переходят на новые продукты, сохраняя свою монополию на канал распространения.

Тип компании	Продукция на этапе жизненного цикла			
	1-й этап	2-й этап	3-й этап	4-й этап
Начинающая				
Уровень 2				[redacted]
Уровень 3			[redacted]	[redacted]

Рис. 5. «Продукт – рынок - компании», четвертый уровень рынка

Примерно так, по нашему мнению, будет происходить движение всех элементов рынка и сопровождающих ее участников канала распространения.

Это также означает, что остальные состояния будут мало вероятны или существовать лишь в умах романтически настроенных менеджеров. Как только речь зайдет о финансовой отчетности, иллюзии быстро пойдут на убыль.

Рассмотрим пример.

Вы – большая компания, занимающаяся поставками новой арматуры. Быть всегда впереди по автоматической регулирующей арматуре является вашим девизом. В России вы пытаетесь войти в энергетику со своим решением по пневмоприводной арматуре. Однако рынок энергетики России уже достаточно стар, он практически еще живет на руинах РАО ЕЭС и новое в нем не приживается. Вы обращаетесь к разным дилерам с просьбой принять продукцию на вооружение. Но и дилеры в основном живут на том же третьем этапе. Их больше заботит конкурентность цены, способность поставить вовремя, предоставить решения со стандартными приводами. Таким образом, новая продукция 2-го уровня, предлагаемая компанией 2-го уровня на рынке третьего уровня, не может быть эффективно протолкнута через традиционных дилеров с их складами, давлением на производителя по «отжиму» цены, работой только с коммерческими отделами предприятий – потребителей. Решением может быть либо формирование специальной команды в рамках структуры большого дилера, либо поиск небольшого дилера, способного оторваться от привычных методов работы и воспринять методы проталкивания новой продукции компании 2-го уровня.

Как следует из приведенного обзора, существует определенное сбалансированное сочетание меду продуктами, компаниями и потребителями (рынками). При стремлении компаний к собственному ИКР или, говоря языком бизнеса, - реализации собственных интересов, существуют некоторые уравновешивающие силы, создающие баланс на рынках. Успешные компании должны согласовать свои ИКР с таким целевым аттрактором. Только в этом случае продукту инжиниринговой компании удастся преодолеть большинство барьеров и быть успешным продуктом.

5. Ресурсы в инжиниринговых задачах

Как можно было видеть, инжиниринговые задачи отличаются комплексностью и многоуровневостью. Решение ищется на уровне потребителей, рынка, компаний и продукта. Их окружает рыночная среда, включающая политические, экономические, технологические и социальные системы, сами потребности имеют структуру, например, по Маслоу, а инжиниринговые продукты в значительной степени отвечают требованиям развития технических систем.

В этом плане можно рассмотреть и поля сил, действующие на потребность, и законы, обуславливающие работу указанных систем. Так, известно, что новые банковские продукты, например, лизинг оборудования, способен увеличить продажи и повысить надежность обслуживания арматуры за счет снижения поставок "серой" арматуры, а специализация лизинга под встроенные устройства – такие, как трубопроводная арматура – может, в свою очередь, расширить сферу применения лизинговых услуг. Такое взаимодействие банков и поставщиков трубопроводной арматуры способно придать новое качество для потребителя и обеспечить рост продаж.

Экономические, географические, законодательные эффекты, регулирующие акты Ростехнадзора, связанные с промышленной продукцией, также способствуют или ограничивают потребность и сферу распространения различных типов инжиниринговых продуктов.

Поиск достижений подсистем, своевременное отыскание ноу-хау и их коммерциализация, умение применить в своем оборудовании или проектах во многом будут содействовать конкурентоспособности решений. Инструментом здесь является бенчмаркинг и применение лучших доступных технологий.

Выделение ресурсов на каждом уровне в триаде "Продукт - Компания - Рынок (Потребитель)" позволит глубже увидеть рождение потребности, возможности ее удовлетворения инновационным инжиниринговым продуктом и особенности влияния рынка. Так или иначе, можно предсказать принятие или непринятие инжинирингового продукта рынком. В первом случае - это взрывной рост продаж, а во втором это будет один из многих неудавшихся проектов.

6. Приемы устранения противоречий в технических и бизнес-системах

Неоднократно было показано, что переход к обобщению противоречий, использование вепольного (элепольного по терминологии М.С. Рубина) анализа обобщенных систем позволяет применять к маркетингу и бизнесу найденные при анализе технических систем способы разрешения противоречий. В этом плане разработанная система разрешения противоречий в маркетинговых и бизнес-системах будет способна стать серьезным подспорьем в решении инжиниринговых задач. (Подробности см. Горобченко С.Л., Эффективные приемы решения маркетинговых задач, www.ratriz.ru).

7. Определение технической возможности решения

На этапе определения технической возможности решения в большей степени необходимо понять применимость решения в условиях конкретного заказчика или производства. Многие инжиниринговые решения не достигали цели, поскольку решение задачи опережало этап развития клиента или инвестиционные возможности клиента

находились на низком уровне в связи с отсутствием рынка или неблагоприятной конъюнктурой.

Важным становится механизм оценки привлекательности потенциального инжинирингового решения, исходя из финансовых предпосылок и оценки рынка. Так, для приобретения современного оборудования используется простой способ расчета инвестиционных возможностей клиента, основанный на оценке уровня амортизационных отчислений. Зная оборот, уровень стоимости основных фондов и выделяя свой тип оборудования в общей сумме, можно предположить, что 10% отчислений амортизационных средств примерно будет равно инвестиционным возможностям клиента для модернизационных проектов. Условием здесь выступает то, что клиент использует собственные накопления и средства.

В случае, если собственных средств потенциального клиента или амортизационных отчислений недостаточно, сразу возникают задачи по расширению массовости продукта или снижению его стоимости до возможностей по приобретению со стороны наиболее финансово состоятельной или массовой доли клиентов, а также и другие задачи, например, связанные с повышением агрессивности маркетинга.

Выбор правильного технического решения, который можно было бы осуществить в рамках решения инжиниринговой задачи, будет основываться также на патентом поиске, анализе стартапов, анализе достижений подсистем и возможности использования других полезных ресурсов. При этом постоянно должна проводиться оценка решений на состоятельность. Не должно быть фантазий, решений вообще, наличия только предположений и пр.

8. Анализ и оценка решений

Анализ решений на способность к достижению ИКР и удовлетворению потребности потребителя проводится в основном так же, как и в других версиях решения инженерных проблем. Дополнительно можно указать, что необходимо выявлять невидные вначале противоречия в подсистемах, системе, ее окружении и надсистеме при возможном внедрении.

При этом возможно, что проявленные противоречия и необходимость доведения решения до полноценной новой технической системы, обеспечивающей ее полное и быстрое внедрение, потребует разрешения противоречий, возникающих между новой системой, даже идеально решающей противоречия, и устаревшим окружением системы.

9. Рекомендации по применению алгоритма

На основании выявленных решений обобщается ход решения инжиниринговой задачи и готовятся рекомендации по применению алгоритма на каждом из этапов решения инжиниринговых задач.

ВИДЫ ИНЖИНИРИНГОВЫХ ЗАДАЧ

Несмотря на огромный объем задач, связанных с выполнением инжиниринга, их можно классифицировать по отношению к творческой составляющей. Такими видами задач могут быть:

1. Совершенствование продукта
2. Совершенствование технологии производства
3. Использование продукта для новых отраслей
4. Прогнозные задачи.

В свою очередь эти задачи внутри могут также делиться на следующие, как правило, технические проблемы (по Г. Иванову):

- ПРОИЗВОДСТВЕННО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ. Признаками таких проблем являются: сбои, остановки, неритмичность и не эффективность технологических процессов; выход технологических параметров за пределы допускаемых норм, возникновение брака, неблагоприятное воздействие на окружающую среду и т.п.

- КОНСТРУКТОРСКИЕ ПРОБЛЕМЫ. Признаками таких проблем являются: низкая производительность; большие энергоемкость, масса, размеры, ненадежность, недолговечность и сложность конструкции. Конструкторские проблемы имеют подвиды:
--При развитии существующих систем: изменяются любые части системы кроме рабочего органа, принцип работы которого остается прежним.
--При создании новых систем: изменяется рабочий орган, который использует принципиально иной принцип работы. В соответствии с изменением рабочего органа изменяются и другие части системы.

- ИЗМЕРИТЕЛЬНО - ОБНАРУЖИТЕЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ. Признаками таких проблем являются: отсутствие информации о промежуточных или крайних состояниях технической системы или ее частей.

- АВАРИЙНЫЕ ПРОБЛЕМЫ. Признаками таких проблем являются: возникновение в технической системе саморазвивающихся, неуправляемых процессов, приводящих к разрушению самой технической системы и окружающей среды.

Отметим, что алгоритм решения инжиниринговых задач должен разрабатываться с учетом инновационной стратегии фирмы и уровня развития ее продуктов, как это следует из анализа работы инновационных инжиниринговых компаний, см. пример ниже:

Пример. В работе компании Изобреталь, Москва, выделяются следующие виды инжиниринговых задач:
- разработать новый продукт под последующий серийный выпуск,
- разработать нестандартное технологическое оборудование
- автоматизировать технологические и связанные с ними бизнес-процессы
- решить технологическую проблему на производстве.

Деление на типы задач весьма условное, т.к. в процессе работы одна задача часто перетекает в другую. Статистика по типам проектов выглядит следующим образом:

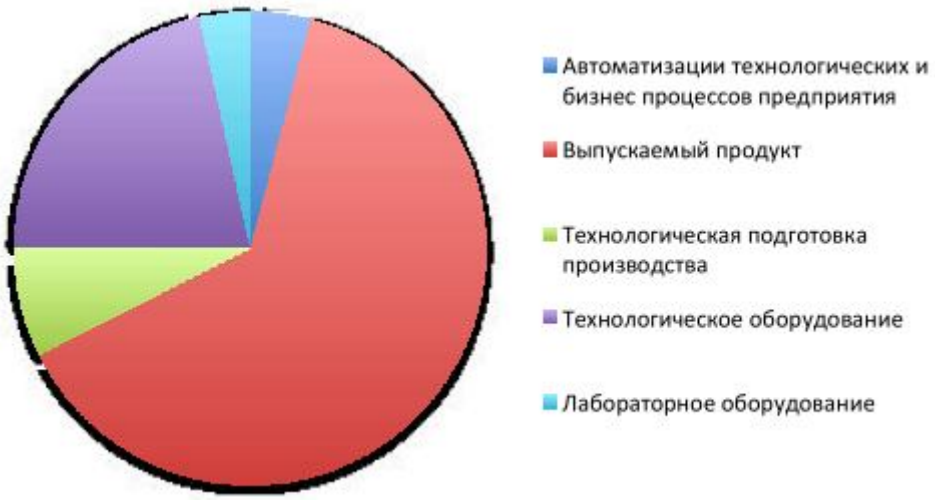


Рис. 6. Примерное распределение проектов компании Изобреталь

Как мы видим, львиную долю всех заказов дает услуга по разработке нового продукта. Во многом это связано с тем, что из-за возросшего курса доллара российские компании пытаются снизить свою зависимость от импортных товаров и комплектующих.

Проекты по разработке новых продуктов условно делятся на 4 категории:
1. Разработка нового продукта
2. Повышение потребительских свойств изделия
3. Снижение себестоимости продукта
4. "Обратный" инжиниринг, связанный с импортозамещением.

Как можно видеть, компания выделила отдельный блок задач, связанный с импортозамещением. Это отвечает ее инновационной стратегии, своим возможностям и способностям и текущему полю возможностей, предоставляемому рынком.

МЕТОДИКИ РЕШЕНИЯ ИНЖИНИРИНГОВЫХ ЗАДАЧ

Методики, разрабатываемые для инжиниринговых задач, должны соответствовать основным направлениям проектов. Учитывая показанные выше виды инжиниринговых задач и практику компании Изобреталь, можно провести условную классификацию по творческой составляющей для решения представленных выше задач. Для этого применим материалы работы О.М. Герасимова, обобщившего направления инновационного проектирования:

1. Методика определения направлений совершенствования инжиниринговых продуктов в новых отраслях
2. Методика повышения добавленной ценности инжиниринговых продуктов
3. Методика выполнения проектов по совершенствованию технологических процессов
4. Методика выполнения проектов по анализу рисков и верификации концепций инжинирингового продукта
5. Методика выполнения проектов по созданию патентозащищенных продуктов, не подпадающих под действие патентов конкурентов
6. Методика выполнения прогнозных проектов

Дадим их краткую характеристику:

1. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНЖИНИРИНГОВЫХ ПРОДУКТОВ В НОВЫХ ОБЛАСТЯХ включает выбор продукта, анализ его по S-кривой, выбор направления развития продукта в зависимости от этапа, на котором находится продукт, техническая и бизнес-система потребителя и определяется уровень развития рынка (этапы жизненного цикла рынка), на который предлагается вывести инжиниринговый продукт.

2. МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ ДОБАВЛЕННОЙ ЦЕННОСТИ ИНЖИНИРИНГОВЫХ ПРОДУКТОВ включает аналитический этап, исходную информацию о продукте, предварительный анализ продукта, выбор параметров MFPV (главных параметров качества продукта), бенчмаркинг и анализ жизненного цикла продукта, определение весовых коэффициентов значимости критериев выбора продукта и предпочтений потребителей, определение этапа развития технической системы, выбор продукта, выбор функциональных параметров главных параметров и определение показателей уровня развития качества продукта. Для этого проводится компонентно-структурный анализ, функциональный анализ, потоковый анализ, анализ по законам развития технических систем (ЗРТС), причинно-следственный анализ, диагностический анализ, ресурсный анализ, функционально-ориентированный поиск, анализ по возможности переноса свойств. Результаты анализа позволяют составить список ключевых задач и начать решение ключевых задач.

На концептуальном этапе формулируются предварительные идеи концепций, проводится разработка концепций, формулируются концептуальные направления и разрабатываются окончательные предложения.

3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТОВ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ предполагает формулирование исходной ситуации и определение проблем технологии, определение ключевых недостатков и распределение их по технологическим операциям, проведение свертывания элементов, порождающих ключевые недостатки. Далее необходимо разработать концепцию изменений технологии, и разработать окончательные предложения.

4. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТОВ ПО АНАЛИЗУ РИСКОВ И ВЕРИФИКАЦИИ КОНЦЕПЦИЙ состоит в следующем: необходимо провести анализ концепции, представленной на верификацию, определить возможность использования стандартного оборудования, определить необходимость разработки новой конструкции (технологии), провести изготовление опытного образца и провести тестирование, после чего прорабатывается возможность установки опытно-промышленной партии в эксплуатации.

5. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТОВ ПО СОЗДАНИЮ ПАТЕНТОЗАЩИЩЕННЫХ ПРОДУКТОВ, НЕ ПОДПАДАЮЩИХ ПОД ДЕЙСТВИЕ ПАТЕНТОВ КОНКУРЕНТОВ включает анализ патента и основные принципы "обхода" патентов, выбор основных направлений "обхода" патентов. После этого требуется сформулировать исходную ситуацию, уточнить цели проекта, провести анализ формулы анализируемого патента, провести анализ возможности замены хотя бы одного отличительного признака с получением нового качества, если предлагаемое решение не подпадает под принципы эквивалентности.

Направлениями "обхода" могут быть:
1. анализ возможности использования конструктивных решений патентов, срок действия которых уже истек
2. анализ возможности замены принципа действия с получением нового качества
3. анализ возможности аннулирования (оспаривания) действующего патента.

6. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГНОЗНЫХ ПРОЕКТОВ включает получение исходной информации о продукте, предварительный анализ продукта, определение главных параметров качества продукта и его потребительской ценности, анализ продукта по кривой жизненного цикла, с определением этапа развития продукта. На этом этапе определяются направления развития продукта, потребителя и рынка, находящихся, как правило, на различных этапах жизненного цикла в отдельности. Выявляются ближние и дальние перспективы развития для продукта, потребителя и рынка в целом.

Опираясь на указанные методики, можно предложить алгоритм решения инжиниринговых задач в целом.

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ИНЖИНИРИНГОВЫХ ЗАДАЧ

Алгоритм решения инжиниринговых задач обобщает последовательность действий для обнаружения потребности, средств ее разрешения, выявления технических возможностей и постановки локальных задач. Некоторый набросок такого алгоритма приводим ниже, рис.7:

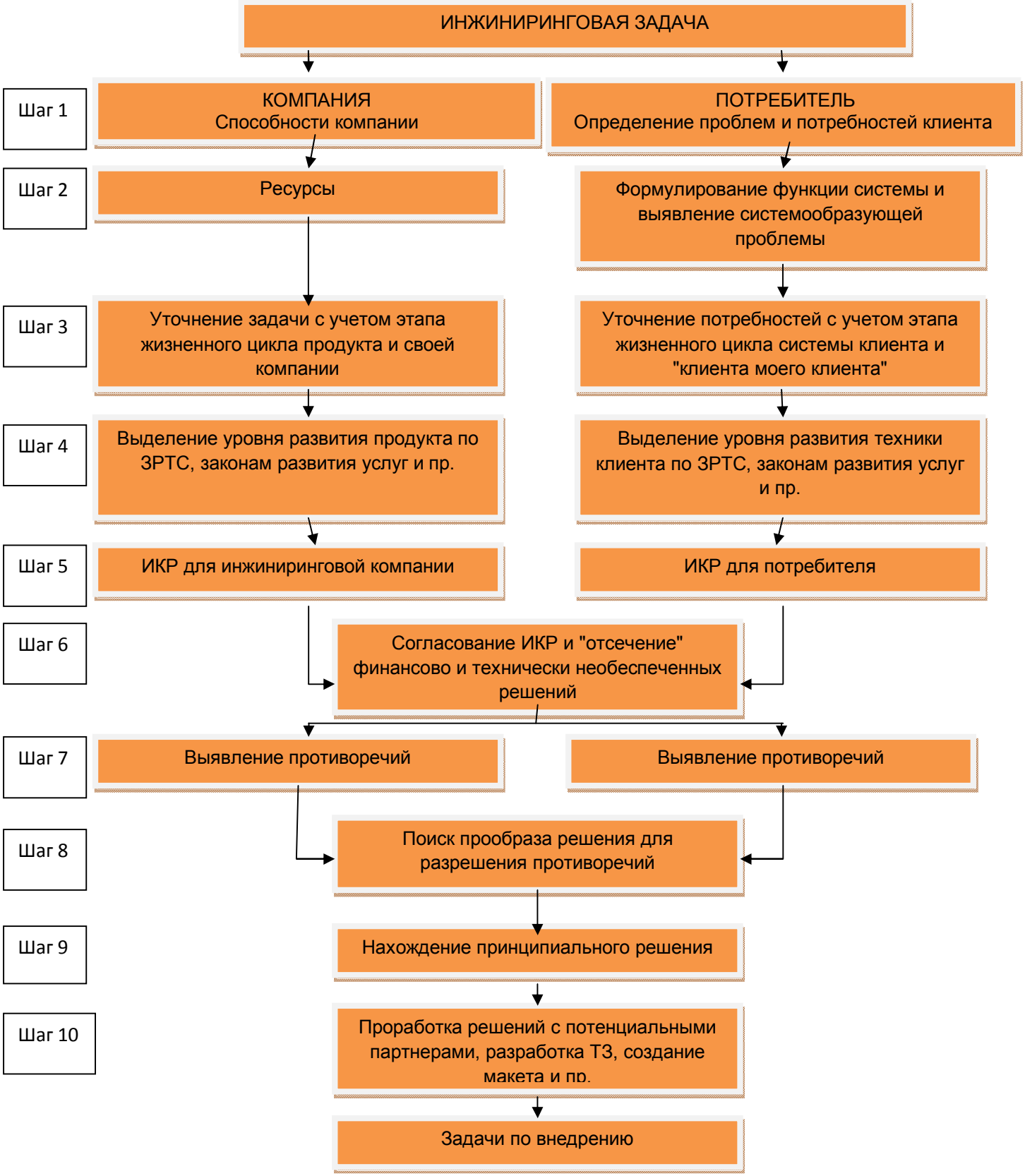


Рис. 7. Алгоритм решения инжиниринговых задач АРИнЗ

Рассмотрим алгоритм подробнее.

Алгоритм решения инжиниринговых задач, в связи с большой требовательностью к возможности коммерциализации готового инжинирингового продукта, обладает значительной чувствительностью к выполнению условий по цене, бюджету проекта и пр. Другой стороной является также чувствительность к ограничениям инжиниринговой компании и ее способностям (возможностям) предложить, разработать или скомплектовать соответствующий инжиниринговый продукт.

Это также означает, что ключевые факторы успеха решения инжиниринговой задачи будут заключаться в том, что в них будут учитываться способности компании, ее ресурсы, нахождение зон максимальной прибыльности и правильное определение ИКР для компании. Должно проводиться такое же рассмотрение ИКР для клиента с целью оценки его состоятельности и возможности по выбранной главной функции также точно определить главные потребительские свойства разрабатываемого продукта. На этом этапе оценивается жизненный цикл продукта, компании и рынка (потребителя), для которого предназначен инжиниринговый продукт.

Получение двух ИКР и их согласование в достаточной мере будет гарантировать, что предложенный продукт впишется в ограничения, характерные для рынка по потребности, ее размаху, рынку, цене, условиям компании-покупателя и ее потребителей, конкурентоспособности и пр.

Согласованное с двух сторон ИКР создает условия для формирования противоречия как для компании, разрабатывающей инжиниринговый продукт, так и для компании-потребителя инжинирингового продукта.

Формирование противоречий, к которым могут относиться не только технические, но и маркетинговые (бизнес) противоречия, создают основу для формирования прообраза решения и нахождения принципиального решения.

После этого проверенная концепция решения переводится в фазу внедрения или "материализации", т.е. разработки принципиальных конструкторских решений, разработки чертежей и технической документации, разработки технических заданий для партнеров-участников проекта, выпуска тестовой партии, отработки технологии и пр. вплоть до выпуска конечного инжинирингового продукта.

Конечно же, не все виды задач можно отнести к тем, которые могут быть решены предложенным алгоритмом. Поэтому важно определить основные отличия от других алгоритмов, применяемых для решения инженерных задач (проблем), в частности от АРИЗ и АРИП.

ЧЕМ ОТЛИЧАЕТСЯ АРИнЗ ОТ АРИЗ И АРИП

Почему должна существовать разница по сравнению с АРИЗ и АРИП? Ответ мы находим у Г.И. Иванова: каждый класс задач требует использования своих алгоритмов. Однако общие черты сохраняются. Так, из общих понятий в АРИЗ, АРИП и АРИнЗ используются понятия: системность, системный анализ задачи, идеальный конечный результат, ресурсы и порядок их использования, противоречие и единство противоречий, их выявление и формулирование, разрешение противоречий и применение информационных фондов.

В то же время инжиниринговые задачи опираются на уже имеющиеся достижения или решения, близкие к коммерциализации.

В связи с этим можно утверждать, что в основном в решении инжиниринговых задач используются уже готовые или почти готовые подсистемы, которые заново формируют систему и преображают эффективность ее действия или компонуют инновационную техническую систему. Поэтому такие понятия, как оперативная зона, оперативное время, узко понимаемые вещественно-полевые ресурсы используются мало, как и применение физических, химических и др. эффектов, направленных на решение узких и слишком специализированных задач.

Нам также важно увидеть, что понятие "потребность" сильно отличается от понятия конкретной задачи. В ней лежат такие обязательные элементы, как необходимость, техническая возможность, постоянство потребности, иначе нет возможности реализовать ее в обеспеченных финансовыми инвестициями технических разработках.

В качестве своих ресурсов инжиниринг опирается на технические возможности предприятия, разрабатывающего инжиниринговую проблему. Поскольку деятельность предприятия должна быть коммерчески выгодна акционерам, то, в свою очередь, она может опираться на серийность или спрос, чтобы разработать техническое решение было выгодно и коммерчески состоятельно. Эти ограничения приводят к необходимости выделения нового класса задач - инжиниринговых.

В инжиниринговых задачах более выражена потребность в использовании своего оборудования - большинство инжиниринговых компаний, как правило, отталкиваются от нее. Выделив свои способности, удается и лучше удовлетворять потребности клиентов, т.к. больше добавленная стоимость или ниже цена.

На основе анализа своих ресурсов и способностей проводится поиск новых потребностей клиентов в оборудовании, материалах и пр., производимом инжиниринговой компанией,

Для понимания потребностей клиентов проводится анализ уровня развития техники и соответствие уровню эволюции по ЗРТС, выделение следующего уровня по отношению к существующим сегодня конкурирующим решениям. В свою очередь, это предполагает умение находить конкурирующие решения, определять основные потребительские противоречия, определять состояние комплектующей техники, материалов и пр.

Все компоненты анализа, объединенные вместе, должны позволить находить актуальные практические задачи, которые должны быть поставлены перед клиентами инжиниринговых компаний их собственными потребителями. Отталкиваясь от их потребностей в создании коммерческих продуктов, должны предлагаться и новые решения, лучше, чем у конкурентов.

Ориентируясь на высказанные положения, можно дать основные отличия от АРИП (автор Г. Иванов), наиболее близкого к новому алгоритму [табл. 1].

Табл. 1. Основные отличия АРИн3 от АРИП

АРИП	АРИн3
Алгоритм специализирован на определенный вид проблемы производственно-технологического характера	Алгоритм специализирован под класс инжиниринговых задач
Алгоритм не требует прототипа, чтобы начинать решать задачу	Алгоритму требуется прототип для решения задачи. Прототип может выражаться в имеющемся опыте эксплуатации, лучших достигнутых технологиях, дающих значительный общий технико-экономический эффект
Алгоритм требует максимально полной и точной информации о происходящих событиях в рассматриваемой системе. С одной стороны,	Алгоритм не требует полной и точной информации о текущем состоянии системы, поскольку в большей степени обращен на ее

это усложняет работу по алгоритму, а с другой стороны – уменьшает вероятность неправильных действий.	долгосрочное развитие. Однако это накладывает большие риски на проведение прогнозов развития системы в зависимости от текущего состояния системы клиента
Понятие системности применяется не только для анализа рассматриваемой системы в настоящем времени, но и более широко – для выявления взаимосвязей с подсистемой и надсистемой в прошлом и будущем времени. Это позволяет определить ложность проблемы или возможность ее решения без внесения каких-либо изменений.	Понятие системности определяется еще более широко, чем в АРИП и АРИЗ. Роль выявления взаимосвязей с подсистемами и надсистемами еще больше увеличивается, количество рассматриваемых системных уровней увеличивается до уровня "клиента вашего клиента" (т.е. клиента клиента инжиниринговой компании) Ложность проблемы приводит к большим рискам и значительным финансовым потерям как для инжиниринговой компании, так и для клиента.
Понятие "оперативная зона" имеет конкретный смысл. Это не просто место, где происходит конфликт, а место, где впервые возникает конфликт. Выявление первопричины позволяет решать задачу более эффективно и с меньшими затратами.	Понятие "оперативной зоны" и "конфликта" видоизменяется до обобщенного конфликта между потребностью и способами ее разрешения и может разлагаться на множество типов конфликтов по отдельным направлениям.
В понятии "вещественно-полевые ресурсы", в первую очередь, выявляются вредные ресурсы, которые находятся в оперативной зоне, затем нейтральные и полезные. В определенных случаях привлекаются ресурсы примыкающей зоны и надсистемы. Все ресурсы классифицируются, ранжируются и используются в строгой очередности.	В понятии "вещественно - полевые ресурсы" в первую очередь выявляются лучшие практики по использованию положительных потоков ресурсов или формируется концептуальный образ использования имеющихся ресурсов (вредных, избыточных, нейтральных и пр.) Зоны поиска ресурсов могут быть неограниченны, но ресурсы должны быть доступными и практически реализуемыми.
Составление идеального конечного результата (ИКР) имеет более высокий уровень формализации, при этом ИКР сразу же составляется с привлечением имеющихся ресурсов, что устраняет многоступенчатость и неопределенность выполнения шагов.	ИКР отталкивается от надсистемных потребностей, может быть более расплывчат, с привлечением имеющихся в распоряжении инжиниринговой компании ресурсов. Часто приходится проводить итерационные шаги для поиска необходимого ресурса или доведения имеющегося ресурса до необходимого в связи с ограничениями, имеющимися у клиента.
Выявление противоречий и их формулирование упрощено и сводится только к использованию физического противоречия. Это стало возможным благодаря тому, что основное внимание уделено первопричине, где, как правило, находится один элемент, испытывающий противоречивые требования по физическому состоянию. При этом составление физических противоречий и их разрешение максимально формализовано. Каждый последующий шаг имеет жесткую логическую связь с предыдущими шагами, что уменьшает вероятность возникновения ошибок.	Выявление противоречий связано с удовлетворением, как правило, обобщенной потребности и сводится к анализу взаимодействия множества факторов. Часто проблемой может стать не только техническая потребность и не только потребность рынка, но и интересы ЗС (заинтересованных сторон внутри предприятия-потребителя).
Разрешение противоречий и применение информационного фонда также осуществляется по специальным формальным правилам, которые основаны на трех самых общих диалектических принципах. Затем выбранный принцип, с помощью информационного фонда, уточняется, конкретизируется и приобретает черты реального решения.	Разрешение противоречий проводится в большей степени на основе анализа противоречий внутри системного оператора, триады "Рынок (Потребитель) - Компания - Продукт" и основывается на анализе их взаимодействия по правилам анализа системного оператора.

Алгоритм позволяет по одной проблеме получать несколько решений, которые в различной степени приближены к идеалу.	Алгоритм создает условия для поиска решений в ближних и дальних областях функционального поиска и требует изменения подходов с применением методик дальнего прогнозирования.

Как и в АРИП, решаемыми проблемами в АРИнЗ могут быть проблемы производственно-технологические, конструкторские, измерительные и аварийные. Научно-исследовательские задачи в инжиниринговой практике обычно решаются на предварительном этапе до представления их клиенту или объем их должен быть незначителен. В противном случае коммерциализация решения будет невозможна или отложена на длительный срок.

Однако есть и существенные отличия. Они в основном связаны с тем, имеет ли инжиниринговая компания инструменты, технологии, оборудование и ноу-хау для решения задачи. Если нет, то решение находит потребитель – либо самостоятельно, либо использует технические решения-заменители. Понятно, что в этом случае в инжиниринговых услугах никто не нуждается.

ОГРАНИЧЕНИЯ АРИнЗ

Часто решения задач, полученные при применении АРИнЗ, отличаются от тех, которые могли бы быть получены при решении по АРИЗ. Как мы видели, это связано с ограничениями, которые накладываются возможностями компании, потребителями и рынком в целом.

Однако получаемые методом АРИнЗ решения так же часто более жизнеспособны, поскольку отражают согласованное между всеми тремя элементами триады "Продукт - Компания - Потребитель (Рынок)" общее состояние системы, что, в свою очередь, способствует успешному внедрению и вхождению инжинирингового продукта на рынок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Класс инжиниринговых задач имеет существенные отличия от других видов изобретательских задач и для своего решения требует применения развитого системного подхода. Для решения таких задач в большей степени соответствуют методы ТРИЗ. Для каждого вида инжиниринговых задач могут быть предложены свои комплексы методик, а, учитывая возможность их объединения в единый алгоритм, может быть предложен и общий алгоритм решения инжиниринговых задач (АРИнЗ).

АРИнЗ имеет существенные отличия от традиционного классического АРИЗ и ближайшего к нему АРИП (по типу задач) и специализирован на решении более "размытых" и плохо формализуемых задач с большим влиянием рыночных факторов. В этом плане учет факторов жизненных циклов существующих продуктов, потребителя и рынка позволяет сформировать ИКР для каждого из элементов триады "Продукт - Компания - Потребитель (Рынок)", более точно рассмотреть совокупность противоречий, характерных для каждого из них, и обеспечить максимальную приближенность создаваемого инжинирингового продукта требованиям потребителя и рынка и его наибольшую прибыльность.

Пример решения инжиниринговой задачи по АРИнЗ приведен в приложении.

ПРИЛОЖЕНИЕ

РАЗРАБОТКА ПРОТИВОВЕСА ПОГРУЗЧИКА ДЛЯ ЗАВОДА ЛМЗ

ЛМЗ - Литейно-Механический Завод - предприятие, специализирующееся на выпуске отливок и выполнении механических и сварочных работ.

Задача, которую требовалось решить, заключалась в необходимости найти такие продукты, которые бы соответствовали производственным возможностям завода, востребованы рынком и эффективны для основных потребителей ЛМЗ.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
Учитывая требования к решению задачи, как к поиску нового продукта, она была отнесена к классу инжиниринговых задач, для которых применима методика 1 (методика определения направлений совершенствования инжиниринговых продуктов в новых областях с элементами методики 2 (методики повышения добавленной ценности инжиниринговых продуктов)

Из методики 1 были отобраны следующие инструменты:
- анализ перспективного продукта по S-кривой,
- анализ направления развития продукта в зависимости от этапа, на котором находятся продукт, техническая и бизнес-система потребителя и рынок (определяются этапы жизненного цикла рынка), на который предлагается вывести инжиниринговый продукт.

Из методики 2 были отобраны следующие инструменты:
- аналитический этап,
- анализ жизненного цикла продукта,
- определение этапа развития технической системы.

Используемыми видами анализа стали:
- анализ по законам развития технических систем (ЗРТС)
- ресурсный анализ.

Было предложено включать и другие виды анализа, предлагаемые в методиках, в случае необходимости.

Для решения задачи был применен АРИнЗ. Ниже пошагово рассматривается ход решения.

ШАГ 1.

1.1. СПОСОБНОСТИ КОМПАНИИ
На этом этапе уточнялась задача, чтобы оценить пространство решений. Для этих целей были уточнены производственно - технические, финансовые возможности предприятия, а также возможности внедрения и способность руководства и персонала внедрять новые технические решения. Были проанализированы:
- история компании
- партнеры компании
- парк оборудования
- опыт в налаживании новых производств и способности к внедрению инновационных технологий
- отчетность

Также были проведены интервью с руководителями коммерческого, конструкторского, технологического, финансового отдела и директоратом предприятия. По материалам анализа в общих чертах прояснилась общая инновационная стратегия предприятия.

Было выбрано направление металлургии и литья, совместно с направлением специальной техники, в котором у завода были опыт производства и возможности продвижения на рынок.

Рис. П1. Фронтальный погрузчик, выпускаемый ЛМЗ

Рис. П2. Типовые развесы литья, выпускаемого ЛМЗ

На основе анализа были выявлены основные разрывы, которые ограничивают предприятие в разработке и внедрении инновационных продуктов. Основными ограничениями стали:
- недостаточные возможности оборудования
- отсутствие технологий
- потребность в выпуске серийного продукта, без значительных колебаний по типу применяемой технологии и номенклатуре
- проблемы с использованием дешевых материалов, таких как чугун, не дающих желаемой прибыли.
- потребность в использовании имеющегося оборудования в связи с большой длительностью и стоимостью модельной оснастки.
- необходимость работы на уже имеющемся рынке спецтехники с трудностями по выходу на слишком дальние от возможностей компании рынки.

В качестве основного продукта для дальнейшего развития был выбран противовес погрузчиков.

1.2. ПОТРЕБНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ КЛИЕНТА

Учитывая способности предприятия по выполнению отливок, было принято решение найти достаточную нишу рынка в области развеса литья 200-700 кг, что обеспечило бы максимально комфортные условия для работы литейного участка по возможности отливки, обработки литья, его термообработки, механообработки, а также сочеталось бы с традиционными и доступными ресурсами по металлолому, поставке легирующих элементов и пр.

Среди множества запросов, которые приходили в компанию и на которые был достаточный спрос со стороны машиностроительных заводов и особенно заводов по производству спецтехники, в частности Белорусских предприятий, были запросы на изготовление противовесов для погрузчиков.

Рис. П3. Общий вид погрузчика

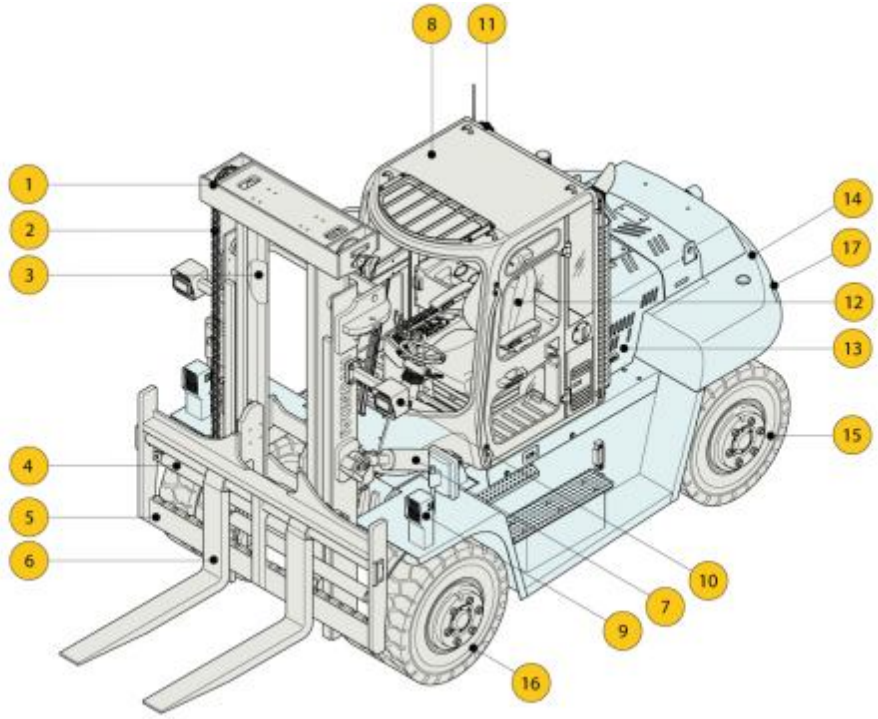


Рис. П4. Вилочный погрузчик - перспективная ниша для модернизации противовесов

1. Мачта,
2. Цепь
3. Гидроцилиндр подъема
4. Гидроцилиндр позиционирования вил
5. Грузовая каретка
10. Освещение мачты
11. Освещение кабины
12. Кресло оператора
13. Капот
14. Противовес

6. Вилы

7. Гидроцилиндр наклона

8. Кабина

9. Дорожное освещение

15. Заднее колесо

16. Переднее колесо

17. Задний комбинированный фонарь

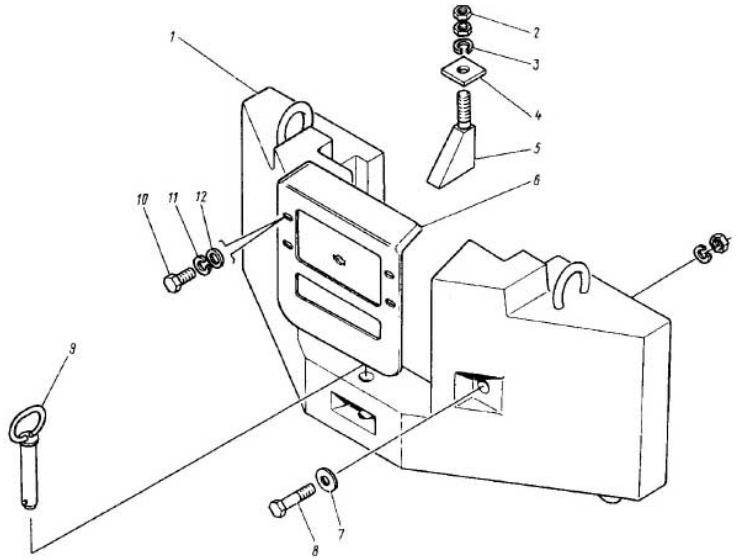


Рис. П5. Общий вид противовеса как части конструкции погрузчика

Проблемой было то, что противовесы изготавливались из чугуна, имели развес до тонны и, хотя служили своей основной цели - уравновешивать динамические силы при поднятии и перевозке груза, однако из-за своей массы вызывали также и большие затраты на топливо, приводили к необходимости усиливать конструкцию и пр. Вес погрузчика всегда в 1,5 - 2 раза превышает его грузоподъемность, что является существенной проблемой материалоемкости погрузчика.

Несмотря на перспективность продукции по возможностям производства, завод от него отказывался.

В то же время противовесы являются важной частью обеспечения надежности работы погрузчиков, экскаваторов и защищают их от опрокидывания. В литературе приведены различные данные по коэффициенту, назначаемому при расчете противовесов для компенсации динамического момента. Он может составлять от 1,15 до 1,4. Таким образом, по сравнению со значением статического момента, который должен обеспечивать противовес в статическом состоянии, для компенсации динамического момента приходится увеличивать его вес в 1, 4 раза.

ШАГ 2.

2.1. РЕСУРСЫ КОМПАНИИ

Ресурсами, которые были доступны компании, могли бы стать достаточно разнообразные бизнес и технические ресурсы, а также ресурсы внешней среды и тренды.

В частности, были выбраны:

На уровне продукта:

- возможность использования разнообразных сплавов для противовесов в литейном производстве. При этом было возможно формировать разнообразные свойства отливок.

- наличие легко реализуемых патентов и доступных разработок в области новых сплавов, прошедших как минимум опытно-промышленную апробацию.

На уровне потребителя:
- тренды к уменьшению массы и материалоемкости погрузчиков при сохранении их главной полезной функции.

На уровне отрасли и рынка были выделены следующие ключевые факторы успеха:

- низкобюджетные цены на противовесы;
- растущие требования к надежности эксплуатации
- рост мероприятий по энергоэффективности и энергосбережению,
- учет специфических требований потребителей.

2.2. СИСТЕМООБРАЗУЮЩАЯ ПРОБЛЕМА КЛИЕНТА

Было выделено многообразие решений по противовесам. Некоторые, наиболее часто употребляемые, приведены ниже:
- противовес является отдельным узлом и расположен на отдельной раме
- противовес представляет собой набор плит из толстолистовой стали
- противовес представляет собой сварную конструкцию, заполненную дробью, бетоном, обрезками, металлоотходами, свинцом, бронзовыми и латунными вставками (в связи с наиболее высокой плотностью из доступных промышленных материалов 9 -11000 кг\м^3) против 7500-7800 кг\м^3 у чугуна), а также тяжелыми металлополимерно-бетонными блоками с плотностью больше чугуна и стали
- противовес является частью конструкции, например, обводной частью корпуса погрузчика
- часть противовеса размещена в задних колесах погрузчика
- противовесы являются откатными
- противовесы становятся съемными (Бобкат и Нью Холланд)
- противовес исключен и вместо него используются аккумуляторные батареи, гидробаки, баки с рабочей жидкостью, топливные баки
- противовес исключен и вместо него сдвигается весь наиболее тяжелый двигательный блок
- противовес исключен, поскольку используется наклон вилочной части погрузчика с уменьшением динамического момента.
- противовес исключен, поскольку расстояние между вилочной частью, опорными колесами и корпусной задней частью погрузчика может увеличиваться и компенсировать динамический момент.

Анализ и обобщение выделенных решений показали два основных тренда - исключение противовесов или их утяжеление. При этом утяжеление является более сильной тенденцией, поскольку дает возможность увеличивать грузоподъемность; в то же время это приводит к многим другим недостаткам, ключевым из которых является увеличение веса самой машины с соответствующими вытекающими отсюда проблемами (высокое потребление топлива, неустойчивость на склонах, необходимость повышать прочность узлов машины и др.)

ШАГ 3.
УТОЧНЕНИЕ ЗАДАЧИ С УЧЕТОМ ЭТАПА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОДУКТА В СВОЕЙ КОМПАНИИ И ПРОДУКЦИИ ПОТРЕБИТЕЛЯ

3.1. УТОЧНЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОДУКТА И КОМПАНИИ

Жизненный цикл продукта

Анализ развития противовесов показал следующие результаты:

- противовесы являются "забытой" частью технической системы "Погрузчик". Использование чугунных противовесов сложилось достаточно давно и с тех пор практически не претерпело изменений. Такие противовесы используются повсеместно. Их цена минимальна из всех возможных вариантов с общей тенденцией к еще большему уменьшению. Для удешевления максимально применяется унификация. Продукт в сегодняшнем состоянии можно отнести к концу 3-го - 4-му этапу жизненного цикла.

Жизненный цикл компании (ЛМЗ)
В ЛМЗ чугунные отливки, на которых ранее специализировался завод, чуть не привели его к банкротству в связи с чрезвычайно низкой ценой отливки. Однако, по другим показателям такие отливки полностью удовлетворяли завод.

Обобщая выделенные факторы, можно сказать, что линия этого продукта на заводе находится примерно на 4-й стадии своего развития (т.е. ТС "умирает" и должна заменяться новой).

3.2. УТОЧНЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПОТРЕБИТЕЛЯ

Жизненный цикл потребителя
Компании, использующие противовесы - это компании по производству и ремонту спецтехники (погрузчиков). Их количество достаточно стабильно, хотя и определяется потребностями их клиентов, как правило, строительно-дорожных компаний, горнорудной промышленности и др. В сегменте производителей малых и средних погрузчиков, где востребованными оказываются малые погрузчики, такие как вилочные, складские, промышленные и др., наблюдается рост в связи с развитием логистики, складских комплексов и пр.

Учитывая средний развес противовесов, и их использование в среднем бизнесе, здесь есть определенный рост, связанный с расширением существующих и новых потребителей (например, складских терминалов).

По параметрам оценки жизненного цикла, предприятия - производители погрузчиков можно охарактеризовать как находящиеся на 3-м этапе. Они, как правило, большие, стремятся к давлению на своих поставщиков, закупают по низким ценам, стремятся создавать значительные барьеры для входа, что характерно для 3-го этапа рынка.

Этап развития рынка потребителя
Наличие большого числа западных и китайских компаний, производящих и поставляющих погрузчики, привело к размыванию рынка в целом и появлению большого числа разнообразных решений в т.ч. и по противовесам.

Использование достаточного большого количества технических решений показывает, что рынок испытывает некоторое развитие, однако, связанное в большей степени с исключением противовеса как части технической системы. По мнению экспертной группы его отнесли к уровню середины конца 3-го этапа.

3.3. СОЧЕТАЕМОСТЬ ПРОДУКТА - КОМПАНИИ-ПОТРЕБИТЕЛЯ

Определение сочетаемости триады Продукт - компания - потребитель (рынок)
В соответствии с приведенными вариантами сочетаемости рынка, их взаимодействие должно определяться закономерностям 4-го этапа, см. вставку.

ВСТАВКА. Четвертый этап рынка
Рождаются новые рынки с новым продуктом. Потребители начинают уходить. Возникают ниши, в которых начинают работать или новые энтузиасты или новые дочки больших компаний.

Тип компании	**Продукция на этапе жизненного цикла**			
	1-й этап	2-й этап	3-й этап	4-й этап
Начинающая				
Уровень 2				[redacted]
Уровень 3			[redacted]	[redacted]

Рис. П6. «Продукт – рынок - компании», четвертый уровень рынка

ЛМЗ перенес трудные времена, что соответствовало 4-му этапу рынка, рынок изделий из чугуна и чугунных противовесов находится на 4-м этапе, однако приход зарубежных компаний оживил рынок, принеся новые свежие идеи и подтолкнул существующие на Российском рынке компании искать и создавать продукцию как минимум 2-го этапа.

Можно предположить, что цели и идеальное состояние каждого из элементов триады может соответствовать успешному созданию нового продукта, его выводу на рынок и захвату умов потребителей.

ШАГ 4.
ВЫДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ ПРОДУКТА ПО ЗРТС И ЗАКОНАМ РАЗВИТИЯ УСЛУГ

Выделение уровня развития продукта по ЗРТС
Нами были выделены несколько законов, которые в наибольшей степени могли бы оказать влияние на развитие противовесов. Это законы:
- динамизации
- повышения управляемости системы
- свертывания
- переход в надсистему
- согласования - рассогласования
- переход на микроуровень
- переход моно-би- поли
- дробление

Динамизация - противовесы являются статическими элементами. Их дальнейшее развитие может быть связано с проявлением эффективности противовесов в момент действия динамических моментов при подъеме и переносе груза.

Повышение управляемости системы - противовесы согласуют свое действие с действиями погрузчика, например, способствуют также и хорошей устойчивости и управляемости погрузчика при его движении, на поворотах, демпфировании тряски. Чугунные противовесы находятся на более низкой ступени.

Свертывание - противовеса практически нет. Решение частично применяется.

Переход в надсистему - противовесы либо исчезают и их функции передаются другим частям системы, либо они развиваются дальше и берут на себя часть новых потребительских свойств системы. Решение частично применяется.

Согласование- рассогласование - действие противовеса особенно усиливается в момент приложения динамических сил.

Переход на микроуровень - подсистемы противовеса, в частности, материал должен работать на всех уровнях (макро - микроструктура чугуна).

Переход "моно - би - поли" - чугун, хотя и является композитной структурой, но может развиваться и дальше в сторону повышения анизотропности свойств, реализуемых различными фазами, входящими в структуру.

Дробление - для повышения эффективности работы противовеса дробление единого противовеса на блоки облегчит другие задачи (обеспечение перехода моно - би - поли, например, введение термопластичных материалов между чугунными блоками, обладающих высокой энергопоглощающей способностью).

Выделение уровня развития продукта по законам развития услуг и экономическим законам

Предварительный анализ показал, что противовесы являются не самыми жизнеспособными элементами, всегда относятся к вспомогательным, хотя и достаточно важным элементам технической системы "Погрузчик". Для таких систем с экономической точки зрения очень сильно давление цены, а их потребительская стоимость оказывается недостаточной.

В формуле оценки путей развития системы Противовесы, как технико-экономической системы "Факторы качества\факторы издержек", основное внимание поэтому уделяется издержкам.

Такие системы относятся к системам, где наиболее эффективно предоставление стандартных услуг и стандартного продукта. Однако, как показано выше, техническая система "противовес" уже "выжата", в связи с чем можно считать, что должен появиться эксклюзивный набор свойств и некоторая уникальность в предоставляемом продукте.

ШАГ 5.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИКР*

Определение ИКР включало в себя определение ИКР для продукта и компании и ИКР для потребителя противовеса. При этом в большей степени ИКР понимался как идеальное состояние системы (продукта, компании, рынка).

Определение ИКР для компании и ее продукта

Из анализа условий работы компании, ее истории и ее способностей следует, что развиваться должен именно противовес, а не его заменители или решения по его исключению.

ИКР для продукта компании был сформулирован следующим образом:
Х-элемент, вводимый в противовес, при минимальных изменениях в системе обеспечивает максимальную серийность, минимум изменений в технологии и высокую добавленную стоимость.

Определение ИКР для потребителя

ИКР для потребителя был сформулирован следующим образом
Х-элемент, являясь достаточно дешевым, обеспечивает повышение динамичности, управляемости, свертываемости противовеса (переход в надсистему).

ШАГ 6.
СОГЛАСОВАНИЕ ИКР

По результатам работы экспертной группы было принято совершенствовать продукт преимущественно по ИКР продукта и компании с обеспечением повышения динамичности противовеса.

ШАГ 7
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПРОТИВОРЕЧИЙ
В данной задаче основным противоречием было признано следующее:

Используемый материал должен быть дешевым и не должен быть дешевым или, другими словами, это "должен быть чугун и не должен быть чугун".

Для снижения давления психологической инерции, замещаем слово чугун на материал.

Усиливая конфликт, получаем:

Х-материал также дешев как чугун, но способен быть динамичным в соответствии с анализом развития ТС "противовесы" по ЗРТС и согласованию ИКР.

Противоречие, поставленное в таком виде, отражает потребности как компании, так и потребителя.

ШАГ 8.
ФОРМИРОВАНИЕ ПРООБРАЗА РЕШЕНИЯ
Уточнение задачи показало, что нужен материал, который бы становился динамичным в момент поднятия груза.

Для поиска прообраза решения были проанализированы имеющиеся материалы, которые могли бы удовлетворить таким требованиям. В качестве базовых были приняты вибродемпфирующие материалы на основе чугуна.

Главным свойством такого материала должна быть способность к демпфированию механической энергии и диссипации (рассеянию) механических нагрузок, особенно при переходных режимах и нагрузках, связанных с ускорением, когда возникает динамическая составляющая, иногда значительно превышающая возможности противовесов. В связи с этим массу противовесов приходится увеличивать.

Таким образом, нужно было использовать материал, который бы обладал высокой способностью к диссипации (рассеянию) энергии материала внутри него самого, в частности, за счет повышения внутреннего трения, снижения модуля упругости и др.

Для этого был выбран чугун с максимально возможным содержанием углерода и пластическими добавками, способными рассеивать энергию внутри материала.

Решением также стало и разделение противовеса на чугунные плиты с резиновыми прокладками между плитами, для обеспечения эффекта телескопической дубинки и эффективного рассеяния энергии при демпфировании динамических нагрузок.

Был произведен поиск таких материалов, и было выявлено, что такими материалами занимаются в ЦНИИЧЕРМЕТ им Бардина. Со специалистами института были проведены переговоры для анализа возможности применимости их решений и определения уровня цены, однако их предложения по использованию специальных сталей были исключены.

Прообразом решения, таким образом, стали плиты из чугуна с максимально возможным по ГОСТ содержанием углерода, соединяемые между собой резиновыми прокладками из специальной резины, обеспечивающей максимальное поглощение динамической составляющей энергии, возникающей при поднятии груза и его перемещении. Все вместе

должно понизить запас материала, рассчитываемого на динамическую составляющую увеличения нагрузки при поднятии груза, и тем самым обеспечить уменьшение массы противовеса или большую нагрузочную способность противовеса.

При этом возрастает потребительская стоимость, поскольку погрузчик может либо иметь меньшую массу, либо поднимать больше за счет снижения динамической составляющей обеспечительной массы противовеса.

Основным полем для развития идеи и предложения на рынке стал Федеральный закон "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009 N 261-ФЗ (действующая редакция, 2016). На рынке решений по снижению массы противовесов нет, хотя решения, обеспечивающие энергоэффективность и снижение расхода топлива, весьма востребованы.

В частности, энергоаудиторские компании имеют право отнести расходы, связанные с превышением веса транспортного устройства, к технологически не обоснованным, и назначить более высокие цены на ТЭР, предлагаемые предприятию, на которые государством не предоставляются дотации (см. Закон № 261 - ФЗ). В энергопаспорте должно быть указано, что масса противовеса должна быть снижена, поскольку на рынок вышли новые более энергоэффективные решения.

Комментарий: здесь проявилась другая, скрытая потребность в снижении энергопотребления и соответствия современным нормам и новой нише, открытой новым законом, в отличие от традиционно принятой оценки эффективности погрузчиков по их грузоподъемности.

ШАГ 9
ФОРМИРОВАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ
Для уменьшения значительных изменений в конструкции с целью облегчения внедряемости, оптимально использовать существующие конструкции отливок противовесов. Принципиальная конструкция приведена ниже:

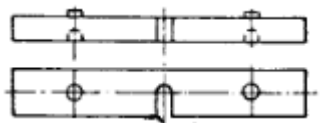


Рис. П7. Принципиальная конструкция одного блока противовеса, укладываемого в виде плит с резиновыми прокладками

Анализ патентов в области новых решений противовесов показал, что решение обладает достаточной новизной. Для повышения эффективности чугуна были оценены различные патенты, обеспечивающие высокую демпфирующую способность чугунов, и которые было бы возможно реализовать на предприятии. Такими чугунами оказались высокоуглеродистые чугуны с максимальным количеством пластинок графита, ориентированных по направлению действия вектора основной нагрузки, с добавками серы, свинца и др. элементов, обеспечивающих большую внутреннюю рассеиваемость энергии. Наиболее близкими к предложенному решению оказалось АС. Е.И.Шитов, В.Д. Мосько, А.Ф. Кучинский, Л.Л. Счисленок и В.В.Костиков (53) 669. 13. 018 (088. 8) (56) Авторское свидетельство СССР 1266892, кл. С 22 С 37/08, 1985. Авторское свидетельство СССР № 1135790, кл. С 22 С 37/08, 1983. (54) ЧУГУН (57) http://www.findpatent.ru/patent/170/1708910.html.

По данным патента, уровень демпфирования может быть выше, чем в традиционно применяемом сером чугуне, в 1,86 раза.

Дальнейшее развитие может быть связано с поиском патентов, готовых к внедрению по метастабильным чугунам, обеспечивающим еще большую энергопоглощающую способность, где на микроуровне будет работать каждая частичка чугуна. Основной эффект - фазовый переход с диссипацией энергии и энергопоглощением. При этом могут быть рассмотрены чугуны с чрезвычайно высоким содержанием графита и остаточного метастабильного аустенита, способного превращаться в деформационный мартенсит при температурах, характерных для работы противовеса. Опыт работы по созданию и опробованию подобных чугунов с развитыми метастабильными фазами по данным литературного обзора имеет Мариупольский ГТУ.

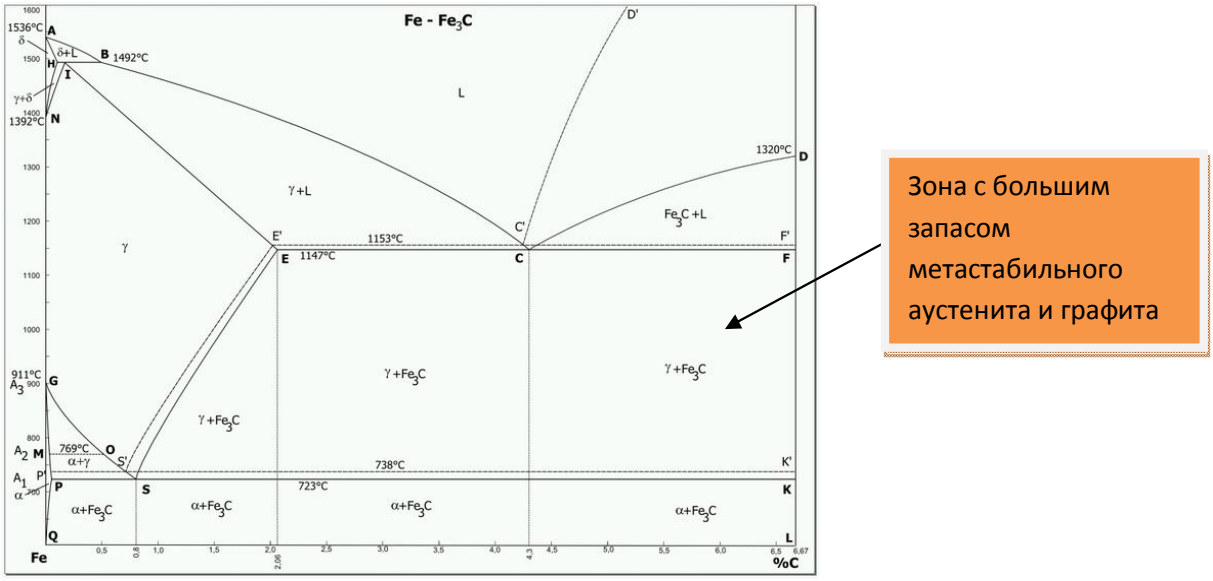


Рис. П8. Зона диаграммы Железо - углерод, перспективная для применения для материалов противовеса

При этом можно разработать такую структуру, чтобы вследствие разнородности структуры происходило постепенная деформация метастабильного аустенита в зонах перехода фаз и концентраторов напряжений. Для повышения эффективности действия микроэффектов предлагается использовать чугун с хлопьевидным графитом, в котором микронапряжения на острых прослойках графита будут превышать порог деформационного превращения аустенита в мартенсит (рис. П9).

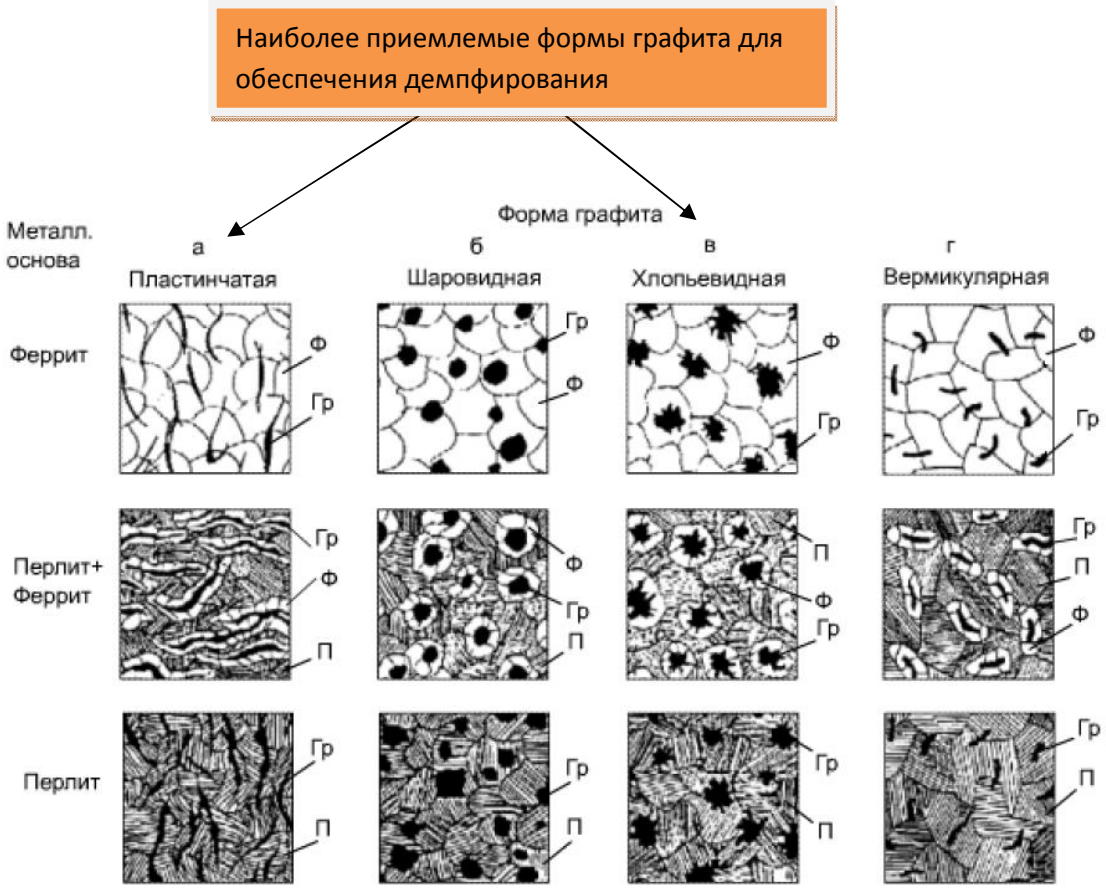


Рис. П9. Микроструктуры чугуна и наиболее приемлемая форма графита

Схемы демпфирующей и энергопоглощающей способности чугуна приведены ниже.

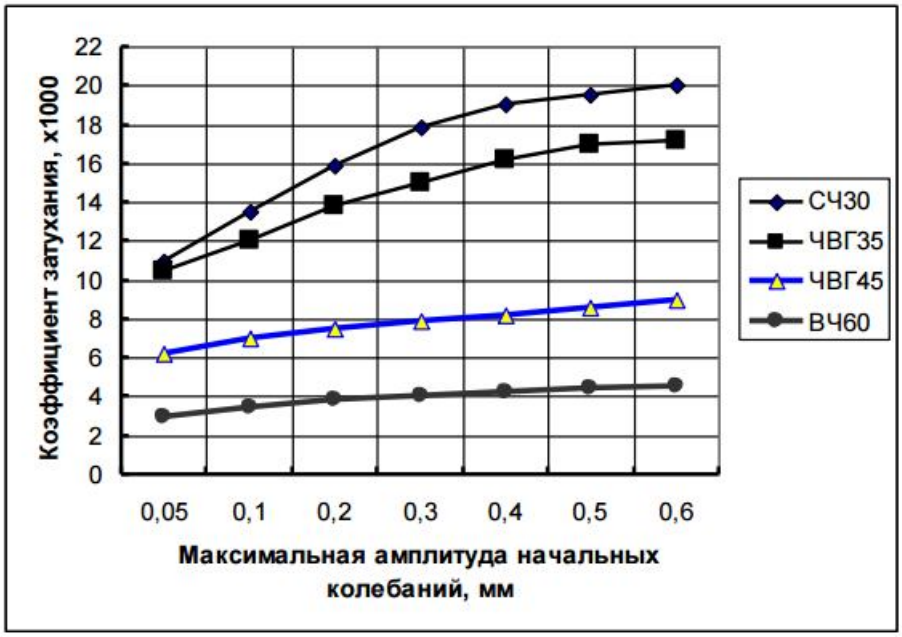


Рис. П10. Зависимость коэффициента затухания Q^{-1} от максимальной амплитуды начальных колебаний чугунов с разной формой графита, закалка на мартенсит+отпуск (1 – СЧ30, 2 – ЧВГ35, 3 – ЧВГ-ХНМД, 4 – ВЧ60)

Для дальнейшего развития предлагается выбрать чугуны СЧ 30, в наибольшей степени отвечающие требованиям проекта, освоенные ЛМЗ и продолжить их развитие как продукта для противовеса, в частности используя патент и идеи, предложенные выше.

Вместо резиновых прослоек, обеспечивающих эффект гашения динамического воздействия нагрузки по принципу телескопической дубинки при движении погрузчика, предлагается изыскать материалы с высокой релаксационной способностью (пример: неньютоновские жидкости, метастабильные полимеры и др.). По данным американских исследователей, уровень энергопоглощения может достигать 35%.

В дальнейшем полученные решения предлагалось использовать и для других подобных задач, повышающих эффективность найденных решений для завода, в частности, для противовесов экскаваторов, портальных кранов, стиральных машин, балансировочных элементов, маховиков и др.

9.1. АНАЛИЗ НА УСПЕШНОСТЬ НОВОГО ПРОДУКТА

Анализ на успешность на рынке нового продукта проведем по следующим критериям:
- последовательность в развитии продукции на предприятии:
- гармоничность с имеющейся номенклатурой и согласование со способностями предприятия
- наличие конкурентных преимуществ на рынке
- осуществимость

Данные анализа представлены в табл. 1.

Табл. 1. Оценка успешности выхода нового продукта на рынок

Критерий оценки	Соответствие стратегии ЛМЗ
Последовательность	Соответствует. Продукт связан с насущными трендами рынка и потребителей. Для этого имеются возможности у ЛМЗ, имеются опробованные в опытных партиях решения
Гармоничность	Соответствует. Выпуск нового продукта имеет взаимодополняемые и уже развитые ресурсы и способности. Движение от чугунных противовесов к новому типу противовеса на основе энергопоглощающих материалов выглядит достаточно гармоничным
Конкурентные преимущества	Соответствует. ЛМЗ может стать лидером по поставке технологически более совершенных противовесов
Осуществимость	Соответствует. Вероятность осуществимости высока, особенно если будут выделены дополнительные ресурсы, например, на опытные партии, проверку и тестирование, персонал для продвижения.

ШАГ 10.
ПРОРАБОТКА РЕШЕНИЙ С ПОТЕНЦИАЛЬНЫМИ ПАРТНЕРАМИ

Учитывая, что решение оказалось достаточно простым, его дальнейшая разработка осуществлялась своими силами.

ШАГ 11
ЗАДАЧИ ПО ВНЕДРЕНИЮ

На основе рассмотренных выделенных потребительских свойств новой конструкции противовеса были предложены информационные письма, а также модели расчетов технико-экономических обоснований для партнеров, составлен список потенциальных потребителей решения. Материалы были переданы в отдел продаж для реализации проекта.