

**Международная Ассоциация ТРИЗ**  
Диссертационный Совет МА ТРИЗ

**На правах рукописи**

**АБРАМОВ**  
**Олег Юрьевич**

**Комплексный анализ Технических Систем на  
переходном этапе развития**

Диссертация  
на соискание звания "Мастер ТРИЗ"

**Научный руководитель:**  
Мастер ТРИЗ  
Федосов Юрий Игоревич

Санкт-Петербург  
2012

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>4</b>
АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	4
КРАТКИЙ ОБЗОР ИЗВЕСТНЫХ МЕТОДИК .....	6
ЦЕЛИ РАБОТЫ .....	8
МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПОСТАВЛЕННОЙ ПРОБЛЕМЫ .....	8
НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ.....	9
АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ.....	10
ЛИЧНЫЙ ВКЛАД СОИСКАТЕЛЯ. ....	11
<b>РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....	<b>11</b>
НА КАКОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ТС НУЖДАЕТСЯ В КОМПЛЕКСНОМ АНАЛИЗЕ БОЛЕЕ ВСЕГО .....	11
ОСОБЕННОСТИ АНАЛИЗА ТС, НАХОДЯЩЕЙСЯ НА ПЕРЕХОДНОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ .....	13
АНАЛИЗ РЫНКА.....	16
<i>Цели анализа рынка</i> .....	16
<i>Общие положения</i> .....	16
<i>Предлагаемый алгоритм анализа рынка</i> .....	19
Анализ технического потенциала ТС.....	19
Анализ рыночного потенциала ТС .....	22
<i>Выводы из анализа рынка</i> .....	23
ДИВЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ТС.....	24
<i>Цели ДА технической части ТС</i> .....	24
<i>Общие положения</i> .....	24
<i>Предлагаемый алгоритм ДА технической части ТС</i> .....	26
<i>Выводы из ДА технической части ТС</i> .....	30
АНАЛИЗ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ, СВЯЗАННОЙ С ТС .....	31
<i>Цели анализа интеллектуальной собственности</i> .....	31
<i>Общие положения</i> .....	31
<i>Алгоритм анализа интеллектуальной собственности</i> .....	31
<i>Выводы из анализа интеллектуальной собственности</i> .....	34
АНАЛИЗ БИЗНЕСА, СВЯЗАННОГО С КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЕЙ ТС .....	35
<i>Цели анализа бизнеса</i> .....	35
<i>Общие положения</i> .....	35
<i>Инструменты, которые могут быть применены для анализа бизнеса</i> .	37
<i>Выводы из анализа бизнеса</i> .....	37
<b>ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ</b> .....	<b>38</b>
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДЛОЖЕННОЙ МЕТОДИКИ .....	38
ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ОГРАНИЧЕНИЯ МЕТОДИКИ .....	38
ВОЗМОЖНОСТИ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ МЕТОДИКИ.....	39
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	<b>40</b>
<b>ПЕРЕЧЕНЬ РАБОТ ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ</b> .....	<b>42</b>

<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ИНСТРУМЕНТЫ GEN3 TRIZ, ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ДЛЯ АНАЛИЗА НЭ РАЗНОГО ТИПА.....</b>	<b>43</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ЭЛЕМЕНТЫ КЭА .....</b>	<b>44</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ПРИМЕР ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА.....</b>	<b>45</b>
ОПИСАНИЕ ИСХОДНОЙ СИТУАЦИИ И ЦЕЛИ ПРОЕКТА .....	45
ОПИСАНИЕ АНАЛИЗИРУЕМОЙ ТС (ГИДРОКЕРАТОМА).....	47
АНАЛИЗ РЫНКА ГИДРОКЕРАТОМА.....	49
Анализ технического потенциала Гидрокератома .....	49
Анализ рыночного потенциала Гидрокератома .....	53
Выводы из анализа рынка .....	56
ДА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ГИДРОКЕРАТОМА .....	57
<i>Выводы из ДА технической части Гидрокератома .....</i>	<i>74</i>
АНАЛИЗ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ, СВЯЗАННОЙ С ГИДРОКЕРАТОМОМ ....	75
<i>Выводы из анализа интеллектуальной собственности .....</i>	<i>77</i>
АНАЛИЗ КОМПАНИИ ЗАКАЗЧИКА.....	78
<i>Выводы из анализа компании Заказчика .....</i>	<i>79</i>
Выводы из комплексного анализа Гидрокератома.....	80

## ВВЕДЕНИЕ

В данной работе предлагается комплексный подход к анализу технических Систем (ТС), находящихся на переходном от первого ко второму этапу развития<sup>1</sup>. Этот подход включает:

- Разработанную автором специализированную методику Диверсионного Анализа (ДА)<sup>2</sup> технической части ТС, учитывающую особенности ТС, находящихся на переходном этапе. Эта методика позволяет быстро выявить наиболее существенные скрытые недостатки ТС, и пригодна для применения в консультационных экспресс проектах<sup>3</sup>. Предлагаемая методика использует известные инструменты GEN3 TRIZ и общие принципы известных методик ДА [1-4], что гарантирует ее адекватность.
- Анализ бизнес аспектов, связанных с анализируемой ТС, что позволяет выявить возможные неудачи при выводе этой ТС на рынок. Сюда относятся анализ рынка, а также анализ бизнеса (компании, выводящей ТС на рынок). При выполнении этих видов анализа предлагается использовать известные инструменты GEN3 TRIZ – MPV анализ [5-7], Benchmarking [8], Patent Circumvention [9], и др., а также предложенный А.Шнейдером, Я.Кацманом и Г.Топчишвили Квантово-Экономический Анализ (КЭА) [10].

В Приложении 3 представлен пример успешного применения предлагаемой методики комплексного анализа в реальном консультационном проекте.

## АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

ТС на переходном этапе открывают большой простор для применения всех инструментов ТРИЗ, поскольку на этом этапе ТС еще заведомо несовершенна и нуждается в улучшении. В то же время, такие ТС представляют трудность для ТРИЗ-анализа, поскольку они существуют чаще всего лишь в виде экспериментального образца, который уже удовлетворительно работает в лабораторных условиях, но его скрытые недостатки еще не успели проявиться.

Для выявления скрытых недостатков ТС и создаваемых ею скрытых нежелательных эффектов (НЭ) предназначена методика ДА, которая является мощным инструментом ТРИЗ благодаря следующим уникальным свойствам:

- ДА позволяет решать исследовательские задачи по объяснению различных явлений и эффектов, причины которых непонятны.

---

<sup>1</sup> Далее в тексте работы будем называть его просто переходным этапом

<sup>2</sup> В англоязычных источниках Диверсионный Анализ может называться Failure Anticipation Analysis (в методике GEN3 TRIZ) или Anticipatory Failure Determination (в методике I-TRIZ).

<sup>3</sup> Экспресс проектами здесь называются проекты, длительность которых (не включая выполнение отчетной документации) не превосходит 2-3 недели.

- ДА позволяет выявить скрытые недостатки ТС, которые могут стать причиной сбоев и отказов в ее работе и, используя другие инструменты ТРИЗ, заблаговременно устранить их.
- ДА позволяет также заранее выявить и устранить нежелательные эффекты (НЭ) в надсистеме, которые ТС может создать на разных этапах своего жизненного цикла от разработки до утилизации.
- Возможно, ДА может иметь применение для анализа самих инструментов ТРИЗ с целью выявить и устранить их скрытые недостатки. Так, А.Кынин предложил применять ДА для развития методики ТРИЗ-прогнозирования<sup>4</sup>.

Существующие методики ДА [1-4] позволяют эффективно решать «задачи-детективы», исследовательские задачи, а также задачи на поиск причин брака и другие задачи, в которых есть известный НЭ, причины которого неизвестны.

Что же касается выявления скрытых недостатков ТС, когда НЭ неизвестны, то практика выполнения консультационных проектов показала, что использование существующих методик ДА для решения таких задач очень трудоемко и не гарантирует выявления наиболее важных скрытых недостатков. Это связано с тем, что эти методики слишком универсальные и оттого чересчур громоздкие для применения на практике. Кроме того, шаги этих методик описаны слишком общо, что также затрудняет их использование.

Возможно, этим и объясняется то, что ДА незаслуженно редко применяется в практике ТРИЗ-консалтинга. Показатель этого – отсутствие roadmap проекта типа Failure Anticipation в работе О.Герасимова [11], посвященной выбору roadmap консультационных проектов разного типа.

Кроме того, на успех коммерциализации ТС сильно влияют другие факторы, в том числе нетехнического характера - конкурентная ситуация на рынке ТС и объем этого рынка; надежность защиты заключенной в ТС интеллектуальной собственности и наличие ИС третьих лиц, которая может быть нарушена при производстве и продаже ТС; бизнес-ситуация, сложившаяся на момент вывода ТС на рынок: уровень развития компании-собственника ТС, бизнес-стратегия этой компании, и т.п. В каждой из этих составляющих могут оказаться скрытые НЭ, из-за которых коммерциализация ТС не будет успешной.

Весь комплекс факторов, играющих роль при выводе ТС на рынок, очень редко принимается во внимание на практике при выполнении консультационных ТРИЗ-проектов. Это связано с тем, что цельной методики такого комплексного анализа ТС не существует. В то же время, практическая потребность в такой методике, позволяющей выявить полный спектр скрытых недостатков и НЭ, влияющих на успех коммерциализации ТС, давно назрела.

---

<sup>4</sup> Кынин А.Т. Исполнение прогнозов / <http://metodolog.ru/01276/01276.html>

## КРАТКИЙ ОБЗОР ИЗВЕСТНЫХ МЕТОДИК

Методики выявления скрытых НЭ в новых ТС имеют большое значение в современной технике, поскольку они позволяют заранее оценить связанные с ТС риски и разработать решения, снижающие эти риски. Например, детально проработанная методика Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) [12] в настоящее время включена в промышленные стандарты и активно используется в большинстве крупных промышленных компаний.

Однако, в методологии FMEA больше внимания уделяется определению и классификации рисков, порождаемых скрытыми НЭ, а собственно выявление этих НЭ производится либо путем мозгового штурма, либо на основании предыдущего опыта участников FMEA-группы, что не гарантирует выявления всех скрытых критических НЭ.

Более надежное обнаружение скрытых недостатков и НЭ в ТС обеспечивает методика ДА, представленная Б.Злотиним и А.Зусман в работах [1-3], причем в работах [1,3] отдельно представлены методики для решения исследовательских задач и для выявления скрытых НЭ.

Работа [2] посвящена только методике выявления скрытых НЭ, которая в рамках данной диссертационной работы представляет наибольший интерес. В этой методике можно выделить следующие этапы:

1. **Формулирование диверсионной задачи.** Этот шаг заключается в том, что задачу поиска и устранения НЭ преобразуют в обратную - «диверсионную» задачу создания всех возможных НЭ в ТС и надсистеме.
2. **Выявление всевозможных чрезвычайных ситуаций и НЭ, которые могут быть созданы с помощью анализируемой ТС.** Цель этого шага - определить все возможные НЭ, включая вредные воздействия на другие ТС, человека и природные системы, которые анализируемая ТС может создать на разных этапах ее жизненного цикла. Для этого предлагается:
  - определить все параметры нормального функционирования ТС и методом числовой оси определить НЭ, возникающие при отклонении этих параметров от нормы;
  - с помощью ФСА выявить все полезные и вредные функции в ТС и определить, какие НЭ возникают при усилении каждой вредной функции и снижении уровня выполнения каждой полезной функции;
  - определить возможность возникновения типовых вредных явлений и воздействий на человека, технические и природные системы, используя списки типовых способов и результатов вредных воздействий.
3. **Выявление всех способов создания выявленных чрезвычайных ситуаций, и НЭ с использованием ресурсов ТС.** Для этого предлагается выявить все опасные зоны в ТС и опасные моменты в ее «жизни». Также, выявляются все ресурсы ТС, имеющиеся источники повышенной опасности

и возможные нарушения полезных потоков, которые могут обеспечить появление НЭ. Это делается с помощью соответствующих перечней: типовых опасных зон; типовых опасных моментов в жизни ТС; ресурсов, способных обеспечить появление НЭ, и т.д. Кроме этого, используются информационные фонды и инструменты ТРИЗ.

4. **Анализ выявленных вредных эффектов.** Здесь предлагается определить какие из выявленных НЭ имеют место в реальности, оценить вероятность их появления и степень опасности.
5. **Устранение вредных эффектов.** На этом шаге выявляются «первичные» (в терминологии GEN3 TRIZ - «ключевые») НЭ и делается попытка их устранить с использованием типовых средств предотвращения НЭ (соответствующий перечень приводится) и известных инструментов ТРИЗ.

Такой ДА является универсальным инструментом, нацеленным на выявление абсолютно всех возможных НЭ, которые ТС способна когда-либо создать. Однако именно из-за этого практическое применение этой методики очень трудозатратно: методика требует выявления и анализа именно всех НЭ и не позволяет выделить из них ключевые проблемы, на которых только и нужно сосредоточиться на данном этапе развития ТС.

Кроме того, метод поиска НЭ и ресурсов, способных их создать, по перечням типовых вредных эффектов, типовых опасных зон и т.п. не гарантирует выявления всех, или хотя бы наиболее опасных НЭ, так как полнота этих перечней не доказана.

Ситуацию усугубляет то, что перечни сформулированы в очень общем виде, поэтому их эвристическая сила ограничена. Например, в перечне ресурсов, способных создать вредное явление, просто перечислены все имеющиеся в ТС вещества, потоки энергии, информации и т.п., а это значит, что при решении каждой диверсионной задачи нужно перебирать все имеющиеся в системе ресурсы и их комбинации, что требует больших затрат времени.

Одним из направлений дальнейшего развития ДА является подход, который можно назвать диверсионным функциональным анализом [4]. В этом подходе детализируется идея, заложенная в шаге 2.4 методики [2]: сначала строятся компонентная и функциональная модели ТС, а затем формулируются диверсионные задачи по следующей схеме:

- Как понизить уровень выполнения и/или затраты на выполнение каждой из полезных функций в ТС?
- Как усилить вредный эффект каждой из имеющихся в ТС вредных функций?
- Какие новые вредные функции могут возникнуть между компонентами ТС?

Функциональный подход, в отличие от использования перечней [2], позволяет более объективно и быстро выявить все НЭ, возможные в ситуации, для

которой построена функциональная модель ТС. Достоверность выявленных НЭ при этом определяется тем, насколько правильно построена эта модель.

К сожалению, даже в относительно простых ТС число полезных и вредных функций может превышать несколько десятков или даже сотен. Поэтому диверсионный функциональный анализ, как и оригинальная методика ДА, чаще всего приводит к выявлению очень большого количества диверсионных задач (НЭ) и не позволяет выделить из них ключевые проблемы, что делает его слишком трудозатратным.

Кроме того, методики ДА [1-4] направлены только на выявление «технических» скрытых недостатков ТС или возможных проблем в надсистеме, которые может создать эта ТС. В то же время, заказчиков консультационных ТРИЗ-проектов в конечном итоге интересует коммерческий успех ТС на рынке, а техническое совершенство ТС – это лишь одна из его составляющих. Таким образом, для повышения вероятности коммерческого успеха ТС, ДА должен быть комплексным, то есть каждый из факторов, от которых зависит успех ТС на рынке, должен быть проанализирован на предмет скрытых недостатков. Особенно это важно для ТС, находящихся на переходном этапе развития.

К сожалению, соискателю не удалось найти опубликованных методик подобного комплексного анализа или примеров его выполнения.

## **ЦЕЛИ РАБОТЫ**

Задача данной работы – обобщить успешный опыт применения комплексного анализа ТС в реальном консультационном проекте и хотя бы частично восполнить указанные в предыдущем разделе пробелы в методике выявления скрытых НЭ:

- Разработать Roadmap и методику выполнения комплексного анализа ТС, направленного на выявление не только технических, но и прочих скрытых проблем, которые могут повлиять на коммерческий успех ТС как продукта на рынке.
- Разработать эффективную специализированную методику ДА, нацеленную на выявление скрытых НЭ в технической части ТС на переходном этапе и обеспечивающую, в сравнении с существующими методиками ДА, существенное снижение трудоемкости без снижения качества анализа<sup>5</sup>.

## **МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПОСТАВЛЕННОЙ ПРОБЛЕМЫ**

Для достижения поставленных в данной работе целей предложено сузить поле выявляемых скрытых НЭ, сфокусировав методику на выявлении только тех из

---

<sup>5</sup> Под качеством анализа понимается способность методики гарантированно выявлять скрытые НЭ, которые наиболее важно устранить именно на данном этапе развития ТС.

них, устранение которых именно на переходном этапе развития ТС является критичным для ее коммерческого успеха.

Кроме того, предложено дифференцировать используемые для выявления и анализа скрытых НЭ инструменты ТРИЗ и GEN3 TRIZ в зависимости от серьезности этих НЭ: например, более серьезные НЭ подвергать более глубокому анализу.

Кроме «классического ДА» [2], в предлагаемой методике комплексного анализа применяются следующие инструменты ТРИЗ и GEN3 TRIZ:

- ЗРТС-Анализ [12] и MPV анализ [5, 6] используются для определения приоритетных направлений развития анализируемой ТС.
- Элементы Функционального Анализа [14], применяются для выявления системных целевых НЭ.
- Причинно-Следственный Анализ нежелательных эффектов [15, 16, 23] и метод обращения задачи, используемый в «классическом ДА» [2], применен для выявления ключевых диверсионных задач.
- Бенчмаркинг GEN3 TRIZ [8] и Методика Обхода Патентов (Patent Circumvention) [9] применяются для выявления и решения потенциальных проблем при коммерциализации анализируемой ТС.
- Методология Квантово-Экономического Анализа (КЭА) [10] предложена для проведения анализа бизнеса, связанного с выводом ТС на рынок.

## НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ

На взгляд автора, научная новизна данной работы заключается в следующем:

- Разработан Roadmap и методика выполнения комплексного анализа ТС, способного выявлять не только технические, но и прочие скрытые НЭ, которые могут повлиять на коммерческий успех ТС как продукта на рынке. Эта методика, помимо ДА собственно ТС, включает анализ бизнеса (компании), связанного с выводом ТС на рынок, анализ связанной с ТС интеллектуальной собственности и анализ рынка ТС.
- При этом анализ рынка ТС производится таким образом, что одновременно выполняются анализ технического потенциала (т.е. конкурентоспособности) ТС и анализ рыночного потенциала этой ТС (т.е. потенциального объема ее рынка) с учетом тенденций развития компонентов надсистемы, использующих ТС.
- Разработана специализированная методика ДА, обеспечивающая быстрое и надежное выявление всех наиболее важных скрытых НЭ в ТС на переходном этапе. Высокая эффективность этой методики достигнута за счет сужения поля выявляемых НЭ только теми из них, которые связаны с выполнением Главной Функции (ГФ) ТС, и путем использования разной

глубины анализа в зависимости от опасности выявленных НЭ. Этот подход сделал методику более специализированной, но и более эффективной.

- Предложенная методика ДА объединяет в себе наиболее эффективные инструменты как "классического ДА", так и GEN3 TRIZ (например, функциональный, потоковый, причинно-следственный анализ, и др.), что в итоге обеспечивает выявление ключевых вторичных задач, решение которых устраняет все наиболее важные скрытые НЭ.
- Для анализа бизнеса, т.е. шансов компании– владельца ТС успешно вывести эту ТС на рынок, использованы элементы Квантово-Экономического Анализа (КЭА). Этот анализ повышает эффективность ТРИЗ-проектов, поскольку он позволяет выявлять и предлагать клиенту только те технические решения, которые наиболее перспективны для коммерциализации именно компанией-заказчиком проекта.

## **АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ**

Основные результаты данной работы представлялись на следующих научных конференциях:

- Саммит разработчиков «Выявление вторичных задач». Санкт-Петербург, 2012.
- Научная конференция «ТРИЗ. Практика применения методических инструментов». Москва, 2011.
- Саммит разработчиков ТРИЗ «Развитие инструментов решения изобретательских задач». Санкт-Петербург, 2008.
- Саммит разработчиков ТРИЗ «Методы исследования проблемных ситуаций и выявления инновационных задач». Москва, 2007.
- Региональная научно-практическая конференция «Три поколения ТРИЗ». Санкт-Петербург, 2003.
- Научно-практическая конференция «Творчество во имя достойной жизни». Великий Новгород, 2001.
- Научная конференция «Инновационная технология проектирования сегодня и завтра». Санкт-Петербург, 1999.

Изложенная в данной работе методика комплексного анализа ТС была успешно опробована соискателем на практике при выполнении консультационного проекта. Кроме этого, она была использована для обучения сотрудников НИЦ Алгоритм.

## ЛИЧНЫЙ ВКЛАД СОИСКАТЕЛЯ.

Вопросы, касающиеся особенностей анализа ТС на переходном этапе развития, представленный в данной работе Roadmap комплексного анализа такой ТС, алгоритм анализа рынка и методика ДА технической части ТС разработаны лично соискателем.

Приведенный в этой диссертационной работе алгоритм анализа ИС является обобщением опыта нескольких десятков консультационных проектов выполненных под руководством соискателя в НИЦ Алгоритм.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

### НА КАКОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ТС НУЖДАЕТСЯ В КОМПЛЕКСНОМ АНАЛИЗЕ БОЛЕЕ ВСЕГО

В работе [24] автор высказал мысль, что ДА должен применяться в первую очередь к ТС, находящимся на переходном этапе развития – к тем, которые уже хорошо работают в лабораторных условиях и готовятся к массовому производству и выходу на рынок (см. Рис. 1). Эта же мысль справедлива и в отношении всего предлагаемого в данной работе комплексного анализа ТС.

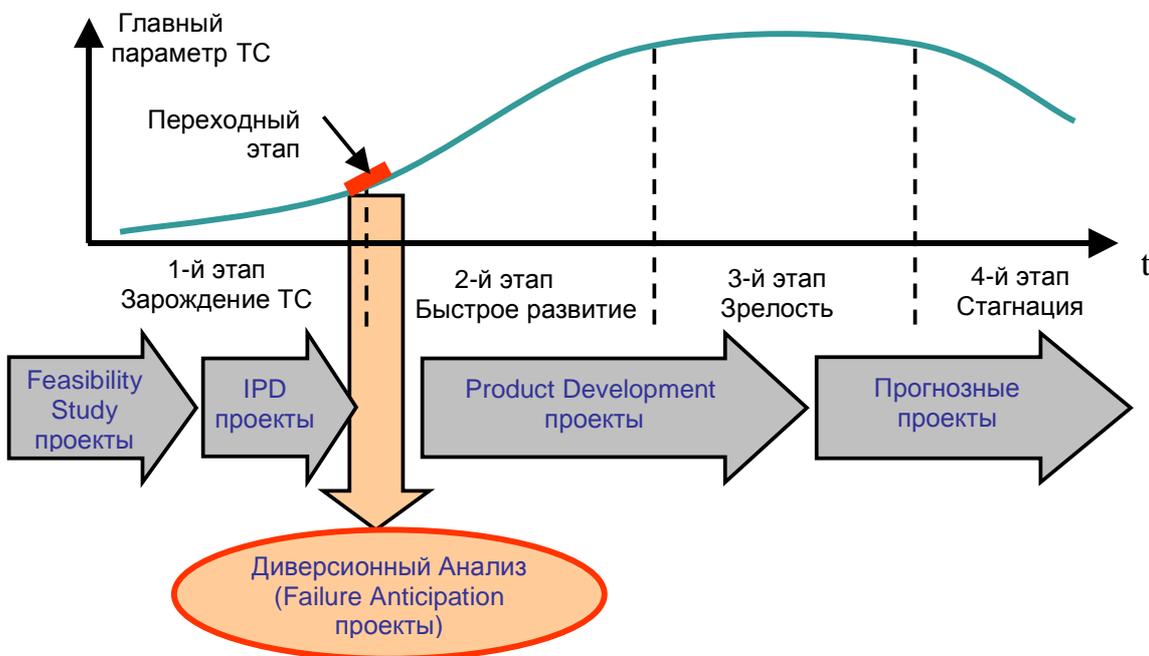


Рис. 1. Место ДА в ТРИЗ и GEN3 TRIZ-консалтинге

На переходном этапе проблемы ТС чаще всего никому не очевидны: команда разработчиков ТС находится в эйфории от того, что ТС наконец-то работает, и больше не видит серьезных технических проблем; инвесторы не сомневаются, что рынок ТС велик и готовы вложить большие средства в коммерциализацию этой ТС. Однако в этот момент ТС еще очень уязвима и ее рыночный успех может зависеть даже от случайных факторов [13]. Коммерческий риск инвесторов при этом велик, так как многие проблемы, из-за которых ТС может стать убыточной, проявятся только после ее выхода на рынок.

С помощью комплексного анализа можно обнаружить и устранить технические и нетехнические проблемы заранее, что значительно снижает коммерческий риск при выводе ТС на рынок. Таким образом, проведение комплексного проекта типа Failure Anticipation на переходном этапе развития ТС является критичным.

На остальных этапах развития ТС нужда в комплексном анализе уменьшается (Рис. 1), хотя в ряде случаев его применение и на этих этапах может быть полезно:

- **На первом этапе** развития ТС существует, как правило, только на бумаге или в виде образцов, демонстрирующих принцип действия. Главная задача здесь - заставить эту ТС хоть как-то работать, т.е. выполнять свою главную функцию. При этом нет нужды проводить ДА, так как ТС работает еще плохо (если вообще работает) и ее технические проблемы очевидны. В начале этого этапа для разработки ТС актуальны GEN3 TRIZ проекты типа Feasibility Study, а в конце - IPD (Intellectual Property Development) проекты.
- **На втором этапе** развития ТС уже вышла на рынок и вступила в борьбу с конкурирующими ТС. При этом проблемы, связанные с ТС на всех этапах ее жизненного цикла от производства до утилизации быстро выявляются самой жизнью без проведения ДА. На этом этапе более всего необходимы GEN3 TRIZ Product Development-проекты, цель которых - устранить выявившиеся проблемы и повысить конкурентоспособность ТС.
- **На третьем этапе**, когда ТС находится на пике своего развития, основные проблемы, связанные с ее функционированием, как правило, уже решены, а проблемы, связанные с "факторами расплаты" (например, слишком высокая стоимость ТС, неидеальная эргономика конструкции, и т.п.), уже проявились без использования ДА. Здесь имеет смысл проводить GEN3 TRIZ Product Development-проекты с целью повысить конкурентоспособность ТС путем снижения факторов расплаты и повышения функциональности ТС за счет увеличения количества выполняемых ею полезных функций.
- **На четвертом этапе** развития, когда началась стагнация ТС, основная проблема связана с тем, что эта ТС проигрывает в конкурентной борьбе с появляющимися на рынке альтернативными ТС, использующими более прогрессивный принцип действия. На этом этапе развития (или даже в конце третьего этапа) нужны прогнозные GEN3 TRIZ проекты для выявления наиболее перспективного принципа действия ТС нового поколения.

## ОСОБЕННОСТИ АНАЛИЗА ТС, НАХОДЯЩЕЙСЯ НА ПЕРЕХОДНОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ

Особенности анализа ТС, находящейся на переходном этапе развития, вытекают из того, что главная цель анализа применительно к такой ТС - это повышение вероятности коммерческого успеха при выводе ее на рынок.

Как показано автором в работе [25], наиболее перспективная с точки зрения коммерциализации ТС должна обладать одновременно высоким техническим и рыночным потенциалом (Рис. 2).

При этом технический потенциал ТС определяется имеющимися резервами для улучшения ее технических и стоимостных характеристик и для создания сильной интеллектуальной собственности, связанной с этой ТС [26].

Рыночный потенциал ТС при этом определяется объемом ее рынка на тот период, когда планируется получать прибыль от вложения капитала.



Рис. 2. Общая структура процесса поиска коммерчески перспективных ТС

Для коммерческого успеха ТС как нового продукта на рынке необходимо выполнение как минимум четыре следующих условий:

- Рынок ТС должен быть достаточно велик. В противном случае ТС не сможет принести прибыль независимо от того, насколько прогрессивны заложенные в ней технические решения и насколько хорошо она работает.
- ТС должна быть конкурентоспособной, то есть должна либо работать лучше конкурирующих ТС, либо иметь более низкую стоимость, или иметь какие-то другие весомые преимущества [13]. Иначе она не сможет занять достаточно большую долю рынка и принести прибыль.
- Заложенная в ТС интеллектуальная собственность должна быть хорошо защищена. Если это не так, то конкурирующие фирмы в любой момент могут наладить выпуск и продажу ТС и перехватить коммерческий успех.
- Компания, собирающаяся коммерциализировать ТС, должна быть способна выбрать и реализовать правильную стратегию вывода этой ТС на рынок. Без этого даже самая прогрессивная ТС не сможет принести прибыль.

Конечно, соблюдение этих условий еще не гарантирует коммерческого успеха, на который могут влиять многие субъективные и объективные факторы, зачастую никак не связанные с техническими и потребительскими характеристиками ТС. Однако если они не соблюдены, то достижение коммерческого успеха маловероятно или даже невозможно.

Исходя из этого можно выделить основные составляющие, которые должен включать комплексный анализ ТС на переходном этапе [24]:

1. **Анализ рынка ТС.** Задача этого анализа – выявление факторов, которые могут в будущем уменьшить или даже уничтожить рынок анализируемой ТС.
2. **ДА технической части ТС.** Это может быть и «классический ДА» [1-3], нацеленный на выявление скрытых проблем ТС. Однако, на переходном этапе развития ТС анализ можно ограничить поиском и устранением только тех проблем, которые могут нарушить выполнение главной полезной функции ТС на этапе ее эксплуатации. Выявление же остальных проблем, которые ТС может создать на разных этапах своего жизненного цикла, можно оставить на потом.
3. **Анализ интеллектуальной собственности,** заложенной в ТС. Цель этого анализа – выявить изобретения, права владельцев которых могут быть нарушены при производстве и продаже ТС на целевом рынке. В случае выявления таковых – так изменить конструкцию ТС, чтобы права третьих лиц не нарушались. Кроме того, этот анализ должен выявить и устранить слабости имеющейся патентной защиты ТС.
4. **Анализ бизнеса,** связанного с коммерциализацией ТС. Задача анализа бизнеса - выявить скрытые недостатки бизнес стратегии и самой компании, выводящей ТС на рынок, которые могут затруднить или сделать это предприятие неуспешным.

Общая логика комплексного анализа, иллюстрирующая последовательность его выполнения и взаимодействие его составляющих показана на Рис. 3.

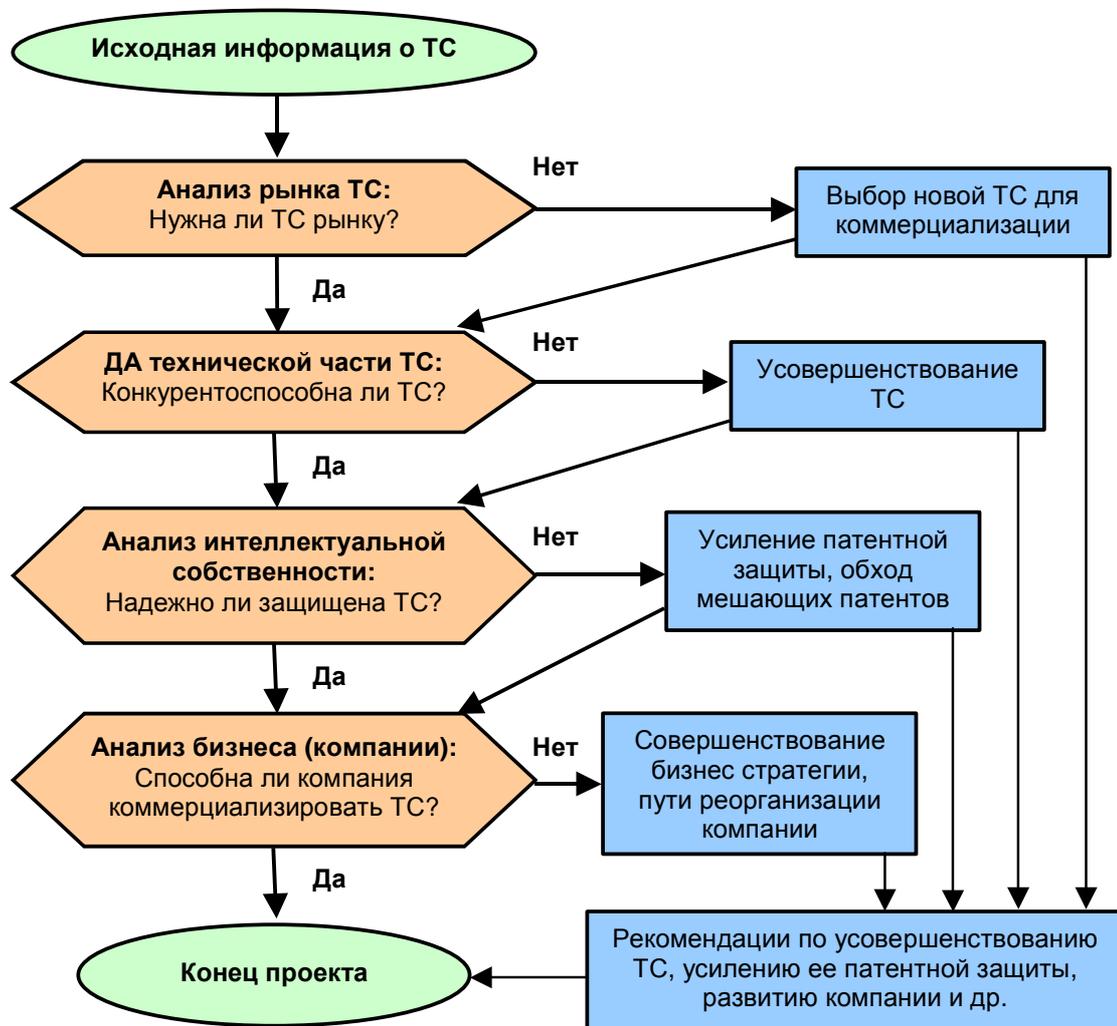


Рис. 3. Общая логика (roadmap) комплексного анализа ТС

Как видно из Рис. 3, комплексный анализ включает последовательный анализ рынка, ДА технической части ТС, анализ интеллектуальной собственности, а также анализ самой компании-владельца ТС. Таким образом, проверяется каждое из условий, необходимых для успешной коммерциализации ТС:

- Будет ли востребована ТС на рынке;
- Конкурентоспособна ли ТС;
- Надежна ли патентная защита ТС;
- Может ли данная компания успешно коммерциализовать ТС.

Если какое-то из этих условий не выполняется, то на соответствующем шаге предлагается решение этой проблемы и анализ продолжается дальше.

Более детальное описание всех четырех составляющих комплексного анализа дается ниже в данной работе.

Следует заметить, что в данной работе упор сделан именно на аналитической части комплексного анализа, то есть на выявлении скрытых недостатков, которые могут помешать коммерциализации ТС. Устранение же этих недостатков выходит за рамки данной работы, так как это может быть сделано известными способами, например, с помощью «решательных» инструментов ТРИЗ и GEN3 TRIZ.

## **АНАЛИЗ РЫНКА**

### **Цели анализа рынка**

Целью анализа рынка является выявление скрытых проблем, которые могут привести к сокращению всего рынка ТС и/или его доли, которую ТС может занять. Этот анализ должен дать ответы на следующие вопросы, от которых зависит целесообразность инвестиций в анализируемую ТС:

- Существует ли рынок достаточного объема для данной ТС и, если да, то сохранится ли он достаточно долго чтобы ТС принесла прибыль?
- Является ли ТС конкурентоспособной и, если да, то сохранит ли она свою конкурентоспособность достаточно долго чтобы принести прибыль?

### **Общие положения**

Для получения ответа на приведенные выше вопросы, нужно произвести не только анализ ТС и ее рынка, но и, в соответствии с [13], анализ компонентов надсистемы, использующей анализируемую ТС, и, соответственно, анализ рынка этих надсистемных компонентов. Это нужно чтобы проверить, не произойдут ли в скором будущем в надсистеме изменения, вследствие которых потребность в анализируемой ТС отпадет или существенно уменьшится.

Кроме того, необходимо провести сравнительный анализ конкурирующих<sup>6</sup> и альтернативных<sup>7</sup> ТС, как уже имеющих на рынке, так и тех, которые могут выйти на рынок в ближайшем будущем. Это нужно для того, чтобы убедиться что анализируемая ТС имеет хороший технический потенциал и после вывода ее на рынок, не будет быстро вытеснена с него какой-либо другой ТС.

---

<sup>6</sup> Под конкурирующими ТС понимаются ТС, выполняющие одинаковую главную функцию (ГФ) и использующие для этого один и тот же принцип действия.

<sup>7</sup> Альтернативные ТС – это ТС, выполняющие одинаковую ГФ, но использующие для этого различные принципы действия.

На первый взгляд, ответ на вопрос будет ли ТС востребована на рынке в течение определенного промежутка времени можно получить с помощью маркетинговых исследований, без привлечения ТРИЗ-специалистов. Это верно лишь отчасти, так как маркетинговый анализ охватывает только те ТС, которые уже есть на рынке, в том виде, в котором они существуют на момент анализа. Прогноз, полученный в результате такого анализа, не отличается большой достоверностью и не позволяет получить ответ на ключевой для нас вопрос - есть ли у данной ТС достаточные ресурсы развития, чтобы инвестиции в эту ТС были экономически оправданы.

В работах [25, 26] автор предложил рыночно-ориентированную методику выбора наиболее перспективной для коммерциализации ТС. Эта методика использует как элементы маркетингового анализа, так и специфические инструменты GEN3 TRIZ, за счет чего достигается большая достоверность анализа при его разумной трудоемкости. В "инвертированном виде" эта методика может быть использована и для проведения анализа рынка.

При этом анализ рынка должен учитывать следующие важные аспекты [25]:

#### **1. Анализироваться должен конкретный целевой рынок ТС.**

Одна и та же ТС в одно и то же время на разных рынках может быть как успешной, так и нет, поскольку для разных рынков могут быть важны разные ее параметры<sup>8</sup>.

---

#### ***Пример 1. Рынок сотовых телефонов с разной функциональностью (2005-2006 гг).***

- На рынке развитых стран, где сотовой связью охвачена практически вся территория и все население, востребованы сравнительно дорогие телефоны с большой функциональностью, включающей поддержку высокоскоростных технологий (WCDMA, EDGE, EV-DO и т.п.).
- На рынке же развивающихся стран, где сотовая связь охватывает лишь небольшую часть территории и населения, большим спросом пользуются недорогие аппараты с базовой функциональностью.

При этом объемы обоих рынков достаточно велики.

---

#### ***Пример 2. Рынок сотовых телефонов, использующих различный стандарт связи.***

- В США большую часть рынка занимают телефоны, использующие стандарт CDMA и совместимые с ним технологии (EV-DO и др.).
- В большинстве других стран большее развитие получил стандарт GSM и совместимые с ним технологии (EDGE, WCDMA и др.).

При этом даже рынок США, не говоря уже об остальных странах, достаточно велик, чтобы представлять собой коммерческий интерес.

---

<sup>8</sup> В терминах MPV-анализа можно сказать, что MPV на разных рынках могут различаться.

Как видно из приведенных выше примеров, анализ рынка нового сотового телефона может дать диаметрально противоположные результаты в зависимости от того, на какой рынок нацелена разработка.

Это значит, что при проведении анализа рынка нужно сначала четко определить целевой рынок, на котором планируется коммерциализация ТС.

## 2. Анализ рынка ТС должен проводиться с учетом скорости ее эволюции

Для получения коммерческой отдачи от новой ТС очень важно правильно оценить время, когда эта ТС будет востребована на рынке.

Плохо, если инновация запоздает и ТС, которая могла быть востребована на момент начала разработки, к ее концу морально устареет.

Так же плохо, если ТС сильно опережает свое время и рынок еще долгое время не будет в ней нуждаться, например, из-за того, что существующая инфраструктура<sup>9</sup> не может использовать преимущества новой ТС. При этом вложенный в разработку капитал омертвляется и малая или даже средняя компания, вложившая в разработку большую часть своих денег, может и не дожить до момента, когда этот капитал начнет приносить прибыль...

С точки зрения получения прибыли, оптимальной представляется ситуация, при которой инновация выходит на рынок в период между серединой или концом 2-го и началом 4-го этапа эволюции ТС, когда эта ТС пользуется максимальным спросом (Рис. 4).

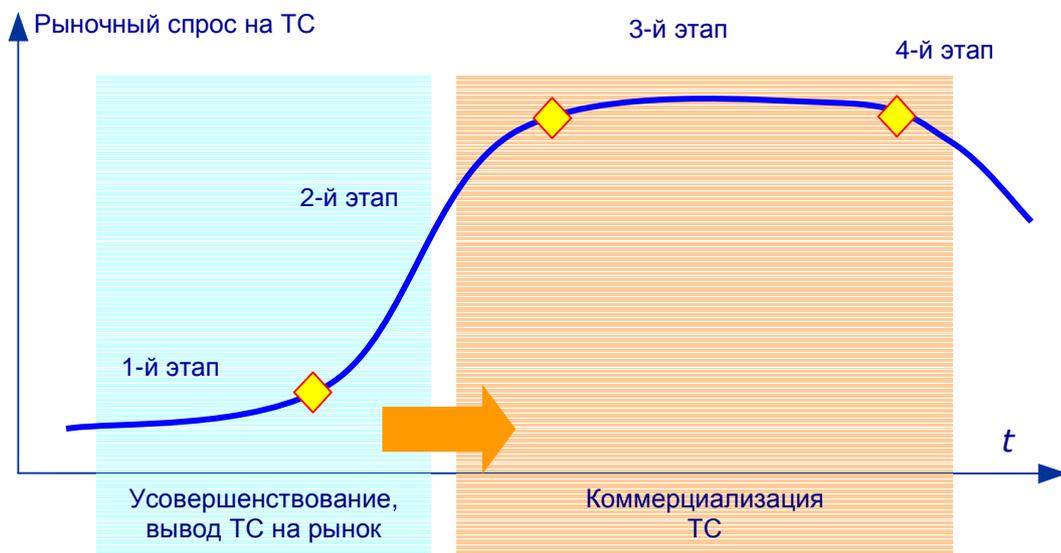


Рис. 4. Оптимальное расположение периода коммерциализации нового технического решения относительно этапов жизненного цикла ТС

<sup>9</sup> В терминологии ТРИЗ - надсистема.

---

### **Пример 3. Скорость эволюции стандартов беспроводной связи.**

Исследование скорости эволюции различных стандартов беспроводной сотовой связи (рассматривались стандарты GSM, GPRS, EDGE, WCDMA, CDMA (IS-95A,B), CDMA 2000, EV-DO, HSDPA) показало, что порядок времени от начала рассмотрения стандарта до его окончательного утверждения, начала развертывания первых коммерческих сетей и появления первых миллионов пользователей у всех стандартов примерно одинаков. Так, от момента утверждения стандарта до появления первых миллионов пользователей проходило 2 - 5 лет.

Интересно, что примерно с такой же скоростью идет и эволюция других беспроводных локальных сетей различных стандартов (802.11a/b/g/n).

Из этого можно сделать вывод что любая инновация в беспроводных сетях, коммерциализация которой требует более 5 лет может устареть к моменту своего появления на рынке.

---

Эволюция разных ТС идет с различной скоростью, причем с течением времени ТС развиваются все быстрее. Однако, в пределах одной отрасли техники скорость эволюции конкурирующих ТС на обозримом интервале времени примерно равна. При проведении анализа рынка этот параметр важно знать.

### **Предлагаемый алгоритм анализа рынка**

Логика предлагаемого алгоритма анализа рынка ТС, находящейся на переходном этапе развития, поясняется Рис. 5.

Как видно из Рис. 5, предлагаемый анализ рынка состоит из двух частей: анализ технического и анализ рыночного потенциалов ТС. Подробное описание шагов алгоритма для каждой из этих частей дано ниже.

#### ***Анализ технического потенциала ТС***

##### **1. Определить главную функцию (ГФ), выполняемую ТС в выбранном<sup>10</sup> сегменте рынка.**

Это нужно сделать по известным правилам, используемым при проведении Функционально-Стоимостного анализа (ФСА). Если ТС имеет несколько ГФ, то нужно определить их все.

##### **2. Определить главные технические параметры (ГТП) или MFPV<sup>11</sup> [7], характеризующие выполнение ГФ и эффективность ТС в выбранном сегменте рынка.**

Эффективность ТС понимается здесь как отношение значения параметров, характеризующих производительность<sup>12</sup> ТС к значениям параметров,

---

<sup>10</sup> Сегмент рынка, который должен рассматриваться, как правило, выбирается заказчиком исходя из его производственных возможностей, персональных предпочтений, и пр.

<sup>11</sup> Main Functional Parameter(s) of Value

характеризующих затраты<sup>13</sup> на выполнение ГФ. Для большинства ТС удельные параметры, характеризующие их эффективность, уже известны и могут быть найдены в научной литературе или выяснены у специалистов.



Рис. 5. Логика выполнения анализа рынка

<sup>12</sup> Производительность понимается здесь в широком смысле. Например, при рассмотрении систем связи это может быть скорость передачи информации, дальность действия и т.п.

<sup>13</sup> Это затраты любых важных ресурсов на выполнение ГФ. Например, для систем связи это может быть излучаемая мощность, ширина используемой полосы частот и т.д.

**3. Выявить конкурирующие и альтернативные ТС, существующие в выбранном сегменте рынка.**

Это можно сделать, пользуясь доступными данными о результатах маркетинговых исследований. При необходимости можно привлечь профессиональных маркетологов.

**4. Определить физически достижимые пределы ГТП (или MFPV) анализируемой ТС, а также выявленных конкурирующих и альтернативных ТС.**

Этот шаг позволяет оценить имеющиеся ресурсы развития ТС (чем дальше достигнутые ГТП (MFPV) ТС от их физического предела - тем больше ресурсов для развития имеет ТС). При его выполнении можно воспользоваться идеями, изложенными в докладе [27].

**5. Выявить компоненты надсистемы, работу которых ограничивает величина ГТП (MFPV) существующих ТС и оценить величину ГТП (MFPV), которая потребуется для нормальной работы этих элементов в момент начала коммерциализации анализируемой ТС.**

Этот шаг позволяет определить, сможет ли ТС удовлетворять требования надсистемы в будущем и до какого предела имеет смысл увеличивать ГТП (MFPV) ТС в данный момент.

**6. Определить на каком этапе своего развития находится анализируемая ТС, а также выявленные конкурирующие и альтернативные ТС.**

Этап развития ТС определяется в соответствии с законом S-образного развития [12]. При этом нужно принять во внимание как распространенность ТС на рынке, так и степень близости ГТП ТС к их физическому пределу.

**7. Оценить скорость эволюции ТС и, исходя из этого, определить на каком этапе развития будет находиться ТС к моменту планируемой коммерциализации.**

Оценка скорости эволюции ТС, не достигшей 3-го или даже 2-го этапа развития представляет наибольшую трудность. Такую оценку можно сделать, усреднив скорость эволюции (или длительность различных ее стадий) для нескольких конкурирующих и альтернативных ТС, которые недавно достигли 3-4 этапа развития.

**8. Выделить наиболее перспективные ТС по следующим критериям:**

1. ТС должна выйти на 3-4 этап своего развития к моменту планируемой коммерциализации.
2. Физический предел ГТП ТС должен быть максимальным и при этом, как минимум, соответствовать потребностям надсистемы.

Для этого можно применить методику GEN3 TRIZ бенчмаркинга [8].

**9. Сделать вывод о том, обладает ли анализируемая ТС достаточным техническим потенциалом для успешной коммерциализации.**

Анализируемая ТС обладает достаточным техническим потенциалом, если она удовлетворяет сформулированным выше критериям, то есть если она на предыдущем шаге попала в число наиболее перспективных ТС.

Если существуют конкурирующие или альтернативные ТС, которые по этим критериям близки к анализируемой ТС, то можно поставить диверсионную задачу следующего вида: как улучшить эти ТС так, чтобы они значительно превзошли анализируемую ТС к моменту начала ее коммерциализации?

Если эта задача будет кем-нибудь решена, то конкурентоспособность анализируемой ТС к моменту ее коммерциализации может быть снижена.

### *Анализ рыночного потенциала ТС*

- 1. Сделать прогноз развития рынка анализируемой ТС, используя опубликованные данные маркетинговых исследований.**

Альтернативный вариант - приобрести готовый отчет с результатами такого прогноза, сделанный специалистами по анализу данного рынка.

- 2. Выявить надсистемные ТС, использующие анализируемую ТС в качестве своего компонента. Определить их ГФ, MPV и MFPV. Оценить достигнутую величину их MPV и MFPV.**

Здесь выявляются все надсистемные ТС и/или технологические операции, в которых используется анализируемая ТС. Таковых может и не быть, тогда нужно перейти сразу к шагу 8.

- 3. Выявить альтернативные надсистемные ТС, выполняющие ту же ГФ, но без использования анализируемой ТС. Оценить достигнутую величину их MPV и MFPV.**

Если какая-то из таких альтернативных ТС победит в конкурентной борьбе, то рынок не будет больше нуждаться в анализируемой ТС.

- 4. Сделать прогноз развития рынка всех выявленных надсистемных ТС (включая альтернативные), используя опубликованные данные маркетинговых исследований.**

Альтернативный вариант - приобрести готовый отчет с результатами такого прогноза, сделанный специалистами по анализу рынка.

- 5. Определить на каком этапе развития находятся выявленные надсистемные ТС, использующие анализируемую ТС, а также альтернативные надсистемные ТС.**

Этот шаг выполняется по тем же правилам, что и шаг 6 алгоритма анализа технического потенциала ТС.

- 6. Оценить скорость эволюции надсистемных ТС и, исходя из этого, определить на каком этапе развития они будут находиться к моменту планируемой коммерциализации анализируемой ТС.**

Этот шаг выполняется по тем же правилам, что и шаг 7 алгоритма анализа технического потенциала ТС.

**7. Выделить наиболее перспективные надсистемные ТС по следующим критериям:**

- Перспективные надсистемные ТС должны быть на 3-4 этапе своего развития к моменту планируемой коммерциализации ТС.
- Физический предел MPV и MFPV этих ТС должен быть максимальным.

Для этого можно применить методику GEN3 TRIZ бенчмаркинга [8].

**8. Сделать вывод о том, обладает ли анализируемая ТС достаточным рыночным потенциалом для успешной коммерциализации**

ТС обладает достаточным рыночным потенциалом, если прогнозируемый объем рынка для нее достаточно велик, а ЗРТС-прогноз при этом подтверждает, что к моменту ее коммерциализации надсистема все еще будет нуждаться в этой ТС (то есть использующая ее надсистемная ТС попала в число перспективных по результатам выполнения шага 7).

Если существуют альтернативные надсистемные ТС, которые на шаге 7 тоже можно отнести к перспективным, то можно поставить диверсионную задачу следующего вида: как улучшить эти ТС так, чтобы они заняли весь рынок к моменту начала коммерциализации анализируемой ТС?

Решение этой задачи сделает анализируемую ТС ненужной.

## **Выводы из анализа рынка**

После применения предложенного анализа рынка можно сделать следующие выводы:

1. Есть ли достаточно большой рынок для ТС и сохранится ли он достаточно долго в период ее коммерциализации. Если нет, то дальнейший анализ ТС не имеет смысла, так как инвестиции в эту ТС не принесут прибыли. Нужно заниматься разработкой другой, более коммерчески перспективной ТС.
2. Есть ли опасность того, что какие-то конкурирующие или альтернативные ТС со временем вытеснят анализируемую ТС с рынка. Если да, то анализируемую ТС нужно усовершенствовать так, чтобы она стала конкурентоспособной на достаточный промежуток времени.
3. Если анализ показал что рынок для рассматриваемой ТС будет достаточно большой и конкурентоспособность этой ТС достаточно велика, то можно переходить к ДА технической части существующего прототипа ТС чтобы выявить и устранить его скрытые недостатки.

# ДИВЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ТС

## Цели ДА технической части ТС

Эта часть представленного в данной работе комплексного анализа представляет собой специализированный ДА, разработанный автором с учетом специфики ТС, находящейся на переходном этапе развития.

Главная задача этого анализа - выявление и устранение скрытых недостатков ТС на этапе ее функционирования с целью скорейшего вывода ТС на рынок.

Более широкие задачи - выявление скрытых проблем и чрезвычайных ситуаций, которые ТС может создать на этапе утилизации и других этапах своего жизненного цикла здесь не ставятся.

## Общие положения

На переходном этапе развития ТС имеет следующие особенности, которые следует принять во внимание при проведении ДА ее технической части:

- Как уже упоминалось выше, основная задача на этом этапе - скорейший вывод ТС на рынок [13], для чего в первую очередь нужно обеспечить приемлемый уровень выполнения ее ГФ. Выходящая на рынок ТС должна работать! Соответственно, цели ДА этой ТС можно сузить до поиска скрытых недостатков только на этапе ее функционирования. Это позволяет сфокусировать и ускорить анализ, что и сделано в данной работе.
- Другой ресурс для ускорения данного вида ДА – дифференцированное использование разных инструментов GEN3 TRIZ для анализа скрытых НЭ разных типов. Не обязательно применять все имеющиеся инструменты к анализу каждого скрытого НЭ. Чем серьезнее НЭ, тем более детального анализа он требует.
- На этом этапе, как правило, уже имеется работающий прототип ТС, который достаточно хорошо работает в ходе лабораторных и натурных испытаний. Поскольку проблем не обнаруживается, разработчики ТС и их инвесторы горят желанием быстрее запустить ТС в производство. Впоследствии может оказаться, что какие-то условия при испытаниях отличались от условий реальной эксплуатации, и сделанный на основе этих испытаний вывод о работоспособности или неработоспособности ТС неправильный. Чтобы избежать этой ситуации, ДА Технической Системы должен включать проверку соответствия условий, в которых проводились испытания ТС, рабочим условиям ее эксплуатации. Этот момент на практике часто упускается, что может привести к тяжелым последствиям как при реальной эксплуатации ТС, так и при ее испытаниях (см. Примеры 4-5).

- На переходном этапе ТС максимально использует ресурсы надсистемы, специально для нее не предназначенные [13] - разного рода стандартные детали, узлы и агрегаты универсального назначения или разработанные для других ТС. Эти компоненты, многократно испытаны в десятках и сотнях других ТС и их надежность гарантируется изготовителем при условии, что они эксплуатируются в штатных условиях. Для снижения трудоемкости анализа, ДА этих компонентов можно свести к проверке соответствия режимов их работы в анализируемой ТС требованиям производителя. При отклонении от штатных условий эксплуатации вероятность отказа компонентов и, как следствие, отказа всей ТС резко возрастает. Об этом разработчики новой ТС, стремясь быстрее построить работающий прототип, часто забывают и используют готовые узлы в условиях, для которых они не предназначены. Это типичная ситуация для ТС на переходном этапе развития (см. Пример 5).

---

#### **Пример 4 [17]. Катастрофа при испытаниях Apollo 1.**

27 января 1967 года во время рутинных наземных испытаний космического корабля миссии Аполлон-1 внезапно случился пожар, который мгновенно распространился по всему командному модулю. Весь экипаж – три астронавта - погиб в считанные секунды.

Быстрое распространение огня было обусловлено тем, что на корабле использовалась атмосфера чистого кислорода, а в кабине было много горючих материалов – изоляция проводов, застежки-липучки на скафандрах астронавтов и т.п., которые в кислородной атмосфере горели как порох, не будучи при этом пожароопасными в обычных условиях.

Использование чистого кислорода давало много технических преимуществ. Например, при полете в вакууме можно было снизить давление в кабине до 1/3 нормального атмосферного давления, что позволяет сделать стенки корабля тоньше, а сам корабль легче. Это решение ранее уже было использовано на кораблях «Меркурий» и «Джемини» и считалось безопасным.

Однако, **условия наземных испытаний Аполлон-1 отличались от рабочих для корабля условий** полета в вакууме – давление чистого кислорода в этих испытаниях превышало нормальное атмосферное, что и вызвало мгновенное распространение огня. При давлении кислорода в 1/3 атм пожар бы не был катастрофичным или вообще не возник.

---

#### **Пример 5 [18]. Американская торпеда Mark 14 - кладезь скрытых недостатков**

Торпеда Mark 14, принятая на вооружение ВМС США в начале II Мировой Войны, была самой современной торпедой того времени. Она имела более высокую скорость хода, чем старые торпеды, и бесконтактный магнитный взрыватель в дополнение к обычному контактному, что позволяло поражать корабли противника даже без попадания торпеды в корпус корабля. Все предшествующие испытания были успешными и показывали высокую эффективность Mark 14.

Однако, в ходе боевых действий с Японией на Тихом океане выявились многочисленные скрытые недостатки, которые сильно снизили эффективность применения этих торпед:

- Магнитный взрыватель торпеды срабатывал на слишком большом расстоянии от атакуемого корабля и торпеды не причиняли последнему вреда. Из-за этого экипажи кораблей и подводных лодок США были, в конце концов, вынуждены деактивировать магнитные взрыватели своих торпед, оставив только контактный взрыватель.

- После этого выяснилось, что торпеды идут на слишком большой глубине, превышающей установленную на 3 метра, и часто просто проходят под килем вражеского корабля, не поражая его. В результате моряки стали устанавливать нулевую глубину хода торпеды, что повысило вероятность ее попадания в корпус корабля.
- Далее оказалось, что даже при ударе о корпус корабля контактный взрыватель часто не срабатывает. Моряки выпускали по несколько торпед, слышали звуки их ударов о корпус атакуемого корабля, но взрывов не происходило, и корабль уходил невредимым.

Эти недостатки полностью так и не были устранены до середины 1943 года, что привело к дополнительным потерям среди моряков США и, возможно, даже повлияло на весь ход войны.

Причины этих недостатков хорошо иллюстрируют важность учета перечисленных выше в данной главе особенностей ТС, находящейся на переходном этапе развития:

**1. Разработчики торпеды Mark 14 использовали готовые узлы от более старых торпед, не убедившись, что в новой торпеде они будут работать в тех же условиях:**

- В Mark 14 был использован контактный взрыватель от другой, более тихоходной торпеды, где он работал вполне надежно. Оказалось, что при более высокой скорости торпеды, сила инерции, действующая на ударник взрывателя при прямом попадании в цель, возрастает настолько, что его заклинивает. Ударник пришлось переделать и проблема исчезла.
- Также, для задания глубины хода торпеды разработчики использовали датчик глубины от более старых и тихоходных торпед. В новых условиях, на большей скорости, датчик давал неверный сигнал, и торпеда шла глубже, чем было установлено. Для решения проблемы датчик пришлось переместить в другое место на корпусе торпеды.

**2. В ходе приемочных испытаний торпеды Mark 14 испытатели и разработчики не убедились, что условия испытаний соответствуют условиям боевого применения:**

- При испытаниях использовались учебные бетонные боеголовки, которые были легче боевых. Поэтому на испытаниях торпеды всегда шли точно на заданной глубине, а в бою из-за большего веса заглоблялись больше чем нужно.
- Испытательные стрельбы проводились по "мягкой мишени" чтобы не повредить дорогую торпеду. Силы, действующие на ударник взрывателя при ударе о такую мишень, были меньше, чем при боевом применении, и на испытаниях взрыватель исправно срабатывал.
- Испытания и настройка магнитных взрывателей торпед проводились на базе ВМФ США в Калифорнии, а боевые действия проходили в более северных широтах, где магнитное поле Земли и, соответственно, магнитное поле создаваемое кораблем, заметно сильнее, что и вызывало преждевременное срабатывание этих взрывателей в бою.

## Предлагаемый алгоритм ДА технической части ТС

Общая структура предлагаемого алгоритма ДА технической части ТС, описанная автором в работах [24, 29, 30], показана на Рис. 6.

Предлагаемый алгоритм ДА технической части ТС включает следующие шаги:

**1а. Определить главную функцию (ГФ), выполняемую ТС.**

Это нужно сделать по правилам, используемым при проведении Функционально-Стоимостного анализа (ФСА) [14]. Если ТС имеет несколько ГФ, то нужно определить их все.

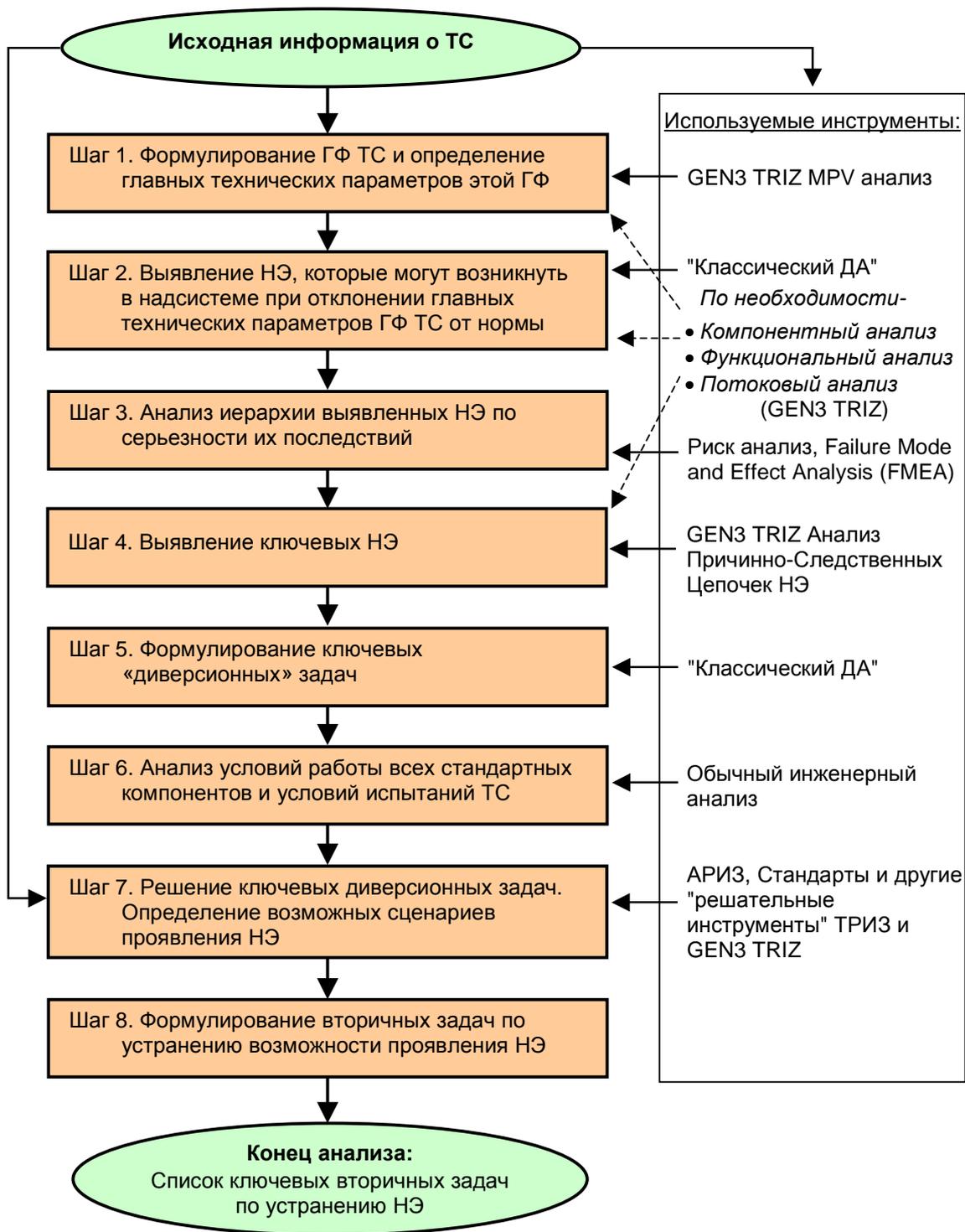


Рис. 6. Структура предлагаемого алгоритма ДА технической части ТС

**16. Определить главные технические параметры (ГТП) или MFPV, характеризующие выполнение ГФ ТС.**

Если ГФ определена правильно, то с выявлением ее ГТП проблем обычно не возникает. Возможно, в каких-то случаях предпочтительнее вместо ГТП использовать MFPV. Для определения MFPV можно воспользоваться рекомендациями, данными в работе [7].

**2. Выявить нежелательные эффекты (НЭ), которые могут возникнуть при отклонении ГТП ТС от нормы.**

Этот шаг можно выполнить по тем же правилам, что и шаг 2.3 "классического ДА" [2], используя оператор числовой оси. При этом выявятся все НЭ, которые могут возникать при изменении ГТП в ту или иную сторону относительно их нормальных значений.

**3. Проанализировать иерархию серьезности выявленных НЭ и вызывающих их нежелательных отклонений ГТП от нормы.**

При этом выявленные на предыдущем шаге НЭ разделяются на группы по степени их опасности, подобно тому, как это делается, например, в Риск анализе (Risk analysis или Hazard analysis) [19] или FMEA [12]. Однако, опасность НЭ здесь понимается в широком смысле – это не только степень вреда, наносимого людям, окружающей среде и самой ТС, но и степень ущерба, который может быть нанесен коммерческому успеху ТС:

Группа 1. Катастрофические НЭ. Эти НЭ делают успешную коммерциализацию ТС невозможной. Они, например, могут вызвать гибель людей, полное разрушение ТС, непоправимый ущерб окружающей среде, непоправимый моральный ущерб, и т.п.

Группа 2. Критические НЭ. Успешная коммерциализация ТС с такими НЭ маловероятна. К этой группе относятся НЭ, которые могут вызвать, например, тяжкие увечья или профессиональные заболевания у людей, большой моральный ущерб, серьезные повреждения ТС или обратимый ущерб окружающей среде.

Группа 3. Небольшие НЭ. Эти НЭ способны заметно снизить коммерческий успех ТС. К небольшим НЭ можно, например, отнести те НЭ, которые могут привести к травмам или заболеваниям, требующим медицинской помощи, заметному дискомфорту, к требующему ремонта повреждению ТС или нанесению поправимого ущерба окружающей среде.

Группа 4. Пренебрежимые НЭ. Влияние этих НЭ на коммерческий успех минимально. Сюда относятся, например, НЭ, при которых возможны мелкие травмы, небольшой дискомфорт причиняемый людям, незначительные повреждения ТС или минимальный ущерб для среды.

Необходимость разделения НЭ на группы связана с тем, что разные группы НЭ требуют разной глубины анализа, что позволяет сократить время ДА за счет проведения глубокого (низкоуровневого) анализа причин только самых опасных НЭ. Анализ причин остальных НЭ может быть менее глубоким.

**Комментарий:** У автора есть гипотеза, что опасность НЭ статистически связана с тем, в какой части ТС кроется этот НЭ. Например, критические и катастрофические НЭ, как правило, связаны с отказами рабочего органа или трансмиссии ТС, реже - с отказами устройства управления или других частей ТС (см. Приложение 1). Приведенный в Приложении 3 пример подтверждает эту гипотезу.

#### **4. Выявить ключевые нежелательные эффекты.**

Для этого нужно провести Причинно-Следственный Анализ Цепочек выявленных НЭ (ПСЦНЭ) или только порождающих их нежелательных отклонений ГТП от нормы, считая их целевыми НЭ, которые нужно устранить.

Этот анализ можно проводить используя GEN3 TRIZ-методику, изложенную в работах [15, 16, 23]. При этом для экономии времени анализ разных групп НЭ проводится по разному:

1. Катастрофические и критические НЭ (группы 1-2) анализируются со всей тщательностью. ПСЦНЭ для них строятся на максимальную глубину.
2. Небольшие и пренебрежимые НЭ (группы 3-4) можно анализировать путем построения ПСЦНЭ на более высоком уровне.

Этот анализ можно проводить в два этапа: на первом этапе - определить "системные" целевые НЭ, а на втором этапе - произвести более детальный анализ наиболее опасных из них и выявить ключевые НЭ (см. пример того, как это можно сделать в Приложении 3).

#### **5. Сформулировать ключевые диверсионные задачи.**

Ключевые диверсионные задачи формулируются на основе списка выявленных ключевых НЭ по обычным правилам ДА [2] в виде "Как создать <конкретный ключевой НЭ> ?".

##### **6а. Произвести анализ условий и режимов работы всех стандартных узлов и, если нужно, деталей на предмет их соответствия штатным условиям и режимам эксплуатации.**

Любое отклонение от штатных режимов работы узлов и деталей является ресурсом, который можно далее использовать для решения ключевых диверсионных задач на шаге 7 данного алгоритма.

##### **6б. Произвести анализ условий успешных испытаний ТС на предмет их соответствия штатным условиям ее работы.**

Отклонения условий испытаний от штатных условий работы ТС тоже являются ресурсом для решения ключевых диверсионных задач.

##### **7а. Решить сформулированные ключевые диверсионные задачи, используя имеющиеся в ТС и ее надсистеме ресурсы.**

Для этого можно использовать весь арсенал решательных инструментов GEN3 TRIZ/ТРИЗ: АРИЗ, Стандарты, и т.д. Единственное ограничение – можно использовать только ресурсы, уже имеющиеся в ТС и надсистеме.

#### **7б. Составить список возможных сценариев возникновения НЭ.**

В этот список включаются все НЭ, диверсионные задачи по созданию которых удалось решить имеющимися в ТС и надсистеме ресурсами. В список сценариев включаются также условия возникновения этих НЭ и оценка вероятности их возникновения. Вероятность возникновения НЭ можно оценивать грубо, например, как в Риск анализе [19], по шкале вида «очень вероятно»-«возможно»-«маловероятно»-«практически невероятно».

#### **8. Дать рекомендации по устранению выявленных скрытых НЭ и сформулировать вторичные задачи по их устранению.**

На этом шаге нужно:

- Оценить необходимость устранения НЭ, которая зависит от опасности последствий и вероятности возникновения НЭ:
  - НЭ групп 1-2 нужно устранять немедленно, если есть хоть какая-то вероятность их появления;
  - устранение маловероятных НЭ группы 3 и возможных НЭ группы 4, как правило, можно на время отложить;
  - маловероятные НЭ группы 4 можно в ряде случаев и не устранять.
- Сформулировать вторичные задачи по устранению только тех НЭ, которые нужно устранить на данном этапе. Это делается по следующей схеме: «Как устранить <выявленный сценарий проявления НЭ>?».

Этот шаг позволяет существенно сократить число решаемых задач и, как следствие, общую длительность консалтингового ТРИЗ-проекта.

**Комментарий:** Для последующего решения сформулированных вторичных задач, как и для решения диверсионных задач на шаге 7, можно использовать все инструменты ТРИЗ и GEN3 TRIZ, только на этот раз в ТС допускается вносить изменения, вводя таким образом необходимые для решения ресурсы.

### **Выводы из ДА технической части ТС**

Выводы после применения предлагаемого алгоритма ДА технической части ТС могут включать следующие пункты:

1. Есть ли вероятность возникновения НЭ при работе ТС. Если есть, то каких именно НЭ и при каких условиях.
2. Какие из этих НЭ нужно устранять немедленно, до коммерциализации ТС. Какие технические решения можно применить для их устранения.
3. Борьбу с какими НЭ можно отложить на потом. Какими путями можно будет в дальнейшем устранить эти НЭ.

# АНАЛИЗ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ, СВЯЗАННОЙ С ТС

## Цели анализа интеллектуальной собственности

Анализ интеллектуальной собственности (ИС), заключенной в ТС, направлен на выявление слабостей в защите этой ИС с целью последующего ее усиления. Этот анализ должен дать ответы на следующие вопросы:

1. Защищают ли данную ТС имеющиеся у ее владельца патентные документы<sup>14</sup>?
2. Если защищают, то насколько сильна эта защита, то есть, могут ли конкуренты «обойти» имеющиеся патенты и использовать такую же или незначительно измененную ТС в своих целях?
3. Не попадает ли анализируемая ТС под действие патентов, принадлежащих третьим лицам, в частности, ближайшим конкурентам?

## Общие положения

При проведении анализа ИС нужно провести анализ имеющихся у заказчика патентных документов, касающихся анализируемой ТС, а также, осуществить поиск и анализ патентных документов касающихся конкурирующих ТС. При этом, в первую очередь, необходимо обратить внимание на патентные документы ближайших конкурентов заказчика.

При анализе патентных документов заказчика особое внимание нужно уделить проверке на наличие несущественных признаков в формулах изобретений, так как их наличие, как правило, позволяет легко обойти патент.

При анализе патентных документов, касающихся конкурирующих ТС, нужно проверить, не используются ли в анализируемой ТС все признаки, описанные в каком-либо из независимых пунктов формулы изобретения. Если это так, то производство и продажа ТС может нарушать права третьих лиц. В этом случае мешающие патентные документы нужно «обойти», воспользовавшись, например, методикой, изложенной в работе [9].

## Алгоритм анализа интеллектуальной собственности

Общая структура алгоритма анализа ИС, связанной с ТС, показана на Рис. 7.

---

<sup>14</sup> К патентным документам относятся как выданные патенты, так и заявки на выдачу патента.

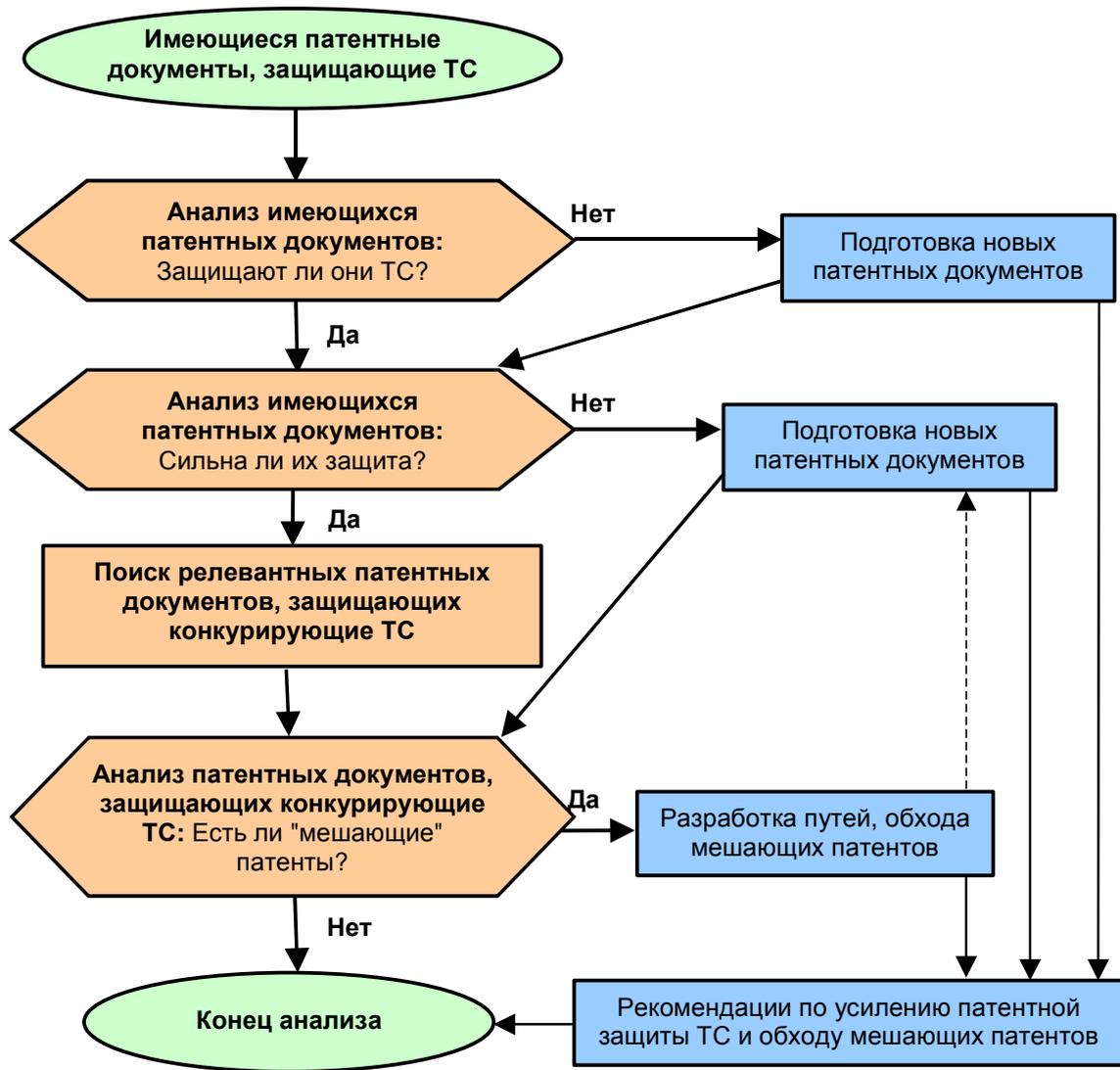


Рис. 7. Структура алгоритма анализа интеллектуальной собственности

Алгоритм анализа ИС, связанной с ТС включает следующие шаги:

**1. Проверить есть ли в ТС все признаки, включенные в независимые пункты формулы изобретения защищающего ее патентного документа.**

Бывают ситуации, когда владельцы ТС имеют патентный документ, который, как им кажется, обеспечивает защиту ИС, заключенной в этой ТС. Однако, в процессе модификаций, сделанных уже после подачи патентных заявок, ТС могла утратить какие-то из признаков, описанных в независимых пунктах формулы изобретения. Это означает, что существующий патентный документ на самом деле больше не защищает данную ТС. Если это так, то необходимо подготовить новую заявку на изобретение.

**2. Выполнить анализ «силы» защищающих ТС патентных документов, попытавшись обойти эти документы, не изменяя ТС существенно.**

Для этого нужно поставить и решить диверсионную задачу вида: как вывести ТС из-под защиты имеющегося у ее собственников патентного документа, не ухудшив при этом потребительские свойства этой ТС?

Для решения этой задачи нужно либо оспорить имеющийся патент и добиться его аннулирования, либо незначительно изменить ТС, чтобы она больше не содержала хотя бы одного из признаков, перечисленных в независимых пунктах формулы изобретения.

Для проверки возможности аннулирования имеющегося патента можно воспользоваться методикой обхода патентов [9].

Для проверки возможности вывода ТС из-под охраны патентного документа путем внесения в нее минимальных изменений, нужно проверить все независимые пункты формул изобретения этого документа на наличие несущественных признаков. Такие признаки легко убрать из ТС, не нарушив ее функциональности, но лишив ее патентной защиты.

**3. Разработать поисковый образ для выявления патентных документов, касающихся конкурирующих ТС и осуществить поиск этих документов.**

Поисковый образ может включать списки классов патентов, ключевых слов, стран и компаний по которым будет осуществляться поиск. Для самого поиска целесообразно воспользоваться одной или несколькими патентными базами (USPTO, EPO, и т.п.) или специализированными системами патентного поиска типа Delphion или Questel. Из найденного по поисковому образу массива патентных документов нужно отобрать релевантные.

**4. Проанализировать релевантные патентные документы на предмет, не используются ли защищаемые ими изобретения в анализируемой ТС.**

Этот делается путем проверки, не содержатся ли в ТС все признаки, описанные хотя бы в одном независимом пункте формулы изобретения какого-либо из этих документов. Если содержатся, то патент с такой формулой изобретения будет препятствием для производства и продажи ТС в той стране, где он выдан.

**5. Разработать пути «обхода» тех патентных документов, которые могут помешать производству и продаже анализируемой ТС.**

Для этого можно воспользоваться методикой аннулирования «мешающих» патентов [9] или методикой Patent Circumvention, используемой в GEN3 TRIZ. Одним из действенных приемов этой методики является тримминг ТС, позволяющий избавиться от тех или иных ее признаков и, таким образом, вывести ее из-под действия «мешающих» патентных документов.

**Выводы из анализа интеллектуальной собственности**

После анализа ИС можно сделать выводы следующего характера:

1. Обеспечивают ли имеющиеся у владельцев ТС патентные документы защиту этой ТС.
2. Является ли имеющаяся патентная защита ТС достаточно сильной.
3. Какие патентные документы, охраняющие конкурирующие ТС, могут быть препятствием для коммерциализации охраняемой ТС.
4. Как можно вывести ТС из-под действия мешающих патентных документов.

# АНАЛИЗ БИЗНЕСА, СВЯЗАННОГО С КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЕЙ ТС

## Цели анализа бизнеса

Целями анализа бизнеса, связанного с коммерциализацией ТС<sup>15</sup>, является поиск скрытых слабостей компании и ее бизнес стратегии, которые могут помешать данной компании коммерциализировать данную ТС (предполагается, что анализ рынка, технической части и ИС, заложенной в ТС, дал обнадеживающие результаты).

В результате проведения анализа бизнеса должно быть выяснено следующее:

1. Может ли данная компания успешно коммерциализировать данную ТС.
2. Может ли выбранная этой компанией бизнес стратегия быть успешной.

## Общие положения

В отличие от остальных видов ДА, описанных в предыдущих главах, анализ бизнеса никогда не использовался в практике консультационных GEN3 TRIZ-проектов. По крайней мере, автору ничего об этом не известно. По-видимому, это связано с тем, что компании-заказчики проектов всегда уверены в том, что главное – это иметь хорошую ТС, на которую есть спрос, а коммерциализация этой ТС при наличии достаточного капитала и грамотного менеджмента никакой трудности не представляет. К тому же, анализ компании (бизнеса) может дать неудобные высшему руководству этой компании выводы о том, что в структуре компании или в ее бизнес стратегии необходимо что-либо менять...

В тоже время, бизнес аспекты не менее важны для коммерциализации ТС чем ее техническое совершенство, наличие рыночного спроса и сильная патентная защита, поэтому их анализ нельзя игнорировать. Несколько примеров того, как неправильный выбор бизнес стратегии или бизнес модели воспрепятствовал коммерческому успеху перспективного продукта даны ниже (см. Примеры 6-8).

---

### ***Пример 6 [20]. MySpace выбрала неправильное направление (слишком узкий сектор рынка) и проиграла Facebook.***

Основанная в 2003 году социальная сеть MySpace в 2007 году имела уже 200 млн пользователей. Однако, она с самого начала ориентировалась только на музыкантов, присутствующих на рынке США. Из-за этого она уже через два года уступила рынок другой социальной сети Facebook, которая ориентировалась на широкий круг пользователей.

При этом еще в 2007 году основатель MySpace Крис де Вольф утверждал что Facebook – это нишевый продукт для студентов.

---

<sup>15</sup> Далее в тексте для краткости - просто анализ бизнеса

---

**Пример 7. Nokia вовремя не скорректировала свою бизнес стратегию и теперь проигрывает на рынке коммуникаторов.**

Nokia до сих пор остается крупнейшим производителем мобильных телефонов. Ее бизнес стратегия ориентирована на производство недорогих телефонов для рынков развивающихся стран, а также смартфонов (feature phones) для рынков развитых стран. Такая стратегия была полностью оправдана в 2005-2006 гг. (см. Пример 1) и принесла свои плоды. Однако, в 2007-2008 гг. ситуация на рынках изменилась и все большую популярность, даже в развивающихся странах, стали получать коммуникаторы, имеющие большую функциональность, чем смартфоны Nokia, использующие устаревшую платформу Symbian.

В настоящее время коммуникаторы отвоевали большую долю рынка мобильных телефонов. Тем не менее, Nokia до последнего времени официально заявляла о неизменности своей бизнес стратегии. В результате ее прибыль снизилась на 40% [20] и только после этого, в 2011 году, Nokia официально объявила о смене стратегии и выделении бизнеса, связанного с коммуникаторами в отдельное структурное подразделение компании [21]. Однако, другие производители уже прочно заняли эту нишу, и борьба будет для Nokia нелегкой.

---

**Пример 8 [20]. Yahoo выбрала неправильную бизнес модель и проиграла Google.**

В конце 1990-х годов Yahoo была абсолютным лидером поисковых Интернет-систем. Однако, бизнес модель Yahoo предусматривала получение прибыли в основном за счет предоставляемых пользователям услуг, таких как электронная почта, а поисковый сервис не рассматривался как прибыльный.

Новаторская бизнес модель Google заключалась в получении прибыли от размещения контекстной рекламы, показываемой пользователю на страницах поиска. Благодаря этому Google в течение очень короткого времени смогла получить большую прибыль и практически вытеснить Yahoo с рынка поисковых Интернет-систем.

---

Кроме того, даже при правильно определенной бизнес стратегии нет гарантии, что данная компания может эту стратегию полностью реализовать. Так, в книге [10] авторы доказывают, что для успешной коммерциализации продукта нужно, чтобы уровень развития компании, уровень развития рынка и уровень (этап) развития продукта находились в определенном соответствии друг с другом<sup>16</sup> (см. Приложение 2). В противном случае данная компания не достигнет коммерческого успеха с данным продуктом на данном рынке.

Этот фактор не всегда принимается во внимание в ТРИЗ- и GEN3 TRIZ-консультировании. Возможно, в этом и кроется причина того, что очень многие сильные решения, предложенные в результате консультационных проектов, заказчики не внедряют, даже если они остались довольны этими решениями. Предлагаемый анализ бизнеса мог бы повысить процент внедренных решений и, таким образом, повысить эффективность консультирования.

---

<sup>16</sup> Похожая идея излагается также в работе [22]

## **Инструменты, которые могут быть применены для анализа бизнеса**

Для анализа бизнеса могут быть использованы как традиционные инструменты, используемые для разработки бизнес модели и бизнес стратегии, так и предложенная в книге [10] методология Квантово-Экономического Анализа (КЭА) – для оценки способности данной компании вывести ТС на рынок.

Эта методология использует известный в ЗРТС закон S-образного развития (trend of S-curve evolution) [12] применительно не только к ТС (продукту компании), но и к рынку этого продукта, и к самой компании. При этом этап развития рынка определяется количеством потребителей, пользующихся предложением данного рынка, а этап развития компании – величиной капитала, к которой компания имеет доступ (см. Приложение 2, Табл. 2).

КЭА утверждает, что на каждом этапе развития и рынок и компания имеют свою определенную структуру и цели. Для успешного вывода продукта на рынок нужно, чтобы этапы развития продукта, рынка и компании были в определенном «разрешенном» сочетании [10] (см. Приложение 2, Рис. 8).

Так, для нового продукта (ТС), находящегося на переходном этапе развития, могут иметь место различные ситуации, например:

1. Рынка для этой ТС еще нет или он только начал формироваться (нулевой-первый этап развития рынка). Согласно КЭА, в этой ситуации успешной может быть только компания первого или второго этапа<sup>17</sup>, а более крупные компании, скорее всего, не достигнут успеха. Бывает, что крупная компания тоже успешно выводит такую ТС на рынок, но она для этого, как правило, выделяет из себя независимое подразделение, имеющее финансирование и организацию, такую же, как типичная компания второго этапа.
2. Достаточно большой рынок (2-3-го этапа) для этой ТС уже существует. В этой ситуации он, скорее всего, уже занят конкурирующей ТС. В таких условиях коммерческого успеха может добиться как раз крупная компания третьего этапа, а у небольших фирм шансов на успех почти нет. Выход для малой фирмы в этой ситуации - стать филиалом крупной компании.

## **Выводы из анализа бизнеса**

Выводы после выполнения анализа бизнеса могут быть следующие:

1. Может ли данная компания успешно вывести ТС на рынок.
2. Если нет, то какие изменения в компании нужно сделать.
3. Какова должна быть бизнес стратегия компании.

---

<sup>17</sup> В работе [10], компанией первого этапа считается компания, имеющая доступ к капиталу от 100 тысяч до примерно 3 миллионов долларов («гаражная компания»); компания второго этапа уже имеет доступ к капиталу от 10 до 100 миллионов долларов.

## **ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ**

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДЛОЖЕННОЙ МЕТОДИКИ**

Изложенная в данной работе методика комплексного анализа была опробована автором на практике при выполнении консультационного проекта, посвященного анализу Гидрокератома (см. Приложение 3, а также работу [29]).

Практика доказала эффективность этого подхода, который, являясь системным подходом в понимании ТРИЗ и GEN3 TRIZ, обеспечивает хорошую достоверность получаемых результатов при сравнительно небольших затратах времени.

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ОГРАНИЧЕНИЯ МЕТОДИКИ**

Предложенная в данной диссертационной работе методика комплексного анализа предназначена для анализа ТС, находящихся на переходном этапе, на котором ТС больше всего и нуждается в выявлении скрытых недостатков. Применительно к анализу ТС, находящихся на других этапах развития, высокая эффективность применения данной методики не гарантируется.

При этом на вид ТС ограничений не накладывается. В частности, ТС может быть не только "железной" ТС, но и системой передачи информации и/или обработки данных, а также программной системой, так как все эти системы подчиняются одним и тем же Законам Развития Технических Систем [28].

Главная цель ТС, находящейся на переходном этапе - скорее выйти на рынок и утвердиться на нем.

В соответствии с этим, построение отдельных алгоритмов комплексного анализа и выбор набора инструментов для них базируется на ряде допущений, из которых вытекают следующие ограничения:

1. Выявляются только скрытые проблемы, которые могут возникнуть на этапе эксплуатации ТС. Недостатки, которые могут проявиться на прочих этапах жизненного цикла ТС, например, на этапе ее утилизации, не считаются критичными в данный момент.
2. Выявляются в первую очередь скрытые проблемы, которые могут возникнуть при выполнении Главной Функции ТС (или функций, если их несколько). Выявление прочих скрытых проблем, например, связанных с неправильным использованием ТС, не гарантируется.

Данные ограничения оправдываются значительно меньшей трудоемкостью анализа в сравнении с "классическим ДА" [1-3] и надежностью выявления именно тех скрытых недостатков, которые являются наиболее критичными на переходном этапе развития ТС.

3. Не выявляются проблемы, связанные со стоимостью и технологичностью ТС при массовом производстве, с безопасностью ее эксплуатации в условиях нормального функционирования, а также ее соответствием регулятивному окружению (regulatory environment), которое существует в той стране где будет производиться и/или продаваться ТС.

Это связано с тем, что предлагаемая методика направлена прежде всего на анализ ТС в стадии лабораторного прототипа. Предполагается, что после применения этой методики и устранения выявленных НЭ будет проведена конструкторско-технологическая разработка промышленного образца ТС с учетом регулятивного окружения и действующих в данной отрасли промышленности норм и правил, таких, как СНИП, ПУЭ и т.п. В ходе этой разработки указанные проблемы будут с большой вероятностью устранены.

4. В явном виде не анализируются возможные ответные шаги конкурентов (competitive response), направленные на разработку и вывод на рынок новых альтернативных ТС, использующих иной принцип действия.

Это связано с тем, что такой анализ значительно увеличил бы трудоемкость методики. Кроме того, в крупных компаниях перед выводом новой ТС на рынок анализ competitive response так или иначе проводится, что позволяет уменьшить риск того, что ТС будет быстро вытеснена с рынка какой-нибудь новой альтернативной ТС. Конкуренцию же со стороны уже существующих альтернативных ТС предлагаемая методика оценивает.

## **ВОЗМОЖНОСТИ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ МЕТОДИКИ**

Дальнейшее развитие методики комплексного анализа может производиться по следующим направлениям:

- Детализация шагов и уточнение структуры изложенных в данной диссертационной работе алгоритмов анализа, а также уточнение набора инструментов, используемых на каждом шаге этих алгоритмов. Это может сделать предлагаемую методику еще более эффективной.
- Расширение области применения комплексного анализа на ТС, находящиеся на других этапах развития. Поскольку цели развития ТС на разных этапах разные, разным может быть и набор инструментов, используемый для проведения комплексного анализа.
- Дополнение комплексного анализа процедурами для выявления проблем, связанных со стоимостью и технологичностью ТС при массовом производстве, с безопасностью ее эксплуатации в условиях нормального функционирования и ее соответствием регулятивному окружению.
- Включение данной методики в состав стандартных методик выявления скрытых НЭ, которые используются в промышленности. Например, на взгляд автора, предложенная методика комплексного анализа могла бы быть интегрирована с методикой FMEA, что обеспечить значительно

большую надежность и эффективность выявления скрытых НЭ при проведении FMEA.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Злотин Б.Л., Зусман А.В. Решение исследовательских задач. – Кишинёв: МНТЦ «Прогресс», «Картя Молдовеняскэ», 1991.
2. Злотин Б.Л., Зусман А.В. Методика прогнозирования чрезвычайных ситуаций, вредных и нежелательных явлений (экспериментальная, учебный текст). – Кишинев: МНТЦ "Прогресс", 1991.  
<http://metodolog.ru/00891/00891.html>
3. S. Kaplan, S. Visnepolschi, B. Zlotin, A. Zusman. New tools for failure & risk analysis. Anticipatory Failure Determination (AFD) and The Theory of Scenario Structuring / Ideation International Inc., 1999, 2005. – USA: ISBN 1-928747-0-51.  
<http://www.ideationtriz.com/new/materials/AFDNewToolsbook.pdf>
4. Нилов А.П. Применение диверсионного анализа при верификации концепций / MATRIZ Fest 2005 / Материалы конференции, 2005.  
<http://metodolog.ru/00478/00478.html>
5. M.Verbitsky, P.Casey. Innovation beyond TRIZ - Weeding out the Pipeline / PDMA Visions, Vol. XXXI, No.1, March 2007, pp. 22-25.
6. Ефимов А.В. Методика MPV анализа / 2008.  
<http://www.metodolog.ru/01472/01472.html>
7. Хоренян Р.Г., Фейгенсон О.Н., О практических приемах определения главных функциональных параметров значимости продукта.- 2007.  
<http://www.metodolog.ru/01151/01151.html> .
8. Пустов Л.Ю. Бенчмаркинг G3:ID. <http://worldquality.ru/pages/view/12.html> .
9. Герасимов О.М., Ильин И.Ю. Методика выполнения типовых проектов, целью которых является аннулирование "мешающих" патентов конкурентов/ ЦИТК «Алгоритм». <http://gen3.ru/ru/3605/5598/>
10. Наука побеждать в инвестициях, менеджменте и маркетинге / А.Шнейдер, Я.Кацман, Г.Топчишвили.- М.: ООО «Издательство АСТ», 2002.- 232 с.  
<http://orwell.ru/library/bl/kea/kniga>
11. Герасимов О.М. Технология выбора инструментов инновационного проектирования на основе ТРИЗ – ФСА / Диссертация на соискание звания «Мастер ТРИЗ». – СПб.: 2010. [http://www.triz-summit.ru/file.php/id/f4819/name/TRIZ%20Master%20Thesis%20Gerasimovv-last%208\\_30\\_06\\_10.pdf](http://www.triz-summit.ru/file.php/id/f4819/name/TRIZ%20Master%20Thesis%20Gerasimovv-last%208_30_06_10.pdf)
12. Failure Mode and Effects Analysis / Wikipedia, the free encyclopedia.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Failure\\_mode\\_and\\_effects\\_analysis](http://en.wikipedia.org/wiki/Failure_mode_and_effects_analysis)

13. Литвин С.С., Любомирский А.Л. Законы развития Технических Систем / GEN3 Partners, Февраль 2003. <http://metodolog.ru/00767/00767.html>
14. Литвин С.С., Герасимов В.М. Основные положения методики проведения функционально-стоимостного анализа. Методические рекомендации.- М. Информ-ФСА, 1991.
15. Литвин С.С., Любомирский А.Л. Анализ причинно-следственных цепочек нежелательных эффектов / Методический справочник (Guide), ИМИцентр, 1998, 40 с.
16. Ефимов А.В. Выявление ключевых недостатков и ключевых проблем с помощью Причинно-следственных цепочек нежелательных эффектов / 2011. [http://www.metodolog.ru/node/993#\\_edn4](http://www.metodolog.ru/node/993#_edn4)
17. K. Giblin. "Fire in the cockpit!". - American Heritage of Invention & Technology, vol.13/number 4, 1998, pp. 46-55.
18. D. Murphy. Hit or miss. – American Heritage of Invention & Technology, vol.13/number 4, 1998, pp. 56-63.
19. Process hazard analysis. - Safety Management Services, Inc., 2002. [http://www.sms-ink.com/services\\_pha\\_matrix.html](http://www.sms-ink.com/services_pha_matrix.html)
20. Спотыкающиеся гиганты. – Chip, №1, 2011, с.30-31.
21. Новая стратегия Nokia.- 2011. <http://www.astera.ru/news/?id=83238>
22. Семенова Л.Н. Бизнес-куб как зеркало бизнеса.- 2006. <http://trizdiol.ru/node/solvingCube>

## ПЕРЕЧЕНЬ РАБОТ ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

23. Абрамов О.Ю, Кислов А.В. Причинно-следственный анализ недостатков ТС / Методический справочник (Guide), ООО Алгоритм, 2000
24. Абрамов О.Ю. Применение «диверсионного анализа» в техническом ТРИЗ-консалтинге / Три поколения ТРИЗ / Материалы конференции 25 октября 2003г. – Региональная общественная организация «ТРИЗ-Петербург». - СПб.: 2003. – с. 104-110.
25. Абрамов О. Ю. Выбор технической системы для усовершенствования / ТРИЗ Анализ. Методы исследования проблемных ситуаций и выявления инновационных задач: Сборник научных статей. Библиотека Саммита Разработчиков ТРИЗ. Вып.1. – М., 2007.- с. 31-34.  
<http://www.trizland.ru/trizba/pdf-books/TRIZ-summit2007.pdf>
26. O. Abramov. Market-oriented forecasting of engineering systems evolution. - Journal of TRIZ, №2, 2006, pp. 13-17.
27. Абрамов О.Ю. Избыточность в Технических Системах / Инновационная технология проектирования сегодня и завтра / Материалы конференции 1999г. - ООО «Алгоритм». - СПб.: 1999, с. 81.  
  
См. также Абрамов О.Ю. Избыточность в Технических Системах / Доклад на научно-практической конференции "Творчество во имя достойной жизни". - Великий Новгород: 11-12 июля 2001 года.  
<http://www.triz.natm.ru/articles/abram/abram01.htm>
28. Абрамов О. Ю. Действие законов развития Технических Систем в системах передачи и обработки информации / Развитие инструментов решения изобретательских задач: Сборник трудов конференции. Библиотека Саммита разработчиков ТРИЗ. Вып.2. – СПб., 2008.- с. 276-280.
29. Абрамов О. Ю. Модифицированный алгоритм диверсионного анализа ТС на переходном этапе развития. Опыт применения. / Материалы III конференции "ТРИЗ. Практика применения методических инструментов". - М.: 29 октября 2011.- с. 6-11.  
<http://www.metodolog.ru/node/1186>
30. Абрамов О. Ю. Выявление вторичных задач в ТС, находящихся на переходном этапе развития / Выявление вторичных задач: Материалы ТРИЗ-Саммит 2012.- СПб.: 31 июля 2012.  
<http://www.triz-summit.ru/ru/section.php?docId=5291>

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ИНСТРУМЕНТЫ GEN3 TRIZ, ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ДЛЯ АНАЛИЗА НЭ РАЗНОГО ТИПА

Ниже в Табл. 1, представлена предложенная автором [24] классификация НЭ и инструменты GEN3 TRIZ, предпочтительные для анализа НЭ различных типов.

Табл. 1. Предпочтительные инструменты для анализа различных типов НЭ

Тип НЭ	Краткое описание	Предпочтительный инструмент для анализа
1. Отказ инструмента <sup>18</sup> ТС	Отказы, связанные с нарушением функционирования инструмента ТС. Их последствия, как правило, самые серьезные.	Детальный причинно-следственный анализ начальных проблем ТС, выполненный на глубоком уровне.
2. Отказ трансмиссии ТС	Отказы, обусловленные нарушением работы трансмиссии ТС, т.е. привода инструмента.	Менее глубокий причинно-следственный анализ, выполненный на верхнем уровне ТС.
3. Отказ устройства управления ТС	Отказы, вызванные сбоями в работе устройства управления ТС (часто проявляются в нарушении синхронизации работы частей ТС).	Детальный причинно-следственный анализ алгоритма работы устройства управления. Проверка всех компонентов устройства управления на возможность «естественных отказов» (см. п.5 таблицы).
4. Отказ источника энергии	Отказы по причине нарушения работы источника энергии ТС, например, перебои питания и т.п.	Менее глубокий причинно-следственный анализ, выполненный на верхнем уровне ТС.
5. Естественные отказы узлов и компонентов ТС	Отказы компонентов системы, вызванные естественными причинами, например, ускоренным износом при нештатных режимах работы.	Проверка всех компонентов ТС на предмет, не используются ли они: - В форсированном режиме работы или на пределе возможностей; - В нештатных условиях эксплуатации (повышенная влажность, давление, вибрации, и т.п.).
6. Отказы, из-за неудачной реализации принципа действия ТС	Отказы, связанные с конкретной конструкцией ТС в целом, но не связанные с ее принципом действия.	Менее глубокий причинно-следственный анализ, выполненный на верхнем уровне ТС.
7. Отказы, вызванные «человеческим фактором»	Отказы в работе ТС или ее неправильное функционирование, вызванные "человеческим фактором".	Выявление всех критических функций, выполняемых при работе ТС людьми. Выполнение этих функций в будущем должно быть автоматизировано.

<sup>18</sup> Термины инструмент, трансмиссия, источник энергии и устройство управления обозначают здесь части ТС в понимании Г.С.Альтшуллера.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ЭЛЕМЕНТЫ КЭА

В данном приложении приводятся некоторые элементы КЭА: в Табл. 2 автор свел используемые в КЭА характеристики этапов развития рынка, продукта и компании, а на Рис. 8, взятом из книги [10], показаны «разрешенные сочетания» этих этапов.

Табл. 2. Характеристики этапов развития рынка, продукта и компании

Этап развития	Характеристики этапа развития		
	Продукт (TS)	Рынок (M)	Компания (C)
0	N/A	Потребителей продукта (ТС) еще нет, кроме отдельных энтузиастов – любителей новшеств	N/A
1	Характеристики этапов развития продукта совпадают с характеристиками этапов развития ТС, данными в работе [12]	Появляются первые покупатели, но они еще не уходят с прежнего рынка и одновременно используют и предшествующую ТС	Компания имеет доступ к капиталу до 3 миллионов долларов
2		Потребители начинают массово приходить на рынок, оставляя рынок предыдущей ТС	Компания имеет доступ к капиталу от 10 до 100 миллионов долларов
3		Все потенциальные потребители ТС уже используют ее	Компания имеет доступ к капиталу более 100-200 миллионов долларов
4		Отток потребителей, которые начинают использовать более новую ТС	N/A

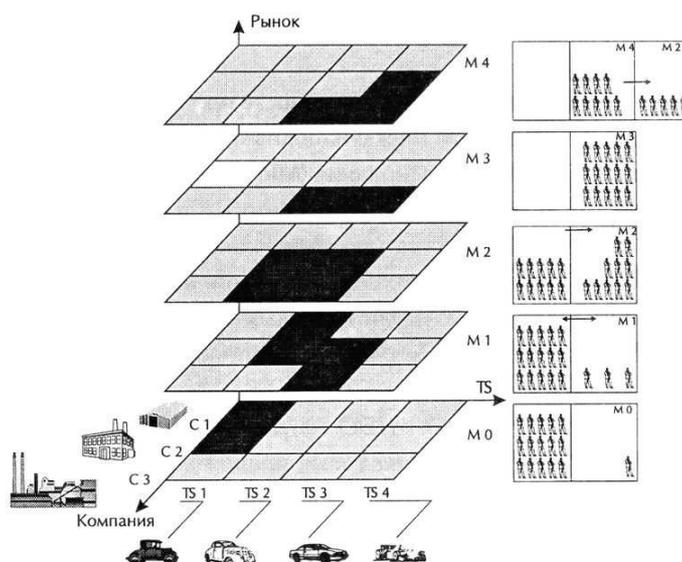


Рис. 8. «Разрешенные сочетания» (показаны черным цветом) этапов развития продукта (TS), рынка (M) и компании (C)

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ПРИМЕР ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА

### ОПИСАНИЕ ИСХОДНОЙ СИТУАЦИИ И ЦЕЛИ ПРОЕКТА

Проект был выполнен под руководством соискателя в 2003г. по заказу группы инвесторов, вложивших свои деньги в start up компанию, разработавшую Гидрокератом, призванный заменить механические микрокератомы при производстве операций лазерной коррекции зрения по технологии LASIK.

Процедура LASIK включает следующие технологические операции (Рис. 9):

1. Фиксация век пациента с помощью расширителя век.
2. Фиксация глаза с помощью вакуумной пластины (suction plate).
3. Уплотнение роговицы с помощью специальной пластины для того, чтобы от нее было можно отделить ровный тонкий (100-120 мкм) лоскут (flap).
4. Неполный круговой надрез уплотненной части роговицы лезвием микрокератома и отделение (отгиб) надрезанного лоскута роговицы.
5. Абляция (испарение) заранее рассчитанных участков вскрытой роговицы с помощью эксимерного лазера, обеспечивающее коррекцию зрения.
6. Возвращение отогнутого лоскута роговицы на прежнее место.

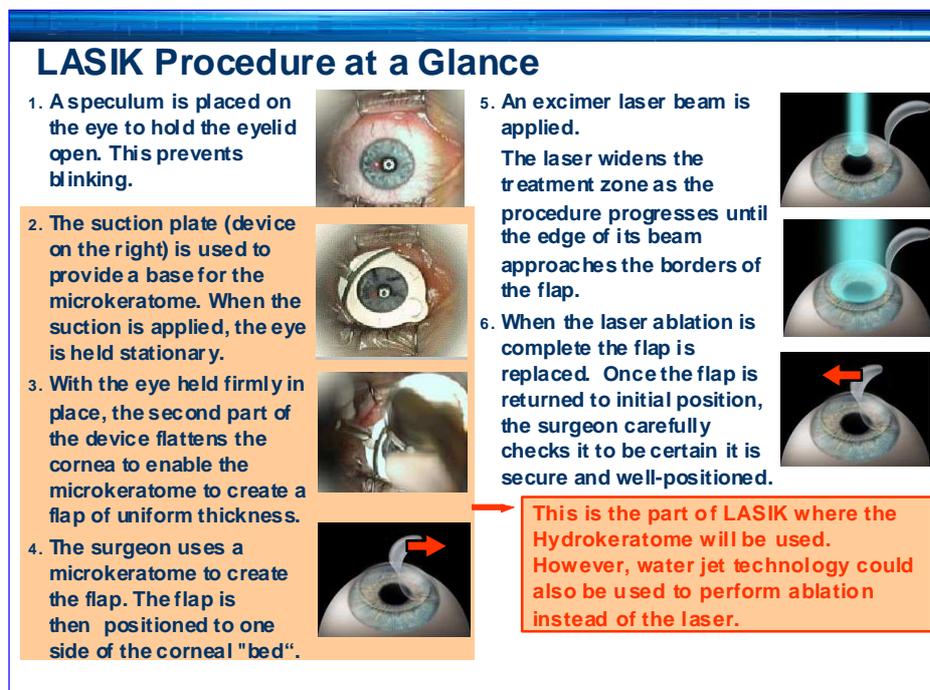


Рис. 9. Для чего нужен Гидрокератом в ходе операции LASIK

Гидрокератом используется в технологических операциях 2-4 процедуры LASIK. В отличие от механического микрокератома, он отрезает лоскут роговицы глаза тонкой (около 30 микрон) водяной струей на сверхзвуковой скорости. Это должно обеспечивать большую чистоту реза и, соответственно, снизить количество послеоперационных осложнений у пациентов. При этом Гидрокератом, в отличие от механического микрокератома, не требует очень высокой квалификации хирурга, что должно снизить стоимость операции.

Поскольку операции лазерной коррекции зрения выполняются в США в массовом порядке, то, учитывая преимущества Гидрокератома, было очевидно, что размер рынка для этого прибора может быть очень велик.

Конструкция Гидрокератома была защищена двумя патентами США, что должно было обеспечить его владельцам свободу производства и продажи этого прибора, а также защиту от копирования его конкурентами.

Гидрокератом, по словам разработчиков, уже вполне успешно работал во время лабораторных испытаний на мертвых глазах животных и людей. Завершалась подготовка к его первым клиническим испытаниям на живых людях, в ходе которых никаких проблем не предвиделось.

Осталось только вложить деньги в окончательную доработку прибора для вывода его на рынок и начать получать прибыль. Однако инвесторы захотели сначала выяснить, нет ли каких-то скрытых проблем, которые могут появиться во время клинических испытаний и задержать коммерциализацию прибора. Кроме того, они захотели убедиться, что имеющаяся патентная защита действительно сильна. Поэтому они обратились за помощью к GEN3 и заказали Failure Anticipation проект.

Цели проекта были определены так:

- Выявить потенциальные недостатки/слабые места Гидрокератома и разработать концептуальные решения для их устранения.
- Выявить слабости в двух имеющихся патентах США, защищающих Гидрокератом и предложить меры по усилению его патентной защиты.

В данной диссертационной работе основное внимание уделено выявлению недостатков Гидрокератома, а предложенные решения по их устранению вследствие конфиденциальности этой информации не раскрываются.

## ОПИСАНИЕ АНАЛИЗИРУЕМОЙ ТС (ГИДРОКЕРАТОМА)

Основные компоненты Гидрокератома показаны на Рис. 10. Как видно из этого рисунка, прибор включает следующие узлы:

- Hand piece, с помощью которого осуществляется рез роговицы. Этот компонент находится в руке у хирурга и закрепляется им на глазу пациента. Hand piece связан с основным блоком (console) прибора вакуумными трубками, тонкой гибкой трубой из нержавеющей стали, по которой подается вода высокого давления, и электрическим кабелем управления. Устройство hand piece поясняется отдельно на Рис. 11.
- Вакуумная и аспирационная система, необходимые для прикрепления (присасывания) hand piece к глазу пациента с целью его фиксации и удаления продуктов резания и отработанной воды из операционной зоны.
- Пневматическая и гидравлическая система, создающая давление воды, необходимое для формирования водяной струи с требуемыми параметрами. Основной частью этой системы является усилитель давления (pressure intensifier), использующий на входе давление сжатого азота которое он преобразует в нужное давление воды на выходе.
- Система управления (electric system), обеспечивающая управление водяной струей по команде оператора (technician).

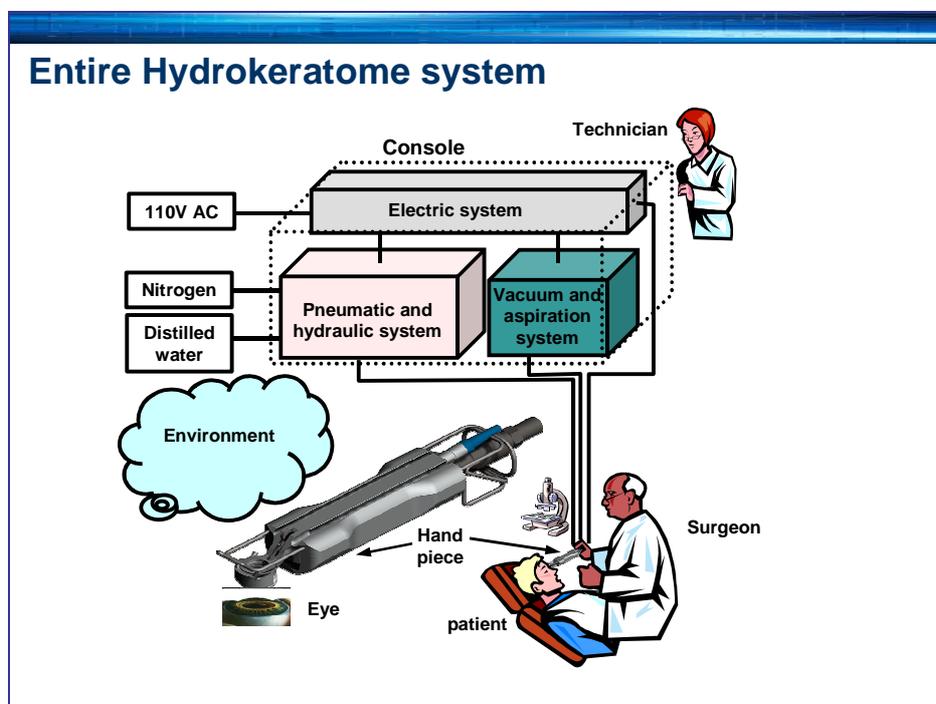


Рис. 10. Компоненты ТС Гидрокератом

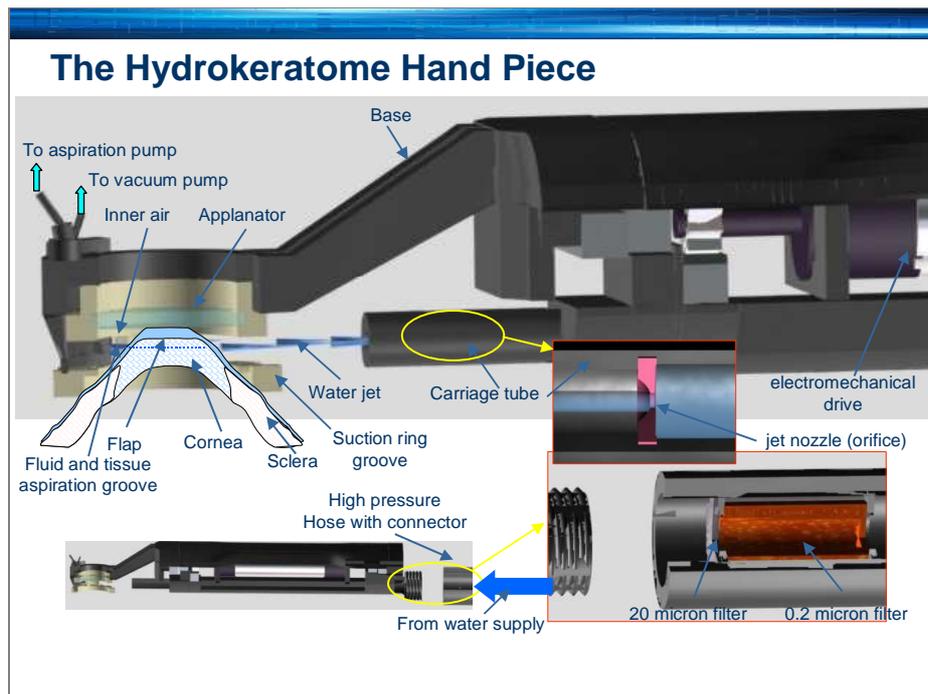


Рис. 11. Внешний вид и устройство hand pieceе Гидрокератома

Гидрокератом работает следующим образом. Hand piece (Рис. 11) с помощью вакуумного кольца (suction ring) присасывается к глазу пациента. При этом роговица глаза плотно прижимается к стеклянной пластине аппланатора и уплощается. Оператор контролирует диаметр прилегающего к аппланатору пятна роговицы по показаниям цифрового индикатора на основном блоке прибора. При достижении требуемого диаметра оператор сообщает об этом хирургу и последний может включить процесс надрезания лоскута роговицы. При этом вода под большим давлением (20000 psi) подается в hand piece и через сапфировое сопло диаметром 35 мкм выбрасывается в виде водяной струи проходящей параллельно плоскости аппланатора. Одновременно включается линейный электропривод, перемещающий струю в течение одной секунды параллельно плоскости аппланатора на расстояние, необходимое для получения нужной длины реза. Для того чтобы избежать засорения сопла случайно попавшими в воду твердыми частицами, в hand piece установлены последовательно два фильтра – с отверстиями 20 и 0,2 мкм.

## АНАЛИЗ РЫНКА ГИДРОКЕРАТОМА

### *Анализ технического потенциала Гидрокератома*

1. **Определим ГФ кератома:** Отделять лоскут от ткани роговицы.
2. **Определим ГТП, характеризующие выполнение ГФ и эффективность кератома:**

Скорость отделения лоскута (operation time); Качество реза (cutting quality) - равномерность толщины лоскута по его площади, толщина реза, и т.п.; Безопасность операции (safety) - число послеоперационных осложнений, связанных с технологической операцией отделения лоскута роговицы; Размер прибора.

3. **Выявим конкурирующие и альтернативные кератомы.**

Выявленные конкурирующие и альтернативные кератомы показаны на Рис. 12.



Рис. 12. Выявленные конкурирующие и альтернативные кератомы

К ТС, конкурирующим с Гидрокератом Заказчика, относится HydroBlade фирмы Medjet, который работает по тому же принципу.

К альтернативным кератомам относятся механические микрокератомы и лазерный кератом фирмы IntraLase, который осуществляет отделение

лоскута роговицы путем селективного испарения тонкого слоя ткани под поверхностью роговицы с помощью эксимерного лазера.

Следует заметить, что устройство фирмы Intralase потенциально имеет значительно большую функциональность, чем просто кератом, так как оно же может использоваться и для проведения следующей операции - абляции (Рис. 9). Это означает, что данный прибор не занимает дополнительного места в операционной.

Более того, с помощью прибора Intralase, теоретически, можно производить неинвазивную коррекцию зрения без отделения лоскута роговицы, что делает ненужным применение какого-либо кератома вообще и сводит число послеоперационных осложнений практически к нулю. Коррекция зрения при этом осуществляется путем селективного испарения «лишней» ткани прямо внутри роговицы, а не на ее поверхности. Испарившаяся ткань образует внутри роговицы мельчайшие пузырьки газа, которые затем полностью рассасываются в течение двух суток. К сожалению, все это время зрение пациента будет несколько «затуманенным», что и является главным недостатком этого метода. Однако, полная безопасность такой операции, может перевесить этот недостаток. Метод находится в стадии разработки, в случае успеха которой почти весь рынок LASIK-кератомов будет не нужен.

**4. Определим физически достижимые пределы ГТП Гидрокератома, а также выявленных конкурирующих и альтернативных кератомов.**

Скорость отделения лоскута у всех кератомов, кроме лазерного, достаточно велика. По качеству реза механические микрокератомы уже близки к физическим пределам. Гидрокератом и HydroBlade имеют ресурсы улучшения качества лоскута до величины существенно лучшей, чем у механических микрокератомов. Лазерный кератом потенциально может обеспечить еще лучшее качество лоскута при приемлемой скорости его отделения, но он пока очень дорог и требует длительной доработки.

**5. Выявим компоненты надсистемы, работу которых ограничивает величина ГТП существующих кератомов и оценим величину ГТП, которая потребуется для нормальной работы этих элементов в момент начала коммерциализации Гидрокератома.**

Плохое качество реза препятствует выполнению надсистемной для кератома технологической операции лазерной абляции. Например, если лоскут слишком толстый или перфорирован, то абляцию отменяют, отрезанный лоскут роговицы возвращают на место и пациенту назначают повторную операцию после его приживления. При этом даже механические микрокератомы обеспечивают приемлемое качество реза, а Гидрокератом значительно его улучшает. Поэтому дальнейшего улучшения качества реза для начала успешной коммерциализации Гидрокератома не требуется.

**6. Определим на каком этапе своего развития находится Гидрокератом, а также выявленные конкурирующие и альтернативные кератомы.**

Результат качественного анализа в соответствии с законом S-образного развития показан на Рис. 13.

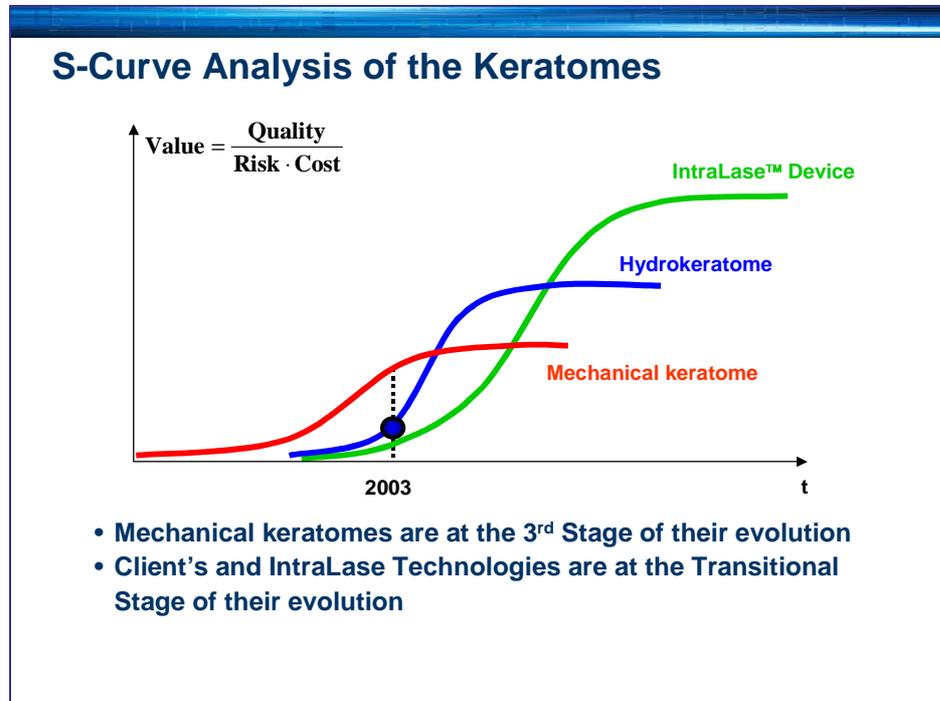


Рис. 13. Результат анализа Гидрокератома, а также конкурирующих и альтернативных кератомов в соответствии с законом S-образного развития

В момент анализа механические микрокератомы находились на третьем этапе развития и не имели резервов улучшения их ГФ. Гидрокератом был на переходном, а лазерный кератом – скорее на первом этапе развития.

**7. Оценим скорость эволюции кератомов и определим на каком этапе развития будет находиться Гидрокератом к моменту планируемой коммерциализации.**

В США в области медицинской техники, к которой относится Гидрокератом, между началом клинических испытаний и началом массового применения прибора врачами (выход на второй этап развития) обычно проходит не менее 7-10 лет, необходимых для получения FDA approval и внедрения прибора в клиническую практику. Отсюда был сделан вывод, что коммерциализация Гидрокератома может произойти не раньше 2010-2013 года, что устраивало инвесторов.

**8. Выделим наиболее перспективные кератомы.**

Для выбора наиболее перспективного кератома был проведен GEN3 TRIZ бенчмаркинг, фрагмент которого показан на Рис. 14.

На основании результатов бенчмаркинга (Рис. 14) и S-curve анализа (Рис. 13) был сделан вывод о том, что к началу планируемой коммерциализации (2010-2013г.) наиболее перспективными кератомами будут Гидрокератом Заказчика и конкурирующее с ним устройство HydroBlade фирмы Medjet.

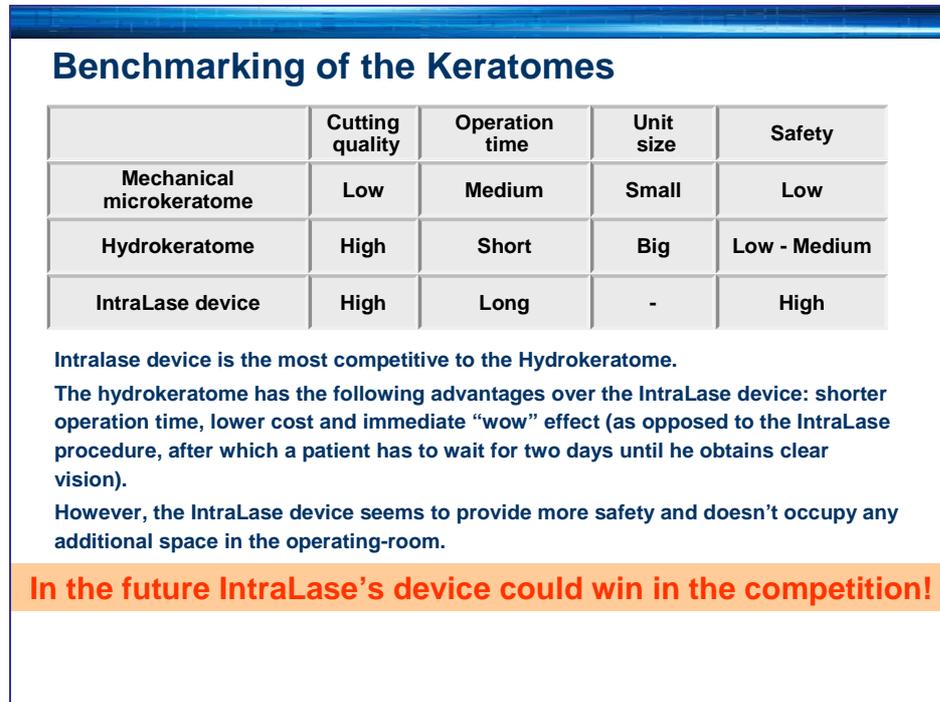


Рис. 14. Результаты бенчмаркинга кератомов

## 9. Выводы:

Гидрокератом обладает достаточным техническим потенциалом чтобы выиграть в конкурентной борьбе с механическими микрокератомами так как он способен снизить число послеоперационных осложнений.

Конкурирующий кератом HydroBlade фирмы Medjet, так же производящий рез лоскута роговицы водяной струей, имеет такой же технический потенциал и может быть сильным конкурентом Гидрокератома на рынке.

В отдаленном будущем лазерный кератом может вытеснить и Гидрокератом и HydroBlade с рынка, так как лазерный кератом можно использовать для «неинвазивной коррекции зрения», без отделения лоскута роговицы, а это совсем исключит послеоперационные осложнения.

Однако до этого момента, вероятнее всего, пройдет достаточно времени, чтобы Гидрокератом успел полностью окупиться и принести прибыль.

## *Анализ рыночного потенциала Гидрокератома*

### **1. Сделаем прогноз развития рынка Гидрокератома, используя известные в маркетинге методы.**

Найденные нами маркетинговые исследования рынка подтверждали, что рынок LASIK-метода коррекции зрения и, следовательно, рынок Гидрокератома, будет в обозримом будущем расти. Однако во всех этих исследованиях предполагалось, что коррекция зрения будет и в будущем производиться большей частью именно методом LASIK.

### **2. Выявим надсистемные ТС, использующие Гидрокератом в качестве своего компонента. Определим их ГФ и МРV.**

Гидрокератом используется при выполнении части операций LASIK-процедуры коррекции зрения (более точно - коррекции миопии).

ГФ процедуры коррекции зрения – изменять преломляющую силу оптической системы глаза.

МРV процедуры коррекции зрения:

- диапазон степени миопии, при которой показана коррекция
- диапазон возраста пациентов, которым показана коррекция
- время восстановления зрения после коррекции
- наличие послеоперационных ограничений
- частота послеоперационных осложнений.

### **3. Выявим альтернативные процедуры коррекции зрения, выполняющие ту же ГФ, но без использования Гидрокератома.**

К таким процедурам относятся:

- Радиальная кератомия (radial keratomy)
- Фоторефракционная кератэктомия (photorefractive keratectomy)
- Использование имплантируемых контактных линз (ICL)
- Использование внутрироговичных колец (intracorneal rings или ICR)
- Имплантация искусственного хрусталика (lens ectomy)
- IntraLase технология, позволяющая делать лазерную коррекцию зрения без отделения лоскута роговицы (см. п.3 на стр.49).

### **4. Сделаем прогноз развития рынка всех выявленных процедур коррекции зрения с использованием известных в маркетинге методов.**

Для этого мы опросили ведущих специалистов-офтальмологов и изучили опубликованные обзоры и статьи. Была получена следующая информация:

- Радиальная кератомия и фоторефракционная кератэктомия являются устаревшими методами коррекции зрения. Радиальная кератомия в настоящее время уже почти не применяется, а фоторефракционная кератэктомия используется только в некоторых специальных случаях, намного реже чем LASIK.
- Имплантация искусственного хрусталика используется в основном для восстановления зрения при лечении катаракты.
- Технологии ICR, ICL и лазерная технология IntraLase являются новыми методами коррекции зрения. Эти методы значительно более безопасны в сравнении с LASIK, но они еще находятся в стадии разработки и пока не получили широкого распространения.
- Наиболее распространенным методом коррекции зрения остается LASIK-процедура. Эксперты ожидают, что такая ситуация сохранится еще как минимум 10-15 лет.

**5. Определим на каком этапе развития находятся выявленные процедуры коррекции зрения.**

Результаты проведенного нами S-curve анализа показаны на Рис. 15.

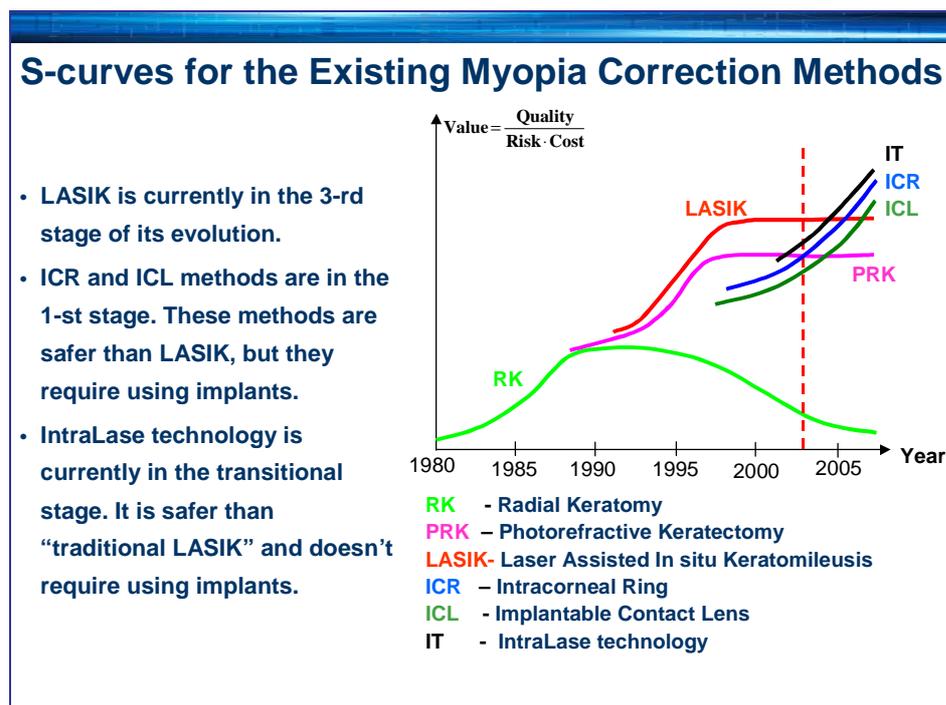


Рис. 15. Результат анализа LASIK-процедуры, а также альтернативных методов коррекции миопии в соответствии с законом S-образного развития

**6. Оценим скорость эволюции процедур коррекции зрения и, исходя из этого, определим на каком этапе развития они будут находиться к моменту планируемой коммерциализации Гидрокератома.**

Как уже говорилось (п.7, стр.51), в США в области медицинских технологий между началом клинических испытаний и началом массового применения любого нового метода врачами обычно проходит не менее 7-10 лет (см. также Рис. 15), необходимых для получения FDA approval и внедрения метода в клиническую практику. Отсюда был сделан вывод, что процедура LASIK к моменту планируемой коммерциализации Гидрокератома будет еще находиться на третьем этапе своего развития и занимать большую часть рынка методов коррекции зрения. Новые методы коррекции миопии (ICR, ICL и IntraLase технология), несмотря на их достоинства, к этому моменту не успеют занять заметную долю рынка.

**7. Выделим наиболее перспективные процедуры коррекции зрения.**

Для выбора наиболее перспективной процедуры коррекции миопии был проведен GEN3 TRIZ бенчмаркинг, фрагмент которого показан на Рис. 16.

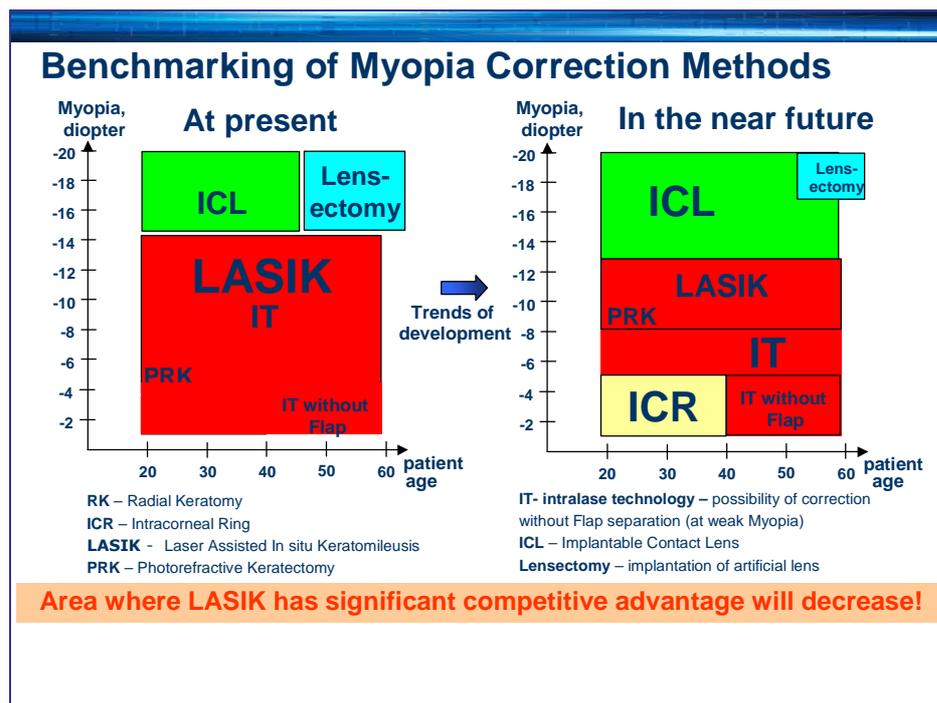


Рис. 16. Результаты бенчмаркинга методов коррекции миопии

На основании результатов бенчмаркинга (Рис. 16) и S-curve анализа (Рис. 15) был сделан вывод о том, что к началу планируемой коммерциализации Гидрокератома (2010-2013г.) наиболее перспективным методом коррекции зрения останется LASIK. В более отдаленном будущем рынок LASIK может значительно сузиться за счет того, что миопию слабой и средней степени

(до 8 диоптрий) будут корректировать по методам IntraLase и ICR, а миопию свыше 13 диоптрий будут корректировать по методу ICL.

#### **8. Вывод:**

Гидрокератом обладает достаточным рыночным потенциалом так использующая его процедура LASIK к моменту выхода Гидрокератома на рынок все еще будет широко применяться в офтальмологической практике.

В отдаленном будущем LASIK будет в значительной мере вытеснена с рынка более безопасными процедурами коррекции миопии, которые сейчас находятся в стадии разработки.

Однако до этого момента, Гидрокератом успеет полностью окупиться и принести прибыль.

#### ***Выводы из анализа рынка***

Результаты анализа рынка позволяют сделать следующие выводы:

1. Рынок для Гидрокератома существует и он достаточно велик. Этот рынок сохранится достаточное время для получения прибыли от продажи Гидрокератома.
2. Сильную конкуренцию Гидрокератому на рынке может составить кератом HydroBlade фирмы Medjet, так же производящий рез лоскута роговицы водяной струей. Победа одного из этих устройств в конкурентной борьбе определится тем, какая компания будет сильнее в бизнесе и у какой компании интеллектуальная собственность защищена лучше.
3. В отдаленном будущем Гидрокератом может быть вытеснен с рынка лазерным кератомом IntraLase, а рынок самой процедуры LASIK может значительно уменьшиться за счет внедрения более безопасных альтернативных методов коррекции зрения (ICR, ICL, неинвазивной IntraLase технологии).

## ДА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ГИДРОКЕРАТОМА

**1а. Определим ГФ кератома:** Отделять лоскут от ткани роговицы.

**1б. Определим ГТП, характеризующие выполнение ГФ Гидрокератома:**

- Диаметр отделенного лоскута (должен быть в пределах 9-11 mm).
- Толщина отделенного лоскута (должна быть в пределах 100-120 мкм).
- Профиль отделенного лоскута (лоскут должен быть плоский).
- Размер неотрезанной "ножки" (hinge), соединяющей лоскут с роговицей.
- Время отделения лоскута (operation time) – около 1 секунды.
- Глубина вакуума между стенками вакуумного кольца и склерой глаза (определяет силу, с которой Гидракератом закрепляется на склере).

**2. Выявим нежелательные эффекты (НЭ), которые могут возникнуть в надсистеме при отклонении ГТП Гидрокератома от нормы.**

при отклонении ГТП Гидрокератома от нормы возможны следующие НЭ:

- **Травма оперируемого глаза.** Это возможно в следующих случаях:
  - толщина отделенного лоскута настолько велика, что срезана вся роговица или даже прорезана склера;
  - профиль лоскута слишком неровный, так что местами роговица прорезана на всю ее толщину и задета склера;
  - диаметр лоскута слишком велик (больше диаметра роговицы);
  - вакуум в вакуумном кольце слишком глубокий;
  - время реза и, следовательно, время воздействия вакуума на склеру слишком велико (более ~30 секунд).
- **Испорченный лоскут или неправильный рез.** Это произойдет, если
  - толщина лоскута слишком мала или даже он перфорирован;
  - толщина лоскута слишком велика и толщины оставшейся на склере части роговицы недостаточно для успешной коррекции зрения;
  - рез не проходит роговицу насквозь и лоскут не образуется;
  - диаметр лоскута слишком мал;
  - размер hinge слишком мал или лоскут полностью отрезан от роговицы.
- **Отсутствие реза. Лоскута нет.** Это возможно в случае полного или частичного отказа Гидрокератома, когда водяная струя по каким-то причинам не включается (время отделения лоскута стремится к бесконечности).

### 3. Проанализируем иерархию серьезности выявленных НЭ и вызывающих их отклонений ГТП от нормы.

Разделим выявленные выше НЭ и порождающие их отклонения ГТП на группы по степени их опасности (см.Табл. 3).

Табл. 3. Иерархия серьезности выявленных НЭ

Группа НЭ	НЭ	Нежелательные отклонения ГТП от нормы	Вероятные последствия НЭ
Критические НЭ	Травма оперируемого глаза	Толщина лоскута слишком велика (больше толщины роговицы) Профиль лоскута слишком неровный Диаметр лоскута слишком велик (больше диаметра роговицы) Вакуум в вакуумном кольце слишком глубокий Время реза слишком велико	Пациент может навсегда потерять зрение или ему потребуется длительное лечение. Ремонт Гидрокератома.
	Испорченный лоскут или неправильный рез	Толщина лоскута слишком мала или он перфорирован Толщина лоскута слишком велика (но меньше толщины роговицы) Диаметр лоскута слишком мал Рез не проходит через роговицу и лоскут не формируется Размер hinge слишком мал или лоскут полностью отрезан от роговицы.	Отмена операции на несколько недель до приживления испорченного лоскута. Возможны сильные болезненные ощущения у пациента, требующие длительного лечения. Ремонт Гидрокератома.
Небольшие НЭ	Отсутствие реза	Полный или частичный отказ Гидрокератома. Водяная струя не включается.	Отсрочка операции, ремонт Гидрокератома.

Как видно из Табл. 3, все выявленные НЭ относятся к группам критических и небольших НЭ. Катастрофических и пренебрежимых НЭ не выявлено.

### 4. Выявим ключевые нежелательные эффекты в ТС.

Для этого были построены ПСЦНЭ в соответствии с рекомендациями [15, 23]. В этих ПСЦНЭ целевыми НЭ считались нежелательные отклонения ГТП от нормы. Анализ производился в два этапа.

На первом этапе строились ПСЦНЭ верхнего уровня для всех выявленных НЭ (Рис. 17- Рис. 21). При этом выявлялись проблемы верхнего уровня (системные целевые НЭ), связанные с возможными отказами компонентов Гидрокератома, которые могут вызвать анализируемые нежелательные отклонения ГТП от нормы.

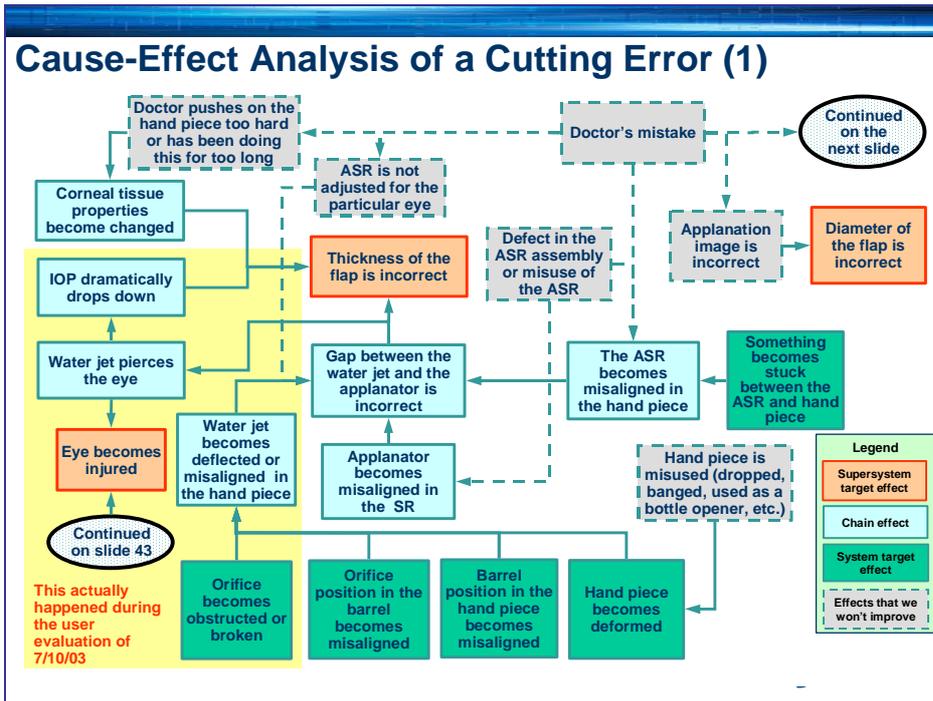


Рис. 17. Анализ причин отклонения толщины и диаметра лоскута от нормы

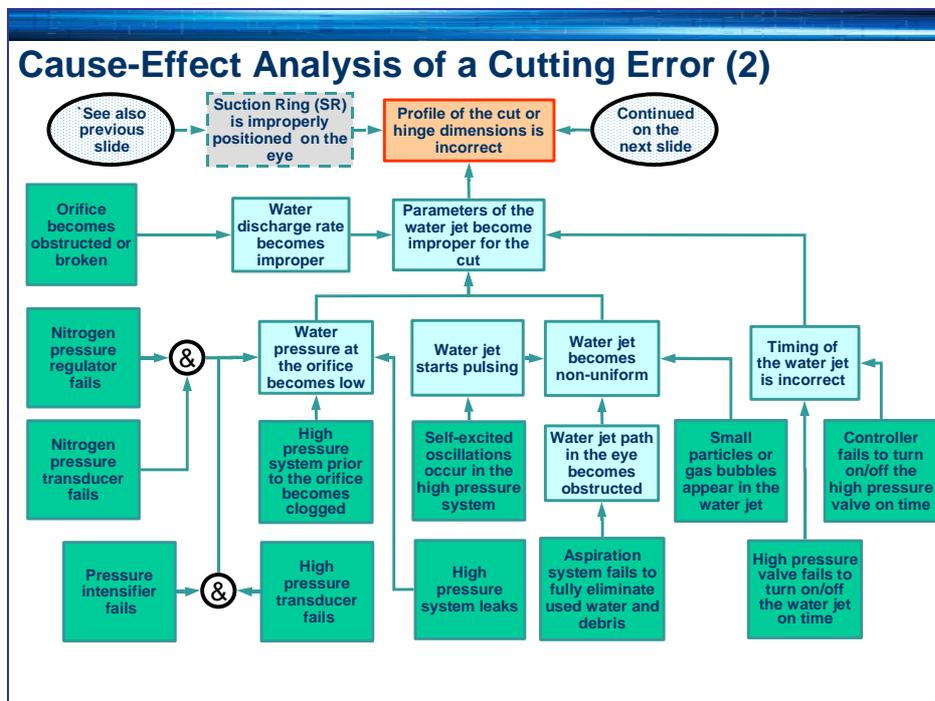


Рис. 18. Анализ причин отклонения профиля лоскута или размера hinge от нормы (1 из 3)

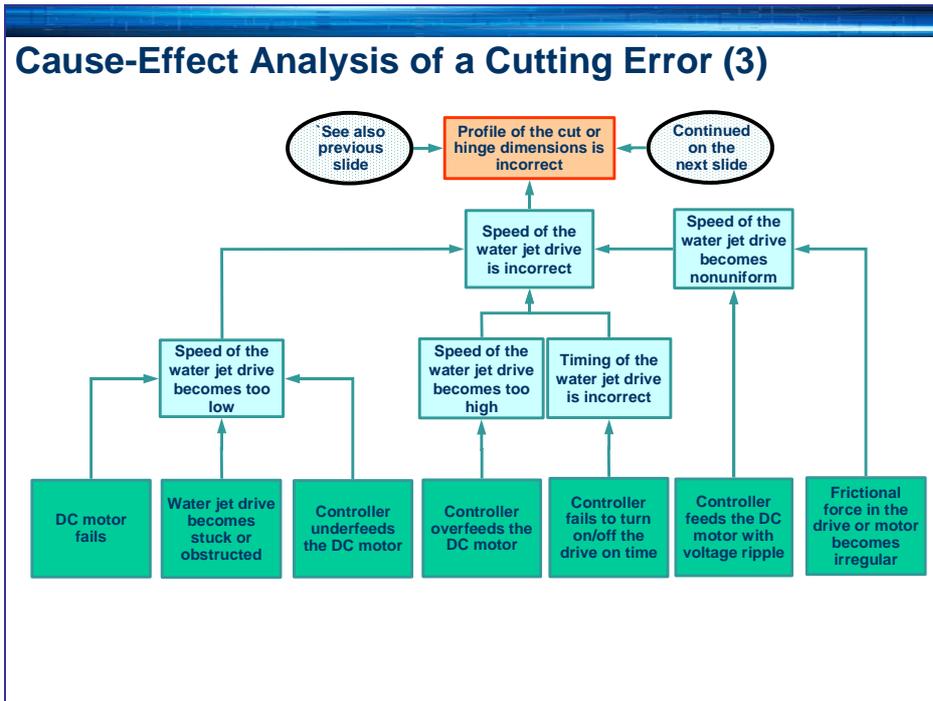


Рис. 19. Анализ причин отклонения профиля лоскута или размера hinge от нормы (2 из 3)

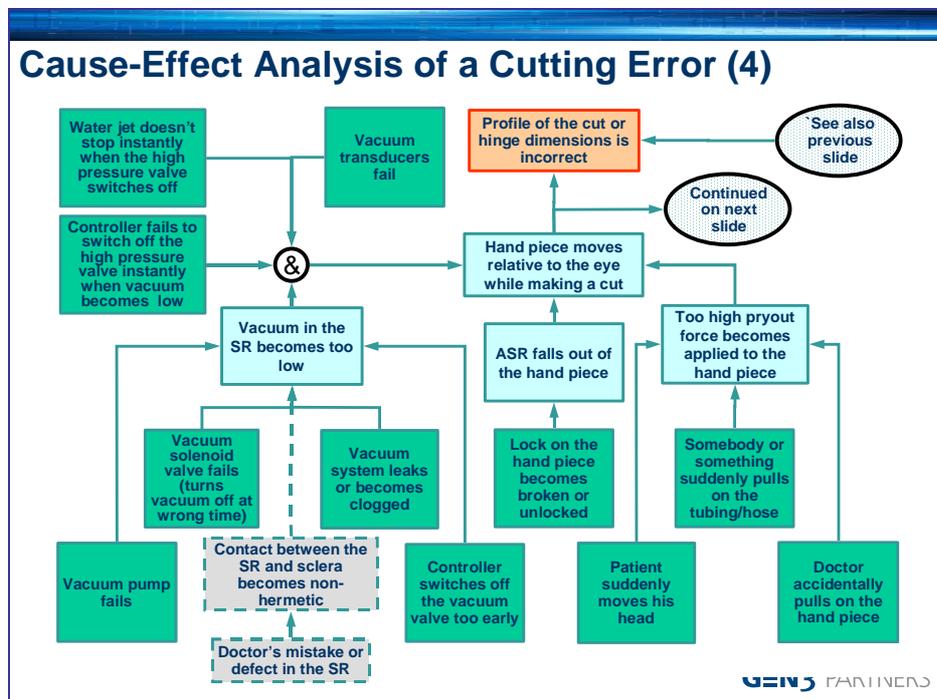


Рис. 20. Анализ причин отклонения профиля лоскута или размера hinge от нормы (3 из 3)

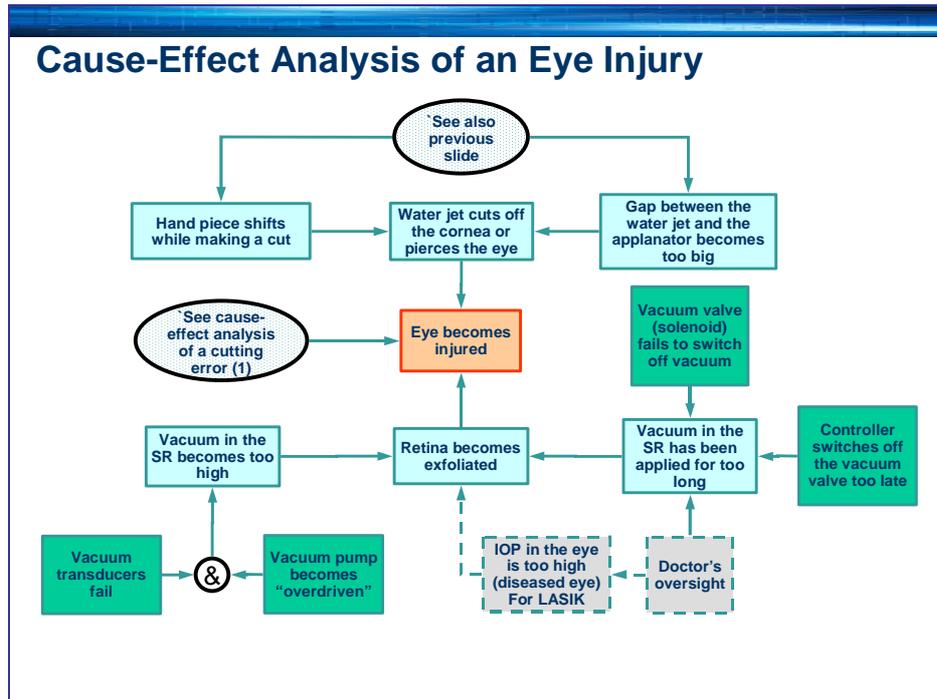


Рис. 21. Анализ причин травмирования оперируемого глаза

Всего на первом этапе анализа было выявлено 35 системных целевых<sup>19</sup> НЭ, которые для удобства дальнейшего анализа были разбиты на группы в соответствии с рекомендациями Приложения 1 (см. Рис. 22).

Все группы системных целевых НЭ были проанализированы на предмет серьезности их последствий с целью выбора наиболее подходящего инструмента для их дальнейшего анализа:

- Нетехнические отказы (non-technical failures), связанные с «человеческим фактором» - ошибками или недосмотром персонала, невыполнением им инструкций и тому подобные в данном проекте не анализировались, так как их вероятность намного меньше, чем вероятность технических отказов. Кроме того, маловероятно, что эти факторы вызовут критические НЭ.
- Отказ, связанный с реализацией принципа действия Гидрокератома в конкретном приборе заключается в том, что водяная струя выключается не сразу после закрытия клапана высокого давления. Этот недостаток был известен Заказчику - за счет упругости стальной трубы, по которой вода высокого давления подается к hand piece, струя продолжает выбрасываться из сопла и выключается с задержкой в несколько десятков микросекунд после выключения клапана высокого давления. Для компенсации этого явления, контролер в приборе Заказчика выключал клапан раньше на

<sup>19</sup> Эти проблемы являются целевыми в том смысле, что могут быть использованы в качестве целевых (или начальных) НЭ при построении более глубоких ПСЦНЭ.

время задержки струи. Это решение успешно работало и поэтому в данном проекте дальнейшему анализу не подвергалось.

- Отказы контроллера и естественные отказы компонентов, вероятнее всего, могут привести к небольшим НЭ. Возникновение критических НЭ при этом маловероятно. Кроме того, все компоненты, включая контроллер, отказы которых попали в эти группы, являются стандартными компонентами, имеющими технический паспорт и гарантию производителя. Поэтому для анализа возможности отказов этих компонентов мы использовали только анализ соответствия режимов их работы в Гидрокератоме паспортным режимам их эксплуатации.
- Наибольшую опасность представляют системные целевые НЭ, приводящие к нарушению формирования водяной струи (water jet forming failures) или нарушению траектории движения водяной струи относительно роговицы (water jet maladjustment). Эти проблемы вызывают критические НЭ, и поэтому они были подвергнуты более глубокому причинно-следственному анализу, чтобы выявить порождающие их ключевые проблемы.

Results: List of the Identified System Target Effects									
<b>Water jet forming failures</b>	Orifice becomes obstructed or broken		High pressure system prior to the orifice becomes clogged		Small particles or gas bubbles appear in the water jet	High pressure system leaks	Self-excited oscillations occur in the high pressure system	Aspiration system fails to fully eliminate used water and debris	
<b>Water jet maladjustment</b>	Barrel position in the hand piece becomes misadjusted		Water jet drive becomes stuck or obstructed	Vacuum system leaks or becomes clogged	Something becomes stuck between the ASR and hand piece	Orifice position in the barrel becomes misadjusted	Friction in the drive or motor becomes irregular		
<b>Controller failures</b>	Controller underfeeds the DC motor	Controller overfeeds the DC motor	Controller feeds the DC motor with voltage ripple	Controller fails to turn on/off the drive on time	Controller fails to turn on/off the high pressure valve on time	Controller fails to switch off the vacuum valve on time	Controller fails to switch off the high pressure valve instantly when vacuum becomes low		
<b>"Natural" failures of the components</b>	Pressure intensifier fails	Nitrogen pressure transducer or vacuum transducers fail	Nitrogen pressure regulator fails	DC motor fails	Vacuum solenoid valve turns vacuum off at the wrong time	High pressure valve fails to turn on/off the water jet on time	Vacuum solenoid valve fails to switch vacuum off	Vacuum pump becomes "overdriven"	
<b>Failures specific to how the Hydrokeratome action principle is implemented</b>								Water jet doesn't instantly stop when the high pressure valve switches off	
<b>Non-technical failures (misuses, oversights, etc.)</b>	Patient suddenly moves his head		Somebody or something suddenly pulls on the tubing/hose	Doctor accidentally pulls on the hand piece	Hand piece becomes deformed	Lock on the hand piece becomes broken or unlocked	Doctor/ technician commits a mistake/ oversight		

Рис. 22. Выявленные системные целевые НЭ и их разбиение на группы

Таким образом, на втором этапе анализа более глубокие ПСЦНЭ строились только для начальных проблем, попавших в группы water jet forming failures и water jet maladjustment (Рис. 22). Эти ПСЦНЭ показаны на Рис. 23- Рис. 25.

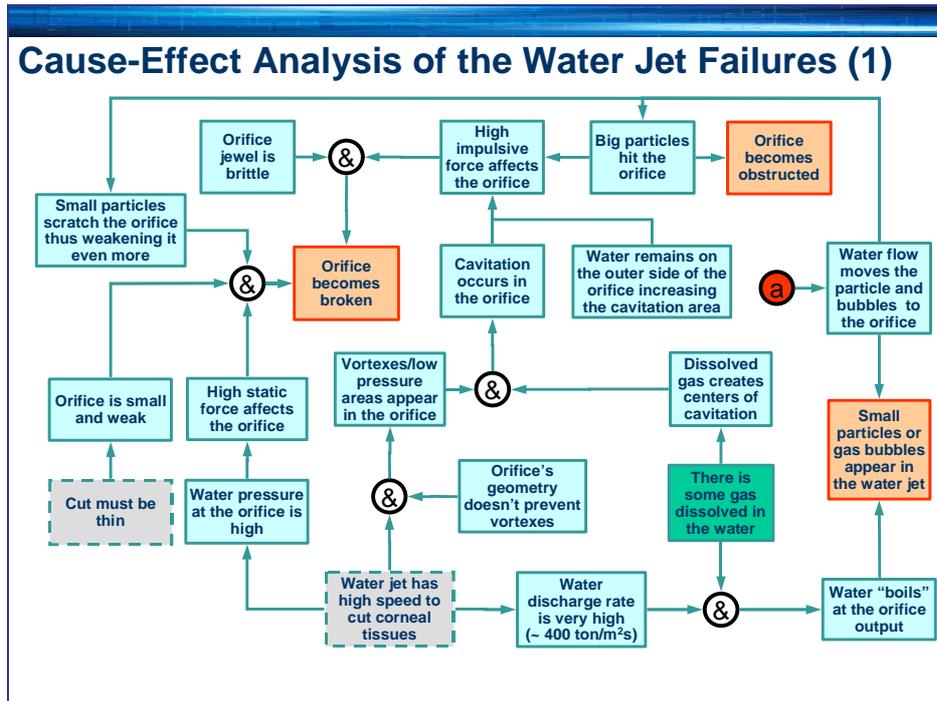


Рис. 23. Анализ причин нарушения формирования водяной струи (1 из 2)

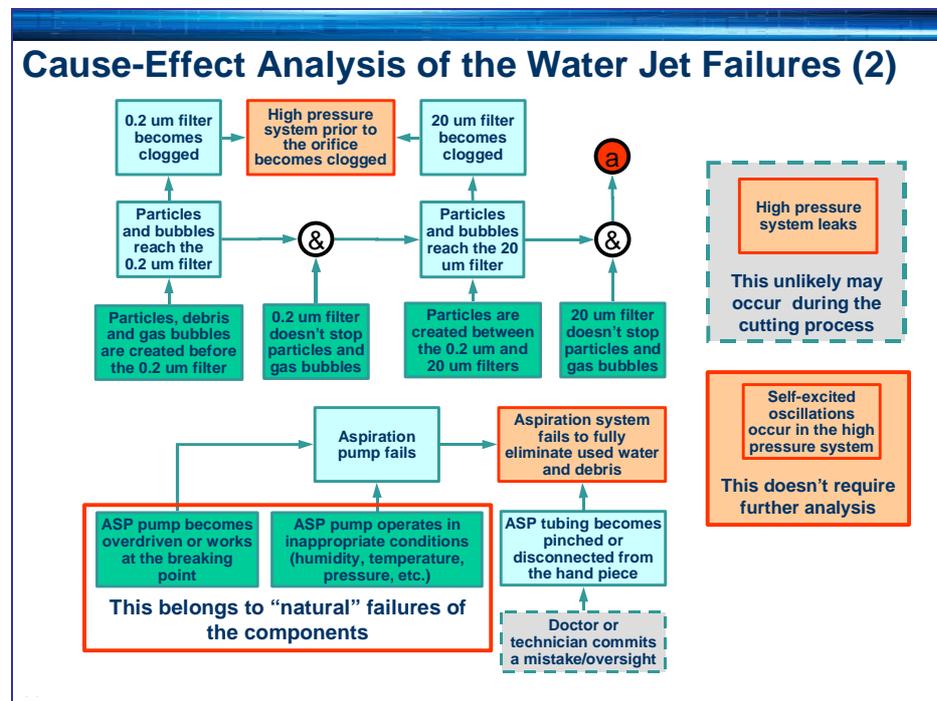


Рис. 24. Анализ причин нарушения формирования водяной струи (2 из 2)

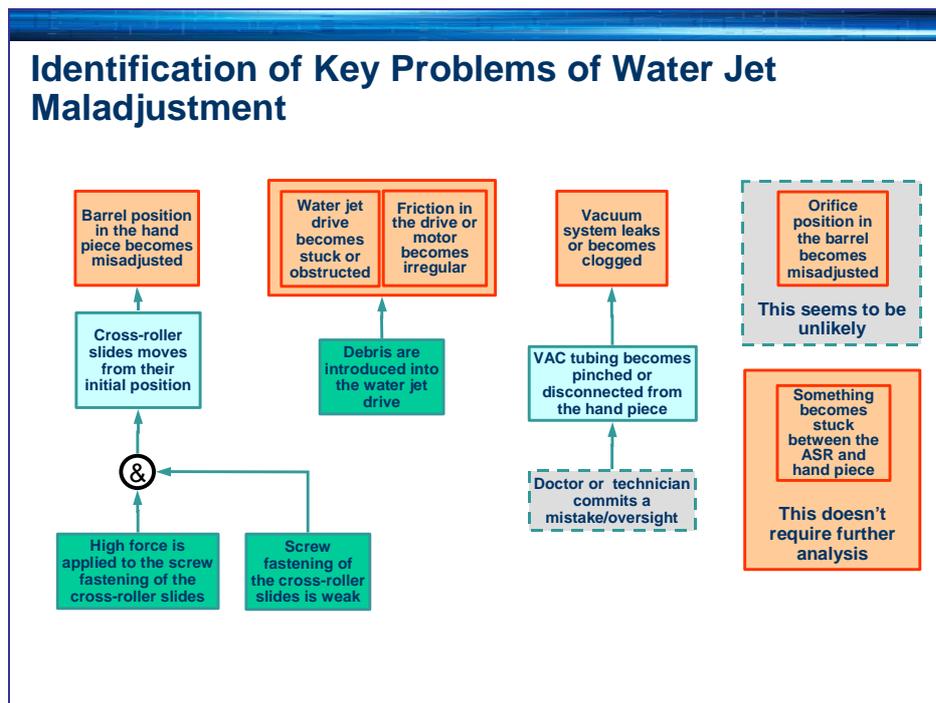


Рис. 25. Анализ причин нарушения траектории движения водяной струи относительно роговицы (2 из 2)

Как видно из Рис. 23- Рис. 25, критические НЭ могут быть вызваны следующими ключевыми НЭ, которые на следующем шаге будут переформулированы в ключевые задачи:

- В используемой воде растворен какой-нибудь газ. (Наличие газа в воде может вызвать кавитацию или вскипание воды на выходе из сопла)
- Крупные (более 35 мкм) твердые частицы, загрязнения или пузырьки воздуха каким-то образом образуются внутри гидравлической системы Гидрокератома до 0,2-мкм фильтра. (Частицы размером более 30 мкм застрянут в выходном сопле и блокируют или отклонят водяную струю)
- 0,2-мкм фильтр по каким-то причинам не задерживает эти частицы и/или пузырьки.
- Крупные (более 35 мкм) твердые частицы каким-то образом образуются внутри Гидрокератома в пространстве между 0,2 и 20-мкм фильтрами.
- 20-мкм фильтр по каким-то причинам не задерживает эти частицы и/или пузырьки.
- Загрязнения попадают в механический привод водяного ствола. (Это может привести к его заклиниванию в процессе реза лоскута роговицы)
- В гидравлической системе высокого давления возникают автоколебания. (Это нарушает однородность струи)

- Между hand piece и вакуумным кольцом с аппланатором застряла соринка. (Это приводит к нарушению юстировки положения водяной струи относительно роговицы)
- Слишком большое усилие приложено к винтам, крепящим поперечные направляющие привода водяного ствола. (Крепление может ослабнуть или винты может срезать и юстировка водяной струи нарушится)

Кроме того, к критическим НЭ может привести отказ аспирационной помпы (Рис. 24). Поскольку эта помпа - стандартный покупной компонент, то можно ограничиться проверкой того, соответствуют ли режим и условия ее эксплуатации паспортным значениям.

### 5. Сформулируем ключевые диверсионные задачи.

Две группы ключевых диверсионных задач (inverted key problems), сформулированных путем обращения выявленных выше ключевых НЭ, показаны на Рис. 26-Рис. 27. Решение этих задач может привести к появлению критических НЭ в надсистеме. Для решения могут потребоваться инструменты GEN3 TRIZ.

Группа диверсионных задач, направленная на создание благоприятных условий для естественных отказов компонентов Гидрокератома представлена на Рис. 28. Для решения этих задач нужно лишь проверить не созданы ли уже такие условия на практике.

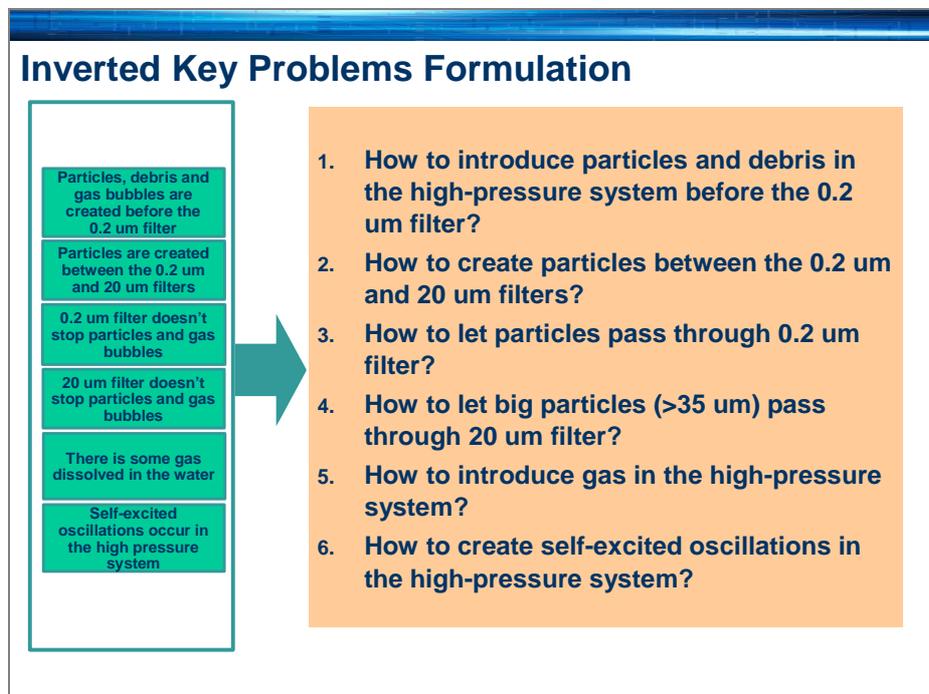


Рис. 26. Диверсионные задачи, решение которых приведет к нарушению формирования водяной струи

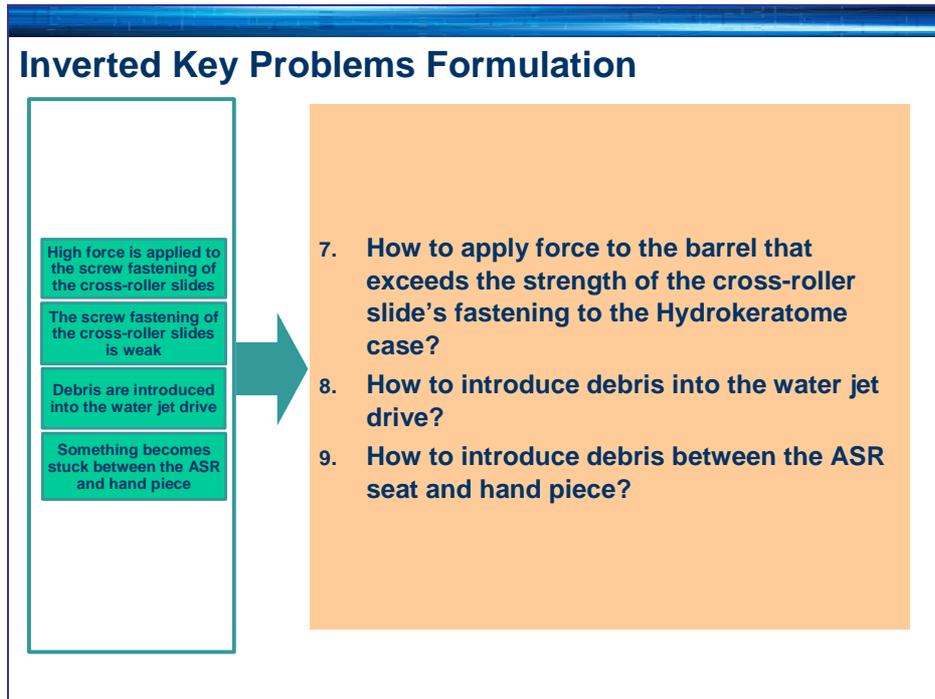


Рис. 27. Диверсионные задачи, решение которых приведет к нарушению траектории движения водяной струи относительно роговицы

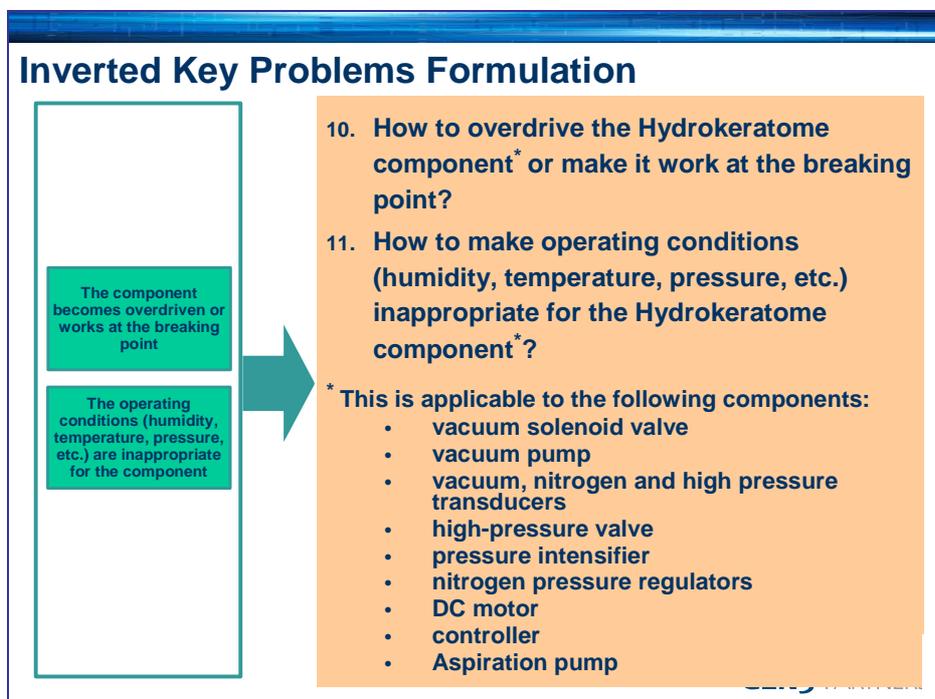


Рис. 28. Диверсионные задачи, связанные с созданием условий для естественных отказов компонентов Гидрокератома

**6а. Произведем анализ условий и режимов работы стандартных узлов, перечисленных на Рис. 28, на предмет их соответствия штатным условиям и режимам эксплуатации.**

В результате проверки режимов и условий работы стандартных узлов и деталей, перечисленных на Рис. 28, было выявлено следующее:

- Усилитель давления сильно перегружен. Он работает за пределами своей рабочей области (Рис. 29) и долго в таком режиме работать не может. Заказчик признал, что этот узел часто выходит из строя и требует замены...
- Датчик давления азота работает при давлении, близком к предельному для него (Рис. 30). Его рабочее давление было равно 91 psi и Заказчик хотел увеличить его до 100 psi, тогда как предельное давление для этого датчика-101,5 psi. В этих условиях небольшое случайное повышение давления в системе может вывести датчик из строя или исказить его показания.
- Датчики вакуума (vacuum transducers) работают в нештатных условиях высокой влажности (Рис. 31), в то время как эти датчики предназначены для работы в сухой атмосфере. Производитель прямо указывает, что повышенная влажность резко снижает надежность этих датчиков.
- Контроллер Гидрокератома работает в условиях повышенной влажности и вибрации (Рис. 32). Влага конденсируется на расположенных рядом с контроллером шлангах и других элементах пневматической системы, в которых азот, расширяясь, совершает работу и охлаждается. Вибрации передаются на контроллер от усилителя давления, насосов и клапанов пневматической системы, которые расположены на одном шасси с ним.

Таким образом, каждый из этих четырех компонентов может выйти из строя в любой момент, что способно вызвать небольшие или (менее вероятно) критические НЭ в надсистеме.

**6б. Произведем анализ условий успешных испытаний Гидрокератома на предмет их соответствия штатным условиям его работы.**

Некоторые испытания Гидрокератома приходили в клинике, в настоящей операционной. Несущественным отличием от реальных условий коммерческой эксплуатации было то, что операция отделения лоскута проводилась на слепых добровольцах и не сопровождалась последующей абляцией. Существенным же отличием было то, что все испытания носили кратковременный характер, тогда как в реальной клинической практике LASIK-процедура поставлена на поток и оборудование работает длительное время.

Таким образом, можно сделать вывод, что в реальных условиях отказы Гидрокератома, включая отказы его компонентов (см. предыдущий шаг анализа), будут происходить значительно чаще, чем это происходило в условиях лабораторных испытаний.

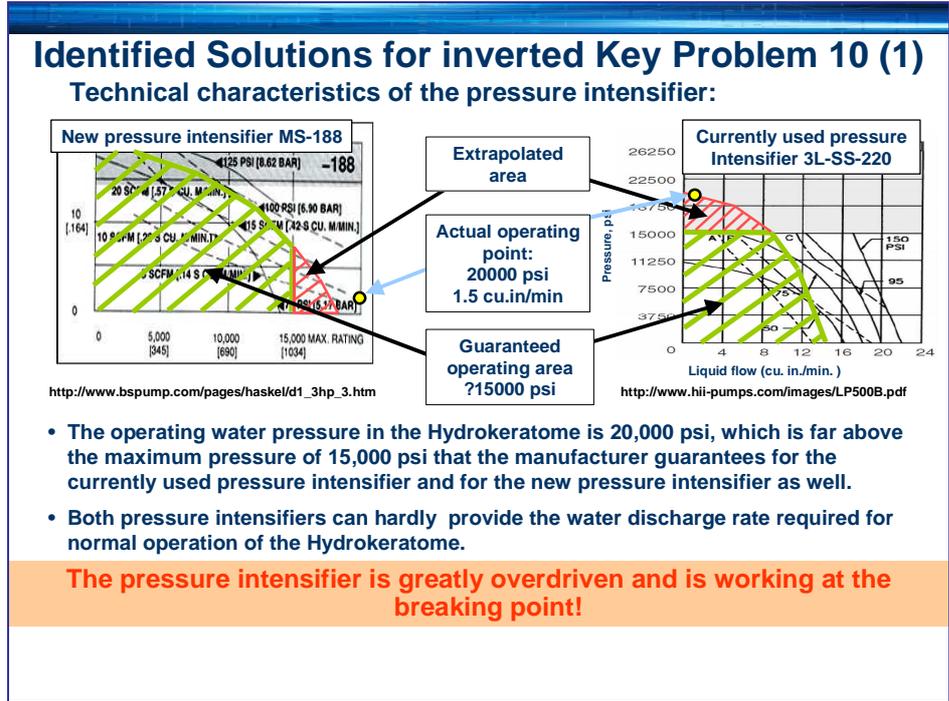


Рис. 29. Результаты анализа: усилитель давления сильно перегружен

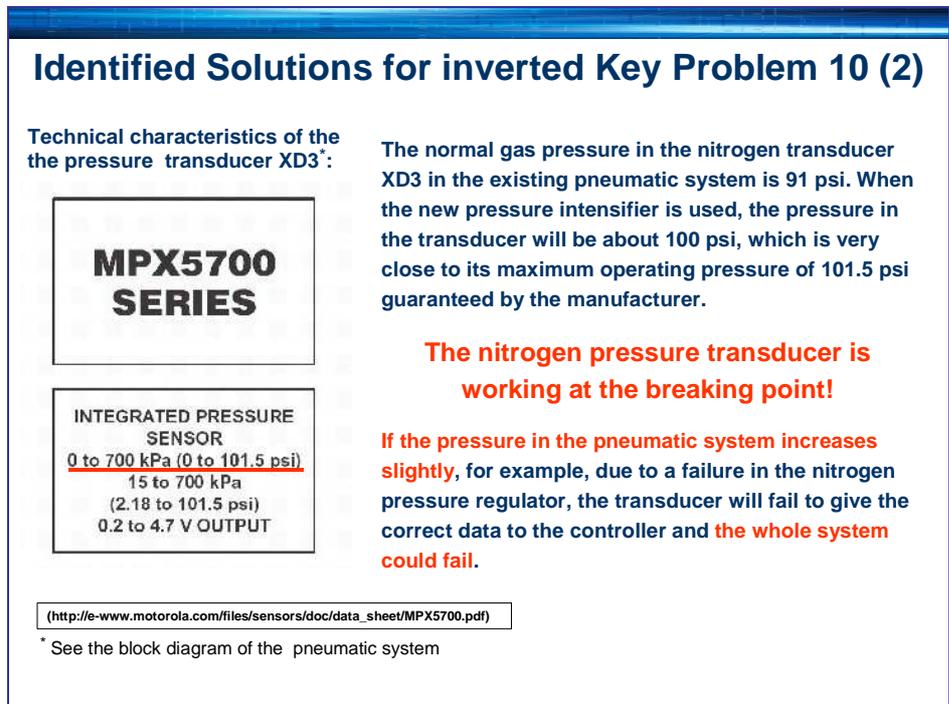


Рис. 30. Результаты анализа: датчик давления азота работает на границе штатного режима эксплуатации

## Identified Solutions for inverted Key Problem 11 (1)

Technical characteristics of the pressure transducers XD1, 2\*:

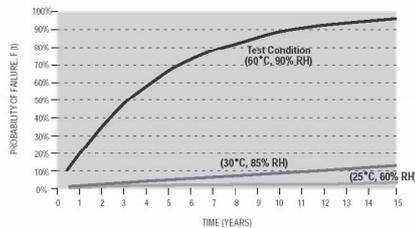


Figure 15. Probability of failure versus time for humidity testing with bias on an integrated sensor device.

([http://e-www.motorola.com/files/sensors/doc/data\\_lib/DL200.pdf](http://e-www.motorola.com/files/sensors/doc/data_lib/DL200.pdf)) ; ([http://e-www.motorola.com/files/sensors/doc/data\\_sheet/MPX5100.pdf](http://e-www.motorola.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX5100.pdf))

Humid air dramatically increases the probability of the pressure transducer's failure.

The MPX5100 series pressure sensor operating characteristics, and internal reliability and qualification tests are based on use of dry air as the pressure media. Media, other than dry air, may have adverse effects on sensor performance and long-term reliability. Contact the fac-

**The vacuum transducers are working in inappropriate operating conditions!**

They are designed to work only on dry air, but the air in the vacuum system is humid because it comes from the water jet operating area that contains a sufficient amount of water. This will eventually cause failure in both transducers. They will give wrong readings to the controller, which could cause a cutting error.

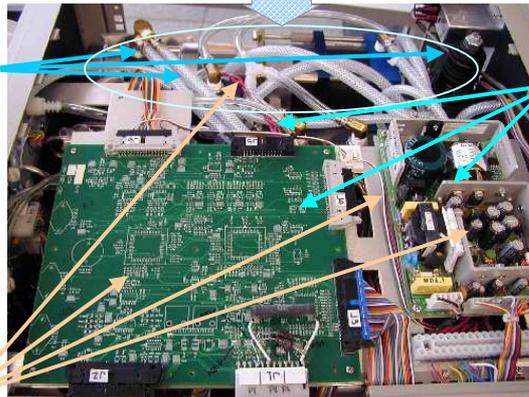
\* See the block diagram of the vacuum system

Рис. 31. Результаты анализа: датчики вакуума (pressure transducers или vacuum transducers) работают в нештатных условиях высокой влажности

## Identified Solutions for inverted Key Problems 11(2)

Water **condensates** on the cold components and **remains inside the console** close to the electronic system **increasing the humidity**

**Nitrogen decompresses** in the regulators, valves, mufflers, pressure intensifier, and **cools** them



High humidity inside the console can cause failures in electronic components, connectors, etc.

In addition, all vibrations from the pumps, valves, intensifier and tubing affect the electric cables, connectors and electronic boards, which can cause their failure

Рис. 32 Результаты анализа: контроллер работает в условиях повышенной влажности и вибрации

**7а. Решим сформулированные ключевые диверсионные задачи (Рис. 26, Рис. 27), используя имеющиеся в Гидрокератоме и его надсистеме ресурсы.**

Все сформулированные на шаге 6 диверсионные задачи были решены с использованием имеющихся в Гидрокератоме ресурсов. На Рис. 33-Рис. 37 приведены примеры решения нескольких из этих задач, иллюстрирующие возможность появления наиболее вероятных серьезных НЭ:

- Твердые частицы разными путями легко могут проникать в гидравлическую систему Гидрокератома или образовываться внутри нее (Рис. 33, Рис. 34).
- Фильтры с порами 0,2-мкм и 20-мкм, предназначенные для задерживания этих частиц, вполне могут пропустить крупную (более 35 мкм) частицу (Рис. 34-Рис. 36), которая застрянет в выходном сопле и блокирует или отклонит струю. На презентации результатов проекта Заказчик признал, что как раз такой НЭ произошел накануне, во время клинического испытания прибора на слепом добровольце: во время операции водяная струя внезапно отклонилась внутрь глазного яблока и прорезала его. Если бы глаз был зрячий, зрение, скорее всего, было бы потеряно...
- Крепление направляющих, по которым водяной ствол перемещается в процессе реза, настолько слабое, что под действием рабочего усилия, которое хирург прикладывает к hand piece, в нем обязательно появится люфт, и юстировка положения струи нарушится (Рис. 37). Заказчик признал, что hand piece и в самом деле часто требует длительной юстировки...

### **Identified Solutions for Inverted Key Problem 1**

**Particles and debris could appear in the high-pressure system before the 0.2 um filter in the following ways:**

- They can enter the distilled water tubing from the operating-room when the water bag is disconnected from the system.
- They can enter the high-pressure hose when the high-pressure connector is disconnected.
- They can be scraped off the high-pressure hose and/or connector when the hand piece is being connected to the hose.
- Pieces of grease (e.g. Crytox) can leave the high-pressure valve and enter the system when the valve turns the water jet on/off.
- Some particles could remain in the system after preventive reassembly, etc.

**There are many ways for particles and debris to enter the high-pressure system.**

Рис. 33. Как твердые частицы и загрязнения могут появиться в гидравлической системе Гидрокератома до 0,2-мкм фильтра

### Identified Solutions for Inverted Key Problems 2-3

0.2  $\mu\text{m}$  filter deforms and shifts to and fro under the water pressure when the water jet turns on and off. This causes some particles to come off the filter. In addition to this, the filter could scrape off particles from the parts which it is in contact with (O-ring, etc.). The more clogged the filter the more severe this problem.

**Comment:** this is what Client has already observed during the user evaluation on July 10.

Besides this, the displacement of the filter could break the filter sealing and, so, the particles may penetrate it.

**This filter breaks down and creates particles. It also could let particles go through it.**

The diagram illustrates the mechanical behavior of a 0.2  $\mu\text{m}$  filter during a water jet cycle. 
 

- Water jet is off:** The filter is shown in its normal position, fully seated within its housing.
- Water jet is being turned on:** Water pressure (indicated by a blue arrow) is applied from the left, causing the filter to shift to the right (indicated by a grey arrow).
- Water jet is being turned off:** The water pressure is removed, and the filter shifts back to its original position (indicated by a grey arrow).

 A legend at the bottom identifies the grey arrows as 'Filter displacement' and the blue arrow as 'Water pressure'.

Рис. 34. Как 0,2-мкм фильтр может породить твердые частицы, и как они могут пройти сквозь него

### Identified Solutions for Inverted Key Problem 4 (1)

As is clearly seen from the photomicrography, pores in the filter are of different sizes and shapes. So, some large particles can penetrate the 20  $\mu\text{m}$  filter even if their diameter is bigger than the size of pores given in the spec on the filter.

**Photomicrography of the 20  $\mu\text{m}$  filter**

<b>Particle Removal Efficiency</b>	
90% at 20 $\mu\text{m}$	
99% at 26 $\mu\text{m}$	
99.9% at 35 $\mu\text{m}$	

[www.mottcorp.com](http://www.mottcorp.com)

**One 35  $\mu\text{m}$  particle in a thousand will penetrate the 20  $\mu\text{m}$  filter and obstruct the orifice!**

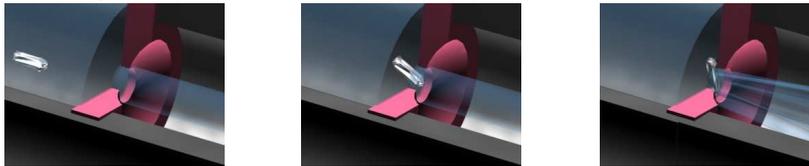
Рис. 35. 30-мкм фильтр может пропускать некоторое количество частиц размером от 35 мкм

### Identified Solutions for Inverted Key Problem 4 (2)

If the particle is non-spherical (as most particles are!), it will penetrate 20  $\mu\text{m}$  filter even if its length significantly exceeds 35  $\mu\text{m}$



After passing through the filter, the long particle will be carried by the water jet to the orifice and will obstruct it.



**It is physically impossible to filter out all particles that can obstruct the orifice!**

Рис. 36. Как частицы размером больше 35 мкм могут проходить через поры 20-мкм фильтра и блокировать сопло, формирующее водяную струю

### Identified Solutions for Inverted Key Problem 7



A model to calculate mechanical stresses in the hand piece (all dimensions are shown in mm)

Results of our calculations (example):

At the applied tangential force  $P=1$  kg, the shearing load applied to the screw will be about 12 kg while the maximum force that it can withstand is estimated to be about 8-10 kg.

The cross-roller slide will move when a relatively weak force is applied to the high-pressure connector. This will increase the backlash in the barrel mounting.

**The barrel eventually will be maladjusted!**

Рис. 37. Крепление поперечных направляющих, по которым водяной ствол перемещается в процессе реза, очень слабое и долго не проработает

## 76. Составим список возможных сценариев возникновения НЭ.

Оценка вероятности возникновения выявленных системных целевых НЭ (Рис. 22), сделанная по результатам решения диверсионных задач (Рис. 26-Рис. 28), представлена на Рис. 38.

Summary of the Identified System Target Effects							
<b>Water jet forming failures</b>	The orifice becomes obstructed or broken		The high pressure system prior to the orifice becomes clogged	Small particles or gas bubbles appear in the water jet	The high pressure system leaks	Self-excited oscillations occur in the high pressure system	The aspiration system fails to fully eliminate used water and debris
<b>Water jet maladjustment</b>	The barrel position in the hand piece becomes misadjusted		The water jet drive becomes stuck or obstructed	The vacuum system leaks or becomes clogged	Something becomes stuck between the ASR and hand piece	The orifice position in the barrel becomes misadjusted	The friction in the drive or motor becomes irregular
<b>Controller failures</b>	The controller underfeeds the DC motor	The controller overfeeds the DC motor	The controller feeds the DC motor with voltage ripple	The controller fails to turn on/off the drive on time	The controller fails to turn on/off the high pressure valve on time	The controller fails to switch off the vacuum valve on time	The controller fails to switch off the high pressure valve instantly when vacuum becomes low
<b>"Natural" failures of the components</b>	The pressure intensifier fails	Nitrogen pressure transducer or vacuum transducers fail	The nitrogen pressure regulator fails	The DC motor fails The vacuum pump fails	The vacuum solenoid valve turns vacuum off at the wrong time	The high pressure valve fails to turn on/off the water jet on time	The vacuum solenoid valve fails to switch vacuum off The vacuum pump becomes "overdriven"
<b>Failures specific to how the Hydrokeratome action principle is implemented</b>							The water jet doesn't instantly stop when the high pressure valve switches off
<b>Non-technical failures (misuses, oversights, etc.)</b>			The patient suddenly moves his head	Somebody or something suddenly pulls on the tubing/hose	The doctor accidentally pulls on the hand piece	The hand piece becomes deformed	The lock on the hand piece becomes broken or unlocked The doctor/technician commits a mistake/oversight
<b>Legend:</b> <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">Failures that definitely will occur</span> <span style="border: 1px solid green; padding: 2px; margin-left: 10px;">Failures that can occur</span> <span style="border: 1px solid gray; padding: 2px; margin-left: 10px;">Less likely, less dangerous or non-technical failures</span>							

Рис. 38. Оценка вероятности возникновения системных целевых НЭ

Сценарии НЭ, которые реализуются неизбежно, приведены ниже:

1. Внезапное отклонение или блокирование водяной струи во время операции крупными частицами загрязнений, попавшими в выходное сопло, формирующее струю. Последствия могут быть критическими – велик риск, что пациент потеряет глаз. Загрязнения попадают в гидравлическую систему Гидрокератома при профилактической замене или разборке каких-либо ее компонентов, при замене емкости с расходуемой водой, а также образуются внутри самой гидравлической системы. При этом имеющиеся в системе фильтры, предназначенные для улавливания этих частиц, с достаточной вероятностью пропускают частицы размером  $\geq 35$  мкм, так что этот НЭ неизбежно проявится.
2. Крепление водяного ствола в процессе эксплуатации приобретет люфт, и качество реза ухудшится – изменится толщина отделяемого лоскута роговицы или станет неровным его профиль. Hand piece потребует длительной и дорогостоящей юстировки. Этот НЭ будет проявляться регулярно т.к. направляющие, по которым двигается водяной ствол в процессе реза, имеют слишком слабое крепление к hand piece.

3. Также, регулярно будет выходить из строя и требовать замены усилитель давления, который работает в режиме сильной перегрузки.
4. Непредсказуемо, не выработав свой рабочий ресурс, будут выходить из строя и требовать замены датчики давления (vacuum transducers) в аспирационной и вакуумной системах, работающие в условиях сильно повышенной влажности.
5. При небольшом превышении (всего на 1,5-2%) рабочего давления азота в пневматической системе Гидрокератома, установленный в ней датчик давления выйдет из строя или выдаст неверные данные контроллеру, что нарушит работоспособность прибора.

**8. Дадим рекомендации по устранению этих НЭ и сформулируем вторичные задачи по их устранению.**

- Оценив необходимость устранения обнаруженных НЭ, приходим к выводу что все пять перечисленных на предыдущем шаге НЭ должны быть устранены как можно скорее. При этом первый и наиболее опасный из этих НЭ, связанный с попаданием крупных частиц загрязнений в выходное сопло, формирующее водяную струю, полностью устранен быть не может. Поэтому нужно максимально снизить его вероятность и устранить риск хотя бы наиболее опасного его последствия – потерю зрения на оперируемом глазу.
- Как пример, сформулируем вторичную задачу по устранению наиболее опасного НЭ: Как устранить возможность повреждения оперируемого глаза при засорении выходного сопла Гидрокератома?

Вторичные задачи по устранению остальных выявленных НЭ были сформулированы аналогичным образом. Предложенные Заказчику решения по устранению НЭ здесь не приводятся ввиду их конфиденциальности.

### **Выводы из ДА технической части Гидрокератома**

1. Существующий прототип Гидрокератома является опасным для пациентов. Его использование может привести к травмированию оперируемого глаза из-за попадания частиц загрязнений в выходное сопло гидравлической системы. Этот НЭ нельзя полностью устранить, поэтому нужно хотя бы устранить вероятность тяжелых последствий при его проявлении.
2. Существующий прототип прибора будет часто выходить из строя, т.к. ряд его узлов работает за- или на границе области допустимых рабочих режимов, либо в нестандартных условиях эксплуатации. К этим узлам относятся усилитель давления, все датчики давления и крепление направляющих водяного ствола. Все эти узлы будут часто отказывать, не выработав свой ресурс. Таким образом, конструкцию прибора нужно изменить, используя узлы, штатные условия эксплуатации которых соответствуют условиям их работы в Гидрокератоме.

## АНАЛИЗ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ, СВЯЗАННОЙ С ГИДРОКЕРАТОМОМ

1. Проверим есть ли в Гидрокератоме все признаки, включенные в независимые пункты формулы изобретения защищающих его патентов.

Результаты проверки приведены на Рис. 39. Как видно из Рис. 39, в патентах заявляется что вакуумное кольцо (suction ring) прикрепляет Гидрокератом к роговице глаза, тогда как на самом деле оно прикрепляет его к склере глаза. Таким образом, заявленное в патентах устройство взаимодействует не с той частью глаза, с которой взаимодействует реальный Гидрокератом Заказчика.

**Why We Think the Client Patents Don't Protect the Hydrokeratome**

**Client patent US x,xxx,xxx**

We claim:  
1. An apparatus for ophthalmic surgery, including:  
a jet nozzle for emitting a fine diameter, high velocity liquid jet in a longitudinal direction, said jet being capable of cutting corneal tissue;  
jet carrier means for supporting said jet nozzle;  
an instrument body;  
means for releasably securing said instrument body to the corneal portion of an eye;

**Client patent US x,xxx,xxx**

What is claimed is:  
1. An apparatus for ophthalmic surgery, including: an instrument body having a proximal portion and a distal portion extending along a longitudinal axis, said instrument body including an interior space;  
said distal portion including an applanation suction ring assembly adapted to releasably engage the cornea of an eye;

238. The suction ring 246 includes an interior chamber 247, and an inner annulus 248 that is adapted to impinge on the corneal surface and form a suction seal therewith. A vacuum hose 249 is connected to the suction ring 246 to apply the low pressure that provides the suction adhesion effect to the corneal surface. The hose 249 extends adjacent to the neck

In each independent claim of the Client's patents US xxxxxxx and US xxxxxxx it is explicitly indicated that the suction ring secures an instrument body **on the cornea of an eye** (or corneal portion of an eye).

In fact, the suction ring of the Client's Hydrokeratome secures the instrument body **on the sclera of an eye**, which is different from what is claimed in the patents because the sclera and cornea are different parts of an eye.

In the case of a potential dispute, Client will have to prove in court that securing the Hydrokeratome on the "corneal portion of an eye" is equivalent to securing it to the sclera of an eye.

Рис. 39. Результаты проверки наличия в конструкции Гидрокератома всех признаков изобретения, заявленных в патентах Заказчика

Отсюда следует, что, формально, имеющиеся у Заказчика патенты не защищают Гидрокератом. Поэтому в случае копирования этого прибора конкурентами, Заказчику придется доказывать в суде что закрепление прибора на склере глаза эквивалентно его закреплению на роговице. Гарантии того, что суд согласится с этим, нет.

Рекомендация - подать новую патентную заявку с формулой изобретения, в которой говорится, что вакуумное кольцо закрепляется на склере глаза.

2. Выполним анализ «силы» защищающих Гидрокератом патентов, попытавшись обойти эти документы, не изменяя Гидрокератом существенно.

Для оценки возможности вывода Гидрокератома из-под охраны патентов Заказчика путем внесения в него минимальных изменений, мы проверили все независимые пункты формул изобретения этих патентов<sup>20</sup> на наличие несущественных признаков. Результаты проверки представлены на Рис. 40.

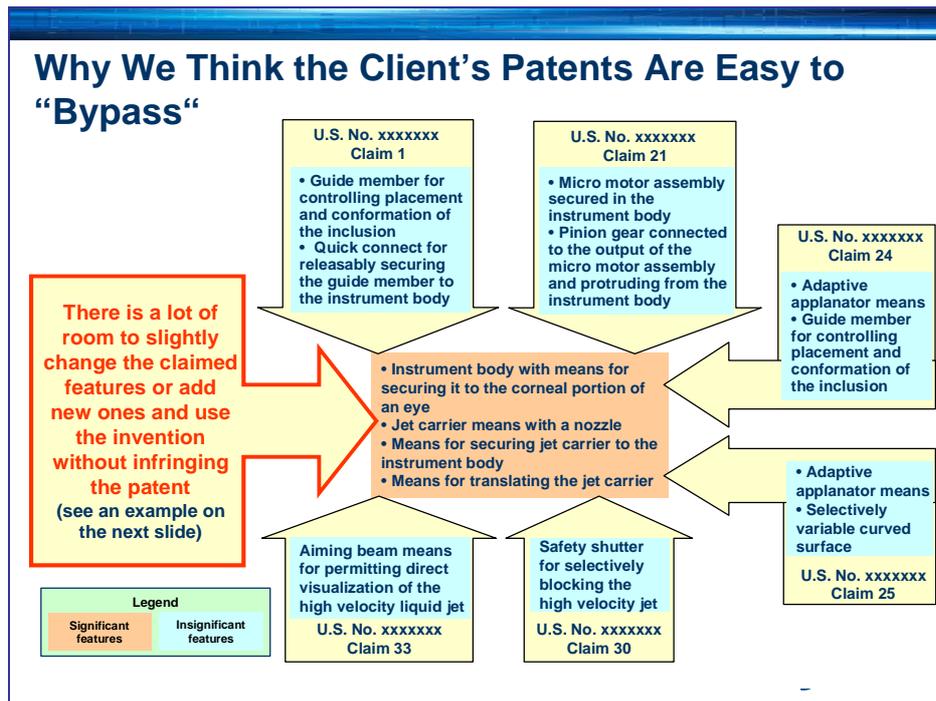


Рис. 40. Анализ независимых пунктов формулы изобретения в патенте Заказчика

Как видно из Рис. 40, независимые пункты формул изобретения в патентах Заказчика содержат несущественные признаки, которые легко изменить, не нарушив функциональности Гидрокератома, но лишив его имеющейся патентной защиты. Так, в формулах изобретения заявлено, что прибор имеет микродвигатель, закрепленный на корпусе инструмента, шестеренчатую передачу, соединенную с этим микродвигателем и т.п.

3. Разработаем поисковый образ для выявления патентных документов, касающихся конкурирующих ТС и осуществим поиск этих документов.

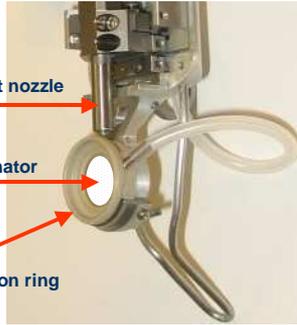
Проведенный патентный поиск выявил наличие релевантного патента США US5,833,701, принадлежащего фирме Medjet.

<sup>20</sup> Здесь мы предполагали, что найденный на предыдущем шаге недостаток в формулировке места закрепления прибора на глазу пациента, исправлен.

4. Проанализируем выявленный релевантный патент на предмет, не используется ли защищаемое им изобретение в Гидрокератоме.

Результаты анализа приведены на Рис. 41. Как видно из Рис. 41, Гидрокератом полностью подпадает под действие патента Medjet.

**Why We Think the Hydrokeratome Falls Under the Scope of Protection of the Medjet Patent**

MedJet patent US 5,833,701	Client's Hydrokeratome
<p>I claim: 1. A device for the cutting of corneal tissue for any of therapeutic excision and refractive vision correction, said device comprising:</p> <p>a) water jet means for providing a water jet of sufficient velocity and associated pressure to be capable of transversely cutting corneal tissue with an edge of the water jet, which edge is lateral to the direction of the water jet;</p> <p>b) means for deforming the corneal tissue to provide a regular interior surface, defining a plane suitable for controlled lateral movement cutting thereof by the water jet, for cutting into or removal of a desired portion of corneal tissue; and</p> <p>c) means for stabilizing the corneal tissue against movement during said lateral cutting.</p>	

**All the features claimed in MedJet patent US 5,833,701 are used in the Client's Hydrokeratome Model 50B**

UNIVERSITY PARTNER

Рис. 41. Результаты проверки наличия в конструкции Гидрокератома всех признаков изобретения, заявленных в патентах Заказчика

5. Разработаем пути «обхода» патента US5,833,701, который может помешать производству и продаже Гидрокератома на рынке США.

По соображениям конфиденциальности, найденные пути обхода мешающего патента Msdjet в данной работе не приводятся.

### Выводы из анализа интеллектуальной собственности

Анализ интеллектуальной собственности, связанной с Гидрокератомом показал следующее:

1. Имеющиеся у владельцев Гидрокератома патенты не защищают его.
2. Кроме того, эти патенты в принципе «слабые», так как их формулы изобретения содержат несущественные детали, которые легко изменить.
3. Конструкция Гидрокератома попадает под действие патента США US5,833,701, принадлежащего конкурирующей фирме Medjet.
4. Меры по усилению патентной защиты и обходу мешающего патента: *[по соображениям конфиденциальности не приводятся в данной работе].*

## АНАЛИЗ КОМПАНИИ ЗАКАЗЧИКА

Эта часть анализа не входила в рамки проекта и была выполнена позднее, при разработке предлагаемой в данной работе методики комплексного анализа ТС.

Поскольку бизнес стратегия Заказчика осталась неизвестной, анализ был ограничен анализом способности компании Заказчика вывести Гидрокератом на рынок, для чего использовалась методика КЭА [10].

В ходе анализа были определены уровень развития компании, уровень развития Гидрокератома как продукта и уровень развития рынка кератомов:

- По косвенным признакам компания Заказчика была классифицирована как компания 1-го этапа (т.е. «гаражная компания»), имеющая доступ к капиталу до 3 миллионов долларов.
- Гидрокератом как продукт, очевидно, находится на переходе с первого на второй этап развития.
- Рынок Гидрокератома – это рынок нулевого этапа, так как потребителей у Гидрокератома еще нет.

Таким образом, в терминологии КЭА текущая ситуация описывается формулой TS1-C1-M0, которая является разрешенной комбинацией этапов развития продукта, рынка и компании (Рис. 42).

Однако, если планы Заказчика исполнятся, то есть Гидрокератом выйдет на второй этап развития и начнет продаваться на рынке (рынок 2-го этапа), то возникшая в этом случае комбинация TS2-C1-M2 уже не будет разрешенной (Рис. 42) и коммерческого успеха компания в ее текущем виде не добьется.

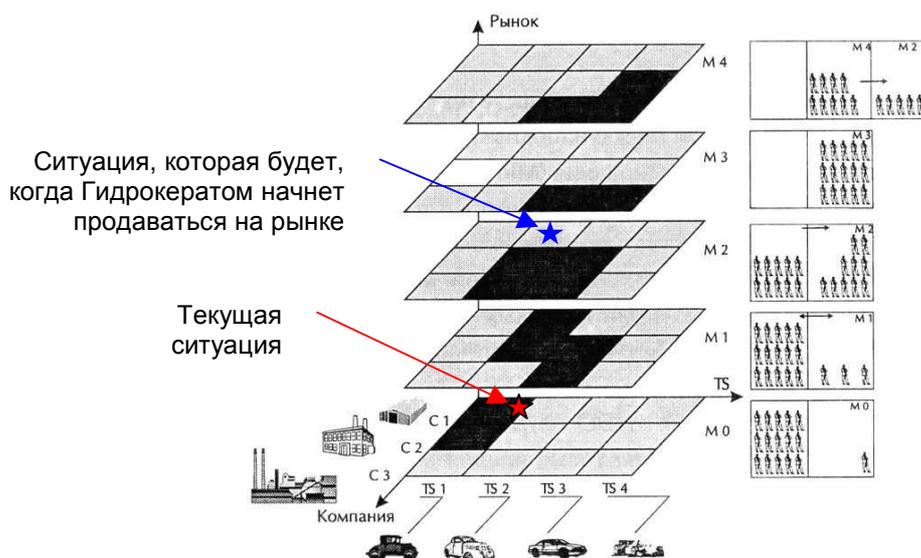


Рис. 42. Результаты анализа: найденные сочетание этапов развития Гидрокератома, его рынка и компании Заказчика

## **Выводы из анализа компании Заказчика**

Из приведенного выше краткого анализа компании Заказчика можно сделать следующие выводы:

- В текущей ситуации этап развития компании вполне соответствует этапу развития Гидрокератома и его рынка, так что шансы на успех у компании есть.
- В скором будущем, когда Гидрокератом достигнет второго этапа развития и начнет продаваться, этап развития компании перестанет соответствовать этапу развития Гидрокератома и его рынка. Чтобы не упустить успех, компанию придется срочно переводить на второй этап – реорганизовывать, менять тип менеджмента, стиль принятия решений, и.т.п.
- Этот процесс можно начинать прямо сейчас, так как даже если компания выйдет на второй этап развития до начала продаж Гидрокератома, то получившаяся комбинация этапов развития компании, продукта и рынка (TS1-C2-M0) все равно будет разрешенной и бизнес не пострадает.

## **ВЫВОДЫ ИЗ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ГИДРОКЕРАТОМА**

Из проведенного комплексного анализа Гидрокератома были сделаны и представлены Заказчику следующие выводы:

- Существующий прототип Гидрокератома опасен для пациентов. Его использование может привести к серьезным ранениям глаза вследствие резкого отклонения режущей водяной струи частицами загрязнений, попавшими в выходное сопло.
- Полностью избежать этой опасности не представляется возможным, поэтому необходимо внедрить предохранительный механизм, который не даст отклонившейся струе поранить глаз.
- Конструкция hand piece Гидрокератома требует существенной переработки для повышения ее надежности и увеличения срока службы.
- Ряд деталей Гидрокератома (усилитель давления и датчики давления, установленные в аспирационно-вакуумной и пневматической системе Гидрокератома) работают в нештатных режимах и должны быть заменены.
- Патентная ситуация требует самого пристального внимания, так как существующая конструкция Гидрокератома нарушает действующий патент конкурирующей фирмы Medjet. Кроме того, имеющиеся у Заказчика патенты не обеспечивают защиту Гидрокератома.
- Хотя анализ рынка и подтвердил, что Гидрокератом может быть востребован рынком в ближайшие годы, нужно помнить, что в более отдаленном будущем он может быть вытеснен с рынка лазерным кератомом. Кроме того, со временем весь рынок LASIK может значительно сократиться под давлением более безопасных и современных методов коррекции миопии.

Заказчику были также представлены конкретные рекомендации по решению выявленных скрытых проблем, но по соображениям конфиденциальности они в данной работе не приводятся.