

Министерство образования и науки Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт физики высоких технологий

Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов

Кафедра Материаловедение в машиностроении

**МАГИСТРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы

**Исследование связи между трещиностойкостью быстрорежущей стали и хрупкой прочностью изготовленных из нее мелкогабаритных свёрл**

УДК 669.018.252.3:539.43:621.951.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ4А	Котельникова Анастасия Алексеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кондратюк Алексей Алексеевич	К.т.н		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гаврикова Надежда Александровна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Юрий Митрофанович	Д.т.н		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Материаловедение в машиностроении	Панин Виктор Евгеньевич	Д. ф.-м.н., акад. РАН		

Томск – 2016 г.

*Планируемые результаты обучения по программе 150100 (магистратура)*

Код результата	Результат обучения
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P1	Способность применять основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социально-общественных и профессиональных задач, способность анализировать социально-значимые проблемы и процессы. Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать в кооперации с коллегами, находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и готовность нести за них ответственность, владеть основами общего и производственного менеджмента и использовать их в профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, использовать методы и приемы организации труда, обеспечивающие эффективное, экологически и технически безопасное производство.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P6	Умение использовать базовые знания математических и естественнонаучных дисциплин и дисциплин общепрофессионального цикла в объеме, необходимом для использования в профессиональной деятельности основных законов соответствующих наук, разработанных в них подходов, методов и результатов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении.
P7	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющим работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности.
P8	Умение применять основы высокотехнологичного инновационного менеджмента, в том числе малого бизнеса, владеть навыками в организации и техническом оснащении рабочих мест; разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, оценке рисков и определении мер по обеспечению экологической и технической безопасности разрабатываемых материалов, техники и технологий.
P9	Умение использовать принципы и методики комплексных исследований, испытаний и диагностики, обработки и модификации материалов, изделий и процессов их производства, включая стандартные и сертификационные испытания; умение применять технические средства для измерения и контроля основных параметров технологических процессов, свойств материалов и изделий из них.
P10	Умение применять современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов.
P11	Умение использовать на практике современные представления наук о материалах, взаимодействии материалов с окружающей средой, владение навыками сбора данных, изучения, анализа и обобщения научно-технической информации по тематике исследования, разработки и использования технической документации, основных нормативных документов по вопросам интеллектуальной собственности, подготовки документов к патентованию, оформлению ноу-хау.
P12	Способность комплексно оценивать и прогнозировать тенденции и последствия развития науки о материалах, на основании комплексной оценки формулировать научно-техническую проблему в области изготовления, диагностики и применения наноматериалов. Знание внутри- и междисциплинарных связей в сфере профессиональной деятельности.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт физики высоких технологий

Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов

Кафедра Материаловедение в машиностроении

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Панин В. Е.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ4А	Котельникова Анастасия Алексеевна

Тема работы:

**Исследование связи трещиностойкости быстрорежущей стали и хрупкой прочности изготовленных из нее мелкогазмерных свёрл**

Утверждена приказом директора ИФВТ

Приказ № 3139/с от 25.04.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

*В работе исследовали связь между трещиностойкостью быстрорежущей стали и хрупкой прочностью мелкогазмерных свёрл. Были исследованы 8 образцов и 20 свёрл. Образцы и свёрла были подвергнуты термообработке, при различном количестве отпусков. Часть эксперимента заключалась в определении ломающей подачи свёрл с различной термообработкой, вторая часть заключалась в разрушении образцов согласно методике в ГОСТе 25.506-85, образцы были поделены на две партии. Стоимость одного образца с учетом транспортных расходов составляет 1000 р.*

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Литературный обзор, описание быстрорежущей стали, а также параметры трещиностойкости и ломающей подачи, а также основные моменты работ российских и зарубежных исследователей по данному виду работ.</li> <li>2. Исследование фрактографии поверхности разрушения, получение снимков структуры на РЭМ, измерение твердости, на основе которых делаются выводы о процесса происходящих в металле влияющий на параметры трещиностойкости и хрупкой прочности.</li> <li>3. Обсуждение результатов работы</li> <li>4. Установление оптимальных режимов термообработки для данного вида стали.</li> <li>5. Дополнительные разделы: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», «Социальная ответственность».</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация ВКР в PowerPoint</p>

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p><i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i></p>	<p><i>Н.А. Гаврикова, старший преподаватель кафедры менеджмента, НИ ТПУ</i></p>
<p><i>Социальная ответственность</i></p>	<p><i>М.Ю. Федорчук, профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности, НИ ТПУ</i></p>
<p></p>	<p></p>

<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>
<p>Реферат</p>
<p>Введение</p>
<p>Постановка задач, материалы и методика эксперимента</p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p></p>
--	---------

**Задание выдал руководитель:**

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент</p>	<p>Кондратюк Алексей Алексеевич</p>	<p>К.т.н.</p>	<p></p>	<p></p>

**Задание принял к исполнению студент:**

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>4БМ4А</p>	<p>Котельникова Анастасия Алексеевна</p>	<p></p>	<p></p>

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа магистра содержит 110 страниц, 44 рисунка, 36 таблиц, 35 источников.

Ключевые слова: Термообработка, термический цех, трещиностойкость, хрупкая прочность, характеристики трещиностойкости, ломающая подача.

Объектом исследования являются прочностные свойства быстрорежущей стали.

Цель работы – постановка и решение задачи о резании с учетом разрушения материала в окрестности режущей кромки резца, а также анализ параметров полученных при зарождении трещины в жестко-пластинчатом образце, ее развитие и хрупкое разрушение материала. В процессе работы проводились экспериментальные исследования.

В результате исследования сделаны итоговые выводы и определены, характеристики трещиностойкости быстрорежущей стали и ломающая подача мелкогабаритных сверл.

Область применения: основной отраслью применения являются машиностроительные предприятия.

Выпускная квалификационная работа магистра выполнена в текстовом редакторе MicrosoftWord и представлена на USB – флеш – накопитель.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**Трещиностойкость:** Способность материала сопротивляться развитию трещин (разрушения) при однократном, циклическом и замедленном разрушении.

**Хрупкая прочность:** Понятие, с которым связывается представление о свойстве пластичных металлов, обладающих значительным сопротивлением сдвигу, при известных условиях разрушаться хрупко даже при простом растяжении

**Коэффициент интенсивности напряжений:** Данное понятие используется в линейной механике разрушения для описания полей напряжений у вершины трещины.

**J – интеграл:** Математическое выражение, линейный или поверхностный интеграл, который включает в себя фронт трещины от одной поверхности трещины до другой, используемый для характеристики вязкости разрушения материала имеющего до разрушения заметную пластичность. J интеграл устраняет необходимость в описании поведения материала вблизи вершины трещины, рассматривая локальное распространение напряжений и деформаций вблизи фронта распространения трещины;  $J_{Ic}$  – критическое значение J – интеграла, необходимое для начала роста зарождающейся трещины.

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
2. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
3. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление и зануление.

4. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
5. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
6. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы.
7. СНиП II-2-80. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.
8. СНиП II-4-79. Естественное и искусственное освещение.
9. СН 181-70. Указания по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий.
10. СН 245-7. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
11. СП 2.2.1.1312-03. Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий
12. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы

## Оглавление

Введение.....	9
1 Литературный обзор .....	12
1.1 Характеристики быстрорежущей сталь Р6М5 .....	13
1.3 Хрупкая прочность.....	15
1.4 Хрупкое разрушение быстрорежущих сталей .....	16
1.4.1 Основные эффекты процесса разрушения.....	19
1.4.2 Методы определения вязкости разрушения.....	21
1.4.3 Анализ основных подходов к определению характеристик трещиностойкости.....	22
2.1 Постановка задачи.....	24
2.2 Исследуемые материалы .....	24
2.3 Методика определения хрупкой прочности.....	26
2.4 Методика определения характеристик трещиностойкости.....	27
3. Определение выполнения поставленных задач .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.1 Исследование параметров трещиностойкости.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.2 Определение хрупкой прочности .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.3 Исследование твердости по Виккерсу	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.4 Результаты.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Заключение .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Список публикаций.....	36
Список используемых источников.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>



## Введение

С каждым днем происходит модернизация и изменения действующих технологических процессов. В наше время проектируется все больше и больше различных по сложности конструкции, требующих к себе предельного внимания и жесткие требования, на то какой конкретно конструкционный материал необходимо использовать. Важным критерием является несущая способность при снижении металлоемкости и одновременном увеличении производительности технологического процесса. Любые высокопрочные стали подвергнуты такой проблеме как хрупкое разрушение, происходящим при длительном или кратковременном приложении нагрузки. Встретить случаи хрупкого разрушения можно во всех областях промышленности, таких как, авиастроение, судостроение, машиностроение, нефтехимическая и газодобывающая промышленность. Сравнивая с вязким разрушением видно, что при деформациях 1-2% начинается хрупкое разрушение, как правило вблизи трещины образуется малая по размеру пластическая зона деформации развивается в условиях чрезвычайно ограниченной зоны пластической деформации. Достаточно небольшой постоянной нагрузки для разрушения стали, сам же процесс протекает при небольшом поглощении энергии. Как только в материале образуется напряженное состояние вызванное локальными напряжениями, превышающие напряжения прикладываемые извне, в структуре образуется напряженное состояние. Замедленное разрушение высокопрочных сталей чувствительны к концентраторам напряжения, температуре отпуска, величине остаточных напряжений. Данная тема является актуальной в силу различных факторов, таких как небольшое количество знаний в области механического разрушения материала и ограниченной количеством исследований и подтвержденных выводов, требуют дальнейшего исследования. При изучении темы хрупкого разрушения

высоколегированных сталей были рассмотрены различные методики испытаний наиболее распространенным явился метод испытания гладких образцов с исходной усталостной трещиной является одним из способов определения критического коэффициента интенсивности напряжений, определение критической длины трещины. Само понимание процесса разрушения материала, физический смысл разрушения дает возможность совершенствовать процессы механической обработки высокопрочных сталей. Изучение влияние различных факторов определяющих склонность быстрорежущих сталей к хрупкому разрушению.

Одним из самых технологических процессов в промышленности, является процесс резания металла. Одна из основных проблем связанных с данным процессом, является разрушение тел. Отсюда следует решение следующих задач: первая – непосредственное влияние режима термообработки на качество поверхности и технические характеристики получаемых деталей, вторая – рассмотрение процесса резания как основы изучения процессов разрушения материала при определенном нагружении и деформации, и сопоставление этих данных с полученными параметрами из схожих процессов деформации. В основе исследования процесса разрушения при резании лежит модель, основанная на предположении существования единственной плоскости сдвига. Одной из целей данной дипломной работы является решение важных задач резания с учетом разрушения материала. Другой же целью является анализ параметров полученных при зарождении трещины в жестко-пластинчатом образце, ее развитие и хрупкое разрушение материала. Третьей целью является сопоставление данных при двух экспериментах и вывод о стойкости инструментальной стали. Четвертое – теоретическое представление о природе разрушения быстрорежущих сталей, разработки и улучшения процессов работы по поверхности металла для обеспечения надежности изделий.

Актуальность работы заключается в получении данных о хрупком разрушении таких прочных материала как инструментальная сталь.

Определение корреляционной связи между интенсивностью адгезионного износа инструмента и хрупкого разрушения материала.

## 1 Литературный обзор

Для наиболее подробного изучения характеристик инструментальных сталей, нам необходимо провести подробный анализ, как состава исследуемого материала, так и различных свойств, которые может проявлять данный объект. Основные свойства таких сталей: механические, тепловые, некоторые физические и химические свойства, которые сталь должна иметь после окончательной обработки. Всегда нужно помнить, что при улучшении одного или нескольких свойств неизбежно приводит к ухудшению других свойств. Одна из самых больших групп сталей, является группа инструментальных стали, которые в результате термических нагрузок получают очень высокую прочность, а также твердость и износостойкость, т.е. характеристики, которые необходимы для обработки материалов резанием или давлением. Также одной из важных характеристик является, то что данные стали обладают теплостойкостью, то есть способностью сохранять свои свойства при нагреве. Применение инструментальных сталей можно встретить в машиностроительной отрасли, авиастроении, используют для подшипников качения, деталей топливной аппаратуры, пружин различных типов, ходовых винтов. Наиболее характерной и многочисленной группой по структурному признаку являются заэвтектоидные и ледебуритные стали. Они имеют после закалки твердую металлическую основу и распределенные в ней еще более твердые карбиды. Эти стали чаще подвергают отпуску таким образом, чтобы они сохраняли для эксплуатации мартенситную структуру и высокую твердость 58-60 HRC. По химическому составу большая часть инструментальных сталей высоко- и сложнолегированные; некоторые из них содержат до 30-45% легирующих элементов.

## 1.1 Характеристики быстрорежущей сталь P6M5

Быстрорежущая сталь является легированной сталью, предназначенной главным образом, для изготовления металлорежущего инструмента, работающего при высоких скоростях резания. В первую очередь данная сталь должна обладать высоким сопротивлением к разрушению, а также красностойкостью и твердостью. Легирование быстрорежущих сталей такими элементами, как вольфрамом, молибденом, ванадием и кобальтом обеспечивает горячую твердость и красностойкость стали.



Рисунок 1.1 – Сверло с покрытием

Высоколегированные стали более прочные по своей структуре чем, другие материалы. Для таких сталей как быстрорежущие важны свойства, при которых инструмент будет продолжительно работать. Поэтому можно выделить такое свойство как красностойкость это сколько времени сталь может работать, выдерживая определенную температуру. Расшифровывая , это насколько дольше по времени закаленная или отпущенная сталь может не подвергаться повторной термообработки, то есть не начинаются структурные изменения. Для таких материалов есть специальные методики испытаний на разрушение при изгибе, при различных нагрузках, таких как статические и динамические. В нашем случае чем выше прочность инструмента, тем дольше его рабочие кромки смогу обеспечить работу по поверхности металла, а следовательно можно задать большую подачу и глубину резания, а данные параметры очень важны на производстве. Химический состав быстрорежущей стали представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав быстрорежущей стали P6M5

Марка	C	Cr	W	Mo	V	Co
-------	---	----	---	----	---	----

стали						
P6M5	0,82-0,90	3,8-4,4	5,5-6,5	4,8-5,3	1,7-2,1	<0,50

## 1.2 Термическая обработка

Быстрорежущая сталь после отжига состоит из алфа твердого раствора и карбидов. Последними являются карбиды  $M_6C$ ,  $MC$ ,  $M_{23}C_6$ ,  $M_3C$ .

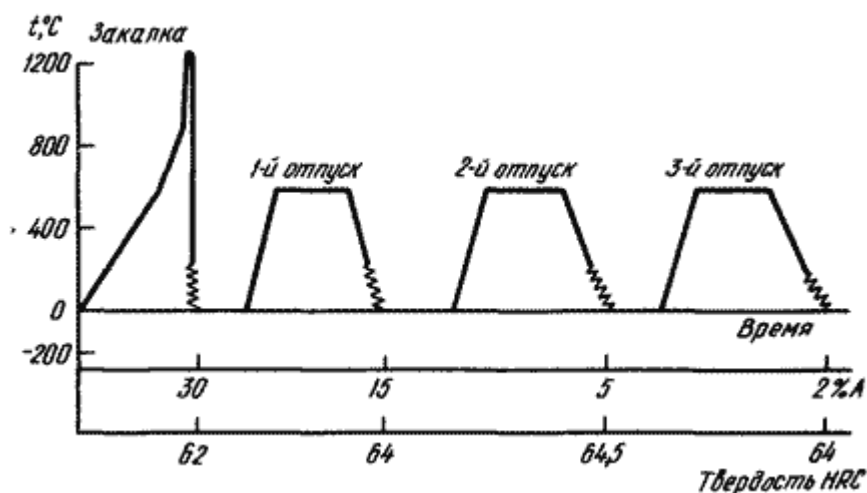


Рисунок 1.2 – Стандартный режим термической обработки для быстрорежущих сталей

Для данного вида сталей охлаждение после закалки производят в масле. В результате замедленного охлаждения в стали начинают выделяться карбиды, которые сразу уменьшают режущие свойства стали и являются концентраторами напряжения. Следующей операцией является отпуск, его проводят для превращения остаточного аустенита в мартенсит. Сталь нагревают до 560 °C и выдерживают в течение одного часа, из аустенита выделяются карбиды типа  $M_2C$ . Для уменьшения доли аустенита отпуском проводят несколько раз. Графики термообработки быстрорежущей стали многократным отпуском приведены на рисунке 1.2 Температурные режимы представлены в таблице 1.2

Таблица 1.2 – Температурные режимы термической обработки инструментов из быстрорежущих сталей

Марка стали	Закалка			Отпуск		
	температура, °С	твердость, HRC	количество аустенита, %	температура, °С	число отпусков	твердость, HRC
P6M5	1210 - 1230	62 - 64	25	550	2 - 3	63—65

Перед основной закалкой проводят предварительный отжиг в температурных интервалах 860-900 °С. Структура состоит из сорбита с включениями первичных и вторичных карбидов [15].

### 1.3 Хрупкая прочность

Одной из серьезных причин выходы из строя инструмента на производстве является его поломка и скол режущей кромки. Для режущего инструмента характерно два вида разрушения, а именно хрупкое и пластическое. Хрупкая прочность это способность материала сопротивляться хрупкому разрушению. Сравнивая упругую и пластическую деформацию, то последняя меньше. Хрупкое разрушение может происходить в результате приложения силы, которая в свою очередь может иметь термическую либо механическую природу. Как правило разрушение происходит в наиболее опасных местах и зависит это от таких параметров, как нагрузка и температура. Есть три вида разрушения: 1. Поломка-инструмент изменяет свою первоначальную форму и одна часть превышает другую; 2. Выкрашивание – постепенное откалывание мельчайших частиц от режущей кромки; 3. Сколы - с размерами, близкими к длине контакта; У каждого материала есть свой предел прочности, при превышении этого предела происходит разрушение, в результате действия чрезмерно большой силы резания. При большой подачи и низких скоростях резания происходит поломка режущего инструмента. Так как инструмент работает с перерывами, то вероятнее всего может произойти скол режущей кромки. Есть три черты, которые характеризую режим резания – это то как заходит инструмент в материал, уловите его выхода, а также циклические изменения нагрузок. Для уменьшения удара приходящегося на режущую кромку, необходимо

обеспечить таким геометрическими условиями входа, при которых начального контакта с заготовкой располагаются по возможности дальше от режущей кромки. При выходе из строя инструмента нужно быть предельно осторожными. Сильнее всего нагрузка приходится на режущую кромку резца. При циклическом повторении данного процесса с течением определенного времени работы инструмента вызывает зарождение в режущем клине усталостных микротрещин, направленных параллельно режущей кромке. Обязательный процесс, который присутствует при сверлении это тепловой нагрев инструмента. Под действие такой нагрузки плюс добавляются механические нагрузки, зарождающиеся микротрещины развиваются и пересекают друг друга. Отсюда ослабление режущей кромки и как следствие разрушение.

#### **1.4 Хрупкое разрушение быстрорежущих сталей**

Концепция квазихрупкого разрушения формулируется так: величины необратимой работы  $\gamma$ , затраченной на образование единицы площади свободной поверхности тела при развитии трещины, является постоянной материала, не зависящей от нагрузок, формы и размера тела. Пусть полоса с краевой трещиной растягивается на бесконечности напряжением  $p$ . Допустим, что нагрузка монотонно увеличивается, начиная с нуля, в результате чего в конце трещины образуется пластическая область, размер которой растет с увеличением  $p$ . Возможны два исхода: или пластическая область будет расти неограниченно при достаточно больших  $l_0L$  (при этом разрушение будет связано с тем, что все сечение перед трещиной перейдет в пластическое состояние, т.е. с исчерпанием способности тела к пластическому деформированию), или же рост пластической области будет происходить до некоторого предельного размера  $d$ , после чего будет иметь место локальное разрушение в конце трещины, и она будет развиваться. Согласно концепции квазихрупкого разрушения, для всех материалов при достаточно больших  $l_0L$  считается реализующейся вторая возможность, т. е.



существует предельный размер  $d$ . Тогда для любого материала существуют такие достаточно большие размеры тела и трещины  $l \gg L$ , что о нем можно говорить как о хрупком материале. Действительно, пусть  $l \gg L$  настолько велики, что на расстояниях  $r$  от конца трещины  $O$ , удовлетворяющих условиям  $d \ll r \ll l$ ,  $d \ll r \ll L$ , распределение напряжений и деформаций будет описываться упругой асимптотикой. То, что для любых конечных  $d$  и достаточно больших  $l \gg L$  такая асимптотика существует, вытекает из принципа микроскопа. Будем говорить, что у трещины реализуется тонкая структура, если на некоторых расстояниях  $r$  от конца трещины ( $d \ll r \ll l$ ,  $d \ll r \ll L$ ) осуществляется упругая асимптотика. При наличии тонкой структуры можно провести все энергетические рассуждения, которые привели к формулировке критерия локального разрушения на контуре хрупкой трещины. При этом для трещин нормального разрыва условие локального разрушения по – прежнему формулируется в виде  $K_I = K_{Ic}$ . Из обще функционального метода вытекает, что величина  $K_{Ic}$  представляет собой некоторую функцию предыстории нагружения ( в частности, времени, скорости роста трещины). На основании концепции квазихрупкого разрушения позволяет полностью перенести все установленные для хрупких тел закономерности на квазихрупкие тела, т.е. такие упруго-пластические тела с трещинами, для которых реализуется тонкая структура. В этом случае пластическая область перемещается вместе с концом трещины как жесткое целое, не изменяя своей формы; форма и размер этой области не зависят от нагрузок и конфигурации тела с трещинами. Указанная концепция позволяет также подойти к объяснению хрупкого и вязкого разрушений как к некоторым предельным случаям квазихрупкого разрушения при  $d \rightarrow 0$  и  $d \rightarrow \infty$  соответственно. Само название константы  $K_{Ic}$  означает, что при одинаковых геометрических размерах образцов с трещиной из различных материалов разрушение будет тем ближе к вязкому, чем больше  $K_{Ic}$ ; и наоборот, чем меньше  $K_{Ic}$ , тем ближе разрушение к хрупкому. Существенно подчеркнуть, что в рамках теории квазихрупкого разрушения распределение напряжений и

деформаций на расстояниях порядка  $d$  от конца трещины может быть самым различным; сила и общность механики хрупкого разрушения как раз и заключается в том, что ее закономерности не зависят от характера этого распределения [14].

Трещина понимает под собой разделение поверхностей под действием нагрузок. Разрушение в первую очередь делится на такие типы как частичное и полное разрушение. Рассматривая тело при котором происходит только частичное разрушение, то можно сказать, что в теле возникают только повреждения в виде различных трещин, либо дефекты, что за собой сулит от нарушения механических свойств конструкции. Рассматривая же полное разрушение, можно сказать что тело разделяется на части.

Виды разрушения:

1. Когда тело теряет способность сопротивляться пластической деформации, происходит пластическое разрушение.
2. В теле зарождается магистральная трещина, при приложении большей нагрузки происходит хрупкое разрушение. Хрупкое разрушение различается на свои виды. Чаще всего хрупкое разрушение происходит по определенным кристаллографическим плоскостям.
3. При накоплении в теле повреждений и прикладывания повторных нагрузок происходит зарождение трещин и как следствие его усталостное разрушение. Усталость бывает малоцикловая усталость и усталость. Но число циклов в прочных материалов велико до полного разрушения. В малоцикловой усталости присутствуют номинальные напряжения большой предел текучести при каждом цикле возникает пластическая деформация.
4. Разрушение при ползучести.
5. Коррозионное разрушение.

Известно, что трещина начинает свое начало задолго до разрушения, конструкция может служить какое время при наличии в ней трещины. Поэтому очень важно знать механизм распространения трещины, ее

зарождение и поведение в материале. Делая выводы на основе достижений в исследовании разрушения, можно сказать:

1. Разрушение в общем случае есть не критическое событие, а физический процесс зарождения, объединения и роста трещин. Этот процесс заканчивается потерей устойчивости одной из таких трещин.
2. Субмикро- и микротрещины – обычный элемент дефектной структуры, подобный дислокациям и вакансиям, а не следствие недостаточно хорошей технологии изготовления материала[19].

#### **1.4.1 Основные эффекты процесса разрушения**

Основная концепция механики хрупкого разрушения (вязкость разрушения  $K_{Ic}$  является постоянной характеристикой материала) не в состоянии объяснить многие весьма важные явления процесса разрушения. Хотя бы беглое знакомство с ними представляется целесообразным прежде всего для того, чтобы оценить границы применимости указанной основной концепции механики разрушения, а также для того, чтобы иметь представление об основных направлениях научных поисков в этой области. В большинстве материалов, проявляющих в какой-то мере пластические свойства перед разрушением (например, металлы, полимеры), трещина устойчиво подрастает в процессе монотонного нагружения, прежде чем перейти в динамический режим или в режим контролируемого устойчивого роста, характерные для хрупких и квазихрупких трещин. Средняя величина докритического подрастания для металлов составляет  $10^{-3}$ - $10^{-1}$  см в условиях плоской деформации, а в тонких пластинах значительно больше. Это подрастание нельзя объяснить в рамках концепции квазихрупкого разрушения неоднородностью прочностных свойств материалов, так как оно зачастую значительно больше среднего размера зерна. Величина подрастания зависит от остроты искусственного надреза: для более острой трещины подрастание начинается раньше, а величина подрастания, как правило, больше; для тупого надреза подрастание может вовсе отсутствовать. Механизм такого докритического роста трещины состоит в исчерпании

способности к пластическому деформированию в некоторой области вблизи конца трещины, малой по сравнению со всей пластической зоной в конце трещины, задолго до наступления предельного состояния всей тонкой структуры. В основе этого механизма лежит локальная концентрация деформаций на контуре трещины. Если реализована тонкая структура, то из соображений анализа размерностей скорость роста трещины при монотонном нагружении должна выражаться формулой вида

$$\frac{dl}{dK_I} = \frac{K_I}{\sigma_s^2} \Phi\left(\frac{K_I^2}{E\gamma}, \frac{\sigma_s}{E}, \nu\right) \quad (1.1)$$

Здесь  $\Phi$ - некоторая безразмерная функция своих аргументов,  $\gamma$ - необратимая работа образования единицы поверхности трещины. Наиболее простое теоретическое описание этого явления представляется следующим. Пусть в упруго-пластическом теле рост трещины происходит в процессе локального нагружения при любых  $K_{Ic}$ . Напомним, что при выводе критерия локального разрушения для хрупких трещин считалось, наоборот, что при достаточно малых  $K_I$  трещина не растет. Можно показать, что в этом случае, для идеальных упруго-пластических сред необратимая работа  $\gamma$ , расходуемая при образовании единицы свободной поверхности трещины нормального разрыва, равна

$$\gamma = \frac{1-\nu^2}{2E} K_I^2 + \beta K_I^2 \frac{dK_I}{dl} \quad (1.2)$$

Здесь  $\beta$  – некоторая постоянная материала.

Пластическая область в процессе нагружения не только расширяется, но и смещается как жесткая в направлении роста трещины вместе с ее концом; концепция квазихрупкого разрушения реализуется асимптотически при достаточно больших приращениях длины трещины как выход на стационарный режим распространения пластической области. Простейшее допущение о том, что  $\gamma$  является постоянной материала, позволяет при

помощи (5) получить простую аналитическую зависимость подрастания трещины  $\Delta l = l - l_0$  от  $K_I$  в процессе монотонного нагружения.

#### 1.4.2 Методы определения вязкости разрушения

При экспериментальном определении вязкости разрушения  $K_{Ic}$  встают следующие основные проблемы:

- 1) Выбор наиболее рациональной формы и размеры образца, а также схемы нагружения;
- 2) Создание искусственных трещин
- 3) Регистрация длины трещины и нагрузок;

В зависимости от вида материала и от экономических возможностей исследователя эти вопросы в применяемых на практических методах решаются по –разному. Универсального метода, который наилучшим образом решил бы эти вопросы для всех материалов, по –видимому, указать нельзя. Пусть разрушение металлической конструкции происходит из-за наличия плоской краевой трещины под действием растяжения, перпендикулярного к плоскости трещины. Чувствительность материала к дефектам такого типа и вязкости разрушения можно найти, не прибегая к теоретическим решениям. Для этого берется образец любой удобной из конструктивных соображений формы (например, в форме прямоугольного параллелепипеда), в котором под действием циклического растяжения создается краевая усталостная трещина; затем образец растягивается до разрушения и замеряется разрушающая нагрузка  $\sigma$ , соответствующая созданной трещине. Размер образца должен быть таким, чтобы была реализована тонкая структура конца трещины. На основании анализа размерностей корреляционная связь должна иметь вид:

$$(6) \sigma \sqrt{a} / K_{Ic} = f_I \left( \frac{a}{h} \right) \quad (1.3)$$

Здесь  $f_I$ - некоторая безразмерная функция своего аргумента,  $a$  и  $h$ - характерные линейные размеры трещины и образца соответственно. Теперь

заметим, что скорость роста усталостной трещины чрезвычайно чувствительная к величине коэффициента интенсивности напряжений. Поэтому трещина развивается так, чтобы распределение коэффициента интенсивности напряжений вдоль ее контура выравнивалось; последнее характерно также для хрупкой трещины при монотонном нагружении в некотором диапазоне начальных трещин. Вследствие этого можно говорить о практически достаточно точном соответствии формы развитой усталостной трещины и развитой хрупкой трещины в начале ее нестабильного роста для некоторого множества начальных трещин различной формы. Аналогичное стремление к некоторой стандартной форме краевой трещины будет иметь место также у коррозионных трещин и трещин замедленного разрушения, так как скорость роста таких трещин также весьма чувствительна к величине коэффициента интенсивности напряжений. Из соображений анализа размерностей форма усталостной трещины, созданной в результате растяжения, при заданной нагрузке не будет зависеть от свойств материала, а будет вполне определяться формой и размерами образца. Поэтому функция  $f_I$  для образца и заданных размеров и формы будет зависеть лишь от одного аргумента, и ее можно определить экспериментально на основании таких же опытов по разрушению с искусственно созданной усталостной трещиной для некоторого контрольного материала с уже известной вязкостью разрушения  $K_{Ic}$ . [14]

### **1.4.3 Анализ основных подходов к определению характеристик трещиностойкости**

Механические свойства, которые характеризуют трещиностойкость можно получить за счет варьирования различных критериев разрушения. Трещиностойкость это характеристика материала определяющая его сопротивление разрушению. Основные характеристики это коэффициент интенсивности  $K_c$  он является характеристикой поля напряжения на стадии возникновения разрушения вблизи вершины самой трещины. Критическое значение коэффициента интенсивности напряжений  $K_{Ic}$ - предельное

значение величины  $K_c$  в окрестности вершины трещины в момент ее срагивания, когда в этой окрестности реализуется трехосное растяжение при плоской деформации; Критическое раскрытие  $\delta_c$  это взаимное перемещение берегов трещины в ее вершине, характеризующее предельную способность материала к пластической деформации в зоне трещины в начале ее движения. Критическое значение J- интеграла. Характер напряженно-деформированного состояния определяет такое понятие как предельное значение интенсивности напряжений  $K_{Ic}$ . Если же плоская деформация в окрестности вершины трещины в рассматриваемом теле не реализуется, то установленную трещиностойкость в терминах коэффициентов интенсивности напряжений обозначают через  $K_c$ . Есть определённая взаимосвязь между величинами  $K_c$  и  $K_{Ic}$ : первая величина не зависит от геометрии первое в рамках принятой точности, вторая же зависит от толщины образца. Исходя из этого характеристика  $K_{Ic}$  принято рассматривать как константу материала; она является минимальным значением возможных значений  $K_c$  при заданных условиях испытания (температура, скорость нагружения, среда). Величина  $K_{Ic}$  для заданных условий есть количественная характеристика свойств материала в окрестности острых трещиноподобных концентраторов напряжений. Она существенно дополняет обычные, принятые как стандартные, механические характеристики прочности конструкционных материалов, поскольку отражают свойства материала в таких состояниях, когда он деформирован за предел упругости в нем начинается процесс разрушения-образования новых поверхностей. Величина  $K_{Ic}$  зависит от температуры испытания, скорости нагружения, физико-химического воздействия окружающей среды, причем эта зависимость более существенная, чем для обычных механических характеристик. Поэтому во многих случаях данные о трещиностойкости могут служить важным показателем влияния указанных факторов на изменение эксплуатационных свойств материала конструкции. [16]

## 2 Постановка задачи, материалы и методика эксперимента

### 2.1 Постановка задачи

Основными целями данной работы являлось:

1. Провести анализ характера разрушения быстрорежущей стали на основе расчетов критериев разрушения хрупких материалов; макроанализ изломов образцов из стали Р6М5, подвергнутых различным видам термической обработки; проведение механических испытаний;
2. Рассчитать критерии разрушения и энергоёмкость хрупких материалов в различном состоянии, по величинам которых можно прогнозировать работоспособность инструмента.
3. Провести металлографические исследования боковой поверхности образцов вблизи поверхности, полученной при хрупком разрушении
4. Установить связь между J-интегралом с предельными значениями ломающей подачи.

### 2.2 Исследуемые материалы

В качестве объектов исследования были взяты изготовленные автором образцы из быстрорежущей стали марки Р6М5, а также приобретены свёрла Ø5 мм.(рисунок 2.1)



Рисунок 2.1 – изображение мелкоразмерного сверла и образцов

Выбор использования данного вида стали был обусловлен несколькими факторами. необходимостью использования свёрл из этой стали



машиностроительными предприятиями. Первым является экономическая сторона вопроса, повышение таможенных пошлин, изменения курса рубля заставляет машиностроительные предприятия отказываться от зарубежных аналогов и переходить на собственные ресурсы, что влечет за собой создание качественной продукции, которая будет продолжительно служить. Это, в свою очередь, обуславливает выполнение определенных требований к прочностным характеристикам материала, получение данных характеристик возможно за счет подбора оптимальных условий термообработки стали. Для получения положительных результатов исследований была подобрана термообработка для быстрорежущей стали. Режимы термообработки были подобраны одинаковые для образцов и для сверл из быстрорежущей стали. Предварительный нагрев под закалку: Температура 750 – 950<sup>0</sup>С. Состав ванны: 30%NaCl+70%BaCl<sub>2</sub>.

1. Окончательный нагрев: Температура 1220<sup>0</sup>С. Состав ванны: BaCl<sub>2</sub>.
2. Охлаждение: Температура ванны 470<sup>0</sup>С (400 – 500<sup>0</sup>С). Состав ванны: каустик – NaOH.
3. Охлаждение возле ванны.

В результате медленного охлаждения с высоких температур (например, на воздухе) могут выделиться карбиды, что ухудшает режущие свойства. Для превращения остаточного аустенита в мартенсит производили отпуск. Для этого закаленную сталь нагревали до 560 °С в течение 1 часа и охлаждали на воздухе, при этом из аустенита выделяются карбиды типа M<sub>2</sub>C. Для более полного превращения операцию отпуска повторяли два и три раза (так называемый «многократный отпуск»).

1. Состав ванны: 50%NaNo<sub>2</sub>+50%NaNO<sub>3</sub>.

Твердость после такой обработки должна составлять 207 - 255 НВ.

Испытанию подвергались четыре группы сверл и 4 группы образцов:

- 1 Закаленные без отпуска
- 2 Закаленные с однократным отпуском

3 Закаленные с двукратным отпуском

4 Закаленные с трехкратным отпуском

### 2.3 Методика определения хрупкой прочности

Испытание на ломающую подачу заключается в следующем: чем выше скорость вхождения сверла в обрабатываемый материал – чем выше подача, тем выше осевая сила и, соответственно выше вероятность хрупкого разрушения. Испытание сверл на хрупкую прочность проводили на вертикально – сверлильном станке модели 2Н135 (рисунок 2.2 ).



Рисунок 2.2 – вертикально сверлильный станок модели 2Н135

Диаметр испытываемых сверл составлял 5 мм. Сверление сквозных отверстий производили в специальных брусках из проката с поперечным сечением 25x50 мм, полученных из стали 45. Скорость резания при испытаниях составляла – 15,70 м/мин. Подача (осевая скорость перемещения сверла) была переменной и составляла 0,16 мм/об; 0,20 мм/об; 0,25 мм/об; 0,32 мм/об; 0,40 мм/об; 0,5 мм/об; 0,63 мм/об; 0,8 мм/об.

## 2.4 Методика определения характеристик трещиностойкости

Для проведения данного эксперимента по методике согласно ГОСТ 25.506-85 в качестве исследуемых объектов были спроектированы образцы толщиной 12,2 мм (рисунок 2.3) .

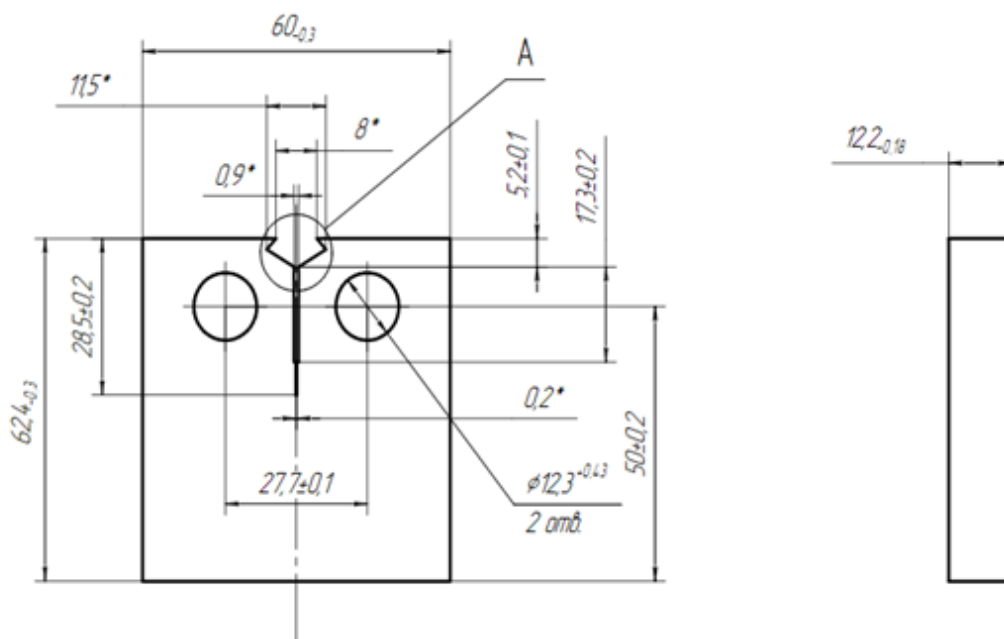


Рисунок 2.3 – Чертеж испытываемого образца

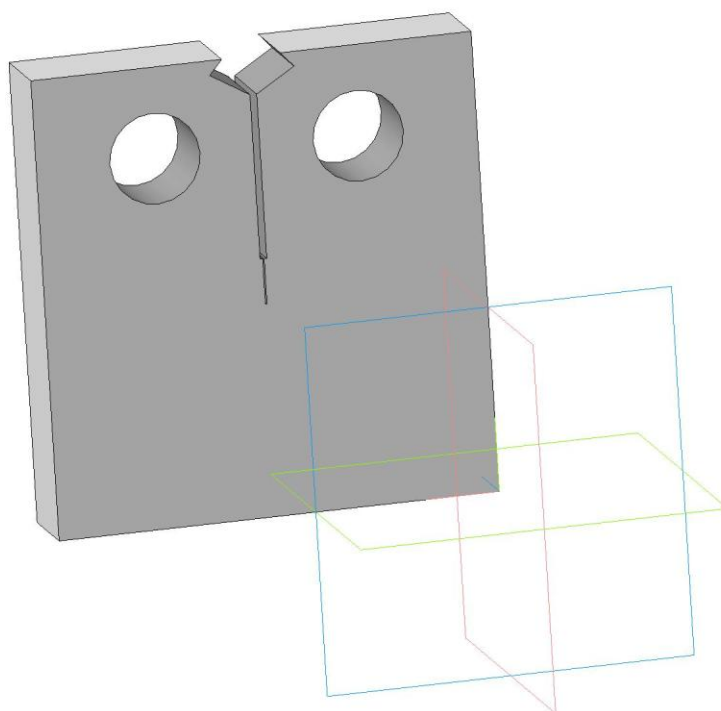


Рисунок 2.4 – Модель испытываемого образца из стали Р6М5

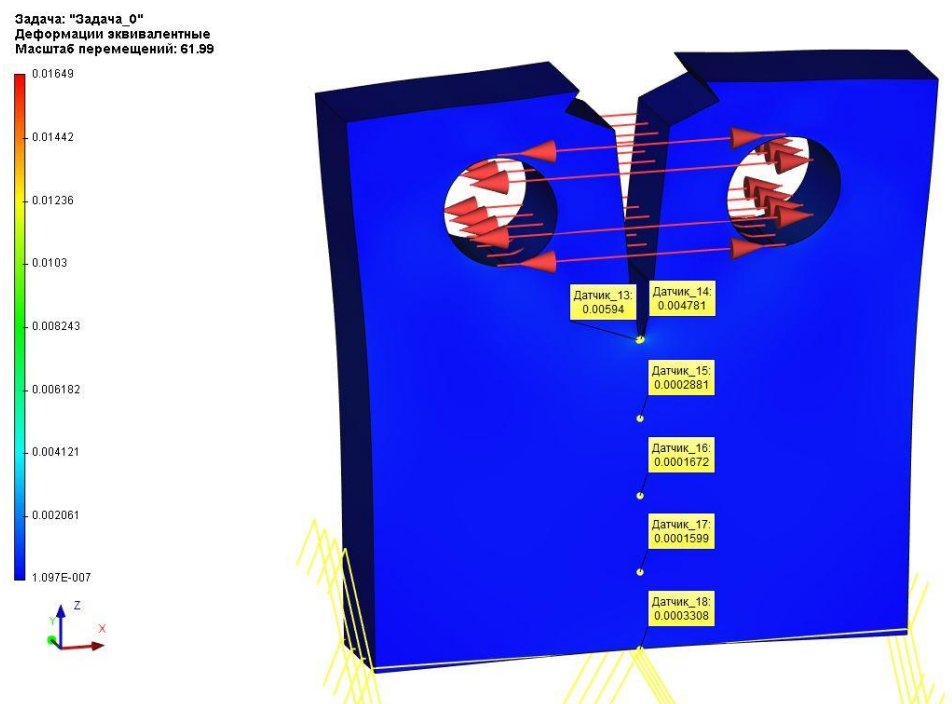


Рисунок 2.5 – Модель раскрытия берегов

В образцах форму и размеры частей, служащих для крепления и нагружения, определяли после выбора конструкции захватов. Иницирующий надрез в образце показан рисунке 2.4 и на рисунке 2.5. Ориентация надреза в случае анизотропии механических свойств должна была быть одинаковой для всех образцов при данных испытаниях. Надрез изготавливали электроискровым способом. При вырезке и изготовлении образцов обеспечили минимальные наклеп, остаточные напряжения, а также изменения структуры и фазового состава в зоне разрушения образца. Окончательную механическую обработку образцов и нанесение исходной усталостной трещины проводили после термической обработки образцов. Усталостную трещину наносили таким образом, чтобы контур надреза находился между прямыми, пересекающимися под углом  $20 - 30^\circ$  в вершине трещины, а разность была не меньше 1,5 мм.

Для определения характеристик трещиностойкости важной частью эксперимента являлось определение максимальной нагрузки при, которой произойдет разрушение образца из стали Р6М5 (рисунки 2.6, 2.7, 2.8)



Рисунок 2.6 – Испытуемый образец в захватах

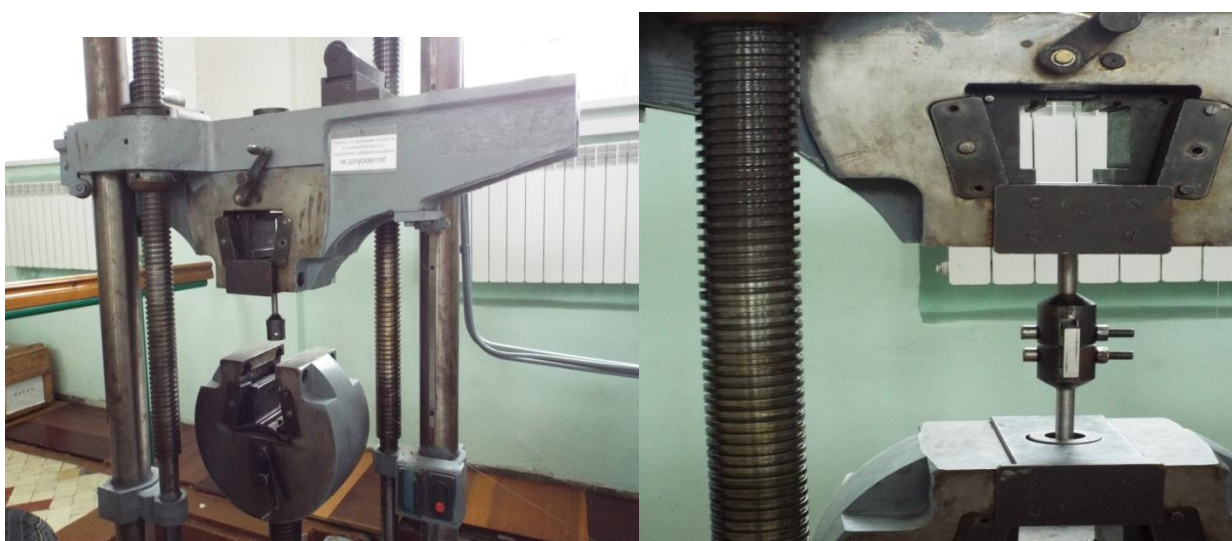


Рисунок 2.7 – Установка захватов в машину



Рисунок 2.8 – Максимальная нагрузка 1050 т.

После определения максимальной нагрузки для образца из стали Р6М5, проводили испытания на хрупкое разрушение образцов согласно методике ГОСТ 25.506-85. Испытательная машина на которой проходил эксперимент выпущена по технической документации фирмы "Bangalore Integrated System Solutions" (BISS), Bangalore, Индия. Компания BISS специализируется на разработке, производстве, эксплуатации и модернизации испытательной техники для оценки прочности, долговечности, трещиностойкости, вибростойкости и динамических свойств материалов, узлов конструкций и машин. Опыт компании на протяжении 20-и лет охватывает широкий фронт испытательного оборудования для авиации и ракетостроения, автомобильной промышленности, ядерной и ветровой энергетики, железных дорог и строительного дела. Машины испытательные универсальные BISS предназначены для испытаний образцов материалов и элементов конструкций на растяжение-сжатие. Область применения - предприятия различных отраслей промышленности. Принцип действия испытательной машины заключается в преобразовании силы, приложенной к испытываемому образцу, в электрический сигнал, передающийся в управляющую систему контроллера. Сигналы обрабатываются и параметры процесса нагружения через USB-порт выводятся на монитор персонального компьютера (ПК). Машина испытательная универсальная BISS представляет собой электрогидравлическую двухколонную блочно-модульную конструкцию с управлением от ЭВМ. Конструкция состоит из силовой рамы с подвижной и неподвижной траверсами, маслонасосной станции, системы управления от контроллера, подключаемого к ПК. На раме в нижней ее части установлены силовозбудитель, гидроаккумуляторы, сервоклапан и фильтры. Верхняя траверса с силоизмерителем перемещается с помощью гидропривода по колоннам и фиксируется в требуемом положении. Установка испытательных образцов выполняется посредством клиновых гидравлических зажимов оператором с пульта, смонтированного на раме машины. Приложение нагрузки осуществляется перемещением нижнего

захвата, соединенного со штоком силового двигателя, который снабжен датчиком перемещений. Маслонасосная станция рассчитана на работу с допустимой температурой масла в системе +60°C, при достижении которой электропривод маслонасоса отключается.

Решаемые прикладные задачи:

- Испытания на растяжение-сжатие
- Хрупкое и вязкое разрушение
- Усталостный рост трещины
- Мало-, много-цикловая усталость

Стандартные технические характеристики:

- Макс. Нагрузка 25 кН
- Частота нагружения от 0 до 100 Гц
- Практически бесшумна
- Охлаждения не требуется
- Рассчитаны на непрерывную работу
- USB-вход для подключения ПК
- В поставку входит ПО

Дополнительные возможности:

- Датчик раскрытия трещины (+4/-1 мм) для испытаний на механику разрушения
- Экстензометр для испытаний на растяжение/сжатие

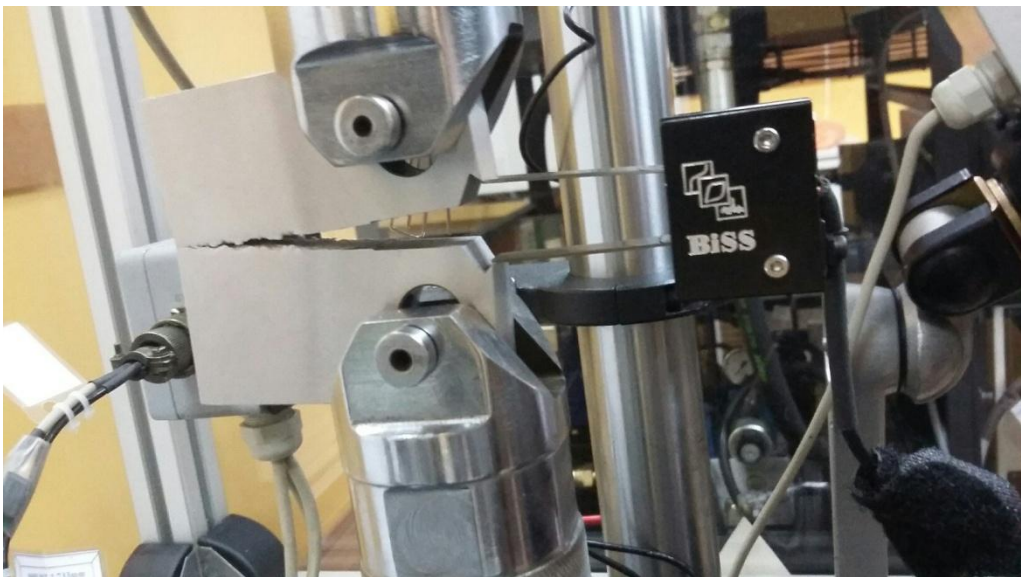


Рисунок 2.9 – Испытания на трещиностойкость

Определение длины, а также роста и распространения усталостной трещины использовался оптический микроскоп «Лабомет-И» представленный на рисунке 2.10.





Рисунок 2.10 - Микроскоп «Лабомет И»

Для получения структуры каждого образца использовался растровый электронный микроскоп (РЭМ), предназначенный для получения изображения поверхности объекта с высоким (до 0,4 нанометра) пространственным разрешением, также информации о составе, строении и некоторых других свойствах приповерхностных слоёв (рисунок 2.11). Основан на принципе взаимодействия электронного пучка с исследуемым объектом. Современный РЭМ позволяет работать в широком диапазоне увеличений приблизительно от 10 крат (то есть эквивалентно увеличению сильной ручной линзы) до 1 000 000 крат, что приблизительно в 500 раз превышает предел увеличения лучших оптических микроскопов.



Рисунок 2.11– Растровый электронный микроскоп JEOL-6000

Для определения параметра трещиностойкости был выбран способ зарождения трещин с помощью прибора для измерения твердости по Виккерсу (рисунок 2.12). Данный способ является стандартным для определения значений твердости материала. На поверхность оказывает давление алмазная пирамида оставляя после себя след. Диагонали полученного отпечатка замеряются, и по формуле высчитывается значение твердости.



Рисунок 2.12 – Прибор для измерения твердости по Виккерсу

Прибор для измерения твердости по Роквеллу удобен в простоте (рисунок 2.13). Метод определения твердости заключается в вдавливании шарика в поверхность материала, прикладывается нагрузка и через определенное время на шкале показывается значение твердости.



Рисунок 2.13 – Прибор для измерения твердости по Роквеллу

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ4А	Котельникова Анастасия Алексеевна

Институт	ИФВТ	Кафедра	ММС
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	Материаловедение в машиностроении

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</li> <li>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</li> <li>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</li> </ol>	<p>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах</p>
---	--

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Потенциальные потребители результатов исследования</li> <li>2. Анализ конкурентных технических решений</li> <li>4. SWOT-анализ</li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Разработка устава научно-технического проекта</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Цели и результаты проекта</li> <li>2. Организационная структура проекта</li> <li>3. Иерархическая структура работ</li> <li>4. Контрольные события проекта</li> <li>5. План проекта</li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ</li> </ol>	<p>Бюджет научно – технического исследования (НИИ)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расчет материальных затрат НИИ</li> <li>2. Расчет амортизационных расходов</li> <li>3. Основная заработная плата исполнителей темы</li> <li>4. Отчисления на социальные нужды</li> <li>5. Накладные расходы</li> <li>6. Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта</li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</li> </ol>	<p>Расчет коэффициента научно-технического уровня проекта</p>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Потенциальные потребители результатов исследования</li> <li>2. SWOT -анализ</li> <li>3. Бюджет проекта</li> </ol>
---

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гаврикова Н.А.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ4А	Котельникова А.А.		

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **4.1 Предпроектный анализ**

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

В современных условиях развития рынков удовлетворить всех потребителей при помощи одного товара или услуги практически невозможно. У каждого есть свои желания, интересы ожидания от товара. Поэтому у компаний возникает необходимость учитывать отличия в требованиях и ожиданиях потребителей при разработке маркетинговой стратегии и комплекса маркетинга. Это можно сделать, разбив рынок на определенные группы, каждая из которых включает потребителей с общими характеристиками и сходными потребностями в отношении определенных товаров и услуг. Выявление этих групп и называется сегментацией рынка. Предприятие в своей деятельности может ориентироваться на весь рынок либо на отдельные рыночные сегменты, в нашем случае сегментами рынка будут выступать предприятия, которые делятся собой на классы: крупносерийное производство (Пример – АО «Научно производственная корпорация «Уралвагонзавод»), среднесерийное производство (Пример – ОАО «Торгмаш») и мелкосерийное производство (Пример – АО «ТЭТЗ»). Сегмент рынка - это особым образом выделенная часть рынка, группа потребителей, товаров или предприятий, которые имеют некоторые общие признаки. Проанализировав промышленную экономику была составлена круговая диаграмма (рис. 1) , наглядно описывающая процент потребителей, для которых результат исследования данной работы, может быть, применим в практике.

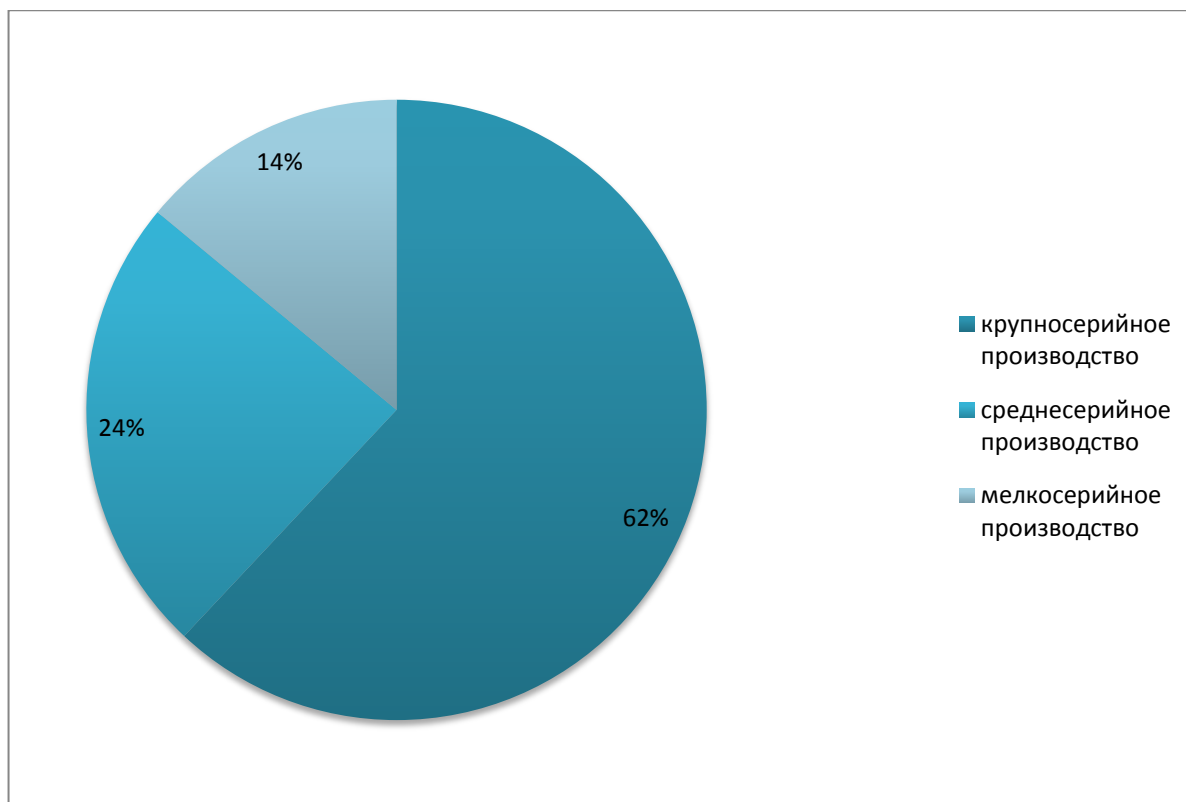


Рисунок 4.1 – круговая диаграмма сегментации рынка использования режущего инструмента из быстрорежущей стали.

Целевым же рынком будет являться все предприятия машиностроительного комплекса, так как им необходим высококачественный инструмент, который будет служить продолжительное время.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Возможность использования нестандартных материалов	0.05	5	5	0,25	0,25
2. Удобство в эксплуатации	0.1	5	4	0,5	0,4

(соответствует требованиям потребителей)					
3. Стоимость разработки	0.05	5	4	0,25	0,2
4. Эффективность конечной продукции	0.1	5	5	0,5	0,5
5. Вариативность применения	0.1	5	4	0,5	0,4
6. Доступность для потребителя	0.05	5	3	0,25	0,15
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0.05	5	5	0,25	0,25
2. Уровень проникновения на рынок	0.1	4	3	0,4	0,3
3. Цена	0.05	5	4	0,25	0,2
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0.05	5	5	0,25	0,25
5. Финансирование научной разработки	0.05	5	4	0,25	0,2
6. Срок выхода на рынок	0.1	5	4	0,5	0,4
7. Наличие сертификации разработки	0.1	5	5	0,5	0,5
Итого	1	64	55	4,65	4

Исследование быстрорежущей стали является достаточно актуальной темой нашего времени. Как показала практика предприятия, которые изготавливают свёрла из быстрорежущей стали собственного производства почти не осталось, основными конкурентами могут выступать технологии термообработки инструментов из быстрорежущей стали зарубежных аналогов (например: свёрла компании Sandvik Coromant), а вследствие курса рубля и повышения таможенных пошлин, российские предприятия, которым необходим режущий инструмент стараются искать возможности наиболее выгодной покупки инструмента, или же разрабатывать оптимальную технологию обработки собственного производства. Поэтому рассмотрен только один конкурентный товар.

Из данного исследования есть возможность понять, какую именно термообработку лучше использовать для мелкоразмерных свёрл для их меньшего разрушения. Таким образом, при положительных результатах, у технологов, проектирующих мелкоразмерные свёрла появится, появится видоизмененная технология обработки стали.

### 4.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ (CBOT анализ) — метод стратегического планирования, используемый для оценки факторов и явлений, влияющих на научно-исследовательский проект. Все факторы в этом случае делятся на четыре категории:

- 2 категории CBOT (SWOT) анализа описывают проект изнутри strengths (сильные стороны), weaknesses (слабые стороны );
- 2 другие категории CBOT (SWOT) анализа описывают внешнюю среду для проекта— opportunities (возможности ) и threats (угрозы ).

В данной части работы, SWOT анализ внутренней научно-исследовательского проекта будет производиться по следующим критериям:

- Цена продукции.
- Каналы сбыта товаров.
- Продвижение товаров.
- Обслуживание потребителей.

Анализировать внешнюю среду проекта будем по следующим пунктам:

- Законодательство РФ.
- Экономическая ситуация.
- Конкуренция.
- Технологическое состояние проекта

К угрозам активный демпинг на российскую продукцию со стороны малых предприятий России и производителей стран Юго-Восточной Азии (Китай, Тайвань, Малайзия) при невысоком качестве изделий.

Таблица 4.2 – SWOT-анализ



Внутренняя среда	<p><b>Сильные стороны</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• С1 Возможность мобильного внедрения проекта на машиностроительные предприятия</li> <li>• С2 Дешевое сырье</li> <li>• С3 Исследовательский проект является актуальным для данного времени</li> </ul>	<p><b>Слабые стороны</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Сл1 Трудности для внедрения данного проекта</li> <li>• Сл2 Необходимость в новом оборудовании для более глубокого исследования</li> <li>• Сл3 Недостаточное финансирование</li> </ul>
Внешняя среда	<p><b>Возможности</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• В1 Заключение соглашений с ведущими мировыми компаниями.</li> <li>• В2 Невысокие в сравнении с мировыми расходы на электроэнергию, заработную плату работников.</li> <li>• В3 Финансовая поддержка экспорта российской продукции</li> </ul>	<p><b>Угрозы</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• У1 Рост цен на сырье, материалы, электроэнергию</li> <li>• У2 Ужесточение экологических требований.</li> <li>• У3 Изменение курса мировых валют: рост ценовой конкуренции.</li> </ul>

Таблица 4.3 - Интерактивная матрица проекта

Возможности проекта	Сильные стороны проекта			
		С1	С2	С3
	В1	-	+	+
	В2	+	-	+
	В3	-	+	+
Возможности проекта	Слабые стороны проекта			
		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	+	+	0
	В2	+	-	-
	В3	+	-	-
Сильные стороны	Угрозы			
		У1	У2	У3

проекта	C1	-	-	-
	C2	+	-	+
	C3	+	+	+
Слабые стороны проекта	Угрозы			
	Сл1	-	-	+
	Сл2	+	-	+
	Сл3	+	-	-

Таблица 4.4 – Итоговая SWOT-матрица

	<p>Сильные стороны:</p> <p>C1 Возможность мобильного внедрения проекта на машиностроительные предприятия</p> <p>C2 Дешевое сырье</p> <p>C3 Большое количество машиностроительных предприятий использующих режущий инструмент</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1 Трудности для внедрения данного проекта</p> <p>Сл2 Необходимость в новом оборудовании для более глубокого исследования</p> <p>Сл3 Сложность в поисках инвесторов для научно-исследовательского проекта</p>
<p>Возможности:</p> <p>V1 Заключение соглашений с ведущими мировыми компаниями.</p> <p>V2 Невысокие в сравнении с мировыми расходы на электроэнергию, заработную плату работников.</p> <p>V3 Снижение таможенных пошлин на технологическое оборудование, не производимое в России</p>	<p>V1V3C2C3;V2C1</p> <p>Анализирую таблицу приведенную выше наиболее сильными сторонами в взаимодействии с возможностями является мобильность проекта и актуальность, что является наиболее важными факторами влияющими на дальнейшее развитие проекта</p>	<p>V1Сл1Сл2;V2V3Сл2Сл3</p> <p>Отсутствие должного финансирования сильно тормозило развитие проекта, но возможности, которые открываются перед данным исследовательским проектом сильно повлияли на его завершение.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1 Рост цен на сырье, материалы,</p>	<p>C2C3У1У2У3;C4C5</p> <p>У1У3</p> <p>Анализирую взаимодействие сильных</p>	<p>Сл1У3;Сл2У1У3;</p> <p>Сл3У1</p> <p>Взаимодействие</p>

электроэнергию машиностроения У2 Ужесточение экологических требований. У3 Изменение курса мировых валют: рост ценовой конкуренции.	сторон и угроз можно сделать выводы, что для дальнейшего исследования придется преодолеть некоторые трудности, но в условиях гибкой экономики преодолеть их возможно.	слабых сторон и угроз, могут негативно сказаться на проекте, там самым вызывая сложности его развития. А слабое финансирование проекта в принципе может вызвать потери результатов
--	---	--

#### 4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения).

Таблица 4.5 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	5
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	4
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной	4	4

	разработки		
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	3	3
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	<b>55</b>	<b>55</b>

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (4.1)$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Значение  $B_{\text{сум}}$  позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, если значение  $B_{\text{сум}}$  получилось 55 баллов, следовательно перспективность данного проекта выше среднего. Необходимо учесть недостающие компетенции и разработать систему пополнения их. Так же разработать направления дальнейшего улучшения данного проекта для повышения инвестирования текущей разработки

## **4.2. Инициация проекта**

### **4.2.1. Цели и результат проекта**

Одним из самых технологически выгодных процессов в промышленности, является процесс резания металла. Одна из основных проблем связанных с

данным процессом, является разрушение тела. Одной из целей данной дипломной работы является постановка и решение задачи о резании с учетом разрушения материала в окрестности режущей кромки резца. Вторая - теоретическое представление о природе разрушения быстрорежущих сталей, разработки и совершенствование технологических процессов обработки металлической поверхности режущего инструмента для обеспечения надежности конструкций и изделий. Результатом данной задачи будет являться определение наиболее подходящей методики определения параметров разрушения, и как следствие подбор наиболее оптимального режима термообработки для быстрорежущей стали, что позволит осуществить ресурсосбережение предприятия.

Таблица 4.6 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Котельникова А.А. Студентка группы 4БМ4А	Завершение исследовательской работы, с получением положительного результата, защита магистерской диссертации
Машиностроительное предприятие АО «ТЭТЗ»	Получение данных о конечном результате испытаний, возможность использовать научно-исследовательский проект на предприятии
НИ ТПУ	Завершение исследовательской работы, получение конечного результата
Комплекс различных машиностроительных предприятий	возможность использовать научно-исследовательский проект на предприятии

Таблица 4.7 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Постановка и решение задачи о резании с учетом разрушения материала в окрестности режущей кромки резца.</li> <li>2. Получить теоретическое представление о природе разрушения быстрорежущих сталей, разработки и</li> </ol>
---------------	---

	совершенствование технологических процессов обработки металлической поверхности режущего инструмента
Ожидаемые результаты проекта:	Подобрать оптимальный режим термообработки для мелкоразмерных свёрл из быстрорежущей стали
Критерии приемки результата проекта:	Результаты испытаний Выводы сделанные на основе анализа результатов испытаний
Требования к результату проекта:	Требование:
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Однородность структуры получаемая при оптимальной термообработке</li> <li>2. Максимальное значение J-интеграла, для образца с оптимальной термообработкой</li> <li>3. Максимальная хрупкая прочность, при той же термообработке</li> </ol>

Таблица 4.8 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час.
1	Кондратюк А.А. Доцент НИ ТПУ	Научный руководитель	Реализация проекта, координация деятельности участников	188
2	Бяков А. Научный сотрудник НИ ТПУ	Исполнитель по проекту	Выполнение отдельных функций в проекте: проведение испытаний на машине BISS	8
3	Нестеренко В.П.	Исполнитель по проекту	Координация работы, содействие в получении научных и опытных знаний	8
4	Котельникова А.А. магистрант	Исполнитель по проекту	Выполнение проекта	756
ИТОГО:				960

Таблица 4.9 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	Не ограничено
3.1.1. Источник финансирования	Кафедральный бюджет
3.2. Сроки проекта:	17.09.15-24.06.16

3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	6.02.16
3.2.2. Дата завершения проекта	26.06.16
3.3. Прочие ограничения и допущения*	Ограничение по времени использования научного оборудования

### 4.3 Планирование управления научно-техническим проектом

#### 4.3.1 Контрольные события проекта

В рамках данного раздела необходимо определить ключевые события проекта, определить их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты. Информации о них занесена в таблицу (табл. 10).

Таблица 4.10 – Контрольные события проекта

Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
Обсуждение плана проект, постановки задач и целей.	17.09.15	Утверждение участников исследования
Обзор литературы	1.11.15	Отчет по изученной литературе.
Проведение испытаний, описание результатов	18.01.16- 26.04.16	Раздел в магистерской диссертации
Отчет по исследовательской работе	9.06.16	Отчет
Защита диплома	24.06.16	Диплом

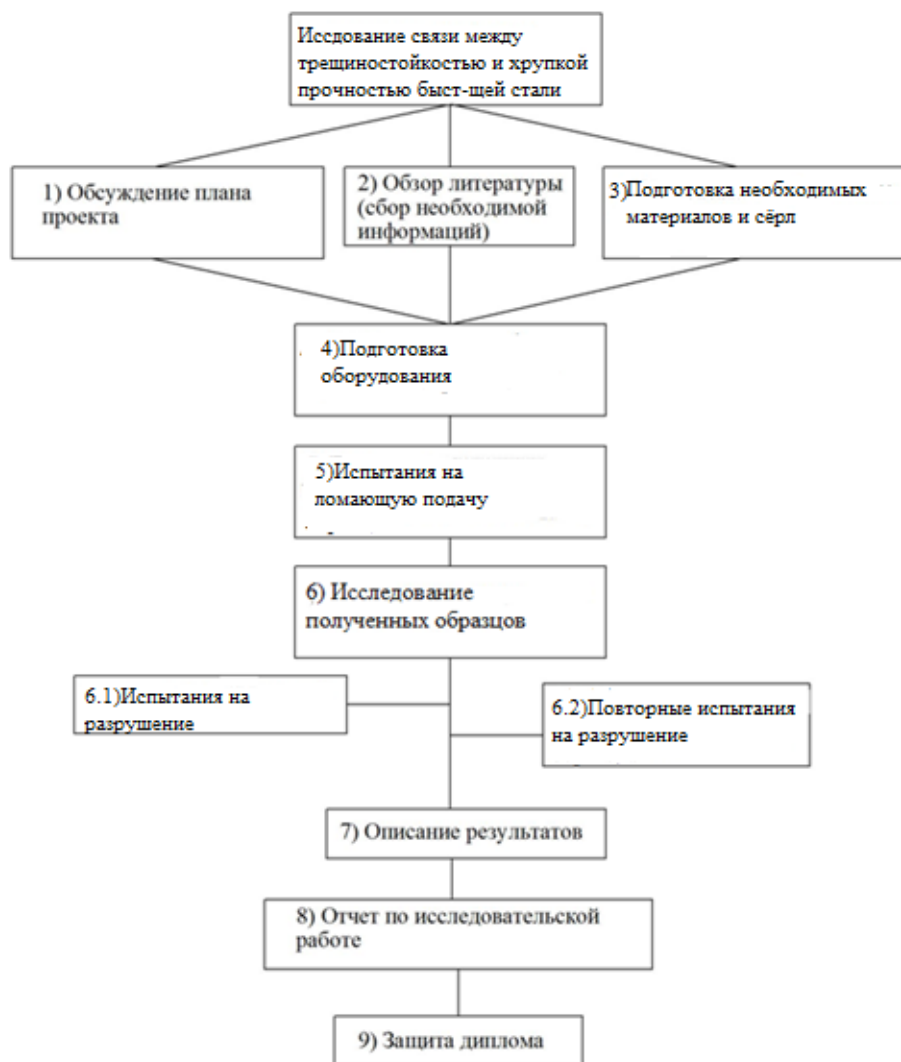


Рисунок 4.2 – Иерархическая структура проекта

### 4.3.2 План проекта

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо оптимально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ. На данном этапе составляется полный перечень проводимых работ, и определяются их исполнители и оптимальная продолжительность. Результатом планирования работ является составление единого плана осуществления всех этапов исследования. Составим календарный план проекта и соответствие работ своим исполнителям, продолжительность выполнения этих работ и сведем их в таблицу 4.11.



Таблица 4.11 - Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Обсуждение плана проекта	2	17.09.15	19.09.15	Котельникова А.А. Кондратюк А.А.
2	Обзор литературы( сбор необходимой информации)	45	1.11.15	15.12.15	Котельникова А.А.
3	Подготовка необходимых материалов и свёрл	30	16.12.15	15.01.16	Кондратюк А.А.
4	Подготовка оборудования	45	20.01.16	05.03.16	Кондратюк А.А.
5	Испытания на ломающую подачу	1	18.01.16	19.01.16	Нестеренко В.П.
6.1	Испытания на разрушение	1	07.04.16	08.04.16	Бяков А. Котельникова А.А.,
6.2	Повторные испытания на разрушение	1	05.05.16	05.05.16	Бяков А., Котельникова А.А.,
7	Описание результатов	10	05.05.16	15.05.16	Котельникова А.А., Кондратюк А.А.
8	Отчет по исследовательской работе	24	15.05.16	9.06.16	Котельникова А.А.
9	Защита диплома	1	24.06.16	24.06.16	Котельникова А.А.

### 4.3.3 Бюджет научного исследования

В состав затрат на создание проекта включается стоимость всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости на выполнение данной разработки производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- основная заработная плата;
- отчисления в социальные фонды;
- расходы на электроэнергию;
- амортизационные отчисления;
- работы, выполняемые сторонними организациями;
- прочие расходы.

Планирование и организация обеспечения материалами.

Расчет стоимости материальных затрат производился по действующим прейскурантам. В стоимость материальных затрат включались транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включались затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности). Результаты по данной статье занесены в табл. 4.12.

Таблица 4.12 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Блокнот	-	1шт.	100	100
Бумага А4	-	1уп.	200	200
Ручка	-	2шт.	40	80
Карандаш	-	2шт.	40	80
Образцы из стали	P6M5	6	300	1800
Спирт технический	-	10мл	120	1.2

Мелкоразмерные свёрла	-	20	50	1000
Всего за материалы				3261,2
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				163,06
Итого по статье $C_M$				3424,26

Расходы на материалы составили  $C_M = 3424,26$  руб.

Расчет амортизационных расходов

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$Z_{об} = (Ц \cdot F_{ф}) / (F_{н} \cdot F_{сс}), \quad (4.2)$$

где  $Ц$  – цена оборудования, р.;  $F_{н}$  – номинальный фонд времени (рабочее время в году), ч;  $F_{сс}$  – срок службы оборудования, год;  $F_{ф}$  – фактическое время занятости оборудования в НИР, ч.  $F_{н} = 366 - 119 = 247$  дней = 1974 ч.

Вычисленная амортизация оборудования представлена в таблице 4.13

Данные взяты на основе отчета лаборатории.

Таблица 4.13 - затраты на амортизацию оборудования

№	Наименование оборудования	Ц, р.	$F_{сс}$ , год	$F_{ф}$ , ч.	$Z_{об}$ , р.
1	Разрывная машина BISS	10000000	20	48	12158
2	Микроскоп «Лабомет-И»	300000	20	48	364
3	Растровый- электронный микроскоп	100000	15	40	135
4	Компьютер	30000	8	640	1200
ИТОГО:					13857

Основная заработная плата

В настоящую статью включалась основная заработная плата научного руководителя и научного сотрудника непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 4.14.

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Обсуждение плана проекта	Научный руководитель Исполнитель по проекту	2	1323,53 312,89	1323,53 312,89
2	Обзор литературы( сбор необходимой информации)	Исполнитель по проекту	45	312,89	14080,05
3	Подготовка необходимых материалов и свёрл	Научный руководитель Исполнитель по проекту	30	1323,53 312,89	19852,95 4693,53
4	Подготовка оборудования	Научный руководитель Исполнитель по проекту	45	1323,53 312,89	29779,42 7040,025
5	Испытания на ломающую подачу	Исполнитель по проекту	-	-	-
6.1	Испытания на разрушение	Исполнитель по проекту	1	1180,03	1180,03
6.2	Повторные	Исполнитель	1	1180,03	1180,03

	испытания на разрушение	по проекту			
7	Описание результатов	Научный руководитель Исполнитель по проекту	10	1323,53 312,89	6617,65 1564,45
8	Отчет по исследовательской работе	Исполнитель по проекту	24	312,89	7509,36
9	Защита диплома	Исполнитель по проекту	1	312,89	312,89

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.3)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя и исполнителей по проекту рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (4.4)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_{р}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 14);

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{д}}, \quad (4.5)$$

где  $Z_{м}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл.4.15).

Таблица 4.15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Научный сотрудник
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней	64	64
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	-	-
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	302	302

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.6)$$

где  $Z_b$  – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда) равен 1,18;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда)(не учитывался);

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Основной перечень работ был сделан одним человеком (непосредственно студентом-магистрантом второго курса магистратуры) на общественных началах. Также на общественных началах, оказывал помощь в исполнении проекта Нестеренко В.П.

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) Базовый оклад  $Z_6$  научного руководителя 23264,86 руб.

Базовый оклад научного сотрудника 20743,41 руб.

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д. отсутствовали

3) иные выплаты; районный коэффициент 1,3 (для Томска)

Расчёт основной заработной платы приведён в табл. 4.16.

Таблица 4.16– Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_6$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	23264,86	1,18	-	1,3	35688,29	1323,53	23.5	31102,95
Исполнитель по проекту	20743,41	1,18	-	1,3	31818,85	1180,03	2	2360,06
Исполнитель по проекту	5500	1,18	-	1,3	8437	312,89	114,5	35825,9

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (4.7)$$

где  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

В табл. 4.17 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.17 – Заработная плата исполнителей НИИ Государственных и

Заработная плата	Руководитель	Исполнитель по проекту	Исполнитель по проекту
Основная зарплата	31102,85	2360,06	35825,9
Дополнительная зарплата	4665,44	354	5373,88
Зарплата исполнителя	35768,29	2714,06	41199,78
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	79682,14		

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.8)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.) равен 27,1%

Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:



$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (4.9)$$

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости по форме, приведенной в табл. 4.18.

Таблица 4.18 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_M$	3424,26
Основная и дополнительная заработная плата	$C_{зп}$	79682,14
Амортизационные отчисления	$C_{ам}$	13857
Работы, выполняемые сторонними организациями	$C_{стор}$	–
Отчисления на социальные нужды	$C_{внеб}$	21593,85
Прочие накладные	$C_{накл}$	63745,712
Итого:		182302,962

#### 4.3.4 Реестр рисков проекта

На данный момент единой классификации проектных рисков предприятия не существует. Однако можно выделить следующие основные виды рисков, присущие практически всем проектам:

- маркетинговый риск,
- риск несоблюдения графика проекта,
- риск превышения бюджета проекта, а также
- общеэкономические риски.

Риски несоблюдения графика и превышения бюджета проекта. Причины возникновения таких рисков могут быть объективными (например, изменение таможенного законодательства в момент растормаживания оборудования и, как следствие, задержка груза) и субъективными (например,

недостаточная проработка и несогласованность работ по реализации проекта). Риск несоблюдения графика проекта приводит к увеличению срока его окупаемости как напрямую, так и за счет недополученной выручки. В нашем случае этот риск будет велик: если компания не успеет начать реализацию нового товара до конца зимнего пика продаж, то понесет большие убытки.

Оценка рисков производится в процессе планирования проекта и включает качественный и количественный анализ. Если по итогам оценки проект принимается к исполнению, то перед предприятием встает задача управления выявленными рисками. По результатам реализации проекта накапливается статистика, которая позволяет в дальнейшем более точно определять риски и работать с ними. Если же неопределенность проекта чересчур высока, то он может быть отправлен на доработку, после чего снова производится оценка рисков.

Таблица 4.19 – Риски и меры по ограничению их последствий

Виды рисков	Меры по ограничению последствий рисков
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Неустойчивость спроса</li> <li>• Риск, обусловленный поведением конкурентов</li> <li>• Появление альтернативного продукта</li> <li>• Рост налогов</li> <li>• Снижение платежеспособности потребителей</li> <li>• Инфляция</li> <li>• Изменения законодательства</li> <li>• Непредвиденные обстоятельства(аварии, стихийные бедствия, политическая нестабильность)</li> <li>• Рост цен на ресурсы</li> <li>• Нарушение обязательств партнерами</li> <li>• Небрежность и недобросовестность работников</li> <li>• Перевозка грузов</li> <li>• Нарушение технологии или освоение новой технологии</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Страхование имущества и транспортных перевозок</li> <li>• Изучение изменений в российском законодательстве</li> <li>• Расширение состава поставщиков</li> <li>• Создание резерва для покрытия непредвиденных расходов</li> <li>• Систематическое изучение конъюнктуры рынка</li> <li>• Обучение персонала работе на новом технологическом оборудовании</li> <li>• Определение мер воздействия к неисполнительным работникам</li> <li>• Активные маркетинговые действия</li> </ul>

#### **4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Выполнение научно-исследовательских работ оценивается уровнями достижения экономического, научного, научно-технического и социального эффектов. Научный эффект характеризует получение новых научных знаний и отображает прирост информации, предназначенной для внутри научного потребления. Научно-технический эффект характеризует возможность использования результатов в других проектах и обеспечивает получение информации, необходимой для создания новых материалов. Экономический эффект характеризуется выраженной в стоимостных показателях экономией живого общественного труда. Социальный эффект проявляется в улучшении условий труда. Экономический эффект заключается в увеличении стойкости материала, за счет подбора оптимального содержания наполнителя-модификатора. Для итоговой оценки результатов проекта в зависимости от поставленных целей в качестве критерия эффективности принимается один из видов эффекта, а остальные используются в качестве дополнительных характеристик. Не по каждой научно-исследовательской работе анализ ее рациональности может быть доведен до расчета показателей экономического эффекта. По характеру полученных результатов данное исследование относится к группе прикладных(поисковых) и фундаментальных. Данная работа может быть названа как фундаментальная, при выполнении которой имело место быть закономерности развития усталостных трещин в материале. Результаты данной работы могут быть использованы в поисковых научно-исследовательских работах, непосредственно направленных на создание новых способов обработки быстрорежущей стали. Практическое приложение этих исследований может дать в последующем значительный экономический эффект. Однако непосредственные результаты фундаментальных работ имеют абстрактный характер и существуют обычно в таких формах научной информации, как гипотезы, теории. Экономический эффект и экономическую эффективность затрат на НИР по

фундаментальным и прикладных (поисковым) исследованиям обычно рассчитать не удастся, но возможно дать оценку научно-технического уровня НИР.

#### 4.4.1 Оценка научно-технического уровня НИР

Научно-технический уровень характеризует, в какой мере выполнены работы и обеспечивается научно-технический прогресс в данной области. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод бальных оценок. Бальная оценка заключается в том, что каждому фактору по принятой шкале присваивается определенное количество баллов. Обобщенную оценку проводят по сумме баллов по всем показателям или рассчитывают по формуле. На этой основе делается вывод о целесообразности НИР. Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется коэффициент ее научно-технического уровня по формуле:

$$K_{НТУ} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i, \quad (4.10)$$

где  $K_{НТУ}$  – коэффициент научно-технического уровня;

$R_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го признака научно-технического эффекта;

$n_i$  – количественная оценка  $i$ -го признака научно-технического эффекта, в баллах.

Таблица 4.20 – Весовые коэффициенты признаков НТУ

Признак НТУ	Примерное значение весового коэф-та $n_i$
1 Уровень новизны	0,2
2 Теоретический уровень	0,4
3 Возможность реализации	0,5

Таблица 4.21 – Баллы для оценки уровня новизны

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, вещество, способ	8 – 10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия дополняют ранее полученные результаты	5 – 7

Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	2 – 4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица 4.22 – Баллы значимости теоретических уровней

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
1 Установка закона, разработка новой теории	10
2 Глубокая разработка проблемы, взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
3 Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6
4 Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
5 Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Таблица 4.23 – Возможность реализации научных, теоретических результатов по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2

Результаты оценок признаков научно-технического уровня приведены в таблице 4.24

Таблица 4.24 – Количественная оценка признаков НИОКР

Признак научно-технического эффекта НИР	Характеристика признака НИОКР	$R_i$
Уровень новизны	Систематизируются и обобщаются сведения, определяются пути дальнейших исследований	00,3
Теоретический уровень	Разработка способа (алгоритм, программа мероприятий, устройство, вещество и т.п.)	00,2
Возможность реализации	Время реализации в течение первых лет	00,3
Масштабы реализации	Отрасль	

Исходя из оценки признаков НИОКР, показатель научно-технического уровня для данного проекта составил:

$$K_{\text{НТУ}} = 0,3*4 + 0,2*1 + 0,3*10 = 1,2 + 0,2 + 3 = 4,4$$

Таким образом, проект имеет средний уровень научно-технического эффекта.

Таблица 4.25 – Оценка уровня научно-технического эффекта

Уровень НТЭ	Показатель НТЭ
Низкий	1-4
Средний	4-7
Высокий	8-10

Таблица 4.26 – Сводная таблица оценки научно-технического уровня НИР

Фактор НТУ	Значимость	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
Уровень Новизны	0,3	Относительно новая	4	Увеличение скорости обработки и уменьшение износа оборудования, инструмента
Теоретический уровень	0,2	Разработка способа	1	Описание новых подходов использования оборудования
Возможность реализации	0,3	В течение первых лет	5-10	-

## Список публикаций

1. Котельникова А.А., Толстокулаков А. М., Дукарт С.А. Влияние научно-технического прогресса на повышение ресурсоэффективности предприятия на примере Томского электромеханического завода. III Молодежный научный форум « общественный и экономические науки», Москва, 8 мая 2013. – 336 с.
2. Котельникова А.А., Кондратюк А.А. Повышение эффективности путем модернизации технологического процесса. Сборник научных трудов III Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Высокие технологии в современной науке и технике», Томск, 26-28 марта 2014. – С. 160-164.
3. Котельникова А.А., Кондратюк А.А. Модернизация термического участка машиностроительного производства в условиях ОАО «ТЭМЗ». Сборник трудов Всероссийской школы – семинара с международным участием, « Современное материаловедение: материалы и технологии новых поколений», Томск, 9-11 июня 2014
4. Котельникова А.А., Кондратюк А.А., Нестеренко В.П. Исследование связи между трещиностойкостью быстрорежущей стали и хрупкой прочностью изготовленных из нее мелкоразмерных свёрл. Сборник трудов Всероссийской школы – семинара с международным участием, « Материалы и технологии новых поколений в современном материаловедении», Томск, 9-11 июня 2016 – в печати