

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

Инженерная Школа новых производственных технологий
Направление подготовки 15.04.01 «Машиностроение»
Отделение материаловедения школы (НОЦ)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Измерение силы резания при сверлении сверлами БТА

УДК 621.95.014.08

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ71	Чжоу Ухуэй		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ким Алексей Богович			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романова Светлана Владимировна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.01 Машиностроение	Арляпов Алексей Юрьевич	к.т.н.		

Томск – 2019 г.

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Способность выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
P2	Способность подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения
P3	Способность изучать и анализировать необходимую информацию, технические данные, показатели и результаты работы, систематизировать их и обобщать
P5	Способность получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, уметь применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения, в том числе в режиме удаленного доступа
Общекультурные компетенции	
P6	Способность выбирать оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты производства
P7	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, для приобретения новых знаний и умений.

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

Инженерная Школа новых производственных технологий
Направление подготовки 15.04.01 «Машиностроение»
Отделение материаловедения школы (НОЦ)

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

_____ Арляпов А.Ю.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ71	Чжоу Ухуэй

Тема работы:

Измерение силы резания при сверлении сверлами БТА

Утверждена приказом директора (дата, номер)	13.03.2019, №1907/с
---	---------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(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.).</i></p>	<p>Объектом исследования является процесс сверления сверлом БТА.</p> <p>Цель: измерить составляющих силы резания при сверлении сверла БТА с различными режимами резания. Выявить зависимости составляющих силы резания от режимов резания.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</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>	<p>Для достижения цели поставлены следующие задачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Предложить несколько способов измерения силы резания сверла БТА. 2. Спроектировать приспособление для закрепления сверла БТА. 3. Произвести эксперимент, получить экспериментальные данные. 4. Проанализировать экспериментальные данные, сделать вывод.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Демонстрационный материал (презентация в MS PowerPoint)</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Исследовательский</p>	<p>Ким А.Б.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Конотопский В.Ю.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Романова С.В.</p>
<p>Исследовательский (на англ. яз.)</p>	<p>Ажель Ю.П.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Cutting forces acting in deep hole drilling</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>10.10.17</p>
--	-----------------

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Старший преподаватель</p>	<p>Ким А.Б.</p>			<p>10.10.17</p>

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>8ЛМ71</p>	<p>Чжоу Ухуэй</p>		<p>10.10.17</p>

Оглавление

Оглавление.....	5
Реферат.....	8
Введение.....	10
Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки.....	12
1. Исследовательский раздел	13
1.1 Общие сведения об измерении силы резания при сверлении сверлами БТА.....	13
1.1.1 История развития инструментов для обработки глубоких отверстий.....	13
1.1.2 Конструкция сверла БТА	15
1.1.3 Система сил, действующих на сверло БТА.....	20
1.2 Экспериментальное определение составляющих силы резания	30
1.2.1 Методика проведения эксперимента по измерению сил	30
1.2.2 Экспериментальное оборудование.....	34
1.2.3 Проведение эксперимента.....	37
1.3 Анализ результатов эксперимента.....	39
1.3.1 Зависимость составляющих силы резания от скорости резания	39
1.3.2 Зависимость составляющих силы резания от скорости подачи	42
1.3.3 Погрешность измерения составляющих силы резания.....	46
1.3.4 Зависимость составляющих силы резания, действующих на отдельные СМП, от скорости подачи	47
1.4 Выводы	50

2. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	51
Введение.....	52
2.1 Планирование управления научно-техническим проектом	53
2.1.1 План проекта	53
2.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	60
2.2.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных).....	67
2.2.7 Расчет прочих расходов	67
2.2.8 Расчет общей себестоимости разработки.....	68
2.2.9 Расчет прибыли	68
2.2.10 Расчет НДС	69
2.2.11 Цена разработки НИР	69
2.3 Оценка экономической эффективности проекта.....	69
3. Раздел «Социальная ответственность».....	70
3. Социальная ответственность	72
3.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	73
3.2 Анализ вредных и опасных факторов.....	73
3.3 Отклонение показателей микроклимата.....	74
3.4 Превышение уровня шума	75
3.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	77
3.6 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.....	77
3.7 Экологическая безопасность	78

3.8 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	79
Законодательные акты	83
Список используемых источников.....	84
Приложение А	87
Приложение Б.....	88
4 Cutting forces acting in deep hole drilling.....	89
4.1 Introduction	89
4.2 BTA drills	89
4.3 The system of forces acting on the drill BTA	94

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 100 листов, 45 рисунков, 14 таблиц, 28 источников, 2 приложение.

Ключевые слова: сверло БТА, силы резания.

Актуальность работы заключается в возможности более рационального проектирования корпуса сверла БТА на основе знания зависимости распределения составляющих сил резания по режущим кромкам от режима резания. Это позволит проектировать корпуса сверла БТА более равнопрочной конструкции, а также с лучшими условиями подвода и отвода СОЖ.

Объектом исследования является процесс сверления сверлом БТА.

Цель работы состоит в измерении составляющих силы резания при сверлении с различными режимами резания. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- предложить несколько способов измерения силы резания сверла БТА;
- спроектировать приспособление для закрепления сверла БТА.
- происходить эксперимент, получить экспериментальные данные.
- проанализировать экспериментальные данные, сделать вывод.

Работа представлена введением, тремя разделами и заключением.

В первом разделе «Общие сведения об измерении силы резания при сверлении сверлами БТА» рассмотрены конструкция сверла БТА, система сил, действующих на сверло БТА.

Во втором разделе «Экспериментальное определение составляющих силы резания» построено сверло БТА и заготовки для эксперимента. Проектированно и построено специальный приспособление. Проведены измерения на универсальном токарном станке.

В третьем разделе «Анализ результатов эксперимента» проанализированы полученные экспериментальные данные. Рассмотрены результаты сравнения силы резания БТА с разными режимами резания.

В заключении изложены выводы о проделанной работе и определено направление дальнейших исследований.

Введение

Технология обработки глубоких отверстий представляет собой важное место в области механической обработки. Во многих отраслях машиностроительного комплекса имеют прямой спрос на технологии обработки глубоких отверстий, и около 1/4 из них имеют срочные потребности, поэтому важность обработки глубоких отверстий очень высока.

Технология обработки глубоких отверстий возникла еще до Второй мировой войны. В основном она используется для производства военной продукции. Она известна своей высокой сложностью и высокой стоимостью. С ее помощью производятся специальные изделия, такие как каналы ружейных и пушечных стволов. В середине прошлого века эта технология начала постепенно переходить из области военного использования в гражданскую область, и она развивалась с большой скоростью. Она успешно проникла во многие области, такие как аэрокосмическая промышленность, энергетическая промышленность, производство автомобилей, химикатов, текстиля и т.д. Улучшит наш уровень жизни и принесет много материального и духовного богатства людям.

Большое количество ученых провели различные исследования этой технологии и способствовали развитию технологии обработки глубоких отверстий. За последние несколько десятилетий, как самая важная часть обработки глубоких отверстий, проектирование и исследование сверлильной головки для сверления глубоких отверстий пережило беспрецедентное развитие и достигло замечательных результатов. Тем не менее, о проектировании модели сверлильной головки для сверления глубоких отверстий, улучшение технологии обработки и оптимизация ее геометрических параметров по-прежнему очень перспективны, и стоит провести более детальные исследования и искание.

Существует также много трудностей при проектировании сверл БТА и исследованиях процесса глубокого сверления, таких как, как обеспечение требования к прямолинейности во время процесса обработки, улучшение шероховатости обработанной поверхности при проектировании лезвия и как

устранить вибрации, вызванные внешними факторами, который влияет на качество обработки. Чтобы улучшить и продвинуть развитие технологии обработки глубоких отверстий, нужно обратить внимание на исследование инструментов БТА со сменными пластинами, нацеленных на развитие хорошего качества обработки, высокой эффективности, низкого уровня брака и экономии материала.

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается теоретическое и экспериментальное исследование силы резания при сверлении сверлами БТА.

В работе приводятся сведения о конструкции сверла БТА и процесса сверления сверлами БТА. Помимо этого рассматриваются: сложности и задачи проектирования сверла БТА, система сил, действующих на сверло БТА, анализ выбранной схемы системы сил; описание эксперимента, анализ полученных экспериментальных данных.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

БТА – Boring and Trepanning Association.

СОЖ – смазочно-охлаждающая жидкость.

3D-модель – виртуальная объемная геометрическая модель объекта, представляющая собой совокупность поверхностей, размещенных в трехмерном координатном пространстве.

CAD-программа – программное обеспечение, автоматизирующее труд инженера-конструктора и позволяющее решать задачи проектирования изделий и оформления технической документации при помощи персонального компьютера.

Эскиз – применительно к CAD-программам – базовый элемент, задающий форму и размеры трёхмерной модели

ЧПУ (Числовое программное управление) – компьютеризированная система управления, управляющая приводами технологического оборудования.

1. Исследовательский раздел

1.1 Общие сведения об измерении силы резания при сверлении сверлами БТА

1.1.1 История развития инструментов для обработки глубоких отверстий

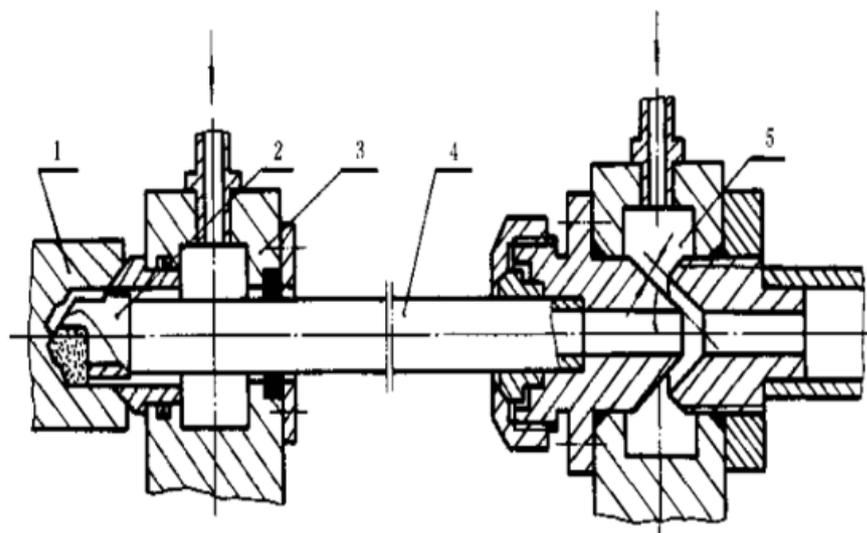
Самое раннее использование сверла для сверления глубоких отверстий было в начале 18-го века, когда использовались перовые сверла. Позже американцы усовершенствовали и изобрели спиральные сверла. Появление спиральных сверл сделало самый важный шаг в области сверления.

В конце 19 и начале 20 веков из-за частых войн спрос на военную мощь в разных странах продолжал расти. Военно-промышленные ведомства некоторых западных стран, таких как Великобритания, США и Германия, начали изучать производство оружия, изобретали и разрабатывали усовершенствованный вариант пушечного сверла – ружейное сверло. Механизм заключается в пропускании жидкости под высоким давлением через внутреннюю часть трубы сверлильной головки, а затем подает тепло и стружки обратно через желоб для удаления стружки, решая проблему охлаждения и удаления стружки в спиральном сверле. Во время Второй мировой войны технология быстро развивалась и популяризировалась из-за резкого увеличения спроса на оружие.

В 1942 году компания Heller в Германии разработала систему обработки Bisnel, которую мы называем системой глубокого сверления с внутренним отводом стружки. Позже, через международные ассоциации обработки глубоких отверстий в Швеции, Германии, Соединенных Штатах, Франции, Великобритании и других торговых палатах, чтобы улучшить и усовершенствовать существующий метод обработки БТА (Boring and Trepanning Association), сверлильная головка называют сверлом БТА для глубоких отверстий.

В 1963 году шведская Sandvik изобрела эжекторное сверло, чтобы уменьшить недостатки метода БТА, что является умным использованием принципа эжекции и всасывания, который может быть достигнут только при низком давлении, что еще больше улучшает удаление стружки. В результате сверло, используемое в этой системе, называется эжекторным сверлом.

В середине 1970-х годов Nippon Metallurgical Co., Ltd. разработала устройство DF (Double Feeder), которое превратило оригинальную двухтрубную систему эжекторного сверла в однотрубную систему, и добавило струйное устройство к хвостовику сверлильной головки. Система DF – лучший метод обработки в традиционном сверлении глубоких отверстий, а используемое сверло называется сверлом DF [27].



Технология обработки глубоких отверстий БТА стала широко используемой технологией обработки глубоких отверстий благодаря широкому диапазону обрабатываемых материалов, хорошему качеству обработанной поверхности и стабильной производительности. После почти столетнего развития в прошлом веке система обработки глубоких отверстий сверлами БТА сформировала полную систему обработки.

1.1.2 Конструкция сверла БТА

Инструмент БТА включает в себя направляющую пластину, центральную пластину, периферийную пластину и внутреннюю пластину (рис. 2). При этом способ наружного подвода СОЖ и внутреннего отвода стружки, применяемый у этих инструментов, получил название «способ БТА». Был освоен выпуск высокопроизводительных станков для обработки глубоких отверстий, разработаны и внедрены в производство новые марки СОЖ и др.



Рис. 1. Инструмент БТА

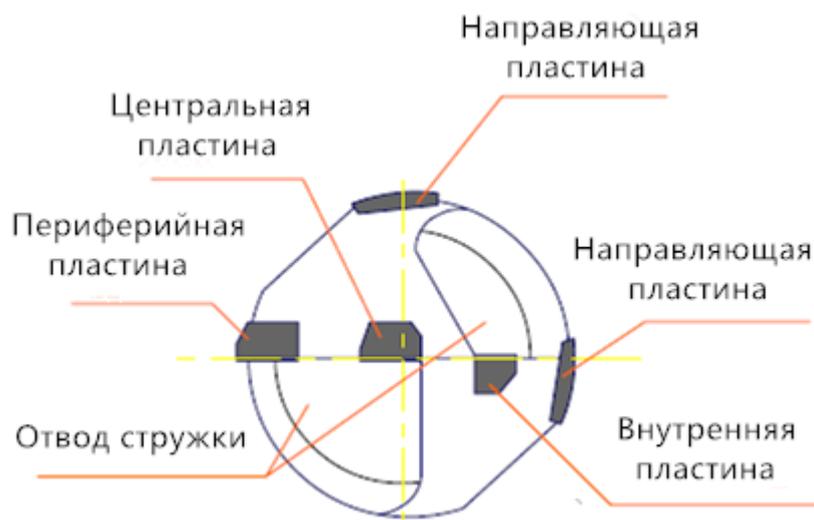


Рис. 2. Конструкция инструмента БТА

Глубокое сверление отверстий является исключительным случаем процессов обработки отверстий с отношением длины отверстия к его диаметру более пяти. Технология БТА выделяется как технология, позволяющая получать глубокие отверстия до 1000 мм глубиной с высокой производительностью.

Глубокое сверление с использованием системы БТА используется для обработки отверстий, где важна скорость удаления материала [5]. К этому добавляется высокая геометрическая точность обрабатываемых поверхностей, особенно в отношении прямолинейности отверстий.

Области применения этой технологии многочисленны, например, авиационная, морская, автомобильная и ядерная отрасли промышленности. В этих условиях требования строгие, обычно обрабатываемые детали очень дороги. Несмотря на важные проблемы, связанные с необходимостью сверления глубоких отверстий, сверление глубоких отверстий БТА не продвинулось технически так же сильно, как обычное сверление, и не привлекло такое же внимание научного сообщества. Развитие исследований процесса глубокого сверления отверстий может помочь повысить надежность режущих инструментов, физическое понимание процесса резания, а также выбор оптимальных условий резания. Научное производство о сверлении глубоких отверстий БТА остается относительно ограниченным. Это можно объяснить несколькими причинами и, в частности, исключительным промышленным использованием технологии такого типа, которое остается по-прежнему относительно невелико по сравнению с токарным, фрезерным и обычным сверлением. Тем не менее, появление новых качественных и количественных ограничений в нескольких областях, в том числе в авиационной, автомобильной, ветровой и ядерной энергетике, вызывает интерес к сверлению глубоких отверстий с помощью технологии БТА.

Важная часть основных концепций обычного сверления относится к случаям глубокого сверления отверстий. Действительно, это механическая обработка в замкнутой среде. Тем не менее, сверление глубоких отверстий с помощью технологии БТА имеет свои особенности резания. При сверлении глубоких отверстий сочетание внутреннего отвода стружки, смазки и локализации термомеханической нагрузки в замкнутой зоне резания оказывает непосредственное влияние на срок службы инструмента и его рабочие

характеристики. Основные рассмотренные проблемы в научных работах касаются роли направляющих пластин, динамических явлений, возникающих при механической обработке и процесса формирования стружки.

Направляющие площадки являются одной из технических особенностей сверления глубокой отверстий БТА. Они обеспечивают хорошую прямолинейность отверстий ввиду асимметрии сил резания. Асимметрия сил резания из-за положения направляющих пластин вызывает полировку поверхности отверстия. Для случая глубокого сверления отверстий было показано, что кумулятивные эффекты резки и полировки индуцируют пластическую деформацию поверхности отверстия. Это сложные явления, которые влияют как на шероховатость поверхности отверстия, так и на усилия резания при механической обработке. Как указано в работе [5], около 25% мощности резания потребляется трением между направляющими пластинами и поверхностью отверстия. Ричардсон и Бхатти провели полное исследование роли направляющих пластин в сверлении глубоких отверстий БТА. Они заявили, что для рассматриваемого сверлильного инструмента БТА около 63% мощности резания потребляется удалением стружки, 24% потребляется эффектом полировки, а 13% обусловлено трением.

Динамические явления при сверлении глубоких отверстий также рассматриваются в нескольких исследовательских работах. Влияние соосности между сверлильным инструментом БТА и обрабатываемым отверстием на колебания сил резания было рассмотрено в [14, 15]. В [13, 16] изучено влияние динамической неустойчивости сверлильного инструмента БТА на круглость отверстия. Можно выделить два отдельных динамических явления: вибрацию и спиральные эффекты. Эффект вибрации является частым явлением вибрации при сверлении глубоких отверстий [17-22]. Он соответствует колебаниям автовозбуждения при торсионном движении и обычно ведет к ускорению износа инструмента, а также к плохому качеству обработанной поверхности на конце глухих отверстий [23]. Спиральный эффект – это еще один тип динамических

возмущений, описанный многими авторами [19-22, 24]. В качестве источников динамических возмущений определены две причины: избыточный износ направляющих пластин и динамическая неустойчивость оправки сверла (изгибная вибрация) [19]. Для предотвращения явлений колебаний инициируются исследования, основанные, в частности, на статистических подходах [10, 20-22, 24]. Рассчитаны собственные частоты оправки сверла, составляющей систему сверления, что позволяет охарактеризовать жесткость системы.

Анализ процесса сверления глубокого отверстия сверлом БГА путем изучения морфологии стружки, шероховатости поверхности, износа инструмента, прямолинейности отверстия и т.д. позволяет понять процесс резания и, следовательно, помогает выбрать оптимальные условия резания. Например, анализ морфологии стружки был проведен в нескольких исследованиях. Сегментированные или фрагментированные стружки являются подходящими типами стружек для улучшения направления режущего инструмента и для облегчения эвакуации стружки, особенно в процессе сверления, когда удаление стружки происходит в ограниченной зоне. При резке металла морфология стружки является важным показателем стабильности процесса резания. Командури и Браун [11] классифицировали стружки на четыре типа в соответствии с их морфологией (волнистая, прерывистая, сегментированная и срезающая стружка). В процессах сверления часто образуются спиральные или винтовые стружки, поскольку скорость резания изменяется в радиальном направлении режущего инструмента. Обычно морфология кристалла количественно определяется классическим параметром, известным как коэффициент усадки стружки [25], который является показателем количества пластической деформации в стружке. Обычно используются другие параметры, такие как частота сегментации стружек и длина сегментации стружек, чтобы количественно оценить явление сегментации стружек. Недавно Atlati и другие [12] ввели новый параметр, называемый отношением интенсивности

сегментации, основанный на изменении пластической деформации вдоль длины стружки, Kouadri и другие [13] предложили другие параметры, основанные на размерных характеристиках стружки для количественной оценки явления сегментации стружек. Исходя из этих параметров, они объяснили [12, 13] уменьшение силы резания по мере увеличения скорости резания. Поэтому анализ генерируемых стружек в сверлении глубоких отверстий БТА является интересным способом характеризовать процесс резания.

1.1.3 Система сил, действующих на сверло БТА

Расчет инструментов с определенностью базирования предусматривает, прежде всего, определение углов расположения режущих кромок и направляющих в соответствии со следующими требованиями [2]:

1. Расположение режущих кромок инструмента должно быть таким, чтобы сумма возникающих на режущих кромках составляющих силы резания обеспечивала устойчивое в поперечном сечении отверстия положение инструмента;

2. Направляющие инструмента должны располагаться таким образом, чтобы перекрывался угол, в пределах которого может находиться вектор радиальной составляющей силы резания, прижимающий режущую часть инструмента к поверхности обработанного отверстия. При этом усилия прижима направляющих должны быть такими, чтобы обеспечивалось выглаживание поверхностей отверстий, а направляющие подвергались небольшому и одинаковому износу.

Для расчета восстанавливающих и опрокидывающих моментов необходимо знать систему сил, действующих на инструмент. Например, у ружейного сверла эта система сил выглядит следующим образом (рис. 3) [2]. Здесь главная составляющая силы резания приложена к лезвию инструмента на расстоянии H от ее оси. Перпендикулярно к ней расположена радиальная составляющая. Под действием этих составляющих на направляющих сверла возникают силы реакции: нормальные и тангенциальные (силы трения) R_1 и R_2 .

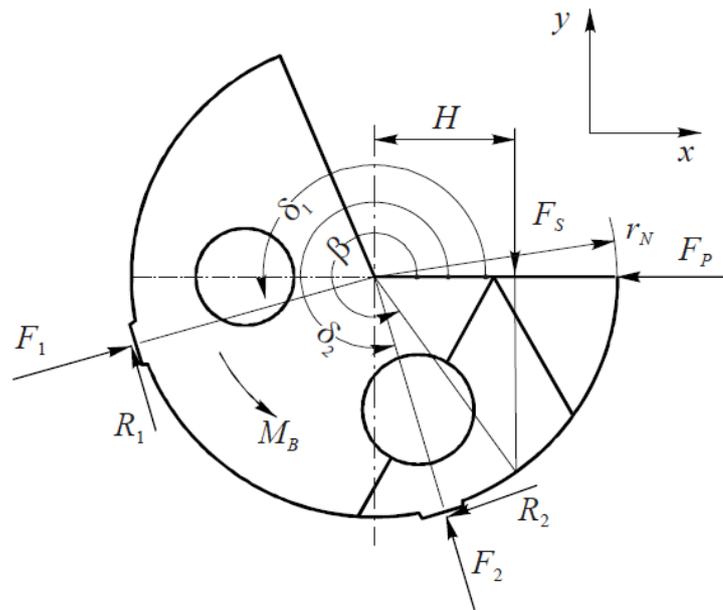


Рис. 3 Система сил и моментов, действующих на ружейное сверло

Если задаться (экспериментально или аналитически) значениями составляющих F_s и F_p принять, что $R_1 = \mu F_1$ и $R_2 = \mu F_2$, где μ – коэффициент трения на направляющих сверла, то из условия равновесия сил и крутящих моментов можно рассчитать силы реакции:

$$\begin{aligned} \sum F_x &= F_p - R_1 \cdot \sin \delta_1 - R_2 \cdot \sin \delta_2 + F_1 \cdot \cos \delta_1 + F_2 \cdot \cos \delta_2 = 0; \\ \sum F_y &= F_s - F_1 \cdot \sin \delta_1 + F_2 \cdot \sin \delta_2 + R_1 \cdot \cos \delta_1 + R_2 \cdot \cos \delta_2 = 0; \\ \sum M &= F_s \cdot H + R_1 \cdot r_N + R_2 \cdot r_N - M_B = 0. \end{aligned} \quad (1.1)$$

Решения уравнений (1.1) могут быть представлены в общей форме [2]:

$$\begin{aligned} F_1 &= f_1(F_s, F_p, \delta_1, \delta_2, \mu); \\ F_2 &= f_2(F_s, F_p, \delta_1, \delta_2, \mu); \\ M_B &= (F_1 + F_2) \cdot d_N/2 + F_s \cdot H \end{aligned}$$

При расчете коэффициента устойчивости многолезвийных головок БГА систему сил, действующих в поперечном сечении головки, упрощают. Для этого силы, расположенные слева и справа от оси головки, представляют в виде двух сил, приложенных в центре головки – горизонтальной F_{hor} и вертикальной F_{ver} , а также крутящего момента резания M_s (рис. 4) [2]:

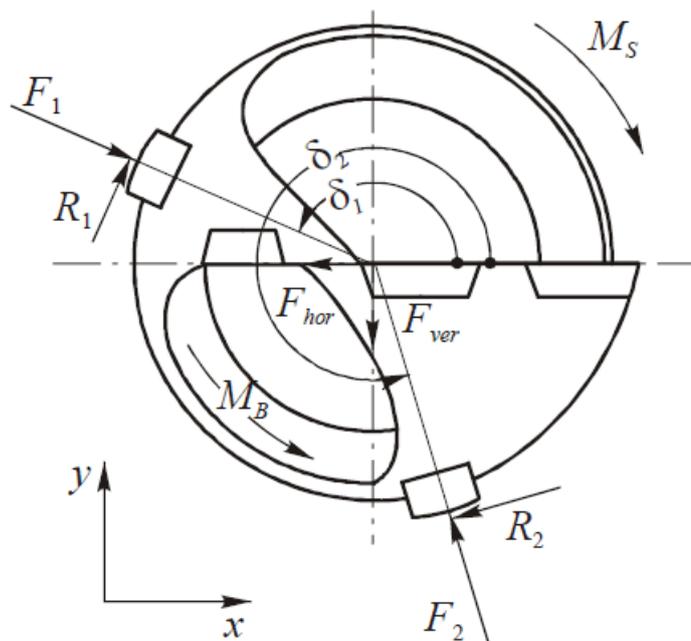


Рис. 4. Упрощенная система сил, действующих в поперечном сечении многолезвийной сверлильной головки БТА

$$F_{hor} = R_1 \cdot \sin \delta_1 + R_2 \cdot \sin \delta_2 - F_1 \cdot \cos \delta_1 - F_2 \cdot \cos \delta_2;$$

$$F_{ver} = -F_1 \cdot \sin \delta_1 - F_2 \cdot \sin \delta_2 - R_1 \cdot \cos \delta_1 - R_2 \cdot \cos \delta_2;$$

$$M_B = M_S + R_1 \cdot r_N + R_2 \cdot r_N$$

Далее по формулам, приведенным на рис. 5, определяют суммы восстанавливающих и опрокидывающих моментов, а затем рассчитывают значения коэффициентов устойчивости для каждой из двух направляющих сверлильной головки.

$110^\circ < \delta_1 < 180^\circ$ $180^\circ < \delta_2 < 270^\circ$	$110^\circ < \delta_1 < 180^\circ$ $270^\circ < \delta_2 < 360^\circ$
$M_{S_1} = F_{hor} \cdot r_N \sin \delta_1 -$ $- F_{ver} \cdot r_N \cos \delta_1 + M_S;$ $M_{K_1} = M_B;$ $M_{S_2} = M_B - F_{hor} \cdot r_N \sin \delta_2;$ $M_{K_2} = M_S - F_{ver} \cdot r_N \cos \delta_2.$	$M_{S_1} = M_S - F_{ver} \cdot r_N \cos \delta_1 +$ $+ F_{hor} \cdot r_N \sin \delta_1;$ $M_{K_1} = M_B;$ $M_{S_2} = M_B + F_{ver} \cdot r_N \cos \delta_2 - F_{hor} \cdot r_N \sin \delta_2;$ $M_{K_2} = M_S.$

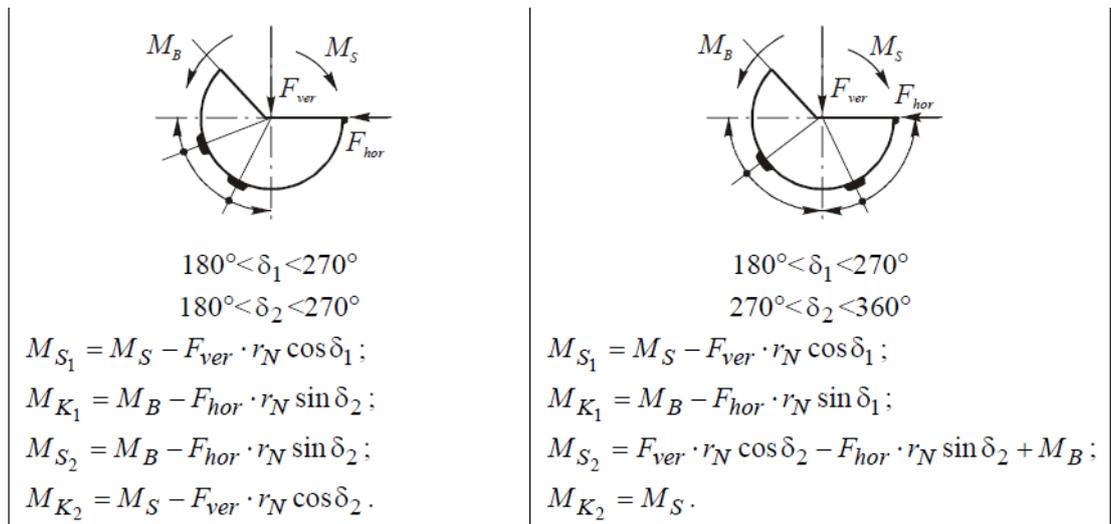


Рис. 5. Формулы для расчета восстанавливающих M_S и опрокидывающих M_K моментов в зависимости от интервалов углов δ_1 и δ_2 расположения направляющих

В работе [26] рассмотрена система сил, состоящая из 23 отдельных усилий (см. рис. 6). Разделение различных сил, действующих на сверло, затруднено из-за их взаимозависимого действия. Всего 23 отдельных усилия, которые действуют одновременно на сверло во время операции сверления.

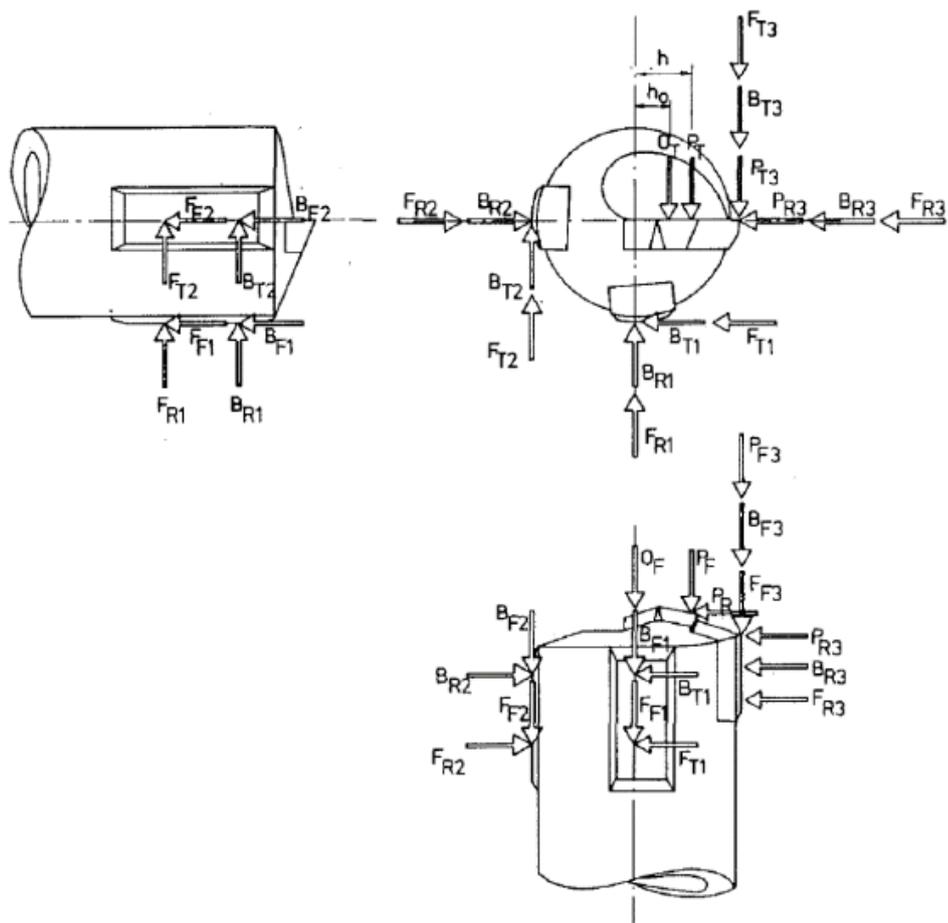


Рис. 6. Сила, действующая на сверло во время операции сверления

Силовая система упрощается путем деления действующих сил на четыре основные группы, см. таблицу 1. Упрощенная силовая система, индекс Т, F и R описывают направление сил: F осевое, Т тангенциальное и R радиальное [26].

Таблица 1. Упрощенная силовая система

Группы сил	Инд экс	Описание
1. Режущие силы	P_T, P_F, P_R	Силы, созданные на режущих кромках.
2. Усилие выглаживания	B_T, B_F, B_R	Силы действуют спереди каждой направляющей пластины и на поверхности заготовки. Величина силы выглаживания зависит от материала заготовки, материала инструмента, изнашивания инструмента и факторов, относящихся к конструкции инструмента, например, обратная конусность и расположение режущей кромки и направляющей пластины [26].
3. Силы трения	F_T, F_F, F_R	Силы, действующие вдоль большей части направляющей пластины и заготовки. Высокие температуры генерируются в зонах резания металла, и между инструментом и заготовкой возникают сильные силы трения [26].
4. Силы СОЖ	O_T, O_F	Силы, вызванные циркуляцией СОЖ при высоких давлениях и расходе [26]. Эти силы не включены в расчеты.

Силы, действующие на сверлильную головку, делятся на три основные силы. Основой для расчета является осевая сила и тангенциальная сила,

действующие на каждую пластину. Выходные данные представлены на рис. 7 и в таблице 2 [26].

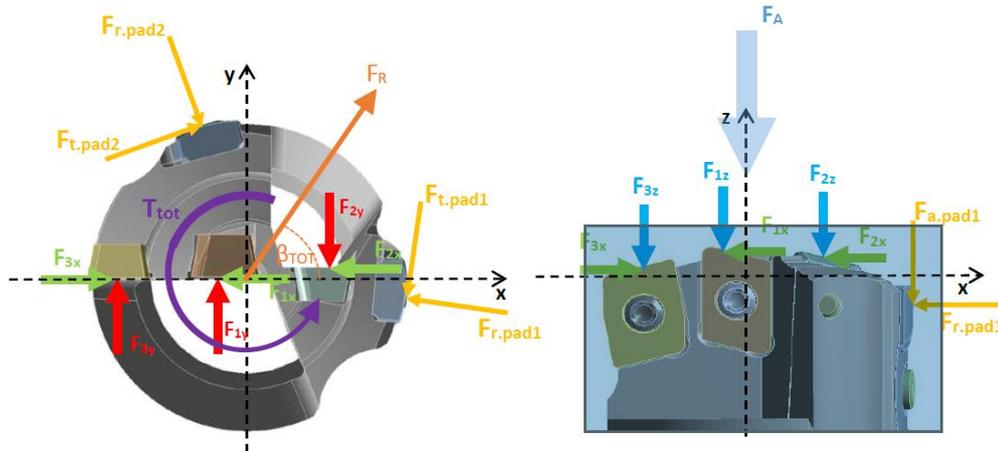


Рис. 7. Сводка рассчитанных сил по программе расчета

Таблица 2. Вывод данных по программе расчета.

Определение	Индекс	Описание
Осевая сила	F_{ATOT}	Суммарная осевая сила, как силы на режущих пластинах, так и силы трения на направляющих.
	F_A	Осевая сила всех режущих пластин.
	F_{nz}	Осевое усилие на каждую режущую пластину, где индекс n – номер режущей пластины.
Радиальная сила	F_{nx}	Радиальная сила на режущую пластину, где индекс n – номер режущей пластины.
Тангенциальная сила	F_{ny}	Тангенциальная сила для каждой режущей пластины, где индекс n – номер режущей пластины.
Силы трения	F_{fxn}	Составляющая сила трения x

	F_{fyn}	Составляющая сила трения у
	F_{fxtot}	Общая сила трения по оси x
	F_{fytot}	Общая сила трения по оси y
	F_{padn}	Результирующая сила, действующая на направляющую, где индексы r, t и a представляют собой направления: радиальные, тангенциальные и осевые.
Результирующая радиальная сила	F_R	Результирующая радиальная сила
	β_{TOT}	Результирующее угловое положение радиальной силы относительно оси x
Крутящий момент	T_0	Крутящий момент, вызванный касательными силами, действующими на пластины
	T_{pads}	Крутящий момент, вызванный силами трения, действующими на направляющих.
	T_{tot}	Общий момент
Мощность	P	Потребляемая мощность

В качестве предварительных результатов применение первой аналитической термомеханической модели [3] показано на рисунке 8. Это подчеркивает влияние скорости резания и скорости подачи на осевую силу резания при механической обработке мягкой стали 18MND5 сверлом БТА с диаметром 19,30 мм. На рисунке 8(а) показано, что осевая сила резания немного

уменьшается по мере увеличения скорости резания, а на рисунке 8(b) показано, что осевая сила резания квазилинейно пропорциональна скорости подачи.

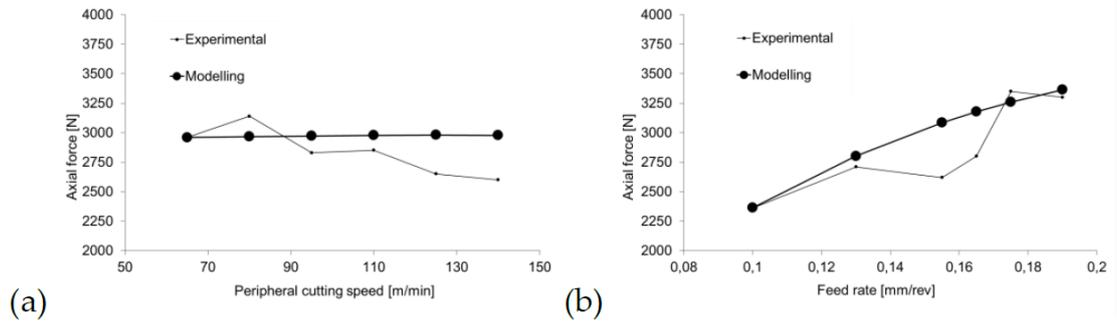


Рис. 8. Осевая сила резания в зависимости от (a) скорости резания и (b) скорости подачи

По сравнению с другими процессами резания (токарная обработка, фрезерование, измельчение) в случае глубоких отверстий общая сила резания включает компоненты, которые не являются режущими силами [6]. Эти компоненты являются контактными силами между сверлом и заготовкой, а их значения сравнимы с усилиями резания.

Как следствие, система сил резания в случае сверления глубоких отверстий сложнее, чем в других случаях операций резания.

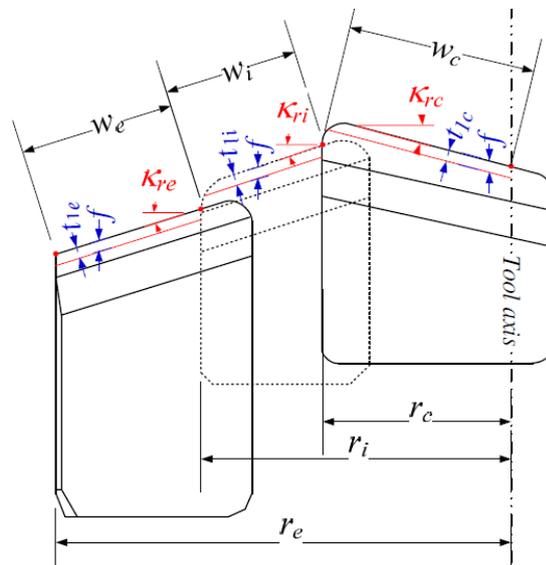


Рис. 9. Действующая ширина режущей кромки (ω)

Для анализа стружек, создаваемых режущими пластинами сверлильного инструмента БТА, важно отделить стружки по их происхождению, то есть

различать стружки, генерируемые каждой пластиной. Одна разница между стружками – их ширина. Действительно, как показано на рисунке 9, каждая режущая кромка с определенной действующей шириной, рассчитанной следующим образом:

$$\omega_c = \frac{r_c}{\cos(k_{rc})},$$

$$\omega_i = \frac{r_i - r_c}{\cos(k_{ri})},$$

$$\omega_e = \frac{r_e - r_i}{\cos(k_{re})},$$

где r_c , r_i , r_e и k_r каждой вставки являются геометрическими характеристиками сверлильного инструмента БГА.

1.2 Экспериментальное определение составляющих силы резания

Определение углов расположения режущих кромок и направляющих пластин сверла БТА при проектировании сверл БТА должно выполняться с учетом действующей на сверло БТА силы резания и сил реакции опоры и трения, возникающих на направляющих пластинах. Поэтому целью данной работы является экспериментальное определение зависимости распределения составляющих силы резания вдоль режущих кромок от режима резания.

1.2.1 Методика проведения эксперимента по измерению сил

В данном исследовании измерялись три составляющие силы резания, действующие на режущие пластины в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Составляющие силы резания направлены следующим образом: P_x – вдоль оси вращения сверла, P_y – в радиальном направлении, P_z – перпендикулярно к P_x и P_z (см. рис. 10).

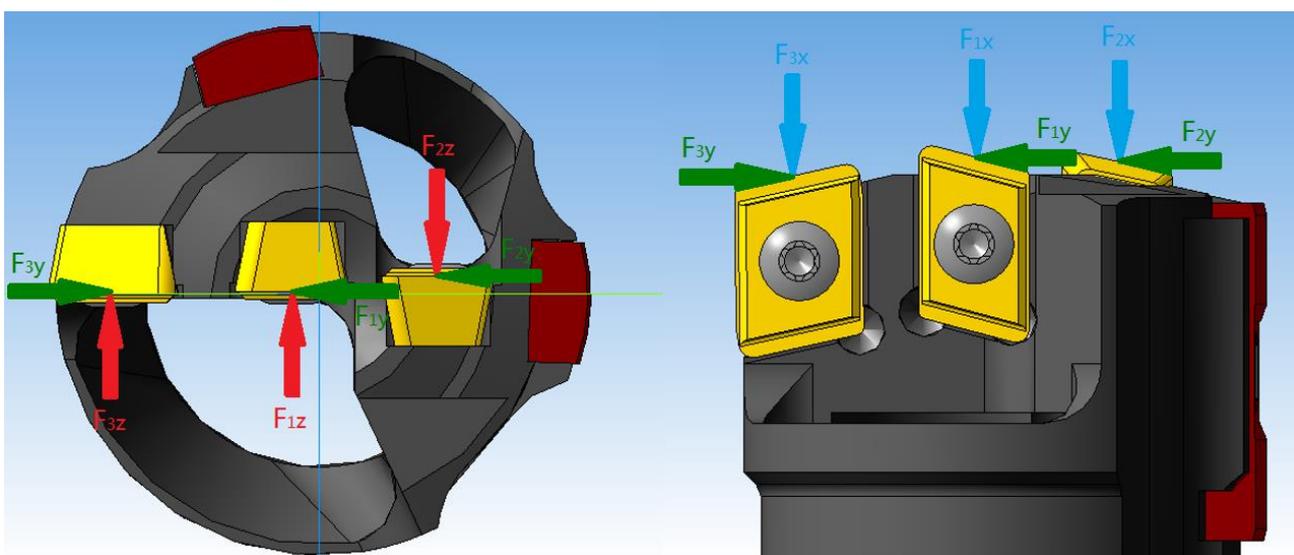


Рис. 10. Направление составляющих силы резания

Были рассмотрены составляющие силы резания, действующие на каждую СМП в целом, и действующие на единственный отрезок режущей кромки. Для этого режущие кромки были условно разделены на несколько мелких отрезков и составляющие силы резания измерялись на каждой отрезке индивидуально (Рис. 11).

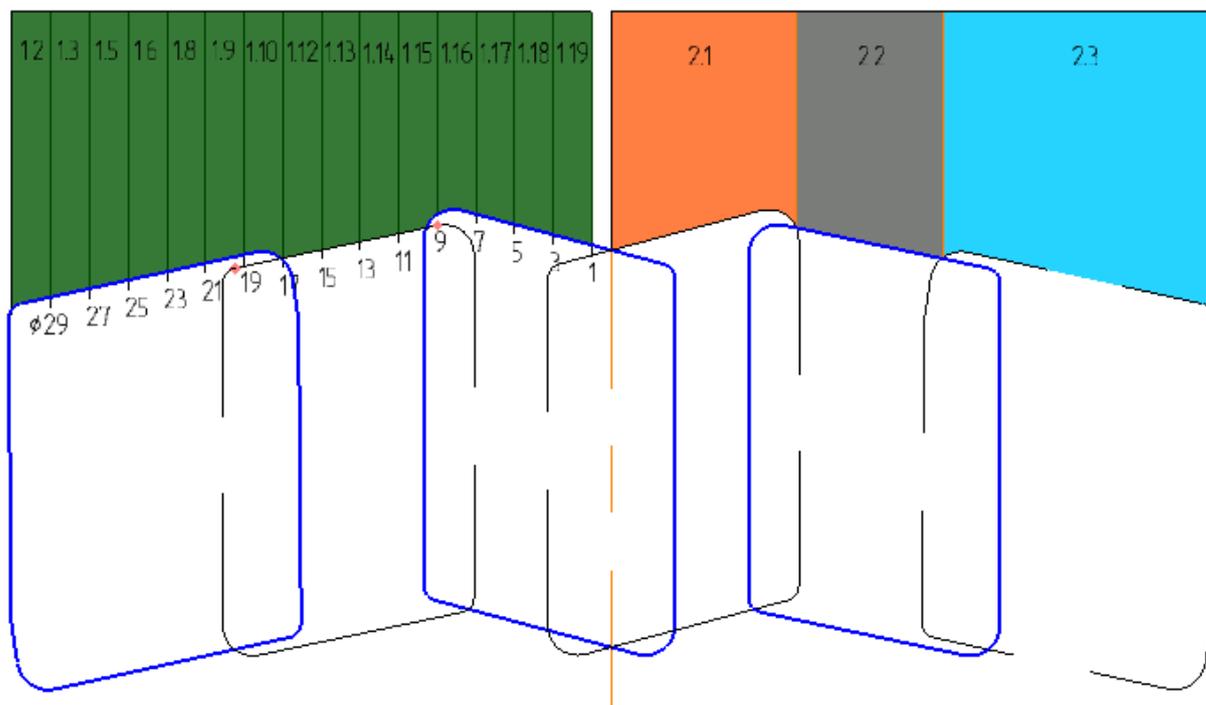


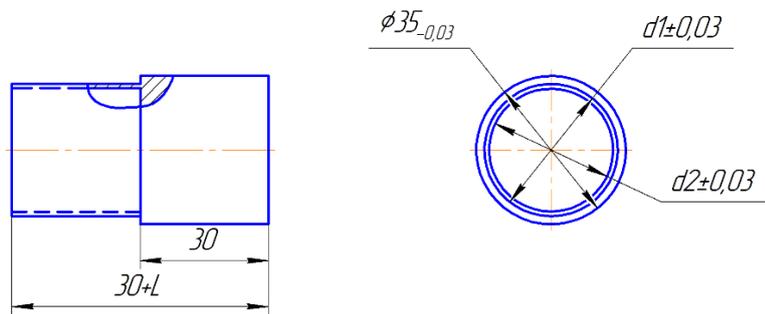
Рис. 11. Разбиение режущих кромок на отрезки

Для изучения распределения составляющих силы резания вдоль режущей кромки были изготовлены трубчатые заготовки. Режущая кромка разбивалась на участки длиной 1мм, поэтому толщина стенки заготовок была постоянной и равна 1мм.

Эскиз заготовки с размерами показан на рис. 12.

Для изучения распределения составляющих силы резания центральной пластины, периферийной пластины и внутренней пластины вдоль режущей кромки были изготовлены образцы.

Эскиз образцов с размерами показан на рис. 13.



Обозначение	Размеры, мм			Количество
	d1	d2	L	
Образец 1	31,2	29	30	1
Образец 2	31	29	30	1
Образец 3	29	27	30	1
Образец 4	29	25	30	1
Образец 5	27	25	30	1
Образец 6	25	23	30	1
Образец 7	25	21	30	1
Образец 8	23	21	30	1
Образец 9	21	19	30	1
Образец 10	19	17	30	1
Образец 11	19	15	30	1
Образец 12	17	15	30	1
Образец 13	15	13	39	1
Образец 14	13	11	30	1
Образец 15	11	9	15	1
Образец 16	9	7	15	1
Образец 17	7	5	15	1
Образец 18	5	3	10	1
Образец 19	3	1	10	1

Левый прорез
Справа №
Лист и дата
Изм. №
Взам. инв. №
Лист и дата
Изм. №

Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Заготовки	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Чжоу Ухуэй						1:1
Пров.	Ким А.Б.			Сталь 20Х	Лист	Листов	1
Т.контр.							
Н.контр.				Копировал	ТПУ ТМСПР Группа 8/1М71		
Утв.					Формат А3		

Рис. 12. Эскиз заготовки

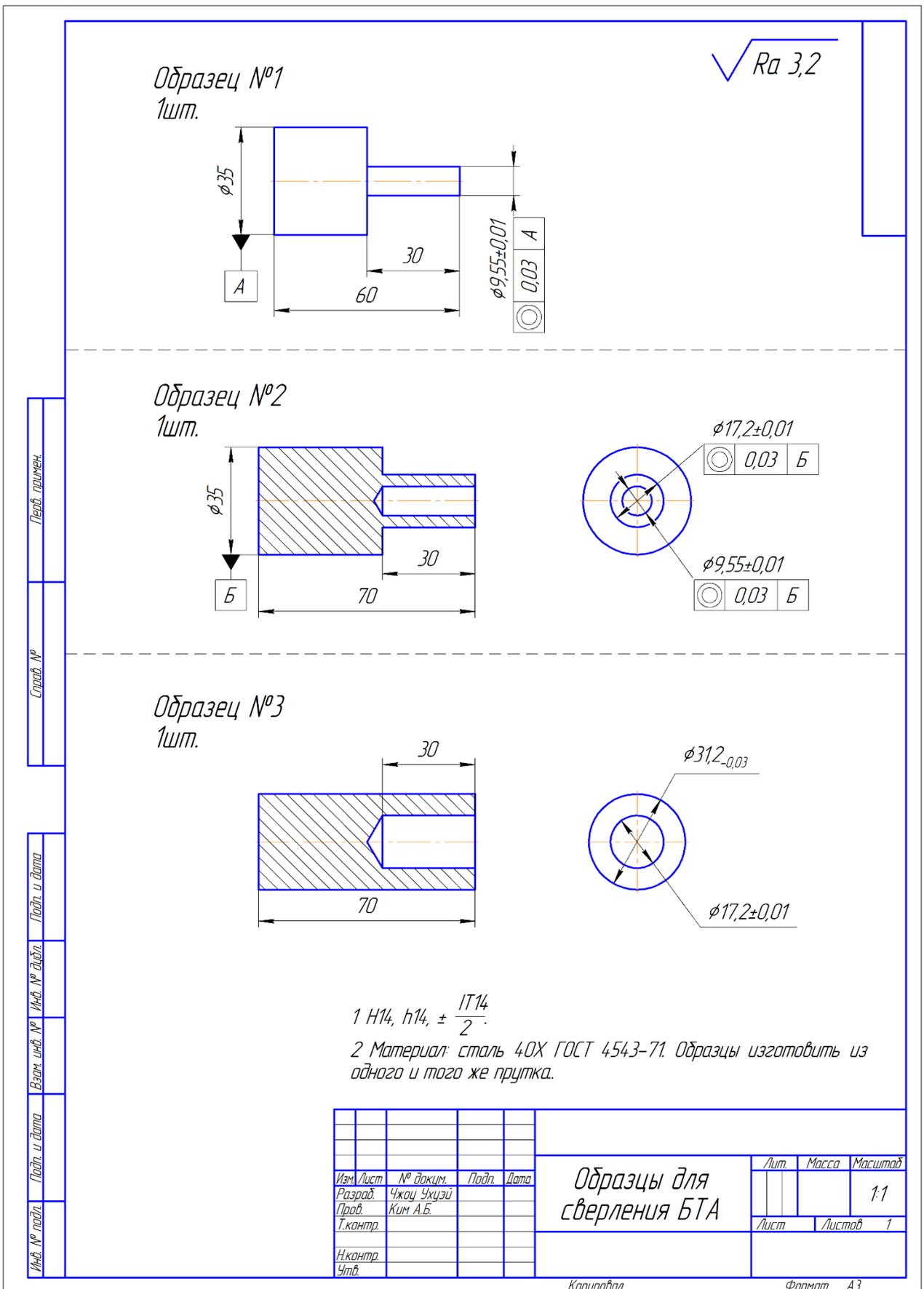


Рис. 13. Эскиз образцов

Силы резания определялись при четырех режимах резания (см. Табл. 3). Для проведения эксперимента было выбрано два значения скорости резания и три значения скорости подачи, соответствующие значениям, используемым в промышленности.

Табл. 3. Режимы резания при эксперименте.

	1	2	3	4
n	1020	816		
V	100	80		
S	0.1		0.18	0.05
S _м	102	82	147	41

Примечание: Режимы резания: n – скорость вращения шпинделя, мин⁻¹; V – скорость резания, м/мин; S – подача, мм/об.; S_м – подача в минуту, мм/мин

1.2.2 Экспериментальное оборудование

Во время эксперимента процесс глубокого сверления головками БГА выполнялся на токарном станке, при этом заготовка закреплялась в самоцентрирующем патроне, а сверлильная головка БГА без штанги – в специальном приспособлении, установленном на токарном динамометре, который, в свою очередь, был закреплен на поперечных салазках суппорта станка. Схема экспериментальной установки для измерения составляющих силы резания показана на рис. 14.

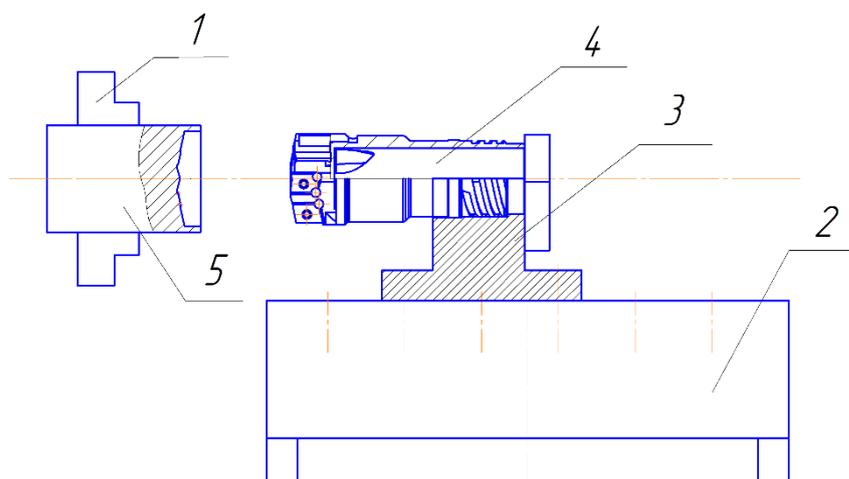


Рис. 14. Экспериментальная установка:
 1) патрон токарного станка; 2) динамометр; 3) специальное приспособление; 4) сверлильная головка БТА; 5) заготовка

В качестве инструмента использовалась экспериментальная модель сверлильной головки диаметром 31,2мм с тремя режущими и двумя направляющими сменными пластинами фирмы UNITAC, изготовленными из твердого сплава марок UC2220 и F2122 соответственно (см. рис. 15).

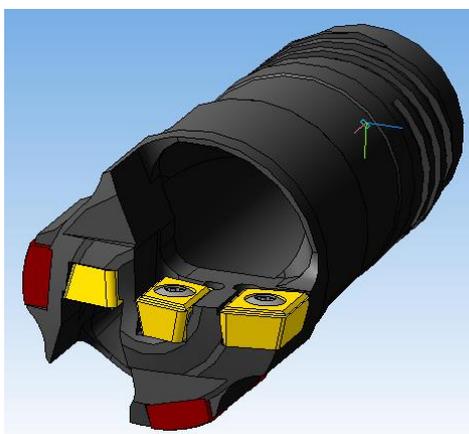


Рис. 15. Эскиз сверлильной головки БТА

Для обеспечения возможности плавного регулирования скорости резания был выбран универсальный токарный станок KNUHN V-Turn 410. В станке применяется 3-осевое устройство цифровой индикации (УЦИ):

- более высокая точность;
- разрешение 0,01 / 0,005 мм;

- ввод данных координат.

Для закрепления сверлильной головки с суппорта станка был снят резцедержатель, а на его место установлена специальная переходная плита.

Для измерения составляющих силы резания был принят универсальный трехкомпонентный токарный динамометр KISTLER модели 9257BA (см. рис. 16).

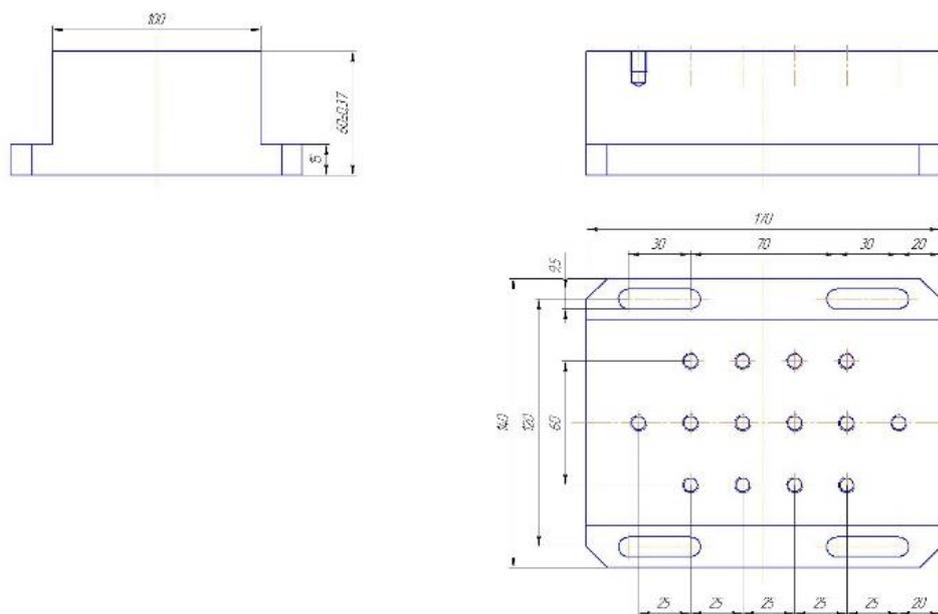


Рис. 16. Эскиз и размеры динамометра 9257BA

Для закрепления сверлильной головки БТА на станке было спроектировано специальное приспособление (см. рис. 17), которое состоит из корпуса, крышки, плиты и упора. Внутренние диаметры специального приспособления совпадают с наружными диаметрами хвостовика сверлильной головки БТА.

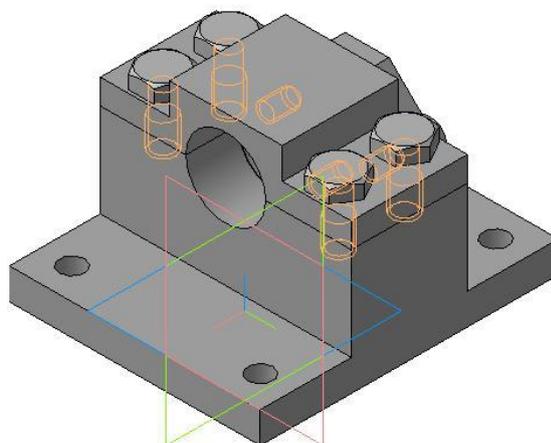


Рис. 17. Внешний вид приспособления

1.2.3 Проведение эксперимента

В исследовании использовалась масляная СОЖ марки МР-7. В отличие от промышленной эксплуатации сверл БТА, при проведении эксперимента внутренняя подача СОЖ под давлением была заменена подачей СОЖ струей.

Чтобы обеспечить соосность патрона токарного станка с сверлильной головкой БТА, приспособление приспособления производили по чертежу с точными размерами, у приспособления осевая высота спроектировано на той же высоте оси патрона токарного станка после сбор. Спроектировали и приняли переходную плиту с подходящей высотой. Ввиду этого, установка переходной плиты позволяла не только установить токарный динамометр на место резцедержателя, но и выставить сверлильную головку на высоту центров станка.

Чтобы базировать сверла БТА в приспособлении, особенно главная режущая кромка периферийной СМП сверла выставлялись параллельно плоскости динамометра, исправили по задней бабке и закрепили сверла БТА в приспособлении в одно и то же время. Ввиду этого, ось сверла совпадала по направлению с измерительным каналом динамометра P_x . При этом рассматриваемая составляющая силы резания P_z была направлена вертикально вниз и совпадала по направлению с измерительным каналом динамометра P_z .

Экспериментальная установка динамометра 9257ВА на станке (рис. 18) представляет собой весьма осторожный процесс.



Рис. 18. Экспериментальная установка

Процедуре выставления сверлильной головки соосно с осью шпинделя за счет перемещения поперечных салазок, использовании устройства цифровой индикации станка для этого выставления и контроля глубины сверления.



Рис. 19. Специальное приспособление и заготовки

Для измерения силы резания был принят токарный динамометр 9257ВА, который был соединен с компьютером для записи экспериментальных данных в виде массива значений составляющих силы резания и графиков. В процессе эксперимента диапазон измерения выбирался в соответствии с максимальной величиной действующей силы, чтобы более точно измерить силы резания.

1.3 Анализ результатов эксперимента

1.3.1 Зависимость составляющих силы резания от скорости резания

На рис. 20 – 22 показаны силовые зависимости для двух режимов резания, у которых одинаковая скорость подачи, $S = 0,1$ мм/об. Из указанных графиков видно, что составляющие силы резания не зависят от скорости резания. Кривые, соответствующие режимам 1 и 2 практически совпадают. Поэтому, зависимость $P = f(S)$ практически не зависит от радиуса (R) точки на режущем кромке.

Анализ графиков зависимости P_x , P_y , P_z от скорости резания показывает, что изменение периферийной скорости резания со 100 (P_1) до 80 м/мин (P_2) не вызывает изменения величины силы резания. Причем для центральной и промежуточной СМП это влияние еще меньше в виду очень малых величин скорости резания вблизи оси сверла.

Поэтому в дальнейшем анализе зависимость от скорости резания рассматриваться не будет.

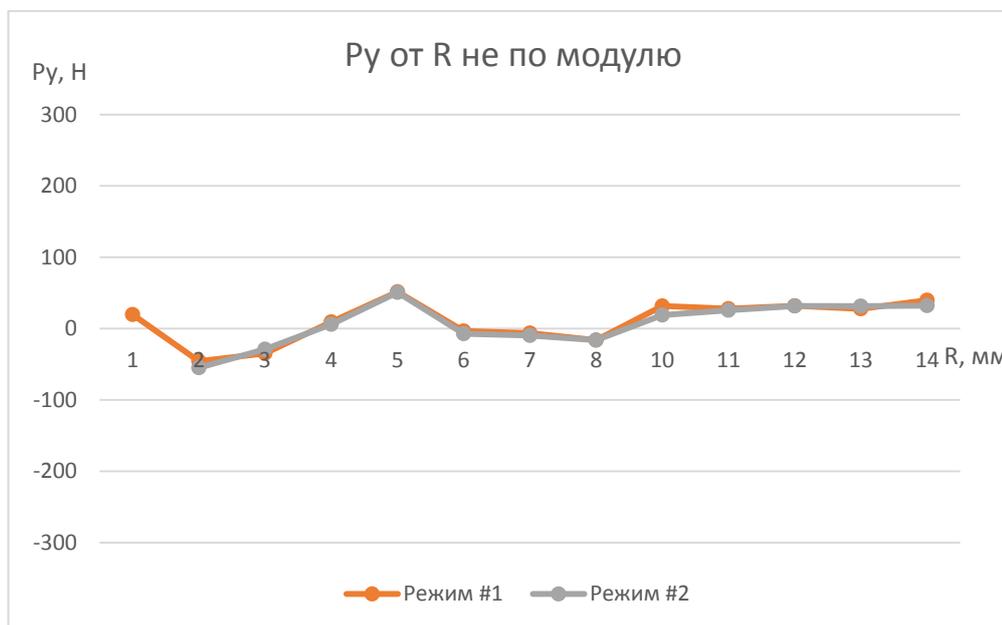


Рис. 20. Зависимость силы P_y от радиуса (для режимов 1 и 2) не по модулю

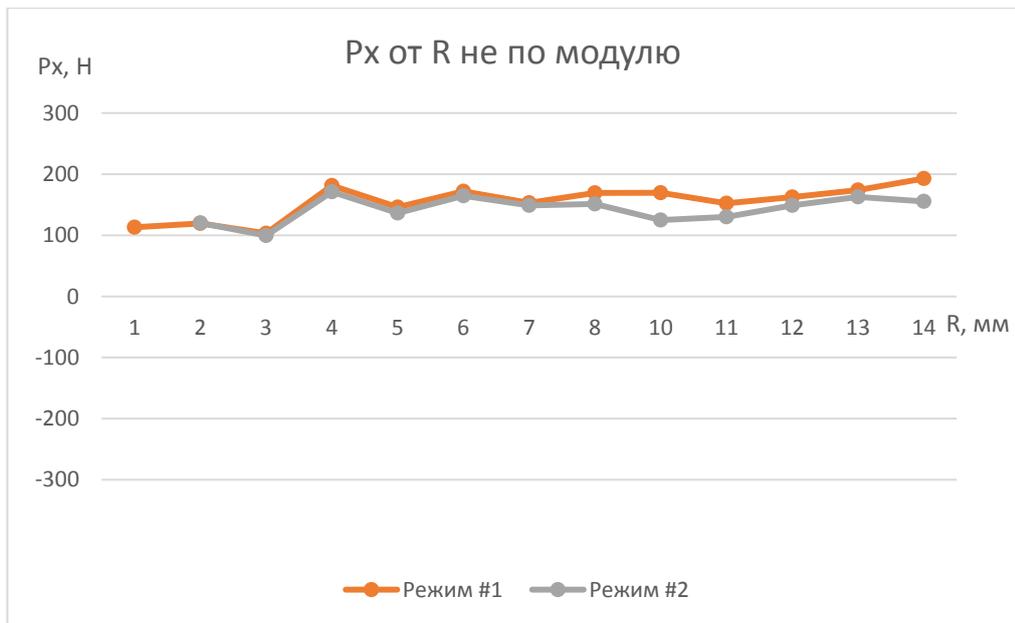


Рис. 21. Зависимость силы P_x от радиуса (для режимов 1 и 2) не по модулю

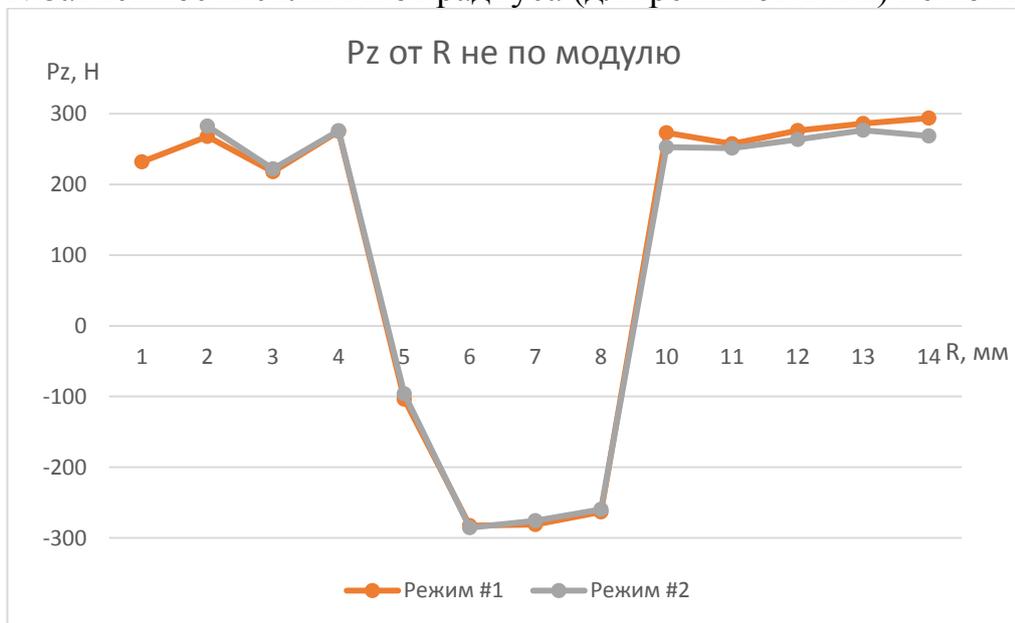


Рис. 22. Зависимость силы P_z от радиуса (для режимов 1 и 2) не по модулю

На рис. 23 – 25 представлены те же данные, что и на рис. 20 – 22, но с абсолютными значениями составляющих силы резания. Из графиков видно, что с изменением скорости резания, вследствие изменения радиуса рассматриваемой точки на режущей кромке, сила резания изменяется незначительно, что также подтверждает независимость силы резания от скорости резания. Резкий провал силы на радиусе равном 5 мм на графике зависимости P_z от V (рис. 25) обусловлен тем, что сила резания в этой точке складывается из двух сил,

приложенных к промежуточной и центральной СМП и действующих в противоположных направлениях.

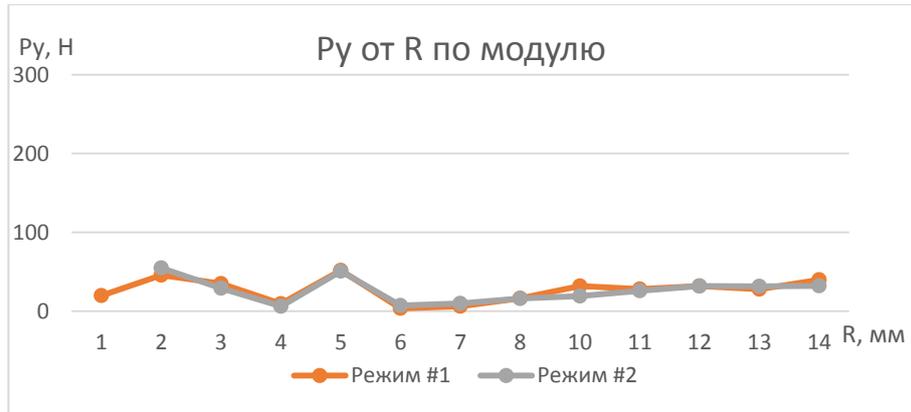


Рис. 23. Зависимость силы P_u от радиуса (для режимов 1 и 2) по модулю

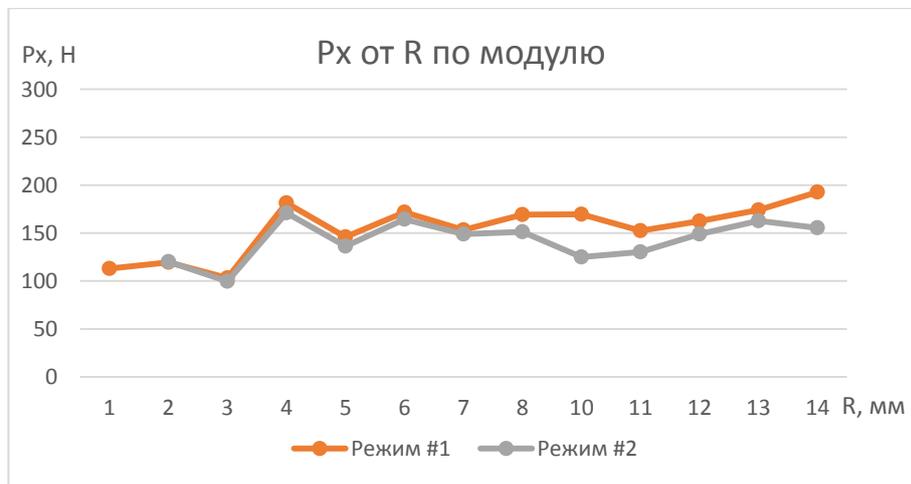


Рис. 24. Зависимость силы P_x от радиуса (для режимов 1 и 2) по модулю

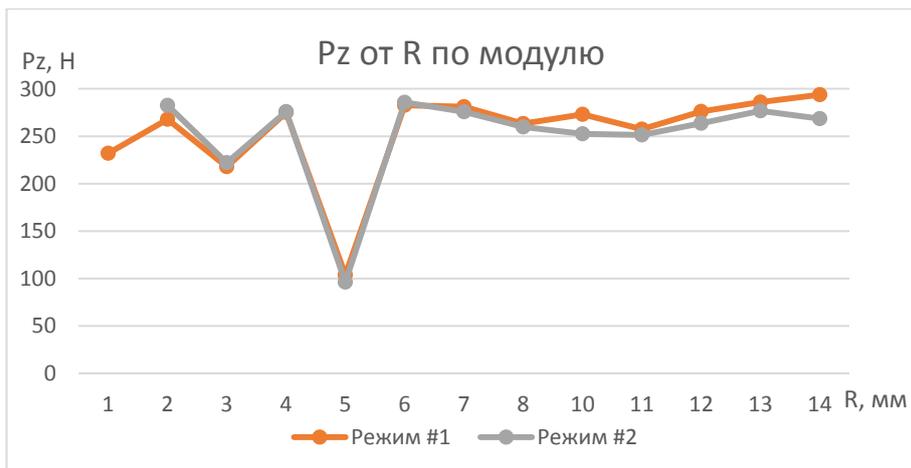


Рис. 25. Зависимость силы P_z от радиуса (для режимов 1 и 2) по модулю

1.3.2 Зависимость составляющих силы резания от скорости

подачи

На рис. 26 – 28 показаны силовые зависимости для трех режимов резания, у которых одинаковая скорость резания, $V = 80$ м/мин. Из указанных графиков видно, что с увеличением скорости подачи составляющие силы резания P_x и P_z увеличиваются или снижаются, в зависимости от расположения СМП, и не зависят от радиуса расположения точки на режущем кромке. Для более точного анализа данных кривых, рассмотрим графики с абсолютными значениями составляющей силы резания (рис. 29-31).

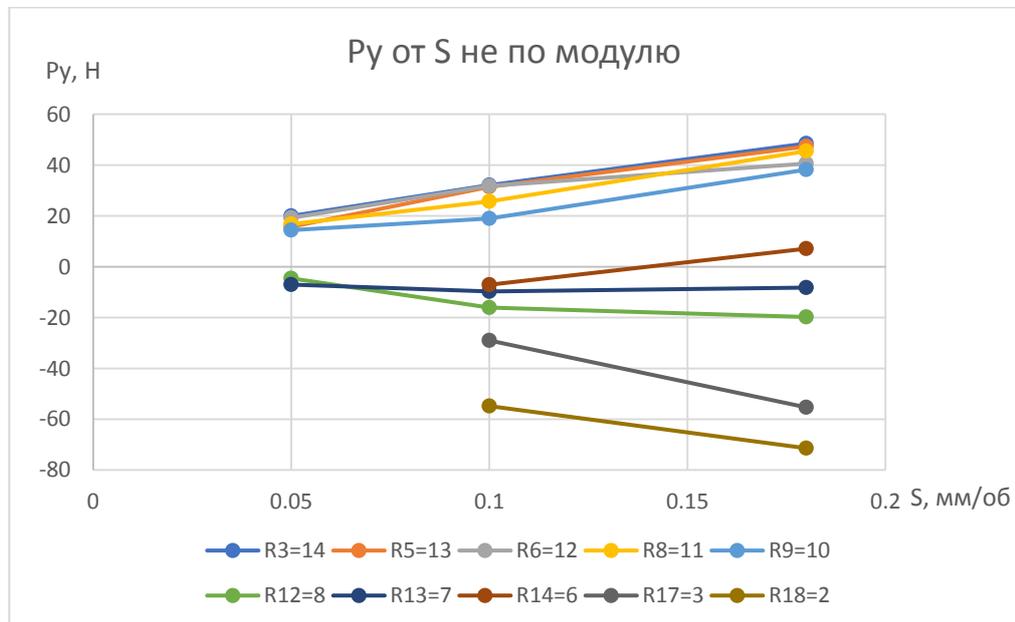


Рис. 26. Зависимость силы P_y от скорости подачи (для разных радиусов) не по модулю

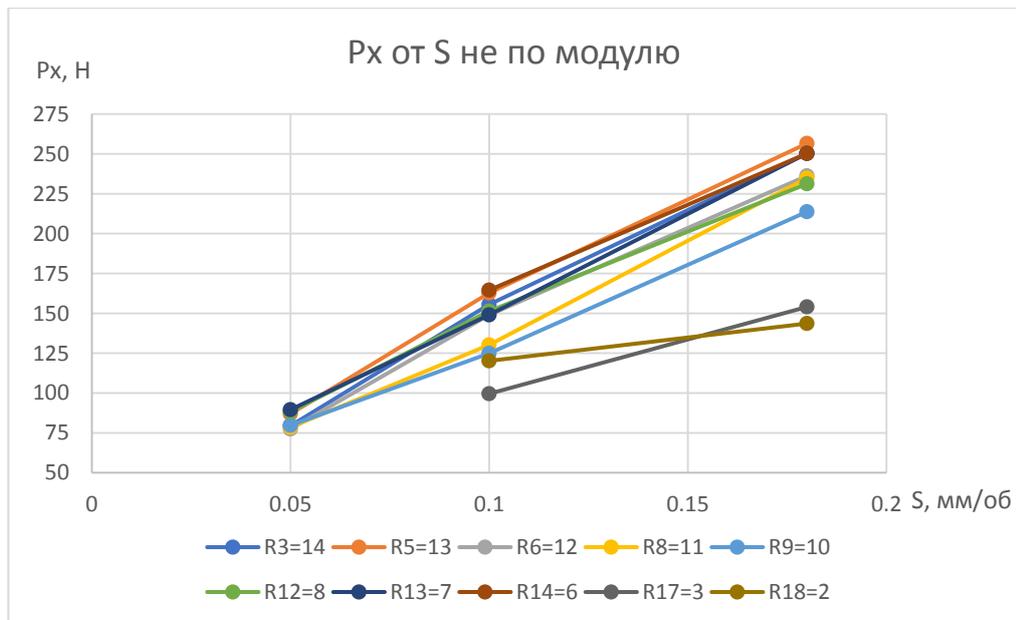


Рис. 27. Зависимость силы P_x от скорости подачи (для разных радиусов) не по модулю

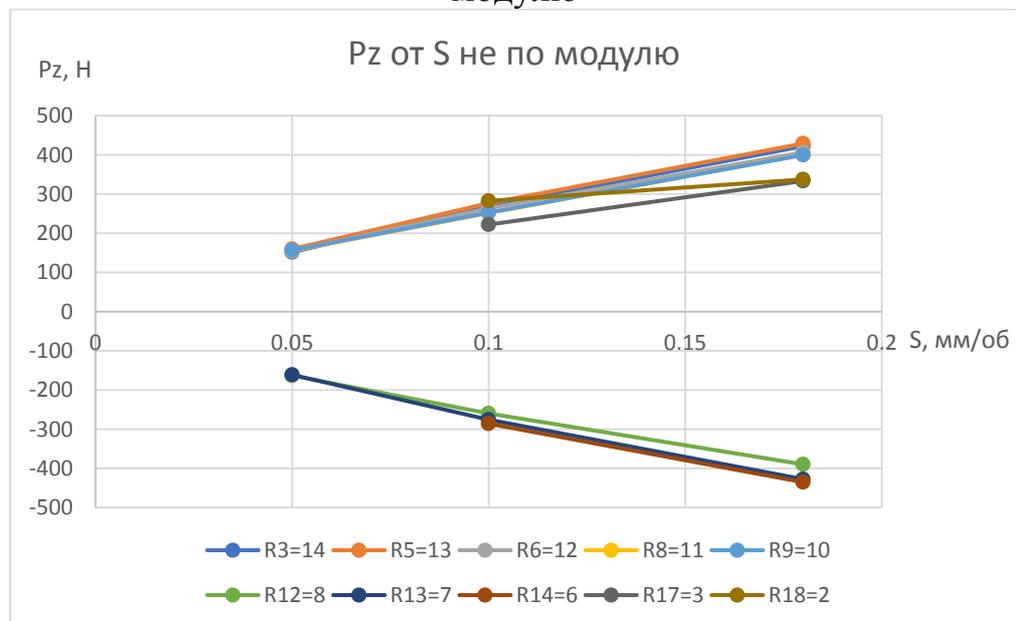


Рис. 28. Зависимость силы P_z от скорости подачи (для разных радиусов) не по модулю

На рис. 29 – 31 представлены те же данные, что и на рис. 26 – 28, но с абсолютными значениями составляющих силы резания. Из графиков видно, что с увеличением скорости подачи, все составляющие силы резания увеличиваются, независимо от радиуса расположения точки на режущем кромке. При этом составляющая силы резания P_z растет быстрее P_x и значительно быстрее P_y . Также можно отметить, что для точек, расположенных вблизи оси вращения

сверла, изменение величины силы резания слабо выражено, что может быть связано с меньшей точностью измерения малых величин силы динамометром.

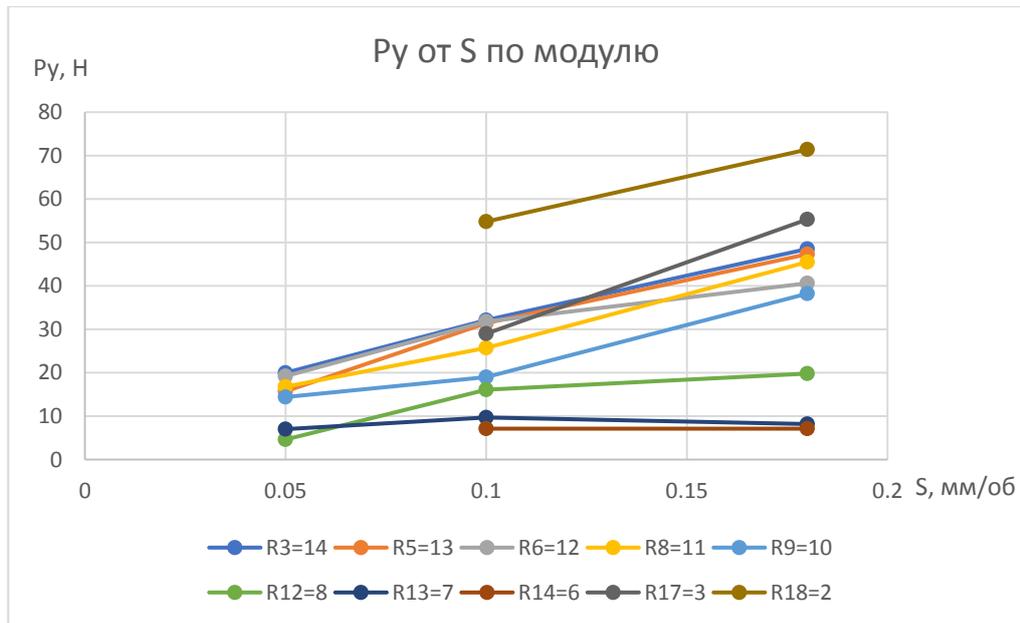


Рис. 29. Зависимость силы P_y от скорости подачи (для разных радиусов) по модулю

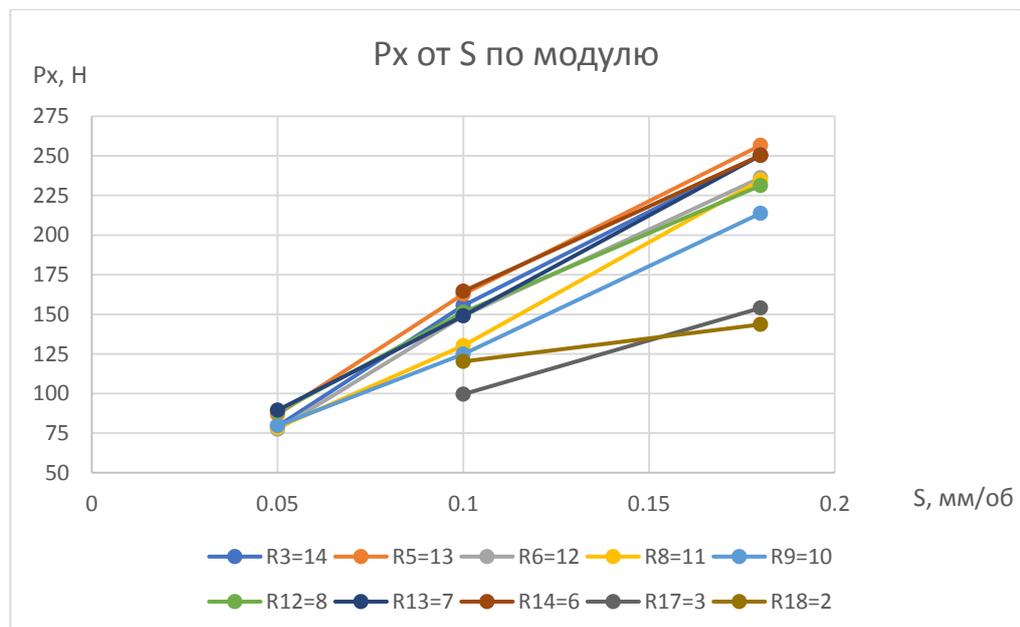


Рис. 30. Зависимость силы P_x от скорости подачи (для разных радиусов) по модулю

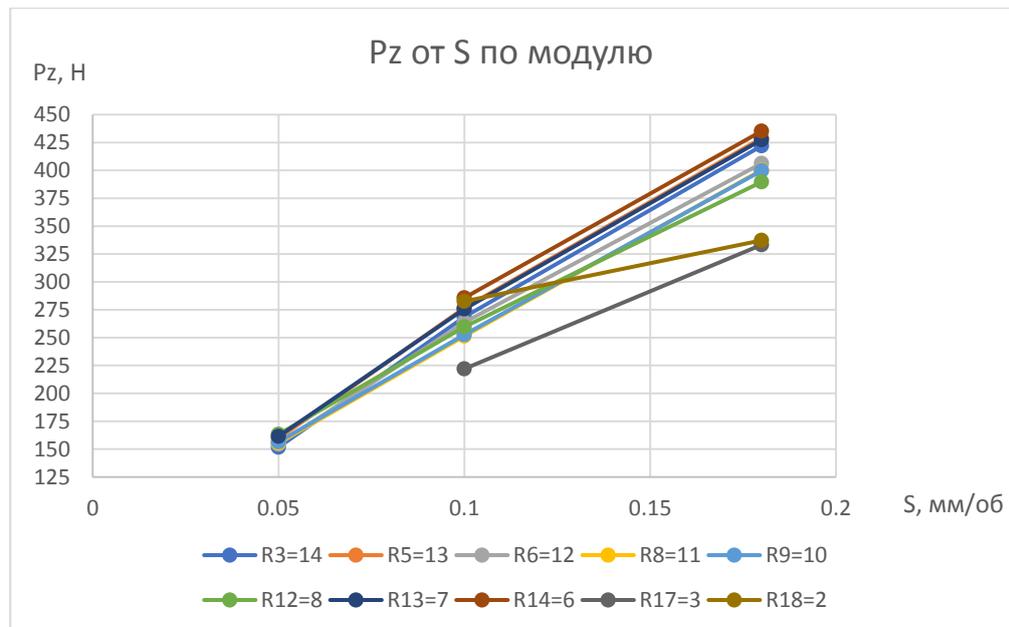


Рис. 31. Зависимость силы Pz от скорости подачи (для разных радиусов) по модулю

На рис. 32 – 34 представлены зависимости составляющих силы резания для всех точек на режущих кромках, аппроксимированные полиномом второй степени: $P_x = -1914s^2 + 1713s$, $P_y = -513s^2 + 310s$, $P_z = -4728s^2 + 3237s$.

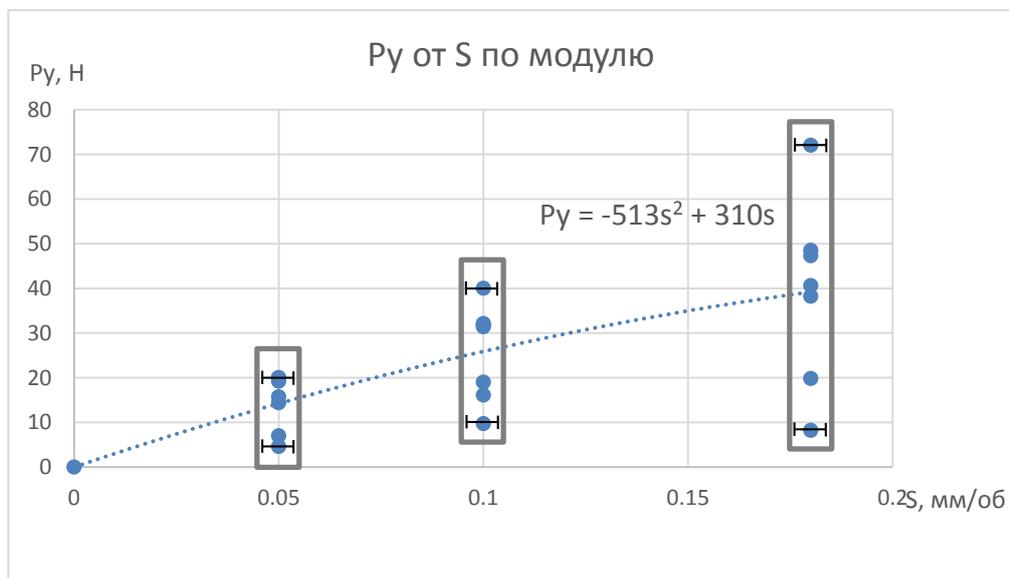


Рис. 32. Зависимость силы Py от скорости подачи (для разных радиусов) по модулю

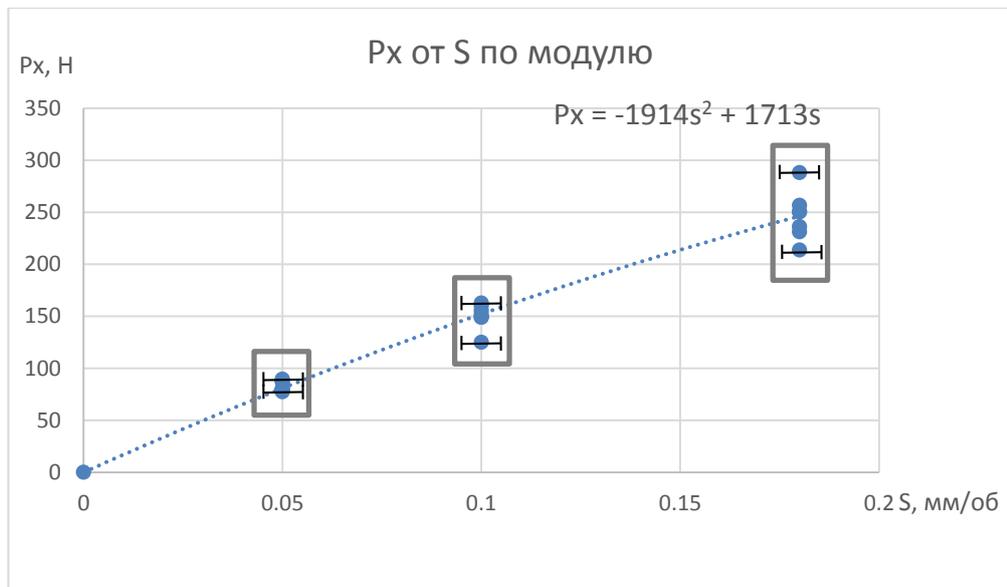


Рис. 33. Зависимость силы Рх от скорости подачи (для разных радиусов) по модулю

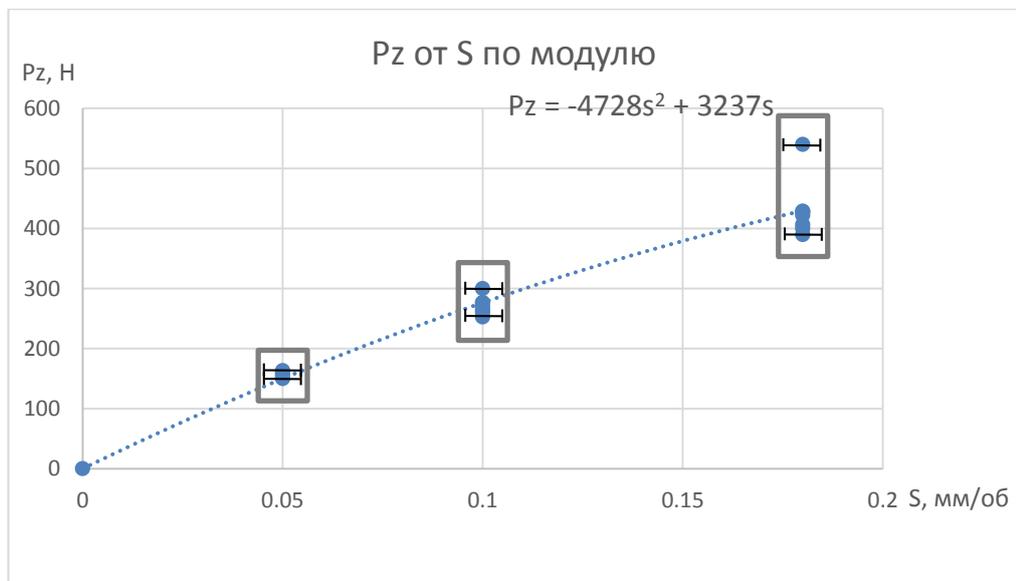


Рис. 34. Зависимость силы Рz от скорости подачи (для разных радиусов) по модулю

1.3.3 Погрешность измерения составляющих силы резания

Для оценки погрешности измерения силы резания ряд испытаний был проведен с удвоенной глубиной резания.

На рис. 35 показаны погрешности измерения составляющих силы резания. Данная погрешность рассчитывалась по формуле:

$$\Delta P = \frac{F_0 - (F_1 + F_2)}{F_0}$$

где F_0 – составляющая силы резания при сверлении с глубиной резания равной 2 мм; F_1 и F_2 – составляющие силы резания при сверлении с глубиной резания равной 1 мм.

Из указанных графиков видно, что погрешность измерения составляющих силы резания (для разных режимов резания) составляет меньше 20%.

Радиус	Режим #1			Режим #2			Режим #3		
	P_{y1}	P_{x1}	P_{z1}	P_{y2}	P_{x2}	P_{z2}	P_{y3}	P_{x3}	P_{z3}
R4=13.5	13.5%	2.8%	-2.9%	10.6%	7.4%	-0.1%	-5.5%	0.8%	-10.3%
R7=11.5	12.2%	8.0%	1.6%	0.2%	6.7%	0.8%	-0.9%	11.0%	2.4%

Рис. 35. Погрешности измерения составляющих силы резания

1.3.4 Зависимость составляющих силы резания, действующих на отдельные СМП, от скорости подачи

На рис. 36 – 38 показаны силовые зависимости для трех режимов резания, у которых одинаковая скорость резания, $V = 80$ м/мин, но разная скорость подачи. Из указанных графиков видно, что с увеличением скорости подачи, все три составляющие силы резания увеличиваются. Можно отметить, что зависимость $P_y=f(s)$ для центральной режущей пластины резко отличается от зависимостей для других СМП, что может быть обусловлено меньшей точностью измерения малых величин силы.

Зависимость $P=f(s)$

Режущая пластина	P_x	P_y	P_z
Периферийная	$P_x = -24442s^2 + 10691s$	$P_y = -5231s^2 + 2389s$	$P_z = -41698s^2 + 19427s$
Промежуточная	$P_x = -15565s^2 + 6021s$	$P_y = 279s$	$P_z = -32477s^2 + 13721s$
Центральная	$P_x = -9919s^2 + 6184s$	$P_y = -2634s^2 + 492s$	$P_z = -30281s^2 + 11275s$

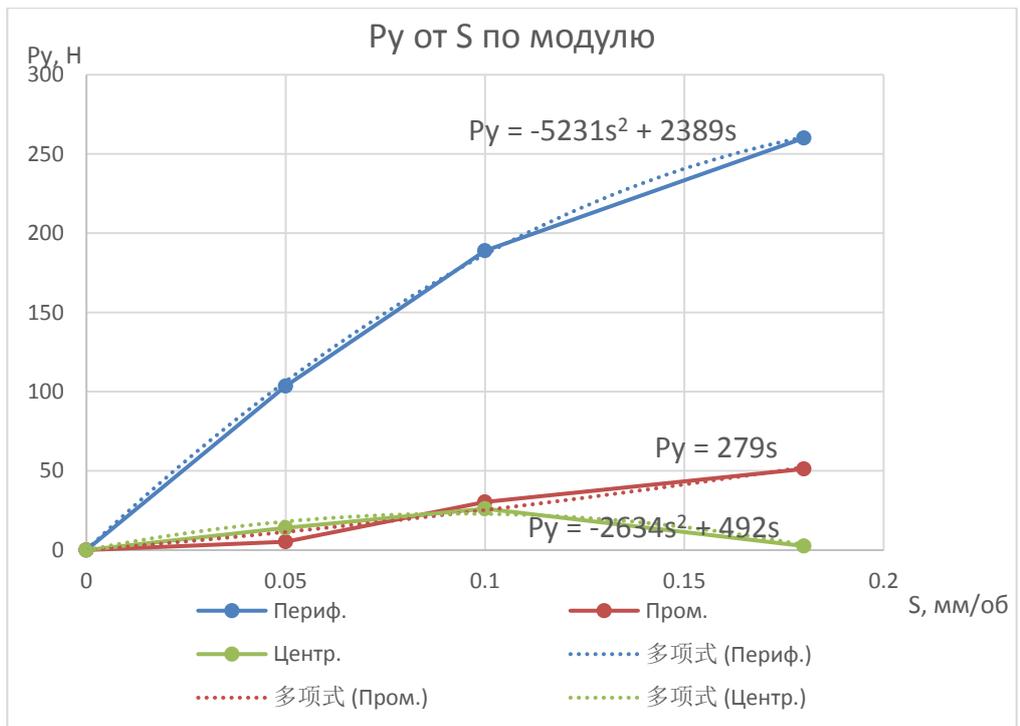


Рис. 36. Зависимость силы P_y от скорости подачи (для разных режимов) по модулю

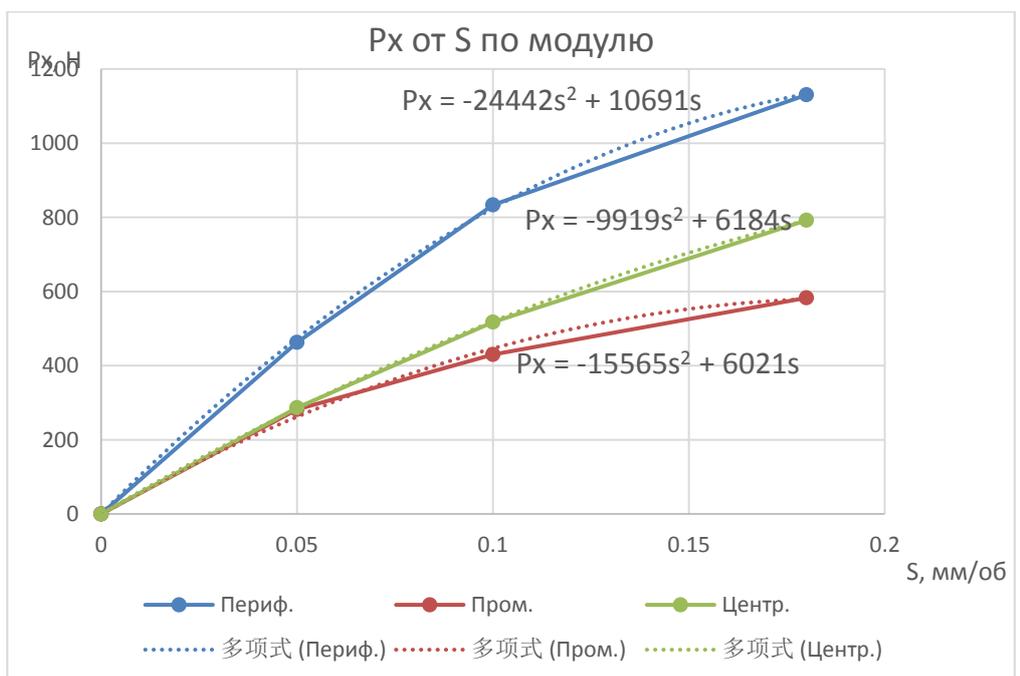


Рис. 37. Зависимость силы P_x от скорости подачи (для разных режимов) по модулю

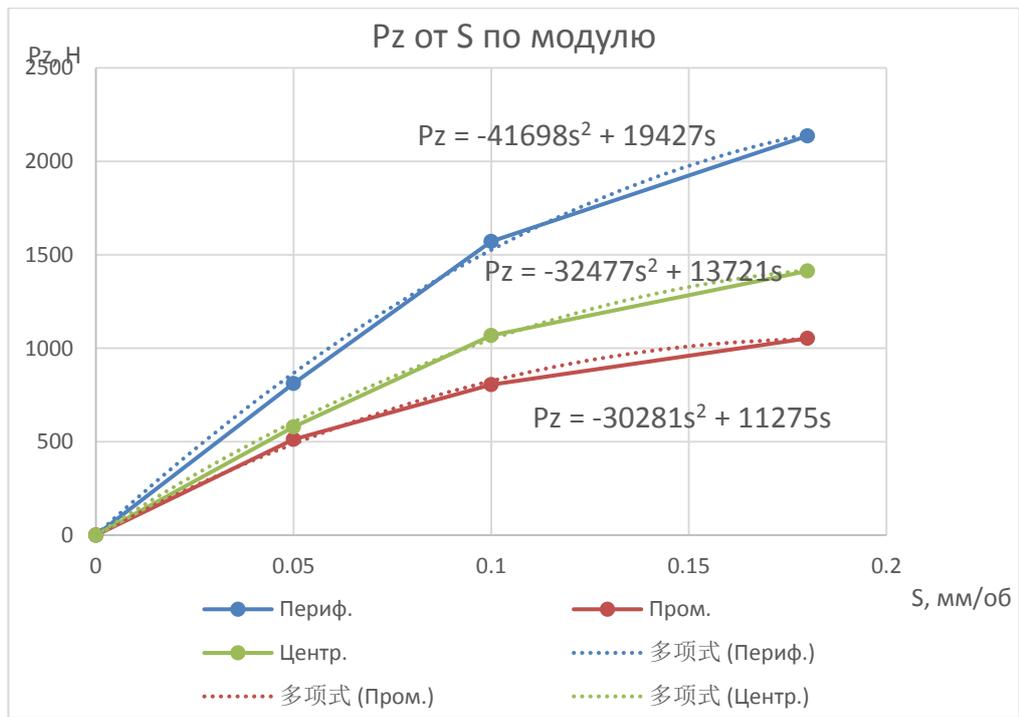


Рис. 38. Зависимость силы Pz от скорости подачи (для разных режимов) по модулю

1.4 Выводы

1. Составляющие силы резания не зависят от скорости резания в рассматриваемом диапазоне, выбранном в соответствии с рекомендациями по эксплуатации сверлильных головок БГА.

2. Удельная сила резания практически постоянна на прямолинейных участках режущей кромки и практически не зависит от радиуса расположения рассматриваемой точки на режущем кромке.

3. С увеличением скорости подачи, составляющие силы резания для всех режущих пластин увеличиваются, независимо от радиуса расположения точки на режущем кромке.

4. Погрешность измерения силы резания (для разных режимов) не превысила 20%.

2. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ71	Чжоу Ухуэй

Школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	150401/Машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	
2. Разработка устава научно-технического проекта	
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. График проведения и бюджет НТИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
5. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский В.Ю.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ71	Чжоу Ухуэй		

Введение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется в большей степени коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске спонсоров для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Сейчас машиностроение – одна из движущих отраслей промышленности. От уровня развития этой отрасли зависит прогресс в целом. Технический прогресс в отрасли машиностроения характеризуется не только улучшением конструкций машин, но и циклическим улучшением технологии их производства. Очень важно качественно, дешево и в заданные плановые сроки с минимальными затратами живого и овеществленного труда изготовить машину, применив высокопроизводительное оборудование, технологическую оснастку, средства механизации и автоматизации производственного процесса. От выбранной технологии производства во многом зависит качество работы выпускаемых машин, а также более низкие экономические затраты на их эксплуатацию.

Оправданное применение прогрессивного оборудования и инструмента способно привести к значительному снижению себестоимости продукции и трудоёмкости её производства. К таким же результатам может привести и использование совершенных методов обработки деталей.

Улучшение технических параметров относительно предыдущих разработок, безусловно, важно, но коммерческая привлекательность научного исследования зависит от востребованности продукта рынком, его цены, бюджета, времени выхода на рынок.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

2.1 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

2.1.1 План проекта

При подготовке исполнения конкретного проекта важно правильно планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность. Наглядным результатом планирования работ является сетевой, либо линейный график реализации проекта. Так как число исполнителей редко превышает двух (степень распараллеливания всего комплекса работ незначительна) в большинстве случаев предпочтительным является линейный график. Для его построения хронологически упорядоченные вышеуказанные данные должны быть сведены в таблицу типа приведенной в таблицу 4.

Таблица 4 – Перечень работ

№	Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	НР – 100%
2	Постановка задачи	Руководитель	НР – 100%
3	Определение последовательности и сроков выполнения задачи	Руководитель, студент	НР – 100% С – 20%
4	Изучение публикаций по теме	Руководитель, студент	НР – 30% С – 100%
5	Выбор способа измерения силы резания сверла БТА	Руководитель, студент	НР – 100% С – 100%

№	Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
6	Разработка заготовок и образцов для эксперимента	Руководитель, Студент	НР – 30% С – 100%
7	Проектирование приспособления для закрепления сверла БТА	Руководитель, Студент	НР – 10% С – 100%
8	Производство эксперимент, сбор экспериментальных данных	Руководитель, студент	НР – 100% С – 100%
9	Анализ экспериментальных данных	Руководитель, Студент	НР – 60% С – 100%
10	Разработка вывода	Руководитель, студент	НР – 60% С – 100%
11	Оформление расчётно-пояснительной записки	Студент	С – 100%
12	Подведение итогов	Руководитель, студент	НР – 60% С – 100%

Ожидаемая продолжительность этапов работ $t_{ож}$ рассчитывается по формуле

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5},$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Для примера рассчитаем этап работы №3 – определение последовательности и сроков выполнения задачи. Минимальное время выполнения t_{min} равняется трём, максимальное t_{max} пяти дням (Таблица 5).

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ дн}$$

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{рД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}$$

где $t_{ож}$ – ожидаемая продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, принимаем $K_{ВН} = 1$;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1 \div 1,2$; принимаем $K_{Д} = 1,2$).

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д} = \frac{1,4}{1} \cdot 1,2 = 1,68 \text{ дн.};$$

Так как загрузка научного руководителя составляет 100%, в таблицу заносится значение $T_{РД} = 1,68$. Загрузка студента равна 20%, то есть

$$T_{РД} = 1,68 \cdot 0,2 = 0,34$$

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и для шестидневной рабочей недели рассчитываемый по формуле

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}},$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

Продолжительность этапа в календарных днях для научного руководителя и студента соответственно:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К} = 1,68 \cdot 1,205 = 2,02 \text{ дн.};$$

$$T_{\text{кд}} = T_{\text{рд}} \cdot T_{\text{к}} = 0,34 \cdot 1,205 = 0,4 \text{ дн.}$$

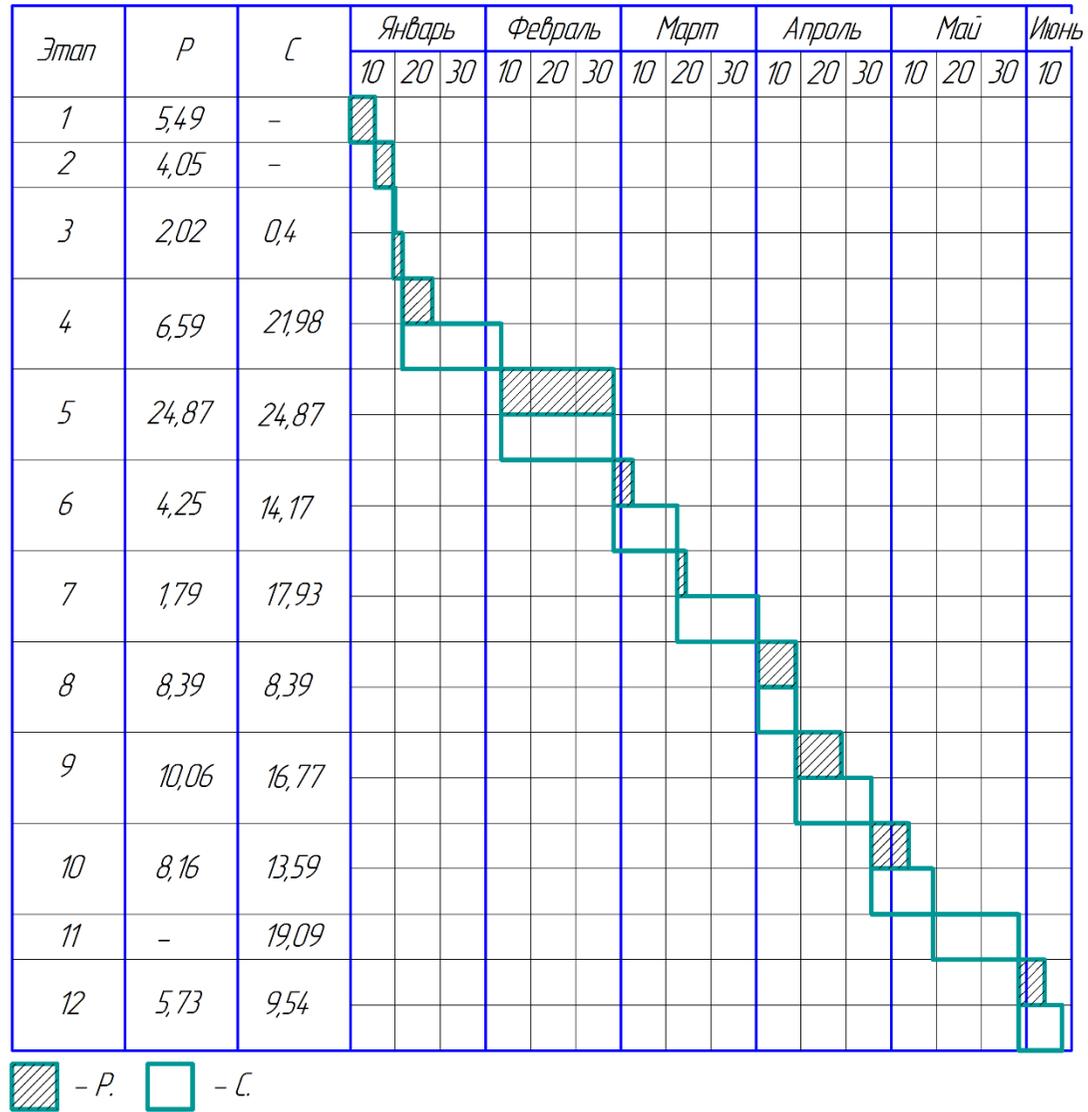
Данные о продолжительности остальных этапов приведены в таблице 6.

Таблица 5 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	$T_{РД}$		$T_{КД}$	
					НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Составление и утверждение технического задания	Р	3	5	3,8	4,56	–	5,49	–
Постановка задачи	Р	2	4	2,8	3,36	–	4,05	–
Определение последовательности и сроков выполнения задачи	Р, С	1	2	1,4	1,68	0,34	2,02	0,4
Изучение публикаций по теме	Р,С	12	20	15,2	5,47	18,24	6,59	21,98
Выбор способа измерения силы резания сверла БТА	Р,С	14	22	17,2	20,64	20,64	24,87	24,87
Разработка заготовок и образцов для эксперимента	Р,С	7	14	9,8	3,53	11,76	4,25	14,17
Проектирование приспособления для закрепления сверла БТА	Р,С	10	16	12,4	1,49	14,88	1,79	17,93
Произведение эксперимент, сбор экспериментальных данных	Р,С	5	7	5,8	6,96	6,96	8,39	8,39
Анализ экспериментальных данных	Р,С	10	14	11,6	8,35	13,92	10,06	16,77
Разработка вывода	Р,С	7	13	9,4	6,77	11,28	8,16	13,59
Оформление расчётно-пояснительной записки	С	10	18	13,2	–	15,84	–	19,09
Подведение итогов	Р,С	5	9	6,6	4,75	7,92	5,73	9,54

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Итого:				109,2	67,56	121,78	81,4	146,73

Таблица 6 – Линейный график работ



2.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

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

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

2.2.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Для выполнения пункта 6 и 7 (таблица 7) необходимо приобрести материал для измерения силы резания при сверлении сверлами БТА, которыми являются специальное приспособление и заготовки. Кроме того статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Расчёт затрат на материалы представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Расчёт затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Заготовка (прокат круглый)	49руб/кг	1300мм ~8,2кг	401,8
Сверло БТА	3800	1	3800
Специальное приспособление	5000	1	5000
Всего за материалы			9201,8
Транспортно-заготовительные расходы			460,09
Итого:			9661,89

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны:

$$C_{\text{мат}} = 9201,8 \cdot 1,05 = 9661,89 \text{руб}$$

2.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и исполнителя (в его роли выступает студент), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Величины месячных окладов (МО) для сотрудников ТПУ можно получить на его портале (*Главная → Структура ТПУ → Управление первого проректора → Планово-финансовый отдел → Регламентирующие документы*) или из приложения 1. Оклад инженера принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации в организации, где исполнитель проходил преддипломную практику. При отсутствии такового берется оклад инженера собственной кафедры (лаборатории).

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-г}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-г}} = \text{МО} / 25,083$$

учитывающей, что в году 301 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Пример расчета затрат на полную заработную плату приведены в таблице 8. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 5. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$. Вышеуказанное значение $K_{\text{доп.ЗП}}$ применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае $K_{\text{и}} = 1,62$.

Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33 664	1342,1	68	1,699	155 055,5
И	15 470	616,75	122	1,62	121 894,47
Итого:					276 949,97

2.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $S_{соц.} = S_{зп} * 0,3$.
Итак, в нашем случае:

$$S_{соц.} = 276\,949,97 * 0,3 = 83\,084,99 \text{ руб.}$$

2.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot ЦЭ$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$ЦЭ$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $ЦЭ = 5,748$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 5 для инженера ($T_{рд}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов:

$$t_{об} = T_{рд} * K_t,$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{РД}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{об}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{ОБ} = P_{ном.} * K_C$$

где $P_{ном.}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 9.

Таблица 9 Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты Э _{об} , руб.
Персональный компьютер	703,12*0,6	0,3	727,48
Точный токарный станок	16	5,5	505,82
Динамометр	16	1	91,97
Итого:			1 325,27

2.2.5 Расчет амортизационных расходов

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования. Так как необходимое оборудование имеется на кафедре, его стоимость учитывается в виде амортизационных отчислений.

Используется формула:

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot Ц_{ОБ} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D}$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} .

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

Сроки амортизации (C_A) персонального компьютера варьируются от 2 до 3 лет. Возьмем конкретное значение $C_A=2.5$ года, тогда $H_A = \frac{1}{C_A} = 0,4$.

$$F_D = 298 \cdot 8 = 2384 \text{ч.}$$

Балансовая стоимость единицы оборудования с учётом ТЗР:

$$Ц_{ОБ} = 42000 \text{руб.}$$

Фактическое время работы оборудования:

$$t_{рф} = 703,12 \text{ч.}$$

Тогда для ПК амортизация равна:

$$C_{AM} = \frac{0,4 \cdot 42000 \cdot 703,12 \cdot 1}{2384} = 4954,87 \text{ руб}$$

Сроки амортизации (C_A) точного токарного станка с ЧПУ варьируются от 7 до 10 лет. Возьмем конкретное значение $C_A=8$ лет, тогда $H_A = \frac{1}{C_A} = 0,125$.

Действительный годовой фонд времени работы берётся:

$$F_D = 2384\text{ч.}$$

Точный токарный станок V-Turn 410/1500 - цена 18 880 Евро.. Балансовая стоимость единицы оборудования с учётом ТЗР:

$$C_{OB} = 1386700\text{руб}$$

Фактическое время работы оборудования:

$$t_{рф} = 16\text{ч}$$

Тогда для станка с ЧПУ амортизация равна:

$$C_{AM} = \frac{0,125 \cdot 1386700 \cdot 16 \cdot 1}{2384} = 1163,34 \text{ руб}$$

Сроки амортизации (C_A) универсального трехкомпонентного токарного динамометра KISTLER модели 9257BA варьируются от 5 до 7 лет. Возьмем конкретное значение $C_A=5$ лет, тогда $H_A = \frac{1}{C_A} = 0,2$.

Действительный годовой фонд времени работы берётся:

$$F_D = 2384\text{ч}$$

Балансовая стоимость единицы оборудования с учётом ТЗР:

$$C_{OB} = 132900\text{руб}$$

Фактическое время работы оборудования:

$$t_{рф} = 16\text{ч}$$

Тогда для КИМ амортизация равна:

$$C_{AM} = \frac{0,2 \cdot 132900 \cdot 16 \cdot 1}{2384} = 178,39 \text{ руб}$$

Итого:

$$C_{AM} = 4954,87 + 1163,34 + 178,39 = 5249,6\text{руб}$$

2.2.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

Сюда относятся:

- командировочные расходы, в т.ч. расходы по оплате суточных, транспортные расходы, компенсация стоимости жилья;
- арендная плата за пользование имуществом;
- оплата услуг связи;
- услуги сторонних организаций.

Норма оплаты суточных – **100 руб./день**.

Данные расходы в работе не предусмотрены.

2.2.7 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нп}}) \cdot 0,1$$

Для нашего примера это

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нп}}) \cdot 0,1 = (9\,661,89 + 276\,949,97 + 83\,084,99 + 1\,325,27 + 5\,249,6 + 0) \cdot 0,1 = 37\,627,17 \text{ руб.}$$

2.2.8 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта.

Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	9 661,89
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	276 949,97
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	83 084,99
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	1 325,27
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	5 249,6
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	0
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	37 627,17
Итого:		413 898,89

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 413\,898,89$ руб.

2.2.9 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере $5 \div 20$ % от полной себестоимости проекта. В нашем примере она составляет 41389,89 руб. (10 %) от расходов на разработку проекта.

2.2.10 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(413\,898,89 + 41389,89) * 0,2 = 455288,78 * 0,2 = 91057,76$ руб.

2.2.11 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 413\,898,89 + 41389,89 + 91057,76 = 546\,346,54 \text{ руб.}$$

2.3 Оценка экономической эффективности проекта

В данной работы провести оценку ее экономической эффективности не представляется возможным из-за отсутствия данных о масштабе и характере ее использования в производственной сфере.

3. Раздел «Социальная ответственность»
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ71	Чжоу Ухуэй

Школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	150401/Машиностроение

Тема ВКР:

Измерение силы резания при сверлении сверлами БТА	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования и области его применения	<p>Объектом исследования является участок цеха находящаяся в 16 корпусе, в котором производить эксперимент для измерения силы резания при сверлении сверлами БТА, а также содержащиеся в данном цеху станки и сопутствующее оборудование.</p> <p>Область применения: аэрокосмическая промышленность, энергетическая промышленность, производство автомобилей, химикатов, текстиля и т.д.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	<ul style="list-style-type: none"> • Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; • Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность	<ul style="list-style-type: none"> • Отклонение показателей микроклимата; • Превышение уровня шума; • Отсутствие или недостаток естественного света; • Недостаточная освещенность рабочей зоны; • Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.
3. Экологическая безопасность	<ul style="list-style-type: none"> • Защита селитебной и других зон окружающей среды; • Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы: абразивная пыль); • Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы: СОЖ); • Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы: стружка, бумага); • Разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	<ul style="list-style-type: none"> • Перечень возможных ЧС на объекте: сильные морозы, диверсия; • Выбор наиболее типичной ЧС; • Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС.
---	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романова Светлана Владимировна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ71	Чжоу Ухуэй		

3. Социальная ответственность

Введение

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

В данной работе рассмотрены силы резания для сверла БТА с помощью станка.

Актуальность работы заключается в возможности более рационального проектирования корпуса сверла БТА на основе знания зависимости распределения составляющих сил резания по режущим кромкам от режима резания. Это позволит проектировать корпуса сверла БТА более равнопрочной конструкции, а также с лучшими условиями подвода и отвода СОЖ.

Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды: В лаборатории, где находится оргтехника могут быть следующие вредные факторы: а) некомфортные метеоусловия; б) вредные вещества; в) производственный шум; г) недостаточная освещенность.

Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Так как лаборатория находится в городе Томске, наиболее типичной ЧС является мороз. Так же, в связи с неспокойной ситуацией в мире, одной из возможных ЧС может быть диверсия.

3.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Под проектированием рабочего места понимается целесообразное пространственное размещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях функционально взаимосвязанных средств производства необходимых для осуществления трудового процесса.

При проектировании рабочих мест должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, шум, наличие вредных веществ, электромагнитных полей и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест.

Необходимыми требованиями являются обеспечение условий для безопасного ведения работ, соблюдение норм и правил техники безопасности, правил работы с электрооборудованием. Необходимо следить за концентрацией вредных веществ в воздухе, исправностью проводки, изоляции кабелей и пр., чтобы не допустить возникновения пожароопасных и взрывоопасных ситуаций.

При проектировании лаборатории необходимо уделить внимание и охране окружающей среды, а в частности, организации безотходного производства.

3.2 Анализ вредных и опасных факторов

Производственным риском будем считать опасные и вредные производственные факторы, воздействующие на человека. При рассмотрении опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) будем руководствоваться ГОСТ 12.0.003-2015. ОВПФ делятся на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизические. В металлообрабатывающих цехах встречаются все четыре группы ОВПФ. На проектируемом участке особенно обширна группа физических факторов.

Результаты анализа ОВПФ сведены в таблицу 10.

Таблица 10 Возможные опасные и вредные факторы при измерении составляющих силы резания при сверлении с различными режимами резания

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо тка	Изготов ление	Эксплуа тация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	Приводятся нормативные документы, которые регламентируют действие каждого выявленного фактора с указанием ссылки на список литературы. Например, требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*[59].
2. Превышение уровня шума		+	+	
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	

3.3 Отклонение показателей микроклимата

Состояние микроклимата на механическом участке должна соответствовать допустимым нормам по ГОСТ 12.1.005-88. Метеорологические условия в производственных условиях определяются следующими параметрами:

- температура воздуха t , °С;
- относительная влажность воздуха φ , %;
- скорость движения воздуха на рабочем месте v , м/с.

Движение воздуха в помещениях – это важный фактор, влияющий на тепловое самочувствие человека. Движение воздуха оказывает различное действие на организм в тёплый и холодный период года. Так, в жарком помещении оно улучшает состояние организма, так как способствует

увеличению отдачи теплоты, но при низкой температуре оказывает неблагоприятное воздействие. Можно сделать вывод, что для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам к операторам, относится к категории средних работ, 2б – работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице 11.

Таблица 11 – Результаты замеров микроклимата

Период года	Категория работ	Температура, С°		Влажность, %		Скорость воздуха, м/с	
		Фактич.	Допуст.	Фактич.	Допуст.	Фактич.	Допуст.
Теплый	2б	21	18-27	62	65	0,16	0,2
Холодный	2б	18	17-23	53	<75	0,1	0,2

Для обеспечения комфортных условий используются как организационные методы (рациональная организация проведения работ в зависимости от времени года и суток, чередование труда и отдыха), так и технические средства: в холодный период года – применение водяного отопления; в теплый период года – искусственная вентиляция, изоляция нагретых поверхностей оборудования.

3.4 Превышение уровня шума

При проведении эксперимента для измерения составляющих силы резания при сверлении с различными режимами резания, шум возникает из универсального токарного станка KNUTH V-Turn 410.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами

исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Основное физиологическое воздействие шума заключается в повреждении внутреннего уха. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением. Длительное воздействие шума, уровень которого превышает допустимые значения, может привести к заболеванию человека шумовой болезнью — нейросенсорная тугоухость. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, влияет на качество и безопасность труда.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо использование СКЗ и СИЗ.

Средства коллективной защиты:

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения (пенобетон; базальтовая, минеральная, хлопковая вата; шумопоглощающие экраны из фанеры, древесноволокнистые плиты, звуконепроницаемые ткани);

- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения.

Средства индивидуальной защиты:

- применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

В нашей работе низкая уровень шума, благодаря тому, что в исследовании использовалась масляная СОЖ марки МР-7.

3.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Согласно СНиП 23-05-95 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 150 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда. На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

В цехе используются светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40 для освещения.

3.6 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Лаборатория относится к II классу электроопасности - помещению с повышенной опасностью, которая характеризуется наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой. Токарный станок работает в сети с напряжением 380 В.

В лаборатории применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте. Станки и оборудование оснащены заземлителями. Средствами индивидуальной защиты от поражения электрическим током являются инструменты с ручками из изолирующего материала, специальные перчатки и обувь, а также дорожки и коврики.

3.7 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма ее решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Окружающий человека воздух непрерывно подвергается загрязнению. Воздух производственных помещений загрязняется выбросами технологического оборудования или при проведении технологических процессов. Удаляемый из помещений вентиляционный воздух может стать причиной загрязнения воздуха промышленных площадок и населенных мест. Средства защиты атмосферы должны ограничивать наличие

вредных веществ в воздухе среды обитания человека не выше ПДК. В тех случаях, когда реальные выбросы выше этого уровня, необходимо использовать аппараты для очистки газов от примесей.

Данная магистерская работа не представляет опасности для экологической обстановки, поскольку отсутствует использование токсичных материалов. Все операции являются сугубо механическими, без выделения вредных газов и веществ, однако, в процессе обработки снимается слой стружки, которая должна правильно утилизироваться для переработки. Стружку необходимо очистить от металлических вкраплений, спрессовать и отправить на переработку в соответствующую фирму. Смазочно- охлаждающую жидкость фильтровать и вернуть в цикл, остальные взвеси собрать и сдать в строительную или дорожную промышленность в качестве инертного материала.

3.8 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Лаборатория находится в городе Томск с континентально- циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т.д.) в данном городе отсутствуют. Возможными ЧС могут быть: природного характера – сильные морозы, техногенного характера – шпионаж, диверсия. Критически низкие температуры могут привести к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае заморозки труб в лаборатории предусмотрены запасные электрообогреватели. Электропитание для

обогревателей обеспечивает генератор. Данное оборудование хранится на складе и их техническое состояние постоянно проверяется.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. В большинстве случаев такие угрозы оказываются ложными, однако, работы в данном случае все равно не прекращаются. Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключить распространение информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица обязаны раз в полгода проводить тренировки по отработке действий на случай ЧС.

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Помещение, в котором осуществляется процесс изготовления изделия, по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Д: негорючие вещества и материалы находятся в холодном состоянии. Тем не менее, никогда не стоит забывать об опасности возникновения пожара. Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- использование только исправного оборудования;
- проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещения;
- отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;

- курение в строго отведенном месте;
- содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

В помещении необходимо иметь 2 огнетушителя марки ОП-5, исходя из размеров помещения, а также силовой щит, который позволяет мгновенно обесточить помещение. Огнетушители должны всегда содержаться в исправном состоянии, периодически осматриваться, проверяться и своевременно перезаряжаться. Желательно помещать на стенах инструкции по пожарной безопасности и план эвакуации в случае пожара. В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации.

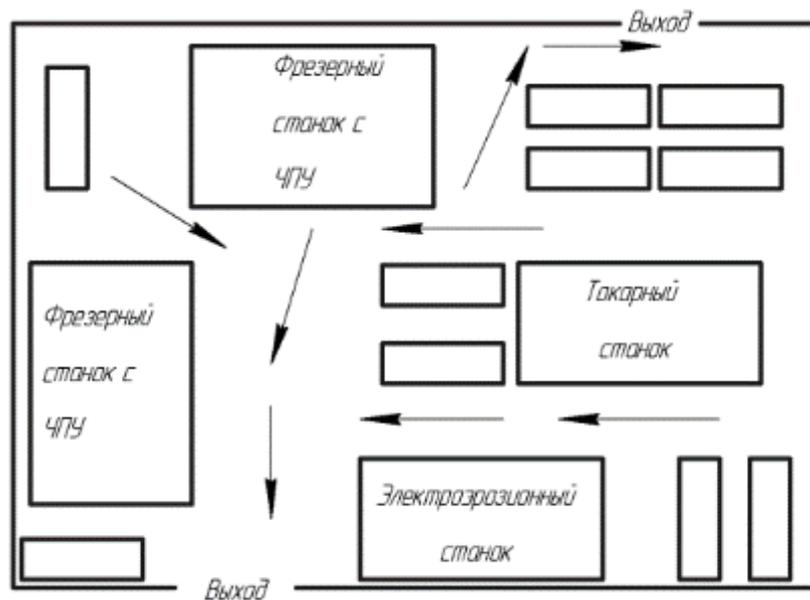


Рисунок 39. План эвакуации аудитории 103

Вывод:

Объектом исследования является участок цеха находящаяся в 16 корпусе, в котором производить эксперимент для измерения силы резания при сверлении сверлами БГА, а также содержащиеся в данном цеху станки и сопутствующее оборудование.

Посредством анализа безопасности в ходе диплома были проанализированы различные вопрос о безопасности, и успешное исследование диплома было гарантировано. Практическая значимость заключается в повышении осведомленности о безопасности и изучении знаний о безопасности, которые могут быть использованы при возникновении внезапных и опасных ситуаций в будущем.

Законодательные акты

1. ГОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности
2. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)».
4. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
6. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
7. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
8. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
9. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
10. ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности.
11. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха
12. ГОСТ 30775-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
13. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.
14. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Список используемых источников

1. Кирсанов С.В., Гречишников В.А., Схиртладзе А.Г., Кокарев В.И. Инструменты для обработки точных отверстий. –М.: Машино-строение, 2005. - 336 с.
2. Кирсанов С.В. Обработка глубоких отверстий в машиностроении. Москва «Машиностроение» 2009. -298 с.
3. Haddag B, Nouari M, Moufki A, et al. COMBINED ANALYTICAL/NUMERICAL MODELLING FOR CUTTING FORCES AND CONTACT ANALYSES IN THE BTA DEEP HOLE DRILLING[J].
4. Biermann D, Kersting M, Kessler N. Process adapted structure optimization of deep hole drilling tools[J]. CIRP Annals-Manufacturing Technology, 2009, 58(1): 89-92.
5. Thil J, Haddag B, Nouari M, et al. Experimental and analytical analyses of the cutting process in the deep hole drilling with BTA (Boring Trepanning Association) system[J]. Mechanics & Industry, 2013, 14(6): 413-429.
6. MINCIU C. On boring deep holes[J]. 2006.
7. Latinovic V N, Osman M O M. Optimal design of BTA deep-hole cutting tools with staggered cutters[J]. THE INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH, 1989, 27(1): 153-173.
8. Corney J, Griffiths B. A study of the cutting and burnishing operation during deep hole drilling and its relationship to drill wear[J]. The International Journal of Production Research, 1976, 14(1): 1-9.
9. Haddag B, Thil J, Nouari M, et al. Analyse du procédé de forage profond avec système BTA par la caractérisation du processus de coupe[J]. 21^{ème} Congrès Français de Mécanique, 26 au 30 août 2013, Bordeaux, France (FR), 2013.
10. Malarvizhi S, Chaudhari A, Woon K S, et al. Influence of Burnishing Axial Interference on Hole Surface Quality in Deep Hole Drilling of Inconel 718[J]. Procedia Manufacturing, 2016, 5: 1295-1307.

11. R. Komanduri, R.H. Brown, On the mechanics of chip segmentation in machining, *J. Eng. Industry* 103 (1981) 33–51
12. S. Atlati, B. Haddag, M. Nouari, M. Zenasni, Analysis of a new Segmentation Intensity Ratio “SIR” to characterize the chip segmentation process in machining ductile metals, *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 51 (2011) 687–700
13. S. Kouadri, K. Necib, S. Atlati, B. Haddag, M. Nouari, Quantification of the chip segmentation in metal machining: Application to machining the aeronautical aluminium alloy AA2024-T351 with cemented carbide tools WC-Co. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 64 (2013) 102–113
14. C.S. Deng, J.C. Huang, J.H. Chin, Effects of support misalignments in deep-hole drill shafts on hole straightness, *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 41 (2001) 1165–1188
15. A. Al-Hamdan, Effect of misalignment on the cutting force signature in drilling, *J. Mater. Process. Technol.* 124 (2002) 83–91
16. C.S. Deng, J.H. Chin, Hole roundness in deep-hole drilling as analysed by Taguchi methods, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 25 (2005) 420–426
17. N. Guibert, H. Paris, J. Rech, A numerical simulator to predict the dynamical behavior of the self-vibratory drilling head, *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 48 (2008) 644–655
18. K. Weinert, O. Webber, C. Peters, On the influence of drilling depth dependent modal damping on chatter vibration in BTA deep hole drilling, *CIRP Ann. – Manuf. Technol.* 54 (2005) 363–366
19. K. Weinert, O. Webber, M. H üsken, J. Mehnen, W. Theis, Analysis and prediction of dynamic disturbances of the BTA deep hole drilling process, *Proceedings of the Third CIRP International Seminar on Intelligent Comput. Manuf. Eng.* (2002) 297–302
20. K. Weinert, O. Webber, M. H üsken, J. Mehnen, Statistics and time series analyses of BTA deep hole drilling, *International Conference on Non-linear Dynamics in Mechanical Processing*, 2001

21. A. Messaoud, C. Weihs, Monitoring a deep hole drilling process by nonlinear time series modeling, *J. Sound Vib.* 321 (2009) 620–630
22. A. Messaoud, C. Weihs, F. Hering, Detection of chatter vibration in a drilling process using multivariate control charts, *Comput. Stat. Data Anal.* 52 (2008) 3208–3219
23. D. Biermann, A. Sacharow, K. Wohlgemuth, Simulation of the BTA deep-hole drilling process, *Prod. Eng. Res. Dev.* 3 (2009) 339–346
24. N. Raabe, O. Webber, W. Theis, Spiralling in BTA deephole drilling: models of varying frequencies, *From Data and Information Analysis to Knowledge Engineering, Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization* (2006) 510–517
25. V.P. Astakhov, S. Shvets, The assessment of plastic deformation in metal cutting, *J. Materials Process. Technol.* 146 (2004) 193–202
26. Malave C. Deep hole drilling-Cutting forces and balance of tools[J]. 2015.
27. N Raabe dynamic Disturbances in BTA Deep-Hole Drilling:Modelling Chatter and Spiralling as Regenertive of the Effects.Intelligence,Studies in the Classification,DataAnalysis,and Knowledge Organization,2010:82-91.
28. Biermann, Dirk, Alexei Sacharow, and Klaus Wohlgemuth. "Simulation of the BTA deephole drilling process." *Production Engineering* 3. (2009) 4-5: pp 339-346.

Таблица 12 экспериментальных данных

Первичные экспериментальные данные				Обозначение осей соответствует СК динамометра						При переходе к СК БТА R _x и R _y меняются местами								
		Радиус		1			2			3			4					
	d2	d1		R _x	R _y	R _z	R _x	R _y	R _z	R _x	R _y	R _z	R _x	R _y	R _z			
Периф.	31,2	29	1.1.1	37,8	153,1	250,1	1.1.2	82	129,4	255,4	1.1.3	115,6	182,3	325,3	1.1.4	45,7	109,9	185
	31	29	1.2.1	67,3	184,5	279,9	1.2.2	63,7	168	227,5	1.2.3	92,9	255,8	414,2	1.2.4	29,9	100,9	165,8
	29	27	1.3.1	39,8	192,7	293,7	1.3.2	32,1	155,5	268,5	1.3.3	48,5	250,3	422	1.3.4	20	79,4	151,6
	29	25	1.4.1	78	377,1	563,2	1.4.2	71	343,8	544,9	1.4.3	90,8	511	771,6	1.4.4	42,9	174,7	312,3
	27	25	1.5.1	27,7	174	286	1.5.2	31,4	162,7	276,7	1.5.3	47,3	256,6	428,9	1.5.4	15,7	86,9	159,6
	25	23	1.6.1	31,9	162,5	276,1	1.6.2	31,8	149	263,6	1.6.3	40,6	236,2	406,3	1.6.4	19,2	77,4	154,4
	25	21	1.7.1	68,2	342,4	542,3	1.7.2	57,6	299,1	518,9	1.7.3	85,3	529,2	826,4	1.7.4	37	171	313,4
	23	21	1.8.1	28	152,4	257,4	1.8.2	25,7	130,2	251,3	1.8.3	45,5	234,7	400,3	1.8.4	-	-	-
	21	19	1.9.1	31,8	169,5	273,1	1.9.2	19	124,9	252,6	1.9.3	38,2	213,7	399,7	1.9.4	14,4	79,7	156,5
Пер.+про.	19	17	1.10.1	-12,9	230	308,8	1.10.2	-25,1	216,6	289,1	1.10.3	-36,3	286,7	371,2	1.10.4	-7,5	89,6	139,4
	19	15	1.11.1	-33,8	455	-4,2	1.11.2	-30,9	426,7	-8,3	1.11.3	-22,1	569,2	1,8	1.11.4	-16,9	172,7	-1,5
Пром.	17	15	1.12.1	-16,2	169,3	-263,3	1.12.2	-16,1	151,3	-259,7	1.12.3	-19,8	231,2	-389,7	1.12.4	-4,6	88,3	-163,3
	15	13	1.13.1	-6,2	153,2	-281,1	1.13.2	-9,7	149	-275,7	1.13.3	-8,2	250,4	-427,5	1.13.4	-7	89,5	-161,4
	13	11	1.14.1	-3,4	171,8	-282,6	1.14.2	-7,1	164,5	-285,7	1.14.3	7,1	250,3	-435,2	1.14.4	-	-	-
Про.+цен.	11	9	1.15.1	51,6	145,9	-103,8	1.15.2	50,7	136,3	-96,1	1.15.3	77,9	207,3	-158,8	1.15.4	-	-	-
Центр.	9	7	1.16.1	9,4	181,4	275	1.16.2	6,1	171,1	276	1.16.3	8,7	260,4	400,8	1.16.4	-	-	-
	7	5	1.17.1	-34,8	103,2	217,8	1.17.2	-29	99,6	222	1.17.3	-55,3	154	333,3	1.17.4	-	-	-
	5	3	1.18.1	-45,7	119,4	267,8	1.18.2	-54,8	120,2	282,5	1.18.3	-71,4	143,6	337,3	1.18.4	-	-	-
	3	1	1.19.1	19,7	113	232	-	-	-	-	-	-	-	-	1.19.4	-	-	-
Периф.	31,2	17,2	2.3.1	195,4	959,4	1727,4	2.3.2	188,9	833,4	1571,1	2.3.3	260	1130,7	2136,2	2.3.4	103,5	462,8	811,3
Пром.	17,2	9,55	2.2.1	-	-	-	2.2.2	-30,3	430,2	-805	2.2.3	-51,2	582,9	-1052,5	2.2.4	-5,2	282,1	-512,2
Центр.	9,55	0	2.1.1	-	-	-	2.1.2	26,1	517,4	1068,3	2.1.3	2,5	792,1	1413,1	2.1.4	14	286,6	579,1

не использовать, т.к. заготовка отжималась и t уменьш

двойн глубина рез

Режимы				
	1	2	3	4
n	1020	816		
V	100	80		
S	0,1		0,18	0,05
S _m	102	82	147	41



Cutting forces acting in deep hole drilling

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ71	Чжоу Ухуэй		

Консультант отделения материаловедения ИШНПТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ким Алексей Богович			

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ажель Юлия Петровна.			

4 Cutting forces acting in deep hole drilling

4.1 Introduction

Nowadays the deep-hole drilling has become a key process in machining. With the progress of science and technology, products are upgraded very frequently. Requirements for higher machining quality, machining efficiency and tool life in deep hole drilling constantly increase. As a result, new technology of deep-hole machining and new designs of BTA drills become one of the focuses. In this paper, BTA drill and cutting force measurement are selected as a research object. The first part of the work is devoted to the theoretical study of BTA drills. The second part is devoted to the system of forces acting on the drill BTA.

Keywords: BTA, Deep-hole Drill, Cutting Force Measurement

4.2 BTA drills

Deep-hole drilling is a particular case of drilling processes for machining holes with length-to-diameter ratio greater than five. Several technologies with main characteristics based on the surface roughness and straightness of the hole are available. Among them the BTA (Boring Trepanning Association) technology stands out as a technology which enables to perform deep holes, up to 1000 mm and more, with high productivity. Deep hole drilling with BTA system is used for machining holes where material removal rate is important [5]. Adding to this the high exigency on the geometry of machined surfaces, especially concerning straightness of holes.

Deep hole drills are used to produce bore holes with high length to diameter ratios [28]. A characteristic feature for deep-hole drilling heads is the cutting edges which are distributed on a number of inserts located on both sides of the centerline of the drill. The different components of a deep-hole drilling tool is illustrated in Figure 40.

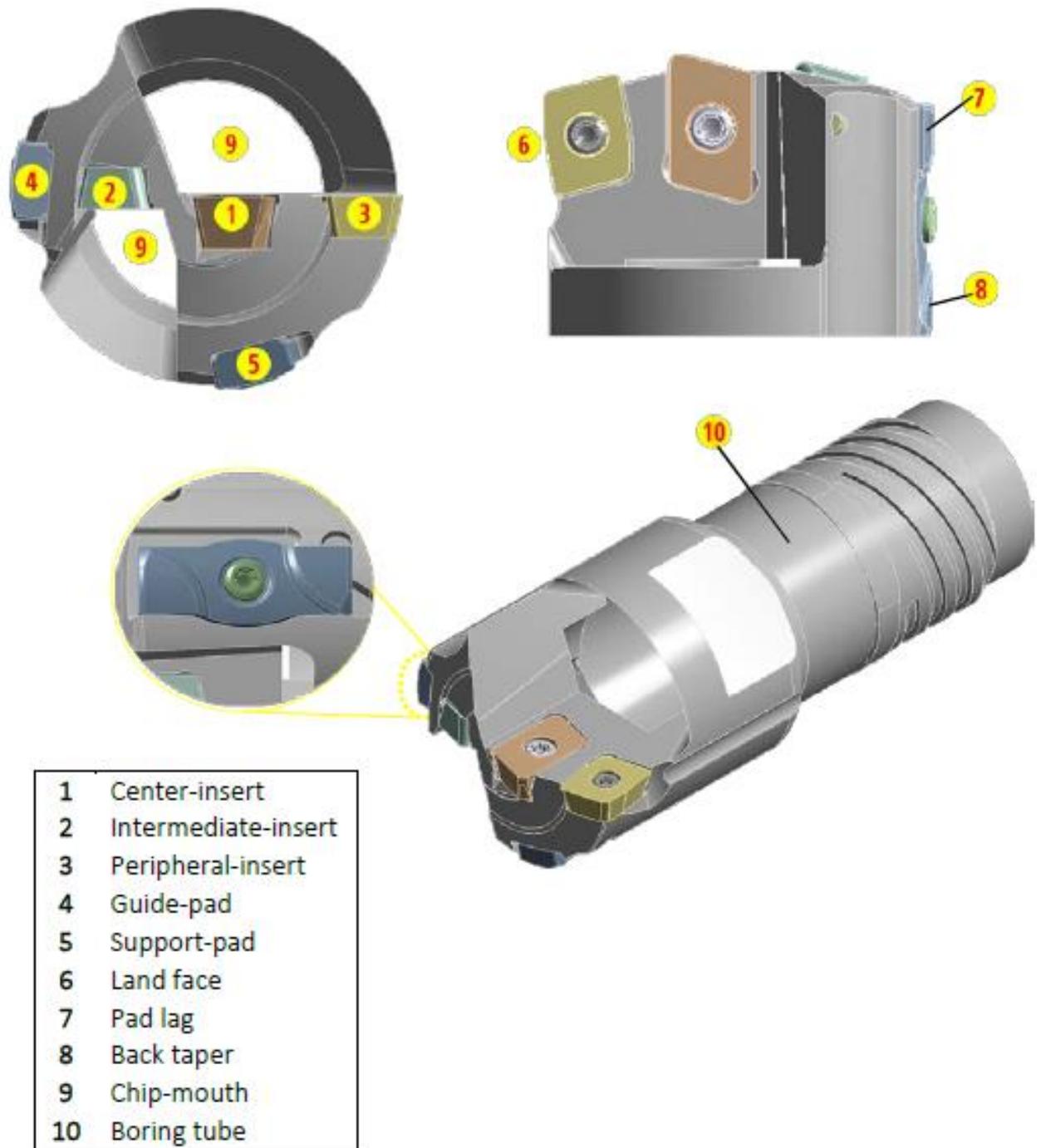


Figure 40. Description of the components of a deep-hole drill.

Application fields of this technology are numerous, such as aeronautics, naval, automotive and nuclear. In these contexts, requirements are severe and often machined components are very expensive. Despite the important issues related to the need of carrying out deep holes, the BTA deep-hole drilling has not progressed technically as much as conventional drilling and has not attracted the same attention from the

scientific community. The development of research on the deep hole drilling process could help to improve the reliability of cutting tools, to the physical understanding of the cutting process as well as to the selection of optimal cutting conditions. Since the origin of its development by Beisner during the 1940s, deep hole drilling, which is also with BTA system, has not followed the same technical evolutions and has not aroused the same scientific interests as other machining processes. The scientific production about BTA deep hole drilling remains relatively limited both in number and in diversity of authors and subjects. This can be explained in several ways and particularly by the exclusive industrial use of this type of technology that remains marginal compared to turning, milling and conventional drilling. Nevertheless, the emergence of new qualitative and quantitative constraints in several areas, including aerospace, automotive, wind energy and/or nuclear power arouse a renewed interest for the deep hole drilling by means of the BTA technology.

An important part of the basic concepts of conventional drilling applies to cases of deep hole drilling. Indeed, this is a machining in a confined environment. Nevertheless, the deep hole drilling with the BTA technique has its cutting specificities. The tool confinement in the workmaterial, associated with high length of the hole, generates in the tool head as well as in the workpiece extreme operating conditions (i.e. strong thermomechanical loading). In deep hole drilling the combination of chip removal, lubrication and localization of the thermomechanical loading in a confined cutting zone has a direct impact on the tool life and machining performances. The main treated problems in scientific works concern the role of guide pads, the dynamic phenomena occurring during the machining and the chip formation process.

The guide pads are one of technical specificities of the BTA deep hole drilling. They ensure good straightness of bores in view of the asymmetry of cutting forces, as stated in reference. The asymmetry of cutting forces due to the guide pads position induces a burnishing of the hole surface [1]. It has been shown for the case of deep hole drilling that cumulative effects of cutting and polishing induce plastic deformation of the hole surface. These are complex phenomena that affect both the hole surface

roughness and cutting forces under action during machining. As stated by Shaw and Oxford in reference [5], about 25% of the cutting power is consumed by the friction between guide pads and the hole surface. Richardson and Bhatti have performed a complete investigation of the role of guide pads in the BTA deep hole drilling. They stated, for the considered BTA drilling tool, that about 63% of the cutting power is consumed by the chip removal, 24% is consumed by the burnishing effect and 13% is due to the friction.

The dynamic phenomena in deep hole drilling are also treated in several research works. The impact of coaxially between the BTA drilling tool and the machined hole on the cutting forces fluctuation has been treated in [14, 15]. In [13, 16], the effect of the dynamic instability of the BTA drilling tool on the circularity of the hole has been studied. Two particular dynamic phenomena can be distinguished: chatter and spiral effects. The chatter effect is a frequent vibration phenomenon in deep hole drilling [17–22]. It corresponds to the auto-excitation vibrations in torsion motion, and conducts generally to tool wear acceleration as well as to a bad surface finish at the end of blind holes [23]. The spiral effect is another type of dynamic perturbations, described by many authors [19–22, 24]. Two causes are identified as sources of dynamic perturbations, namely excessive wear of guide pads and dynamic instability of the boring bar (bending vibration) [19]. To prevent vibrations phenomena, studies based, among other, on statistical approaches are initiated [10, 20–22, 24]. The natural frequencies of the boring bar that composes the drilling system are calculated, which allow to characterize the stiffness of the system.

Post-analysis, i.e. after machining, of the BTA deep hole drilling process by examining the chips morphology, surface roughness, tool wear, hole straightness, etc., allows to understand the cutting process and therefore helps to choose optimal cutting conditions. For instance, analysis of the chips morphology in various machining processes has been conducted in several studies. Serrated, segmented or fragmented chips are suitable chips characteristics to reduce solicitation of the cutting tool and to facilitate the chips evacuation, particularly in drilling process where chips removal

occurs in confined zone. In metal cutting, the chip morphology is an important indicator of the cutting process stability. Komanduri and Brown [11] classified chips into four types according to their morphology (wavy, discontinuous, segmented, and catastrophic shear chip). In drilling processes spiral or helical chips are often generated, since the cutting speed varies along the radial direction of the cutting tool. Usually the chip morphology is quantified by the classical parameter, known as the chip compression ratio [25], which is an indicator of the amount of plastic strain in the chip. Other parameters are commonly used, such as chip segmentation frequency and chip segmentation length, in order to quantify the chip segmentation phenomenon. Recently, Atlati et al. [12] introduced a new parameter, called segmentation intensity ratio, based on the evolution of the plastic strain along the chip length, and Kouadri et al. [13] proposed other parameters based on dimension characteristics of the chip to quantify the chip segmentation phenomenon. Based on these parameters, they explained [12, 13] the cutting force reduction as the cutting speed increase. Therefore, analysis of generated chips in the BTA deep hole drilling is an interesting way to characterise the cutting process after machining.

If you specify (experimentally or analytically) the values of the components F_s and F_p , that $R_1 = \mu F_1$ and $R_2 = \mu F_2$, where μ is the coefficient of friction on the drill guide, then from the equilibrium condition of forces and torques you can calculate the reaction forces:

$$\sum F_x = F_p - R_1 \cdot \sin \delta_1 - R_2 \cdot \sin \delta_2 + F_1 \cdot \cos \delta_1 + F_2 \cdot \cos \delta_2 = 0;$$

$$\sum F_y = F_s - F_1 \cdot \sin \delta_1 + F_2 \cdot \sin \delta_2 + R_1 \cdot \cos \delta_1 + R_2 \cdot \cos \delta_2 = 0; (1.2)$$

$$\sum M = F_s \cdot H + R_1 \cdot r_N + R_2 \cdot r_N - M_B = 0.$$

Solutions of equations (1.2) can be represented in general form [2]:

$$F_1 = f_1(F_s, F_p, \delta_1, \delta_2, \mu);$$

$$F_2 = f_2(F_s, F_p, \delta_1, \delta_2, \mu);$$

$$M_B = (F_1 + F_2) \cdot d_N/2 + F_s \cdot H$$

When calculating the stability factor of multi-blade BTA heads, the system of forces acting in the cross-section of the head is simplified. For this, the forces located to the left and right of the head axis are represented as two forces applied in the center of the head — horizontal F_{hor} and vertical F_{ver} , as well as cutting torque M_s (Fig. 42) [2]:

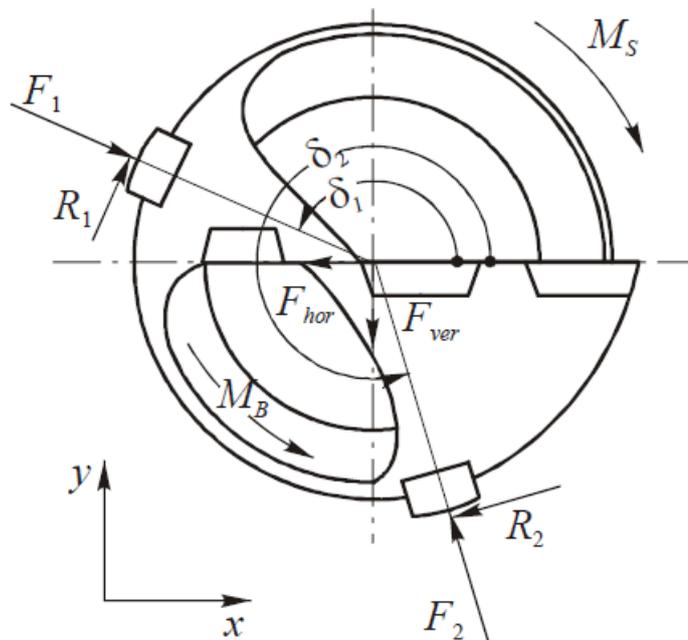


Fig. 42. Simplified system of forces acting in the cross section of the multi-blade drilling head BTA

$$F_{hor} = R_1 \cdot \sin \delta_1 + R_2 \cdot \sin \delta_2 - F_1 \cdot \cos \delta_1 - F_2 \cdot \cos \delta_2;$$

$$F_{ver} = -F_1 \cdot \sin \delta_1 - F_2 \cdot \sin \delta_2 - R_1 \cdot \cos \delta_1 - R_2 \cdot \cos \delta_2;$$

$$M_B = M_S + R_1 \cdot r_N + R_2 \cdot r_N$$

Further, according to the formulas given in fig. 43, determine the amounts of restoring and tilting moments, and then calculate the values of the stability factors for each of the two guides of the drilling head.

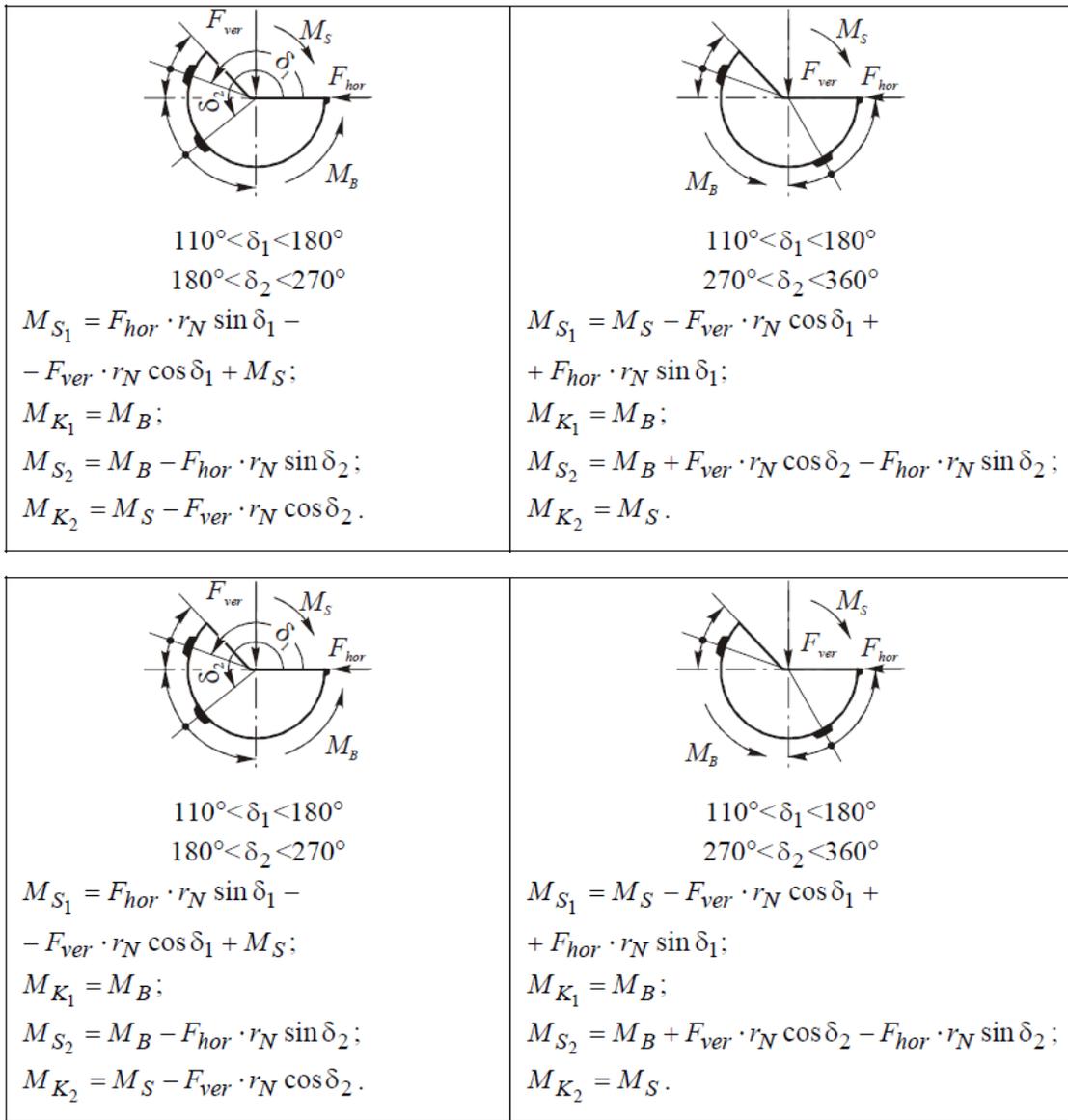


Fig. 43. Formulas for calculating the reducing M_S and tilting M_K moments depending on the intervals of the angles δ_1 and δ_2 of the arrangement of the guides

Table 13. Simplified force system, index T, F and R describe the direction of the forces: F axial, T tangential and R radial [26].

Force groups	Index	Description
1. Cutting forces	P_T, P_F, P_R	Forces generated at the cutting edges.
2. Burnishing forces	B_T, B_F, B_R	The forces act at the front of each pad and at the land face of the peripheral insert. The burnishing force magnitude depends on the workpiece material, tool material, tool wear and factors relating to the tool design e.g. back taper and location of the cutting edge and pads [26].
3. Friction and/or rubbing forces	F_T, F_F, F_R	The forces acting along the major part of the pads and land face. High temperatures are generated in the metal cutting zones and high friction forces arises between the tool and the workpiece [26].
4. Oil forces	O_T, O_F	Forces caused by the oil circulation at high pressures and flow rates [26]. These forces not included in the calculations.

The forces acting on the drill head are divided into three main forces. The basis for the calculation is the axial force and tangential force acting on each insert. The output data is presented in Figure 45 and Table 14. For a detailed description of the output data see Appendix A (confidential due to contents) [26].

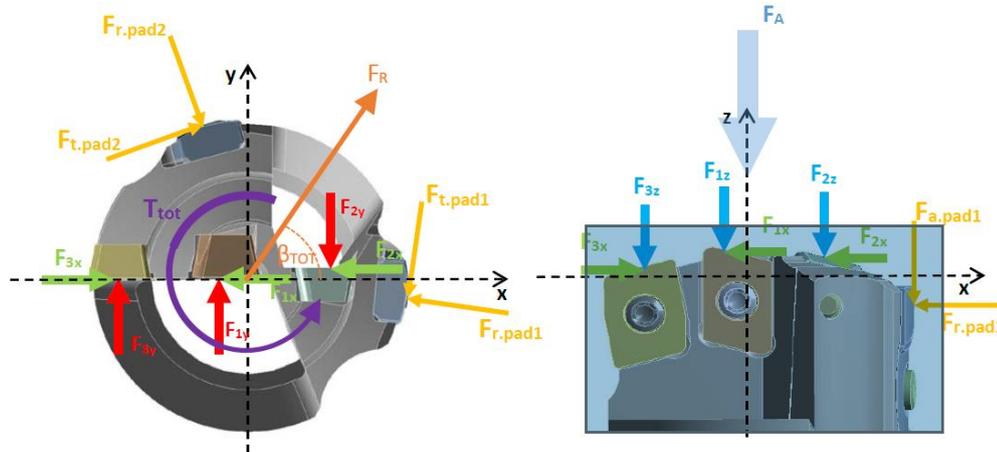


Figure 45. Summary of the calculated forces by the calculation program.

Table 14. Output data by the calculation program.

Definition	Index	Description
Axial force	F_{ATOT}	Total axial force, both forces on inserts and friction forces on pads taken into account.
	F_A	Axial force all inserts.
	F_{nz}	Axial force per insert, where subindex n is the insert number.
Radial force	F_{nx}	Radial force per insert, subindex n is the insert number.
Tangential force	F_{ny}	Tangential force per insert, subindex n is the insert number.
Friction forces	F_{fxn}	Friction force x-component
	F_{fyn}	Friction force y-component
	F_{fxtot}	Total friction force x-axis
	F_{fytot}	Total friction force y-axis
	F_{padn}	Resultant force acting on pad, where the subindexes r, t and a represent the directions: radial, tangential and axial.
Resultant radial force	F_R	Resultant radial force magnitude
	β_{TOT}	Resultant radial force angular position relative to the x-axis degrees
Torque	T_0	Torque caused by tangential forces acting on inserts
	T_{pads}	Torque caused by frictions forces acting on pads.
	T_{tot}	Total torque
Power	P	Power requirement