

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа ИШНПТ

Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Повышение качества поверхностей глубоких отверстий при сверлении ружейными сверлами в единичном и мелкосерийном производствах

УДК 621.952.8.015

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM92	Арестов Александр Васильевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Коротков В.С	к.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук И.В	к.т.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преп. ООД ШБИП	Скачкова Л.А			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.01 Машиностроение	Мартюшев Н.В	к.т.н		

Результаты обучения

Направление 15.04.01 Машиностроение

ООП: Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла, получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, 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
УК(У)-3	Способность организовать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способность применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия (-ий), анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-5	Способность на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований, создавать и редактировать тексты профессионального назначения
УК(У)-6	Способность определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки, а также использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОПК(У)-3	Способность использовать иностранный язык в профессиональной сфере
ОПК(У)-4	Способность осуществлять экспертизу технической документации
ОПК(У)-5	Способность организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий, и их элементов, по разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов
ОПК(У)-6	Способность к работе в многонациональных коллективах, в том числе при работе над междисциплинарными и инновационными
ОПК(У)-7	Способность обеспечивать защиту и оценку стоимости объектов интеллектуальной деятельности 2

ОПК(У)-8	Способность проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения
ОПК(У)-9	Способность обеспечивать управление программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений
ОПК(У)-10	Способность организовывать работу по повышению научно-технических знаний работников
ОПК(У)-11	Способность подготавливать отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения в области машиностроения
ОПК(У)-12	Способность подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
ОПК(У)-13	Способность разрабатывать методические и нормативные документы, предложения и проводить мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области машиностроения
ОПК(У)-14	Способность выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление машин, приводов, оборудования, систем и нестандартного оборудования и средств технологического оснащения, выбирать оборудование и технологическую оснастку
ПК(У)-2	Способность разрабатывать нормы выработки и технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии в машиностроении
ПК(У)-3	Способность оценивать технико-экономическую эффективность проектирования, исследования, изготовления машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов, принимать участие в создании системы менеджмента качества на предприятии
ПК(У)-4	Способность подготавливать заявки на изобретения и промышленные образцы, организовывать работы по осуществлению авторского надзора при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и с даче в эксплуатацию выпускаемых изделий и объектов машиностроения
ПК(У)-5	Способность разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности на предприятии, оценивать инновационные и технологические риски при внедрении новых технологий, организовывать повышение квалификации и тренинг сотрудников подразделений в области инновационной деятельности и координировать работу персонала при комплексном решении инновационных проблем в машиностроении
ПК(У)-6	Способность разрабатывать мероприятия по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов машиностроительного производства
ПК(У)-7	Способность организовать развитие творческой инициативы, рационализации, изобретательства, внедрение достижений отечественной и зарубежной науки, техники, использование передового опыта, обеспечивающих эффективную работу подразделения, предприятия

ПК(У)-8	Способность организовать и проводить научные исследования, связанные с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов оборудования и материалов
ПК(У)-9	Способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
ПК(У)-10	Способность и готовность использовать современные психолого-педагогические теории и методы в профессиональной деятельности
ПК(У)-11	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 в области профессиональной деятельности
ПК(У)-12	Способность составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений в области профессиональной деятельности
ПК(У)-13	Способность применять новые современные методы разработки технологических процессов изготовления изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности с определением рациональных технологических режимов работы специального оборудования в машиностроении

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

Школа ИШНПТ

Направление подготовки (специальность) 15.04.01 Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Отделение Материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП 15.04.01

_____ Мартюшев Н.В.

«__» _____ 2021

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

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

Группа	ФИО
4АМ92	Арестов Александр Васильевич

Тема работы:

Повышение качества поверхностей глубоких отверстий при сверлении ружейными сверлами в единичном и мелкосерийном производствах	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.04.21; №102-33/с
Срок сдачи студентом выполненной работы:	5.06.2021

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1. Монография Кирсанов С. В. «Обработка глубоких отверстий»;
---------------------------------	---

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Каталоги ружейных свёрл фирм Botek (Германия), Unitac (Япония), Iscar (Израиль) 2. Результаты производственных испытаний
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Параметры качества поверхности глубоких отверстий; 2. Основные виды износостойких покрытий, технология их нанесения; 3. Исследование по выявлению зависимостей шероховатости поверхности глубоких отверстий от режимов резания, припуска под рассверливание и износостойких покрытий;
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Графики зависимостей 2. Чертеж ружейного сверла Botek 3. Установка для нанесения износостойких покрытий
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Исследовательский	Цыганков Р.С
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кашук И.В
Социальная ответственность	Скачкова Л.А
Исследовательский (на английском языке)	Айкина Т.Ю
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Исследовательский	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	14.10.2019

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доц. ОМ ИШНПТ	Коротков В.С.	канд. техн. наук		28.11.2019
Старший преподаватель	Цыганков Р.С.	-		28.11.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ92	Арестов Александр Васильевич		28.11.2019

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 126 страниц, 48 рисунков, 41 таблица, 19 формул, 52 источника, 6 приложений.

Ключевые слова: ружейное сверло, износостойкое покрытие, многооперационный станок

Объектом исследования является (ются) технология сверления глубоких отверстий ружейными сверлами на многооперационных станках

Предметом исследования является (ются) качество (высота микронеровностей) поверхности глубоких отверстий, полученных ружейными сверлами на многооперационных станках

Цель работы – повышение качества (чистоты) поверхности глубоких отверстий, обрабатываемых ружейными сверлами на многооперационных станках, путем применения различных параметров резания, величины припуска под рассверливание и применение износостойких покрытий

В процессе исследования проводились изучение современных конструкций ружейных свёрл, а также современного оборудования для сверления глубоких отверстий в условиях мелкосерийного и единичного производства; изучение параметров качества поверхности глубоких отверстий; изучение основных видов износостойких покрытий, а также ознакомление с технологией их нанесения; выполнение исследования по выявлению зависимостей шероховатости поверхности глубоких отверстий от режимов резания, припуска под рассверливание и износостойких покрытий

В результате исследования были выявлены и сформулированы рекомендации для сверления глубоких отверстий ружейными свёрлами на многооперационных станках в условиях единичного и мелкосерийного производства

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: размерная точность диаметральных

размеров глубоких отверстий IT 7-9; увод осей глубоких отверстий от оси вращения шпинделя станка 0,01...0,02 мм на 100 мм длины; шероховатость поверхностного слоя глубоких отверстий Ra 0,32...1,25 мкм

Степень внедрения: Рекомендуется к использованию на машиностроительных предприятиях для многооперационных станков с насосной станцией для подачи СОЖ высокого давления.

Область применения: Машиностроительные предприятия различных областей и типов производств.

Экономическая эффективность/значимость работы Значимость и экономическая эффективность достигается за счёт применения специального инструмента на многооперационных станках в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Оглавление

Введение.....	12
1 Исследовательская часть.....	14
1.1 Литературный обзор.....	14
1.1.1 Основные сведения о глубоком сверлении.....	14
1.1.2 Основные конструктивные элементы ружейных сверл.....	14
1.1.2.1 Наконечник.....	16
1.1.2.2 Стебель (корпус).....	18
1.1.2.3 Хвостовик.....	20
1.1.3 Геометрия режущей части ружейного сверла	21
1.1.4 Применяемое оборудование для сверления глубоких отверстий в единичном и мелкосерийном производстве.....	22
1.1.4.1 Многооперационные станки с ЧПУ для сверления глубоких отверстий.....	23
1.1.5 Износостойкие покрытия для ружейных свёрл.....	29
1.1.6 Основные параметры шероховатости поверхности отверстий.....	31
1.1.7 Пути повешения качества поверхности отверстий.....	33
1.2 Оборудование и инструмент.....	34
1.2.1 Смазывающе-охлаждающая жидкость.....	37
1.3 Эксперимент по выявлению шероховатости поверхности глубоких отверстий от режимов резания, величины припуска под рассверливание и применения износостойких покрытий.....	38
1.3.1 Зависимость шероховатости поверхности глубоких отверстий от режимов резания.....	38
1.3.2 Зависимость шероховатости поверхности глубоких отверстий от величины припуска под рассверливание.....	46
1.3.3 Зависимость шероховатости поверхности глубоких отверстий от режимов резания и применения с износостойких покрытий.....	48

Заключение.....	51
2. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	52
Введение.....	53
2.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	54
2.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	54
2.1.2 SWOT-анализ.....	57
2.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	60
2.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	60
2.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработки графика проведения.....	61
2.3 Бюджет научно-технического исследования.....	70
2.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования.....	70
2.3.2 Расчет амортизации специального оборудования.....	71
2.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	72
2.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	74
2.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	74
2.3.6 Накладные расходы.....	75
2.3.7 Бюджетная стоимость НИР.....	75
2.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	76
2.4.1 Интегральный показатель финансовой эффективности.....	76
2.4.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности.....	77

2.4.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки.....	78
Выводы по разделу.....	79
3. Социальная ответственность.....	81
Введение.....	83
3.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	84
3.1.1 Производственная безопасность.....	85
3.1.1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	87
3.1.1.2 Анализ показателей шума и вибрации.....	87
3.1.1.3 Анализ освещенности рабочей зоны.....	88
3.1.1.4 Анализ электробезопасности.....	91
3.1.1.5 Вредные вещества.....	92
3.1.1.6 Влияние СОЖ на здоровье человека.....	94
3.1.2 Основные мероприятия по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя.....	94
3.1.3 Экологическая безопасность.....	95
3.1.3.1 Минимизация вреда от СОЖ.....	96
3.1.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	97
3.1.4.1 Анализ пожарной безопасности.....	98
Выводы по разделу.....	100
Приложение А.....	101
Список использованных источников.....	117
Приложение Б.....	122
Приложение В.....	123
Приложение Г.....	124
Приложение Д.....	125
Приложение Е.....	126

Введение

Обеспечение высоких показателей чистоты (шероховатости) поверхности глубоких отверстий является сложной технологической задачей, так как параметры этих отверстий, во многих деталях, определяют их качественные характеристики [1].

Детали с глубокими отверстиями производятся во многих областях машиностроения и приборостроения. Таковыми деталями, например, являются втулки плунжерных насосов, валы, оси, цилиндры высокого давления [1] [2] [3].

В современном машиностроении стоит острая необходимость в повышенном качестве поверхностей отверстий, что позволит сократить последующие процессы обработки, такие как хонингование и развертывание [17].

В свою очередь, для достижения этой цели, необходимы экспериментальные исследования, которые позволят на практике добиться требуемых результатов обработки.

Данная исследовательская работа, посвящена поиску методов повышения качества глубоких отверстий, обрабатываемых ружейными сверлами.

Объектом данного исследования является:

Технология сверления глубоких отверстий ружейными свёрлами на многооперационных станках

Предметом исследования является:

Качество (высота микронеровностей) поверхности глубоких отверстий, полученных ружейными свёрлами на многооперационных станках

Цель исследования:

Повышение качества (чистоты) поверхности глубоких отверстий, обрабатываемых ружейными сверлами на многооперационных станках,

путем применения различных параметров резания, применения износостойких покрытий и величины припуска под рассверливание

Задачи исследования:

Для поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить параметры качества поверхности глубоких отверстий;
2. Рассмотреть основные виды износостойких покрытий и способы их нанесения;
3. Рассмотреть основное оборудование, применяемое при обработке глубоких отверстий;
4. Исследовать зависимости шероховатости поверхности глубоких отверстий от различных режимов резания, применения износостойких покрытий, величины припуска под рассверливание;

Научная новизна исследования:

Установлены зависимости влияния шероховатости поверхности глубоких отверстий, обработанных ружейными сверлами от различных параметров резания, применения износостойких покрытий и без покрытий, величины припуска под рассверливание.

1 Исследовательская часть

1.1 Литературный обзор

1.1.1 Основные сведения о глубоком сверлении

Глубоким сверлением в технической литературе называют способ сверления, отличительной характеристикой которого является базирование режущего инструмента на поверхности отверстия и обязательное наличие отвода образовавшейся стружки посредством потока смазочно-охлаждающей жидкости [1] [4] [24].

Помимо этого, процесс глубокого сверления должен сопровождаться подачей смазочно-охлаждающей жидкости под более высоким давлением и с большим расходом, чем это может обеспечить стандартная насосная система.

В основном, к глубоким отверстиям относят отверстия с соотношением длины (L) к диаметру (d) более пяти, т. е. $L/d > 5$ [1] [3].

Практика глубокого сверления показывает, что трудности обработки отверстий значительно возрастают с увеличением их глубины [3].

1.1.2 Основные конструктивные элементы ружейных сверл

В конструкции классического ружейного сверла можно выделить три основных элемента: рабочая часть, стеблевая часть с наружной V-образной канавкой и хвостовик. Каждая из этих частей, в свою очередь, может иметь свои конструктивные особенности.

На рисунке 1 представлено классическое ружейное сверло со стальным стеблем.

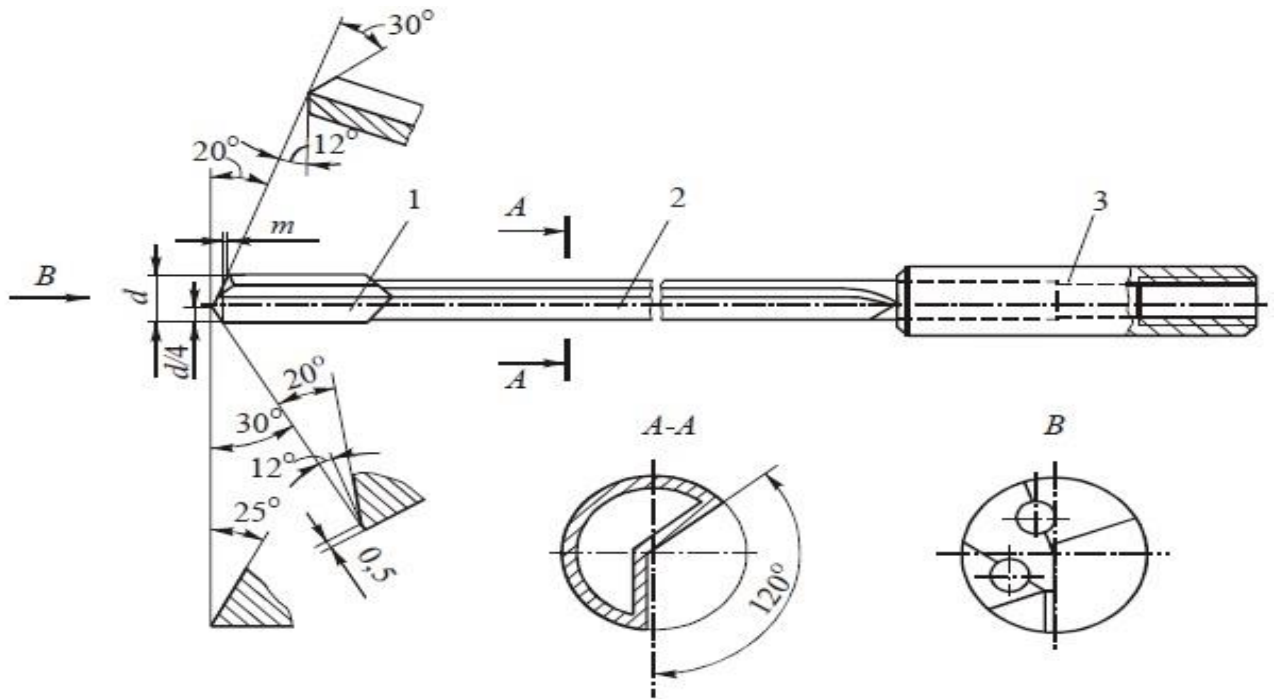


Рисунок 1. Ружейное сверло:

1 – рабочая часть; 2 – стембель; 3 – хвостовик

В основном ружейные сверла предназначены для сверления отверстий небольших диаметров (от 0,5 до 20 мм), с большой глубиной (до 250D) и с высокими параметрами шероховатости ($Ra = 0,25 \dots 1,35$ мкм). Так же ружейные сверла способны обрабатывать отверстия с точностью диаметральных размеров IT 6...8 и с небольшим уводом осей отверстий 0,01...0,02 мм/100 мм [2].

Схема ружейного сверления:

Процесс сверления детали (1) сопровождается подачей СОЖ в отверстие стембля (5) под большим давлением, в следствие чего происходит вымывание образовавшейся стружки по каналу стембля в стружкоприемник (4). Направление сверла при заходе, обеспечивается втулкой (2), а стембель - втулкой (6). В свою очередь, манжета (4) не допускает выход смеси СОЖ и образованной стружки за пределы стружко-приемника (Рисунок 2) [1].

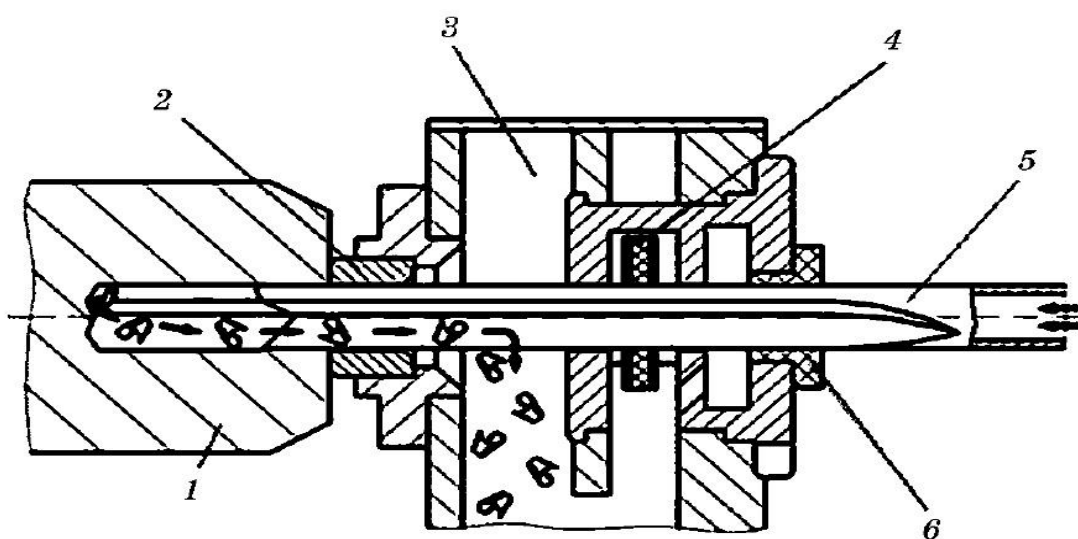


Рисунок 2. Схема ружейного сверления

1.1.2.1 Наконечник

Наконечник является одним из наиболее важных конструктивных элементов ружейного сверла, который благодаря своему профилю и специальному углу заточки, наличию отверстий для подачи СОЖ и наружному каналу для отвода стружки, обеспечивает высококачественный процесс резания глубоких отверстий.

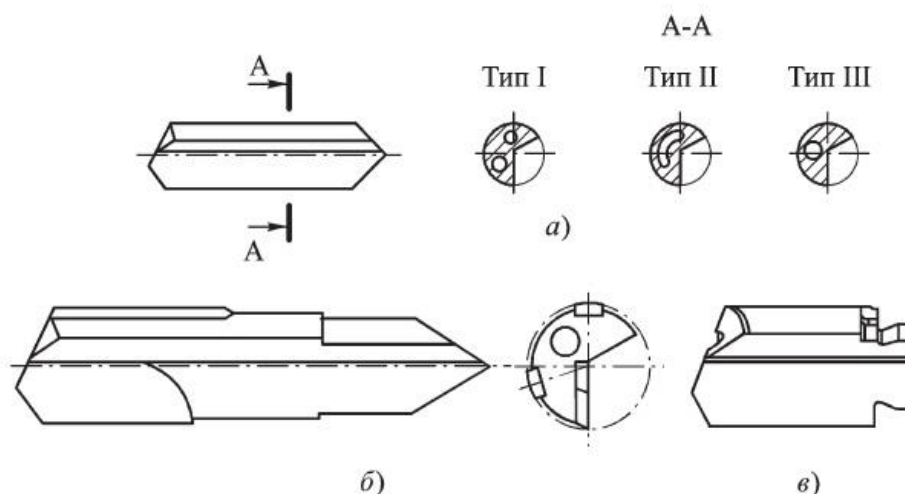


Рисунок 3. Основные типы наконечников ружейных сверл:

а — цельный твердосплавный; б — сборный, оснащенный напайными твердосплавными пластинами; в — сменный твердосплавный фирмы

Твердосплавные наконечники соединяются со стеблем пайкой припоем, соединение сборных наконечников, в свою очередь, производится аргонодуговой сваркой [3].

Для более надежного соединения в наконечниках предусмотрена поверхность в форме клина с углом $60\ldots 90^\circ$. В основном наконечники ружейных сверл имеют длину примерно в $2\ldots 4,5$ раза больше диаметра сверла ($2,0\ldots 4,5$ d).

В нашей стране, в качестве материала для изготовления твердосплавных наконечников используются различные однокарбидные сплавы, из них можно выделить (ВК-ОМ, ВК6-М, ВК6 и т.д)

Для этих же целей за рубежом используют твердые сплавы со схожим химическим составом, однако, с меньшим размер зерен карбидной фазы.

За счет этого достигается увеличение параметров твердости и в наибольшей степени возрастает изгибная прочность твердого сплава.

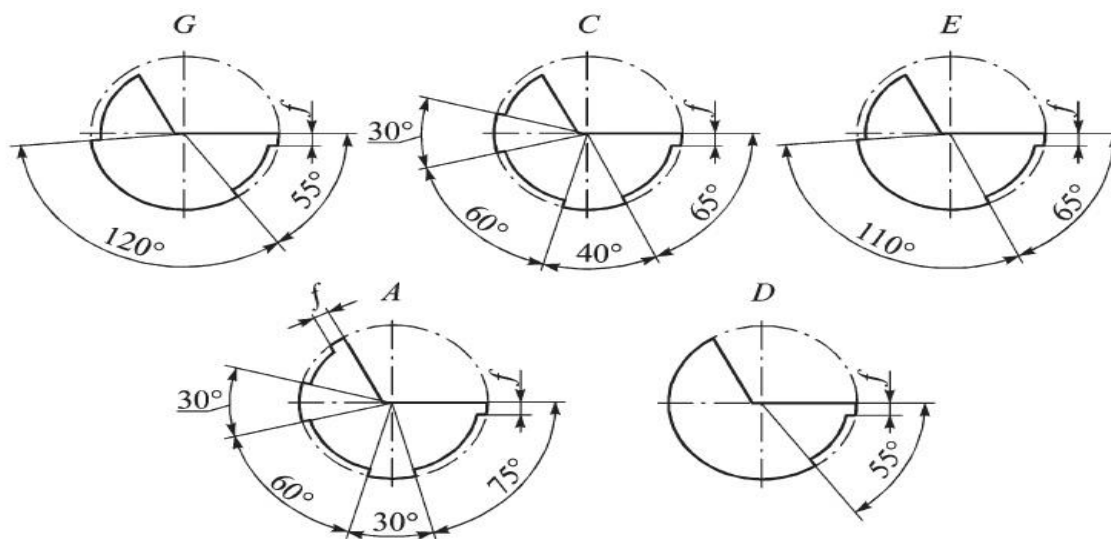


Рисунок 4. Профили наконечников ружейных сверл

Наконечники ружейных сверл изготавливаются в процессе прессования в разъемных пресс-формах. Отверстия в самих наконечниках получают в процессе прессования заготовок или прошивания на ультразвуковых станках [2].

1.1.2.2 Стебель (корпус)

Стебель инструмента, является наименее жестким звеном системы СПИД. Профиль и размеры поперечного сечения должны обеспечивать высокую степень жесткости при выполнении функций подачи в зону резания смазочно-охлаждающей жидкости и отвода образовавшейся стружки по каналу стебля ружейного сверла [4].

Наружный канал стеблевой части ружейного сверла обычно производится холодной прокаткой труб. Материалом применяемом для изготовления труб являются низколегированные хромисто молибденовые стали, марки 25CrMo4V, которые закаливаются до 35...40 HRC. Аналогом подобных сталей, применяемых в нашей стране, можно назвать такие марки стали как 15ХМ, 20ХМ и др.

Далее, стебли подвергаются рихтовке, для обеспечения прямолинейности в диапазоне 0,03...0,08 мм при длине стеблей, равной 400...1000 мм.

Необходимым конструктивным параметром стебля ружейного сверла, является чуть меньший диаметр ($d_{ст} = 0,92d$), чем диаметр наконечника сверла, что необходимо для недопущения контакта стебля с поверхностью отверстия.

На рисунке 6 и 7 изображены два основных типа ружейных сверл:

- 1) Со стальным стеблем
- 2) С твердосплавным стеблем

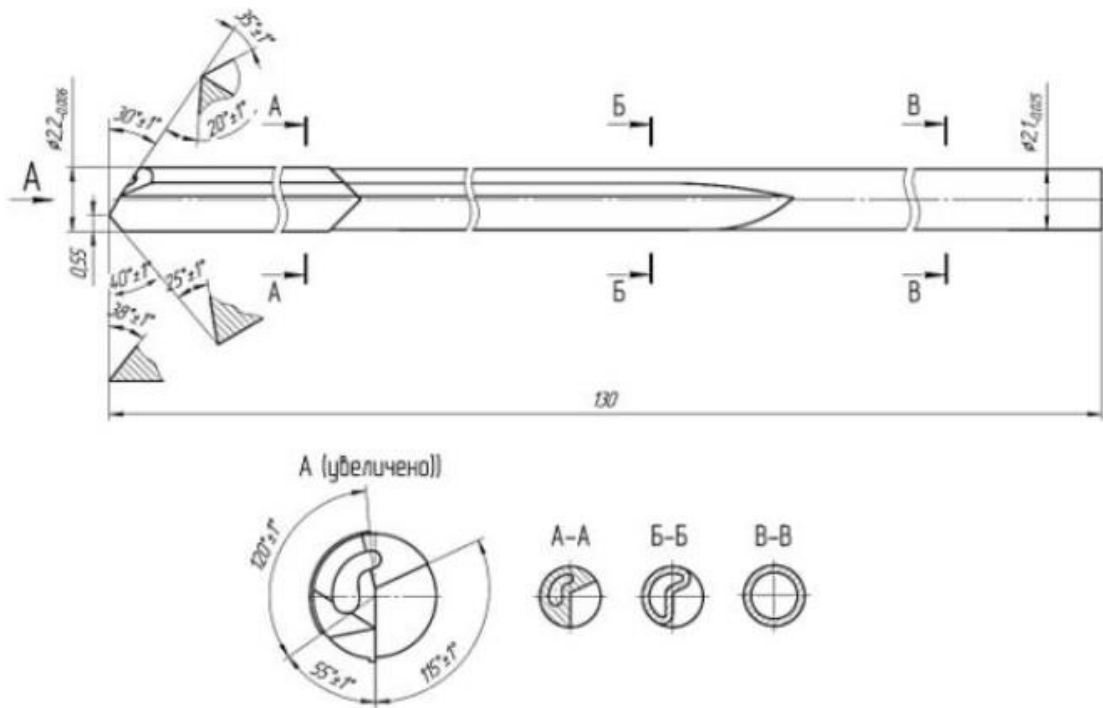


Рисунок 5. Классическое ружейное сверло

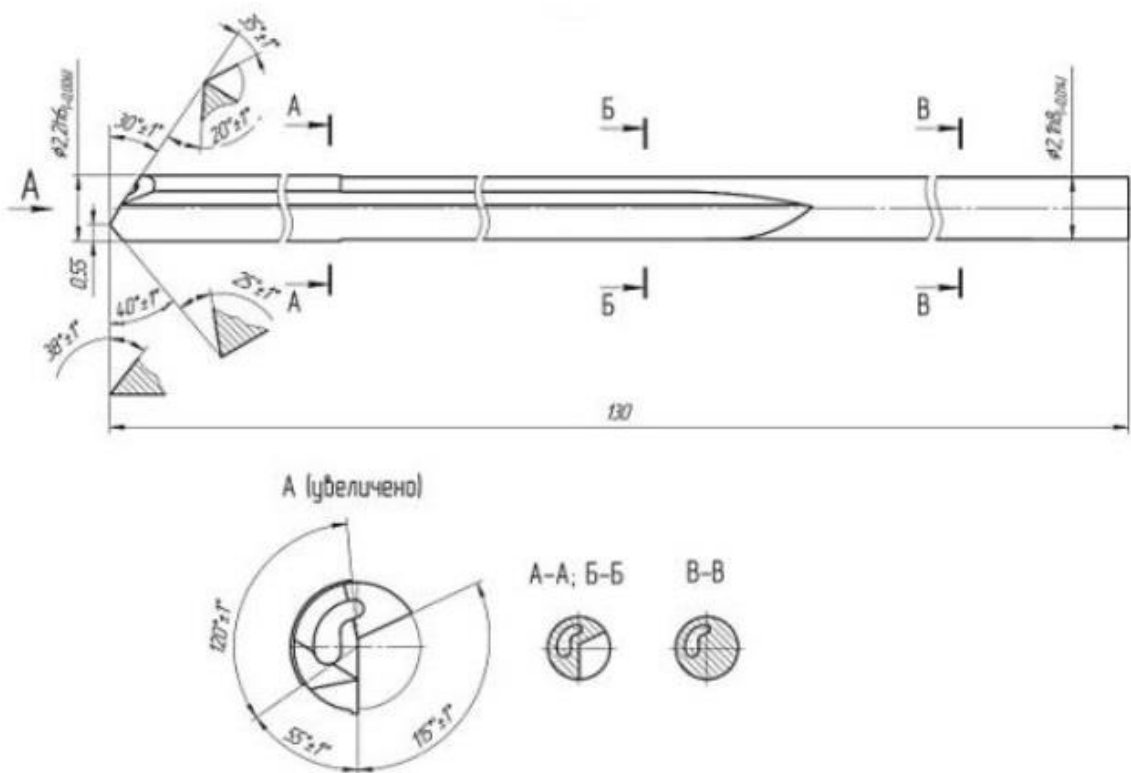


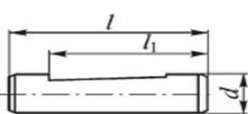
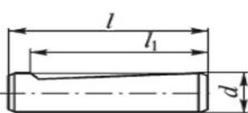
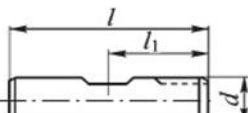
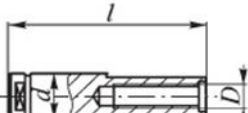
Рисунок 6. Твердосплавное ружейное сверло

1.1.2.3 Хвостовик

Хвостовик, является наиболее жесткой частью ружейного сверла, которая обеспечивает соединение ружейного сверла и рабочего органа станка [8].

В таблице 1 продемонстрированы основные типы хвостовиков ружейных сверл.

Таблица 1. Основные типы хвостовиков ружейных сверл

Тип хвостовика	d , мм	l , мм	l_1 , мм
	25,4	69,8	57,1
	28	70	57,1
	31,75	69,8	57,1
	36	70	57,1
	38,1	69,8	57,1
	10	40	28
	12	45	33
	16	48	36
	20	50	38
	25	56	44
	32	60	48
	10	40	20
	12	45	22,5
	16	48	24
	20	50	25
	25	56	32
	32	60	36
	40	70	40
	50	80	45
	d , мм	l , мм	D , мм
	10	68	M6×0,5
	16	90	M10×1
	25	112	M16×1,5
	36	135	M24×1,5

Хвостовики ружейных сверл, производимые в нашей стране не стандартизированы.

На хвостовики, изготавливаемые за рубежом, в свою очередь, разработан ряд стандартов, так же выпускаются сверла с нестандартными хвостовиками.

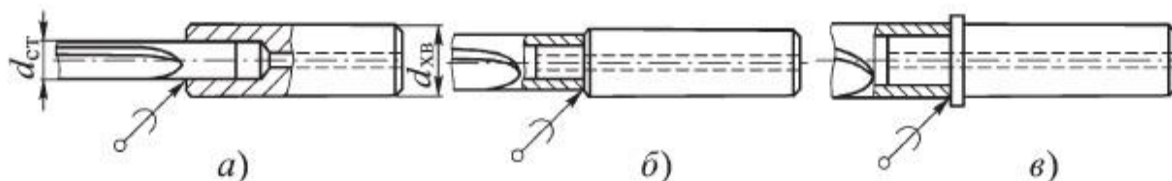


Рисунок 7. Основные типы стеблей и хвостовиков, соединяемых пайкой припоем

а — Диаметр стебля меньше диаметра хвостовика; б — Диаметр стебля примерно равен диаметру хвостовика; в — Диаметр стебля больше диаметра хвостовика

1.1.3 Геометрия режущей части ружейного сверла

Изменение геометрии режущей части сверла положительно влияет на режущие свойства инструмента, форму стружки, допуск отверстия, и на качество поверхности отверстия, так же уменьшает увод от оси отверстия и повышает стойкость режущего инструмента [26].

Для задач глубокого сверления различных материалов, обычно используются специальные виды заточки, в том числе с геометрией стружколома [7].

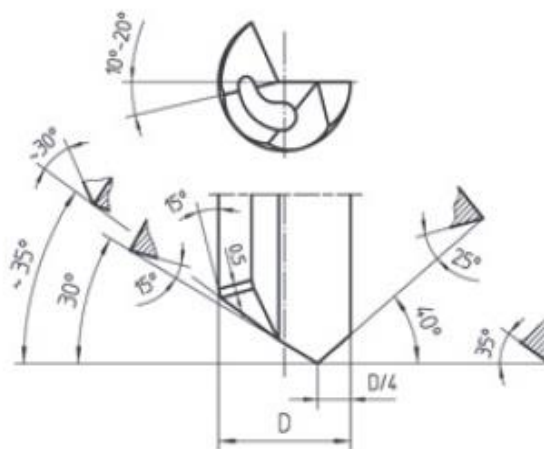


Рисунок 8. Стандартная заточка для диапазона сверления 1,850 – 4,000 мм ружейного сверла Botek

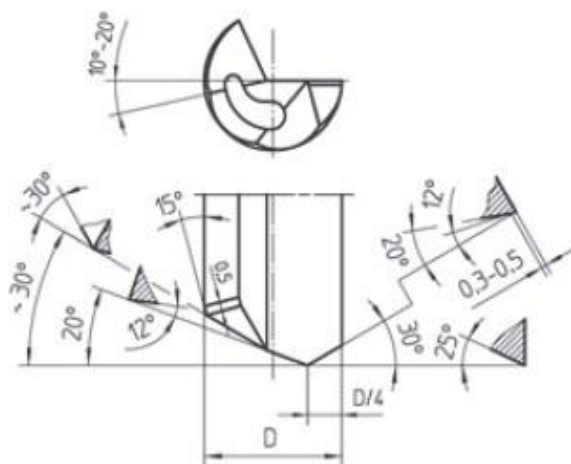


Рисунок 9. Стандартная заточка для диапазона сверления 4,001 – 20,000 мм
ружейного сверла Botek

1.1.4 Применяемое оборудование для сверления глубоких отверстий в единичном и мелкосерийном производстве

Для мелкосерийного и единичного производств, которые охватывают около 75-80% продукции машиностроения, необходимы средства автоматизации, которые обеспечивают высокую производительность и точность.

Эту потребность в полной мере удовлетворяют Многооперационные станки с ЧПУ, которые получили широкое применение в условиях единичного и мелкосерийного производств, благодаря своей способности обрабатывать небольшие партии деталей (даже единичные детали), с высокой мобильностью, которая обеспечивает быструю переналадку на изготовление другой детали [5] [6].

Многооперационные станки с ЧПУ должны обеспечивать:

- 1) Высокоскоростные и автоматические операции установки и снятия обработанных изделий;
- 2) Бесступенчатое регулирование величины подачи (во время работы станка);

- 3) Высокоскоростные перемещения рабочих органов станка (стеблевых бабок, суппортов и др.);
- 4) Частоту вращения шпинделя не менее 3000 об/мин
- 5) Подачу СОЖ под высоким давлением от 7 Мпа
- 6) Расход смазочно-охлаждающей жидкости от 30л/мин
- 7) Фильтрацию высокого качества и достаточное охлаждение рабочей жидкости (СОЖ);
- 8) Непрерывное удаление результатов обработки (смесь СОЖ и стружки);
- 9) Приемные устройства достаточного объема для сбора и отделения от охлаждающей жидкости образующейся стружки;
- 10) Надежную защиту обслуживающего персонала и площади цеха от разбрызгивания рабочей жидкости.
- 11) Автоматический контроль за ходом процесса обеспечиваемый защитными устройствами;

1.1.4.1 Многооперационные станки с ЧПУ для сверления глубоких отверстий



Рисунок 10. Многооперационный станок с ЧПУ Biglia B750SM

Таблица 2. Технические характеристики [18]

Максимальный диаметр сверления, мм	25
Максимальная длина обработки, мм	756
Максимальная частота оборотов шпинделя, об/мин	4500
Максимальный диаметр заготовки, мм	552
Перемещение оси X, мм	305
Перемещение по оси Z, мм	860
Мощность главного двигателя, кВт	40



Рисунок 11. Многооперационный станок с ЧПУ Окума

Таблица 3. Технические характеристики [19]

Максимальный диаметр сверления, мм	25
Максимальная длина обработки, мм	1000
Максимальная частота оборотов шпинделя, об/мин	5000
Максимальный диаметр заготовки, мм	650
Перемещение оси X, мм	645
Перемещение по оси Z, мм	1100
Мощность главного двигателя, кВт	22



Рисунок 12. Многооперационный станок с ЧПУ Takisawa

Таблица 4. Технические характеристики [20]

Максимальный диаметр сверления, мм	25
Максимальная длина обработки, мм	1300

Максимальная частота оборотов шпинделя, об/мин	4000
Максимальный диаметр заготовки, мм	500
Перемещение оси X, мм	560
Перемещение по оси Z, мм	1300
Мощность главного двигателя, кВт	18,5



Рисунок 13. Многооперационный станок с ЧПУ Trens SBL-500A

Таблица 5. Технические характеристики [21]

Максимальный диаметр сверления, мм	25
Максимальная длина обработки, мм	750
Максимальная частота оборотов	4200

шпинделя, об/мин	
Максимальный диаметр заготовки, мм	630
Перемещение оси X, мм	270
Перемещение по оси Z, мм	1655
Мощность главного двигателя, кВт	22



Рисунок 14. Многооперационный станок с ЧПУ DAEWOO DOOSAN PUMA 400

Таблица 6. Технические характеристики [22]

Максимальный диаметр сверления, мм	25
Максимальная длина обработки, мм	1000
Максимальная частота оборотов шпинделя, об/мин	3000
Максимальный диаметр заготовки, мм	550
Перемещение оси X, мм	357

Перемещение по оси Z, мм	1105
Мощность главного двигателя, кВт	45



Рисунок 15. Многооперационный станок с ЧПУ Goodway GLS1500

Таблица 7. Технические характеристики [23]

Максимальный диаметр сверления, мм	25
Максимальная длина обработки, мм	330
Максимальная частота оборотов шпинделя, об/мин	6000
Максимальный диаметр заготовки, мм	560
Перемещение оси X, мм	230
Перемещение по оси Z, мм	330
Мощность главного двигателя, кВт	7,5

1.1.5 Износостойкие покрытия для ружейных свёрл

Наиболее перспективной методикой повышения износостойкости, долговечности и режущих свойств металлорежущего инструмента, является применение износостойких покрытий [12].

В осуществлении задач повышения эксплуатационных параметров ружейных сверл, наиболее широкое применение получили такие виды покрытий, как TiN, AlTiN, осаждаемые с использованием PVD-процессов [12] [16].

Основные характеристики износостойких покрытий представлены в приложении «Е»

Требования, предъявляемые к износостойким покрытиям [17]:

- Устойчивость против коррозии и окисления
- Сохранение свойств при высоких температурах
- Отсутствие дефектов (пор, включений)
- Высокий предел выносливости

Из основных методов нанесения покрытий можно выделить процесс химического (CVD) и физического (PVD) осаждения из газовой фазы.

Однако учитывая тот факт, что CVD-метод является куда более дорогостоящим, менее производительным и более чувствительным к изменению технологических параметров, наибольшее распространение получил PVD-метод [12].

Так же преимущество метода PDV по сравнению с методом CVD состоит в осаждении тугоплавких веществ, при низких температурах и, следовательно, в щадящем режиме воздействия на основной металл (прочность основного металла при изгибе практически не изменяется благодаря низким температурам нанесения покрытия).

Еще одним существенным преимуществом данного метода, является небольшая толщина слоя, что позволяет сохранить относительно острую режущую кромку [11].

Характеристики покрытий в крайней степени зависимы от качественной подготовки поверхности сверл перед началом процесса нанесения покрытия.

Поэтому, сверла после мойки в автоматической ультразвуковой моечной машине подвергают дополнительной мойке в автоматической моечной машине с вакуумной сушкой [15].

Общий вид автоматической моечной машины представлен в приложении «Д».

Мойка сверл осуществляется в следующей последовательности (цикл 45 мин) [15]:

1. Ультразвуковая очистка

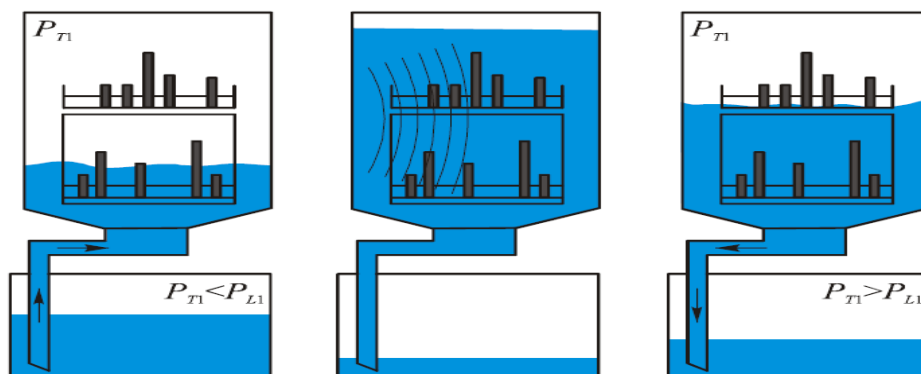


Рисунок 16. Ультразвуковая очистка

2. Мойка

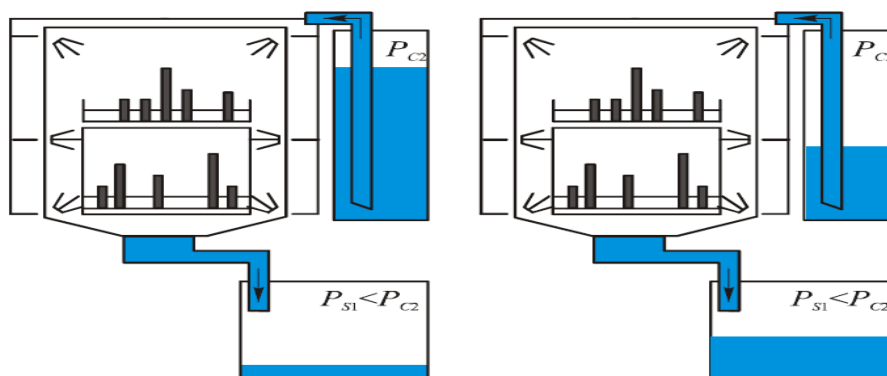


Рисунок 17. Мойка

3. Вакуумная сушка (70...80 °С).

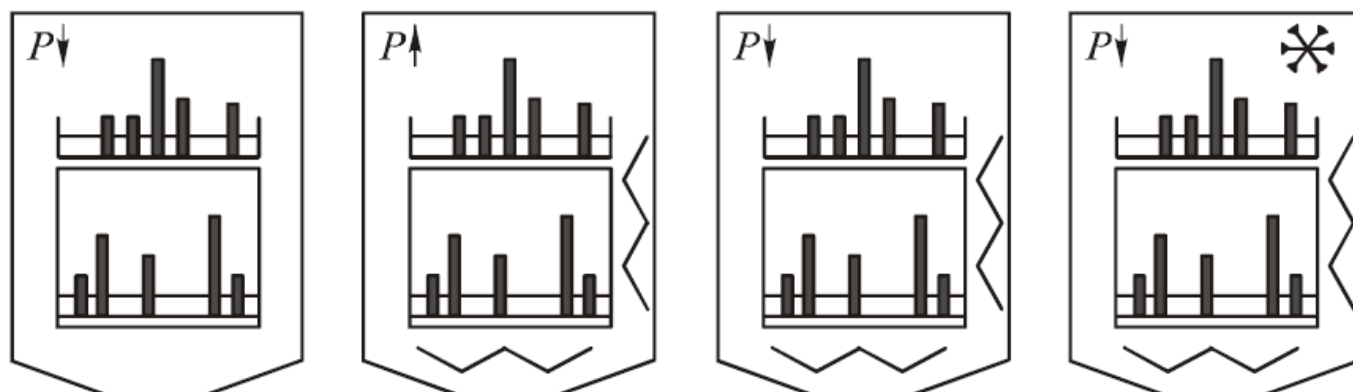


Рисунок 18. Вакуумная сушка

Теперь, после окончания трех этапов обработки, сверла готовы для нанесения износостойкого покрытия.

Установка для нанесения износостойких покрытий представлена в приложении «Г».

Процесс физического осаждения характеризуется переходом материала из конденсированной фазы в паровую, после чего происходит обратный процесс превращения в конденсированную фазу.

Данный процесс осуществляется в вакуумной камере при высоком вакууме (10 – 6 Торр).

В PVD методах используется чистое и сухое вакуумное напыление, при котором покрытие наносится не на локализованные области, а на весь объект одновременно.

1.1.6 Основные параметры шероховатости поверхности отверстий

Совокупность неровностей поверхности с относительно небольшими шагами по длине основания представляет собой шероховатость поверхности.

Шероховатость относится к области микрогеометрии твердого тела и определяет его наиболее важные эксплуатационные качества.

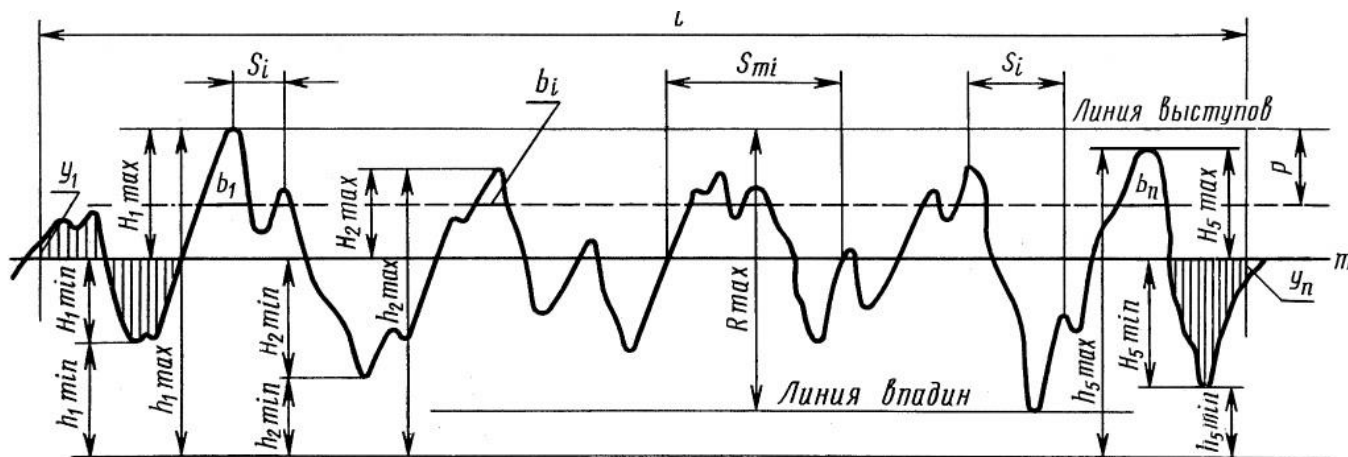


Рисунок 19. Параметры шероховатости поверхности вала/отверстия

Основные параметры шероховатости (ГОСТ 2789-73) выбираются из приведенного списка номенклатуры [13]:

- R_a – среднеарифметическое отклонение профиля;
- R_z – высота неровностей профиля 10 точек;
- R_{max} – максимальная высота профиля;
- S_m – средний шаг неровностей;
- S – средний шаг местных выступов профиля;
- T_r – относительная опорная длина профиля, где p - значение уровня сечений профиля.

Наиболее широко применяемыми параметрами шероховатости, являются:

1) R_z – Высота неровностей профиля 10 точек, которая определяется по формуле [13] [25]:

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{p_{mi}}| + \sum_{i=1}^5 |y_{v_{mi}}|}{5}, \quad (1)$$

Где $y_{p_{mi}}$ – высота i -го наибольшего выступа профиля;

$y_{v_{mi}}$ – глубина i -й наибольшей впадины профиля

2) R_a – Среднее арифметическое отклонение профиля в пределах базовой длины:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y| dx, \quad (2)$$

или

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|, \quad (3)$$

где l - базовая длина, n – число выбранных точек профиля на базовой длине.

Для снятия параметров шероховатости, наиболее предпочтительным является параметр Ra , так как более информативно, чем Rz и R_{max} , характеризует неровности профиля, поскольку определяется по всем точкам профиля [13] [25].

1.1.7 Пути повешения качества поверхности отверстий

Качество отверстия характеризуется в том числе и шероховатостью обрабатываемой поверхности, снижение которой возможно достичь следующими методами:

1) Использование специального оборудования обеспечивающего высокую точность обработки и обладающего высокой жесткостью конструкции

2) Использование сверлильного инструмента со специальным профилем и геометрией режущей части, предназначенных для обработки определенных видов материалов

3) Выбор таких режимов резания, которые позволят снизить образование микронеровностей и обеспечат получение стружки транспортабельной (оптимальной) формы

4) Увеличения точности позиционирования заготовки и инструмента

5) Использование высококачественной смазочно-охлаждающей жидкости и эмульсии

6) Применение износостойких покрытий на режущие элементы сверл

1.2 Оборудование и инструмент

Исследование по нахождению зависимостей шероховатости поверхности глубоких отверстий от режимов резания, применения износостойких покрытий и величины припуска под расверливание, выполнялось на Многооперационном станке с ЧПУ Goodway GLS 1500 (Рисунок 24).



Рисунок 20. Многооперационный станок с ЧПУ GOODWAY GLS 1500

Подачу смазочно-охлаждающей жидкости под высоким давлением и с большим расходом обеспечивает насос высокого давления модели Hydra Cell G10 [10].



Рисунок 21. Основной вид автономной гидравлической установки фирмы ООО «ПампЮнион» (Москва)

В качестве режущего инструмента использовалось ружейное сверло фирмы Votek (рисунок 26).

Чертеж ружейного сверла представлен в приложение «Б»

Диаметр сверла $d=7$ мм, длина стебля $l=260$ мм, профиль рабочей части «Г».

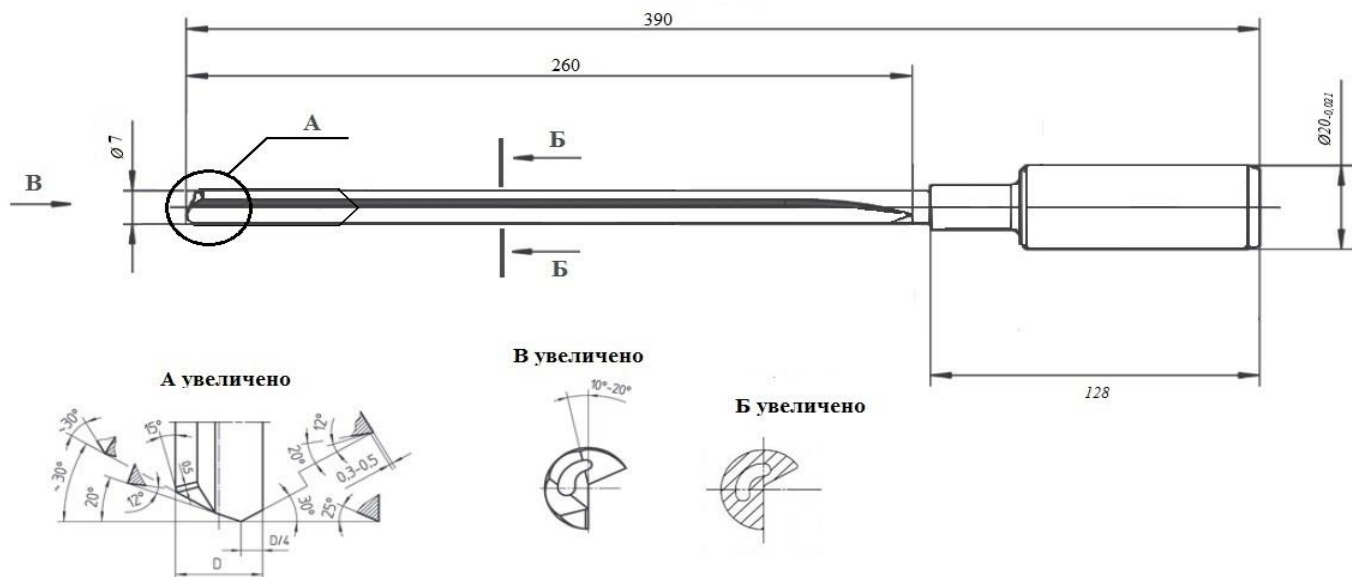


Рисунок 22. Конструктивные и геометрические параметры ружейного сверла Votek.

В целях обеспечения доступа щупа профилометра к измеряемым поверхностям, для измерения шероховатости поверхности глубоких отверстий, просверленные заготовки вскрывали фрезерованием

Для каждого образца было проведено по 5 измерений на каждом участке базовой длины.



Рисунок 23. Разфрезерованные заготовки

Для снятия параметров шероховатости поверхности отверстий использовали профилометр марки Form Talysurf модель PGI 2000S фирмы Taylor Hobson (Великобритания) (рисунок 29).



Рисунок 24. Профилометр марки Form Talysurf модель PGI 2000S фирмы Taylor Hobson (Великобритания)

1.2.1 Смазывающе-охлаждающая жидкость

Используемой в данном исследовании водосмешивающей СОЖ, является Avantin 3309 фирмы Vecchem (Германия). Это высокоэффективная смазочно-охлаждающая жидкость, предназначенная для операций обработки резанием, в том числе для операций глубокого сверления. Благодаря специально подобранному составу присадок удается достичь превосходного качества обрабатываемой поверхности и длительного срока службы инструмента. На станках как с индивидуальной, так и с централизованной системами подачи СОЖ достигается длительный срок службы эмульсии [14].

Технологические свойства:

- Оптимальное охлаждение.
- Высококачественные свойства фильтрации.
- Повышенная стойкость режущего инструмента.
- Минимальная нагрузка моечных установок.
- Лёгкая утилизация.

1.3 Эксперимент по выявлению зависимости шероховатости поверхности глубоких отверстий от режимов резания, величины припуска под рассверливание и применения износостойких покрытий

1.3.1 Зависимость шероховатости поверхности глубоких отверстий от режимов резания

Одним из способов снижения микронеровностей поверхности глубоких отверстий, является подбор таких режимов резания (подачи и скорости резания), которые позволят ружейным сверлам обрабатывать отверстия с требуемыми параметрами качества.

В данном исследовании использовали заготовки марок Д16Т, Сталь 45, Сталь 40Х13 диаметром 16 мм и длиной 100 мм.



Рисунок 25. Заготовки из сплава марки Д16Т



Рисунок 26. Заготовки из стали марки 45



Рисунок 27. Заготовки из стали марки 40X13

Для каждой марки материалов и режима резания брали по 3 заготовки. Всего было просверлено 108 заготовок.

Схема сверления: заготовка вращается в обратном направлении, сверло совершает движение подачи.

Для направления ружейного сверла, заранее было просверлено и расточено пилотное отверстие диаметром $D = 7,035$ мм, длиной $L = 14$ ($2D$) мм, $\varphi = 140^\circ$ (рис. 28).

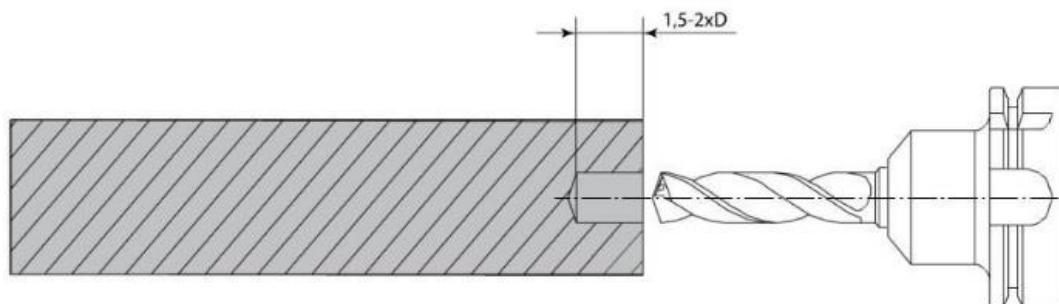


Рисунок 28. Пилотное отверстие

Каталоги фирмы Votek, для работы с перечисленными материалами, рекомендуют следующие режимы резания: [7]

Таблица 8. Режимы сверления для получения стружки оптимальной формы:

Материал заготовок	Скорость резания, V – м/мин	Подача, S – мм/об
Сплав Д16Т	80	0,01
		0,02
		0,03
		0,04
	100	0,01
		0,02
0,03		

		0,04	
	120	0,01	
		0,02	
		0,03	
		0,04	
Сталь 45	60	0,01	
		0,02	
		0,03	
		0,04	
	80	0,01	
		0,02	
		0,03	
		0,04	
	100	0,01	
		0,02	
		0,03	
		0,04	
Сталь марки 40X13	40	0,01	
		0,02	
		0,03	
		0,04	
	60	0,01	
		0,02	
		0,03	
		0,04	
			0,01

	80	0,02
		0,03
		0,04

Результаты эксперимента:

По результатам эксперимента были получены параметры шероховатости, которые представлены в таблице 10. Так же по полученным параметрам построен график зависимостей шероховатости от различных режимов резания.

Обработка дюралюминия Д16Т в диапазоне режимов резания от $V = 80 \dots 120$ м/мин и $S = 0,01$ мм/об, обеспечивает шероховатость поверхности отверстий в диапазоне $Ra = 1,39 \dots 1,6$ мкм. Низший порог шероховатости находится на уровне $0,3 \dots 0,4$ мкм, при подачах $S = 0,02 - 0,03$ мкм, при скорости резания $V = 100$ м/мин. (Рисунок 29).

Таблица 9. Данные шероховатости Д16Т

Режим резания	$s=0,01$	$s=0,01$	$s=0,01$	$s=0,02$	$s=0,02$	$s=0,02$	$s=0,03$	$s=0,03$	$s=0,03$	$s=0,04$	$s=0,04$	$s=0,04$
	мм/об $V=80$ м/мин	мм/об $V=100$ м/мин	мм/об $V=120$ м/мин	мм/об $V=80$ м/мин	мм/об $V=100$ м/мин	мм/об $V=120$ м/мин	мм/об $V=80$ м/мин	мм/об $V=100$ м/мин	мм/об $V=120$ м/мин	мм/об $V=80$ м/мин	мм/об $V=100$ м/мин	мм/об $V=120$ м/мин
$Ra_{ср}$, мкм	1,55	1,39	1,60	0,46	0,39	0,33	0,37	0,45	0,33	0,44	0,41	0,39

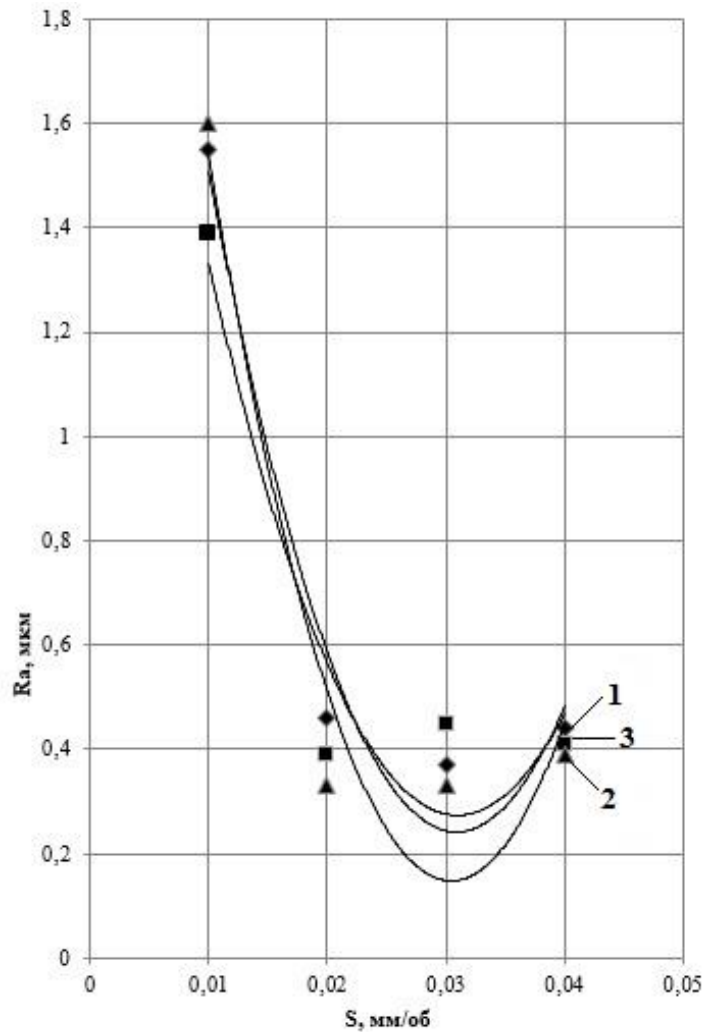


Рисунок 29. Зависимость шероховатости поверхности глубоких отверстий от режимов резания, полученных ружейным сверлом диаметром $d=7$ мм в сплаве Д16Т.

1: $V=80$ м/мин; 2: $V=100$ м/мин; 3: $V=120$ м/мин

Обработка стали 45, при скорости резания 100 м/мин и в диапазоне подач от $S = 0,01$ до $S = 0,04$ мм/об, показывает наиболее существенный рост шероховатости поверхности отверстия ($Ra = 0,7 \dots 1,2$ мкм), по сравнению с другими режимами резания. Наилучший показатель шероховатости, наблюдаем при скорости резания $V = 60$ м/мин и подачи $S = 0,03$ мм/об (Рисунок 34).

Таблица 10. Данные шероховатости стали 45

Режим резания	$s=0,01$ мм/об $V=60$ м/мин	$s=0,01$ мм/об $V=80$ м/мин	$s=0,01$ мм/об $V=100$ м/мин	$s=0,02$ мм/об $V=60$ м/мин	$s=0,02$ мм/об $V=80$ м/мин	$s=0,02$ мм/об $V=100$ м/мин	$s=0,03$ мм/об $V=60$ м/мин	$s=0,03$ мм/об $V=80$ м/мин	$s=0,03$ мм/об $V=100$ м/мин	$s=0,04$ мм/об $V=60$ м/мин	$s=0,04$ мм/об $V=80$ м/мин	$s=0,04$ мм/об $V=100$ м/мин
$R_{ар}$, мкм	0,74	0,91	0,73	0,51	0,73	0,95	0,37	0,66	0,94	0,89	0,74	1,21

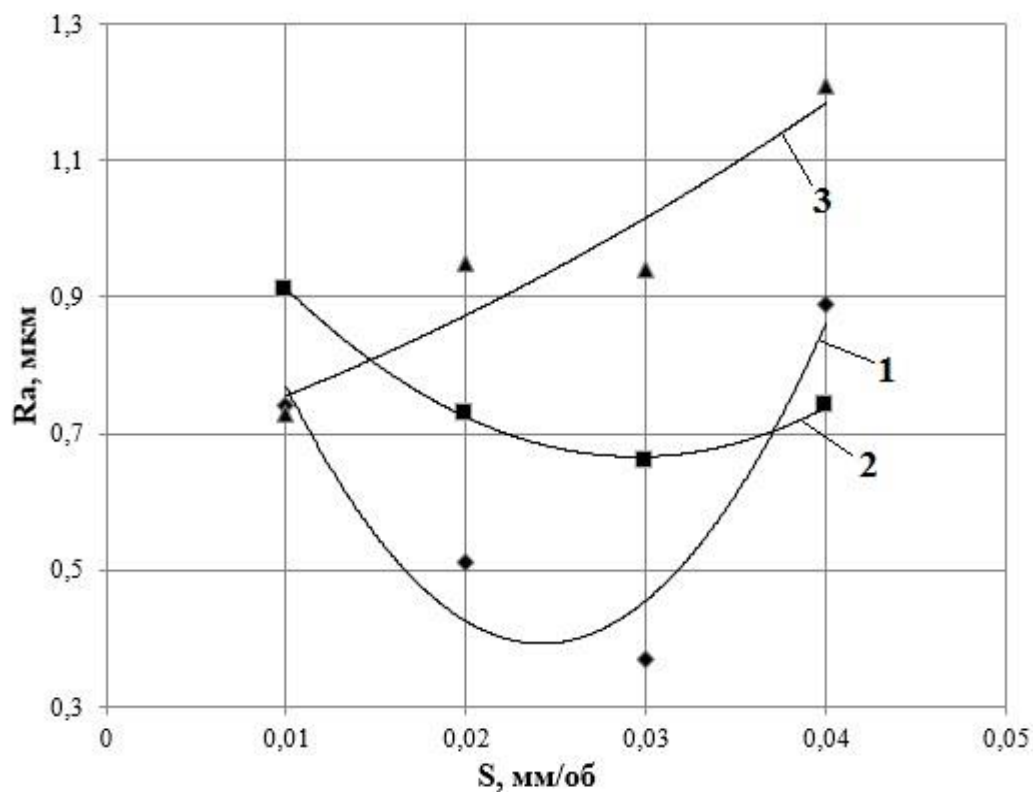


Рисунок 29. Зависимость шероховатости поверхности глубоких отверстий от режимов резания, полученных ружейным сверлом диаметром $d=7$ мм в стали 45.

1: $V=60$ м/мин; 2: $V=80$ м/мин; 3: $V=100$ м/мин

В случае обработки стали 40X13, шероховатость поверхности отверстий растет незначительно и, например, при подаче $S = 0,01$ мм/об, находится в диапазоне $Ra = 0,37...0,49$ мкм. Наивысший показатель шероховатости наблюдаем при скорости резания $V = 60$ м/мин и подачи $S = 0,04$ мм/об.

Таблица 11. Данные шероховатости стали 40X13

Режим резания	$s=0,01$ мм/об $V=40$ м/мин	$s=0,01$ мм/об $V=60$ м/мин	$s=0,01$ мм/об $V=80$ м/мин	$s=0,02$ мм/об $V=40$ м/мин	$s=0,02$ мм/об $V=60$ м/мин	$s=0,02$ мм/об $V=80$ м/мин	$s=0,03$ мм/об $V=40$ м/мин	$s=0,03$ мм/об $V=60$ м/мин	$s=0,03$ мм/об $V=80$ м/мин	$s=0,04$ мм/об $V=40$ м/мин	$s=0,04$ мм/об $V=60$ м/мин	$s=0,04$ мм/об $V=80$ м/мин
$Ra_{ср}$, мкм	0,38	0,45	0,48	0,43	0,47	0,48	0,43	0,47	0,49	0,47	0,54	0,51

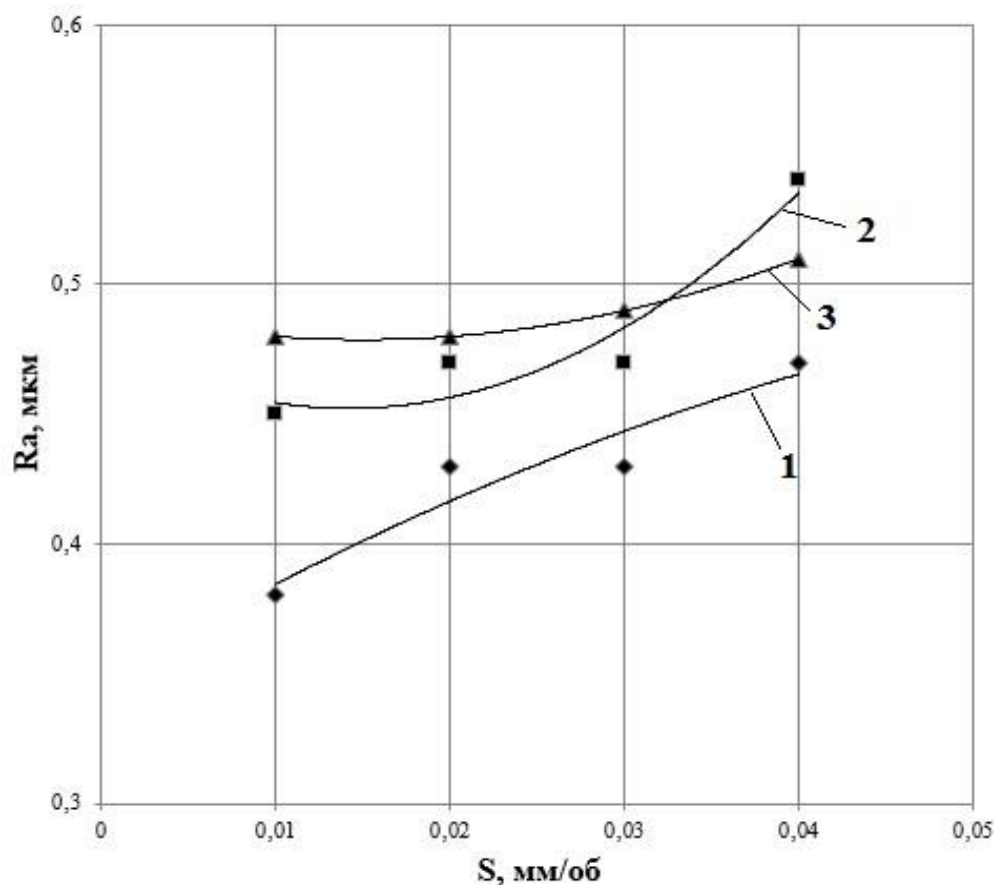


Рисунок 30. Зависимость шероховатости поверхности глубоких отверстий от режимов резания, полученных ружейным сверлом диаметром $d=7$ мм в стали 40X13.

1: $V=40$ м/мин; 2: $V=60$ м/мин; 3: $V=80$ м/мин

Проведенное исследование показывает, что изменение режимов резания, в первых двух случаях, оказывает значительное влияние на шероховатость поверхности глубоких отверстий. Например, изменение параметра подачи с 0,01 до 0,02 мм/об, при сверлении дюралюминия Д16Т,

повлияло на снижение шероховатости более чем 3 раза, что можно объяснить возросшим выглаживающим эффектом режущей кромки ружейного сверла.

В случае сверления стали 45, увеличение подачи до определенного момента ($S = 0,03$ мм/об), так же приводит к снижению шероховатости, но дальнейший рост подачи вызывает рост микронеровностей на поверхности отверстия.

Обработка стали 40X13 показывает, что изменение режимов резания, не оказывает существенного влияния на уровень шероховатости, как в случае с дюралюминием Д16Т и сталью 45, поскольку сталь 40X13 относится к закаленным сталям и в силу чего обладает более высокими показателями твердости и прочности, в силу более высокого содержания хрома и никеля.

1.3.2 Зависимость шероховатости поверхности глубоких отверстий от величины припуска под рассверливание

В поиске метода повышения качества поверхности глубоких отверстий, был предложен так же такой способ, как рассверливание отверстий с определенной величиной припуска. Суть эксперимента заключается в следующем.

Ружейными сверлами, в заготовках из стали 45, диаметром 16 мм и длиной 100 мм, сверлились отверстия диаметром $d = 7,4; 7,8; 8,2$ мм, в которых заранее было рассверлено отверстия диаметром $d = 7$ мм.

Величины припуска, соответственно, составили $t = 0,2; t = 0,4; t = 0,6$ мм.

Режимы резания:

$S = 0,02, 0,05, 0,08, 0,11$ мм/об;

$V = 80$ м/мин.

Для каждого диаметра сверла, величины припуска и режима подач, брали по 3 заготовки. Всего было просверлено 36 заготовок.

Результаты эксперимента:

По полученным результатам эксперимента видно, что при рассверливании сверлом диаметром $d=7,4$ мм ($t=0,2$ мм) шероховатость поверхности составляет $Ra = 2,77$ мкм, а сверлами $d=7,8; 8,2$ мм ($t=0,4...0,6$ мм) и при подачах $S = 0,02...0,11$, шероховатость находится в пределах $Ra = 0,55...1,15$ мкм, что в среднем, почти в 4 раза меньше (рисунок 36).

Таблица 12. Данные шероховатости стали 45

Величина припуска, мм	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6
Режим резания	$S = 0,02$ мм/б $V = 80$ м/мин	$S = 0,05$ мм/б $V = 80$ м/мин	$S = 0,08$ мм/б $V = 80$ м/мин	$S = 0,11$ мм/б $V = 80$ м/мин	$S = 0,02$ мм/б $V = 80$ м/мин	$S = 0,05$ мм/б $V = 80$ м/мин	$S = 0,08$ мм/б $V = 80$ м/мин	$S = 0,11$ мм/б $V = 80$ м/мин	$S = 0,02$ мм/б $V = 80$ м/мин	$S = 0,05$ мм/б $V = 80$ м/мин	$S = 0,08$ мм/б $V = 80$ м/мин	$S = 0,11$ мм/б $V = 80$ м/мин
$Ra_{ср}$, мкм	2,77	2,76	2,33	2,45	0,47	0,55	1,15	0,52	0,88	0,7	0,61	0,48

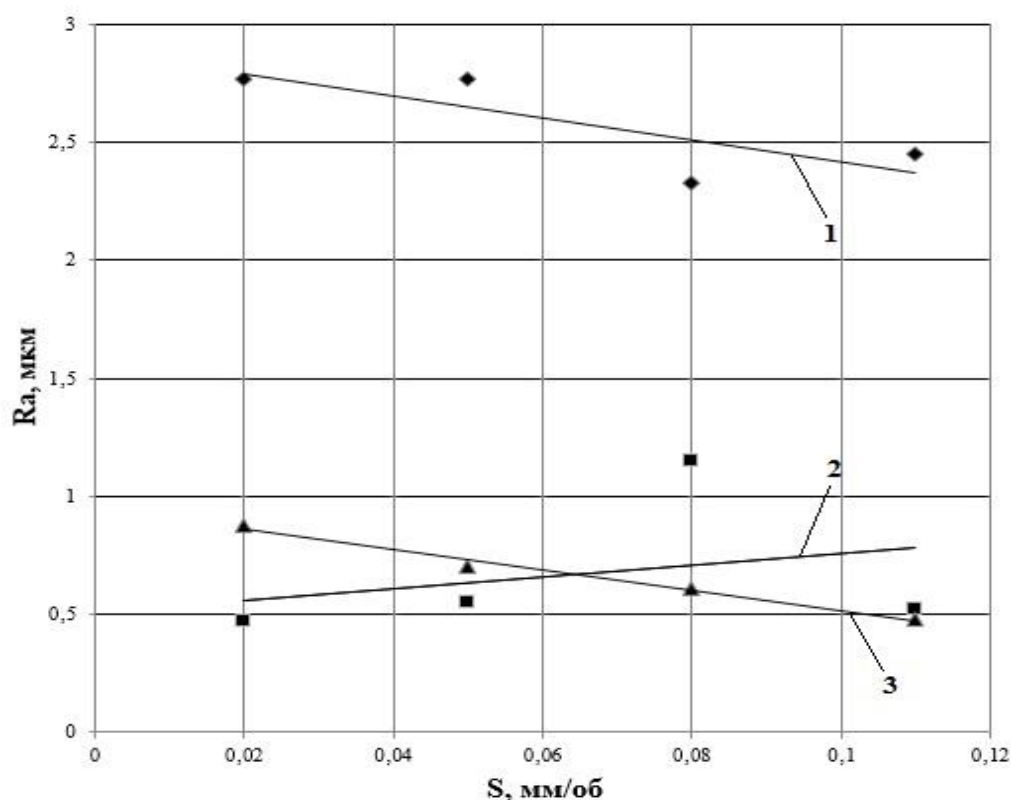


Рисунок 31. Зависимость шероховатости поверхности отверстий от величины припуска под рассверливание, полученных ружейным сверлом диаметром $d =$

7 мм в стали марки 45:

1) $t = 0,2$ мм; 2) $t = 0,4$ мм; 3) $t = 0,6$ мм

Исходя из полученных результатов, видим, что отрезок 1 показывает увеличение шероховатости поверхности отверстий примерно в 4 раза. Это можно объяснить тем, что при $t=0,2$ мм не происходит сглаживания микронеровностей на поверхности отверстий из-за малой силовой нагрузки.

Увеличение же толщины среза до $t=0,4...0,6$ мм (отрезок 2, 3) приводит к росту силовой нагрузки и заметному снижению шероховатости поверхности.

Но, сравнивая параметры качества поверхности отверстий при рассверливании и без рассверливания, можно утверждать, что должного эффекта такой технологический приём не приносит, а лишь несколько увеличивает стабильность шероховатости поверхности глубоких отверстий.

1.3.3 Зависимость шероховатости поверхности глубоких отверстий от применения износостойких покрытий

Для достижения более высоких показателей качества поверхности глубоких отверстий, чем показатели, полученные в предыдущем эксперименте без применения износостойких покрытий, которые уже не удовлетворяют современным требованиям машиностроения, было решено провести эксперимент с использованием ружейных сверл с износостойкими покрытиями.

Применялись ружейные сверла диаметром 7 мм, с износостойкими покрытиями типа TiN и ХТ.

В качестве материала, были использованы заготовки из стали 40Х13, диаметром – 16 мм и длиной – 100 мм.

Режимы резания:

$$S = 0,02 \text{ мм/об};$$

$$V = 70 \text{ м/мин.}$$

Для каждого типа сверла брали по 20 заготовок, всего было просверлено 60 заготовок.

Результаты эксперимента:

При сверлении стали 40X13 ружейными сверлами без нанесения покрытий, шероховатость поверхности отверстий находится в диапазоне $Ra = 0,87...1,17$ мкм. Наилучший показатель шероховатости поверхности глубокого отверстия, можно наблюдать на конце заготовки, который составил $Ra = 0,74$ мкм.

Используя при сверлении ружейное сверло с износостойким покрытием TiN, наблюдается заметное улучшение шероховатости поверхностей глубоких отверстий, в диапазоне $Ra = 0,78...0,41$ мкм. В среднем, исходя из полученных данных, удалось добиться снижения микронеровностей почти в 2 раза.

В случае с износостойким покрытием ХТ наблюдается схожий уровень микронеровностей поверхности отверстия, как и с применением износостойкого покрытия TiN, однако средний показатель шероховатости находятся в промежутке, между $Ra = 0,31...0,44$, что в среднем ниже, чем можно наблюдать у покрытия TiN.

Таблица 13. Данные шероховатости стали 40X13

Ружейное сверло	Без покрытия					Покрытие TiN					Покрытие ХТ				
	20	40	60	80	100	20	40	60	80	100	20	40	60	80	100
Длина заготовки															
$Ra_{ср}$, мкм	0,84	0,82	1,15	1,16	0,72	0,79	0,40	0,62	0,41	0,44	0,33	0,38	0,49	0,62	0,46

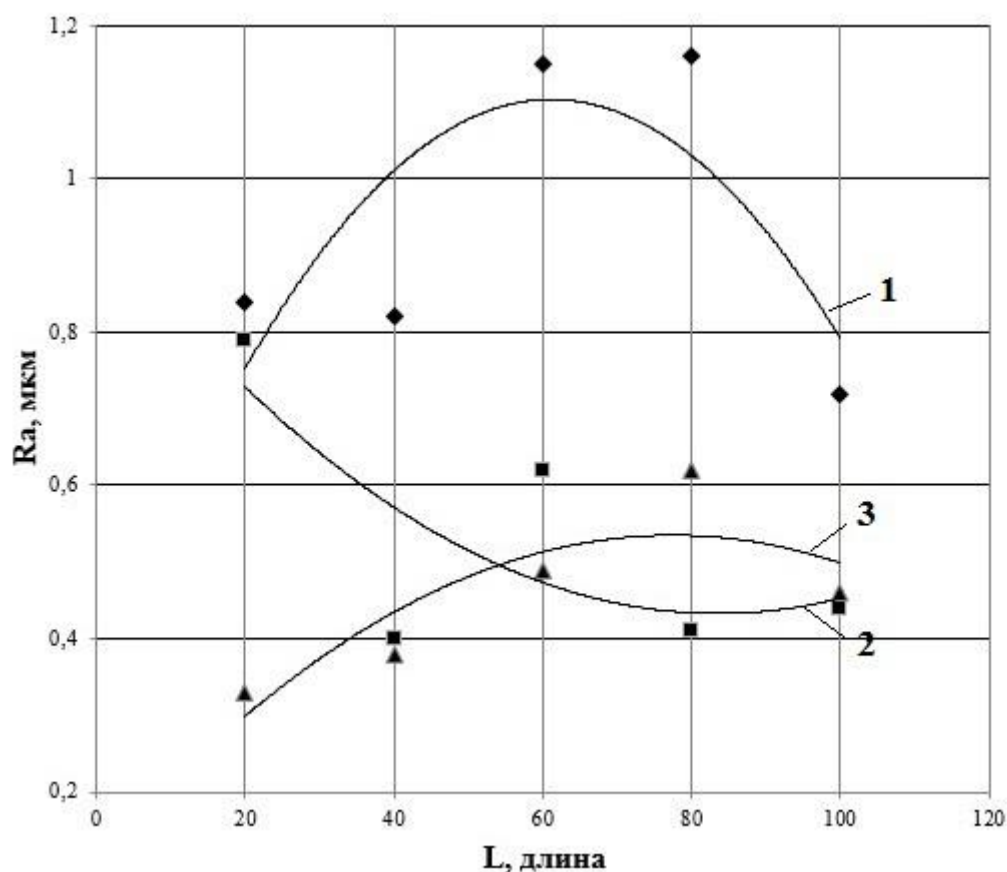


Рисунок 32. Зависимость шероховатости поверхности глубоких отверстий от применения ружейных сверл диаметром $d = 7$ мм, с износостойкими покрытиями в стали 40X13.

1: Без покрытия; 2: Покрытие TiN; 3: Покрытие ХТ

Таким образом, выполненное исследование показало, что более низкую шероховатость поверхностей отверстий по сравнению с ружейными сверлами без нанесения износостойких покрытий обеспечивают ружейные сверла с покрытиями TiN и ХТ.

Из всего этого следует, что нанесённые на рабочие части ружейных свёрл износостойкие покрытия позволяют снизить шероховатость поверхностей примерно в 2 раза по сравнению с ружейными сверлами без нанесения покрытий.

Так же можно утверждать, что ружейные сверла с покрытиями ХТ и TiN обладают более высокой износостойкостью, чем ружейные сверла без

покрытий, направляющие элементы которых в большей степени подвержены образованию карбидов железа, что, в свою очередь, приводит к преждевременному выходу инструментов из строя и снижению качества получаемых отверстий.

Заключение

По итогам исследовательской работы было установлено, что износостойкие покрытия TiN и ХТ наносимые на режущие части ружейных сверл, позволяют в более значительной степени повысить качество поверхности глубоких отверстий, чем ружейные сверла без наносимых покрытий.

Так же установлено, что изменение режимов резания (скорости резания и подачи) позволяют добиться существенных результатов в деле повышения качества поверхности глубоких отверстий.

Полученные результаты исследования зависимости шероховатости поверхности глубоких отверстий от режимов резания, величины припуска под рассверливание и применения износостойких покрытий, дают полное основание рекомендовать их для практического применения в машиностроительной отрасли при обработке глубоких отверстий ружейными сверлами на Многооперационных станках с ЧПУ в единичном и мелкосерийном производстве.

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

Студенту:

Группа 4AM92		ФИО Арестов Александр Васильевич	
Школа	ИШНПТ	Отделение Школа	Отдел материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	<i>Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ</i>
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования</i>
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	<i>Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.</i>

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности ИР
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02. 2021
---	-------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н ДОЦЕНТ		08.02.21

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM92	Арестов Александр Васильевич		08.02.21

Введение

Основной целью данного раздела является, оценивание перспективности развития и планирование финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, представленного в рамках исследовательской работы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, соответственно, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Целью магистерской диссертации является, определение технологических возможностей ружейных сверл с износостойкими покрытиями и без покрытий в единичном и мелкосерийном производствах. Разработка рекомендаций по применению ружейных сверл на обрабатывающих центрах.

2.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

2.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были рассмотрены два конкурирующих метода повышения качества поверхности глубоких отверстий:

- 1) Использование ружейных сверл без нанесенных покрытий
- 2) Использование ружейных сверл с нанесенными износостойкими покрытиями, типа TiN и ХТ.

Очень важен подробный анализ, т.к. каждый тип ружейного сверла имеет свои достоинства и недостатки. В таблице показано сравнение разработок-конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 14. Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
1	2	3	4	6	7
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Актуальность исследования	0,2	5	2	1	0,4
2. Износостойкость	0,15	5	3	0,75	0,45
3. Простота изготовления	0,1	3	5	0,3	0,5
4. Эффективность работы	0,1	5	3	0,5	0,3
5. Безопасность	0,12	5	5	0,6	0,6
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Цена инструмента	0,1	3	5	0,3	0,5
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,13	5	2	0,65	0,26
3. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и	0,1	5	3	0,5	0,3

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
1	2	3	4	6	7
разработок					
Итого	1	36	28	4,6	3,31

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле : $K = \sum B_i * B_i$ (4)

Текущий проект

Технические критерии оценки ресурсоэффективности:

1. Актуальность исследования:

$$K = 0,2 \cdot 5 = 1$$

2. Износостойкость:

$$K = 0,15 \cdot 5 = 0,75$$

3. Простота изготовления:

$$K = 0,1 \cdot 3 = 0,3$$

4. Эффективность работы:

$$K = 0,1 \cdot 5 = 0,5$$

5. Безопасность:

$$K = 0,12 \cdot 5 = 0,6$$

Экономические критерии оценки эффективности:

1. Цена инструмента:

$$K = 0,1 \cdot 3 = 0,3$$

2. Предполагаемый срок эксплуатации:

$$K = 0,13 \cdot 5 = 0,65$$

3. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок:

$$K = 0,1 \cdot 5 = 0,5$$

$$K_{\phi} = 1 + 0,75 + 0,3 + 0,5 + 0,6 + 0,3 + 0,65 + 0,5 = 4,6$$

Конкурент

Технические критерии оценки ресурсоэффективности:

1. Актуальность исследования:

$$K = 0,2 \cdot 2 = 0,4$$

2. Износостойкость:

$$K = 0,15 \cdot 3 = 0,45$$

3. Простота изготовления:

$$K = 0,1 \cdot 5 = 0,5$$

4. Эффективность работы:

$$K = 0,1 \cdot 3 = 0,3$$

5. Безопасность:

$$K = 0,12 \cdot 5 = 0,6$$

Экономические критерии оценки эффективности:

1. Цена инструмента:

$$K = 0,1 \cdot 5 = 0,5$$

2. Предполагаемый срок эксплуатации:

$$K = 0,13 \cdot 2 = 0,26$$

3. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок:

$$K = 0,1 \cdot 3 = 0,3$$

$$K_{\kappa} = 0,4 + 0,45 + 0,5 + 0,3 + 0,6 + 0,5 + 0,26 + 0,3 = 3,31$$

где K – конкурентоспособность проекта; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

2.1.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 1.17

Таблица 15. Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Высокое качество обработки	Сл1. Недостаточная освещенность соответствующих научных исследований
С2. Высокая параметры износостойкости покрытия режущего инструмента	Сл2. Более высокая стоимость режущего инструмента с износостойкими покрытиями
С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта	Сл3. Необходимость закупки инструмента за рубежом
С4. Экологичность технологии	
С5. Наличие бюджетного финансирования	
Возможности	Угрозы
В1. Использование оборудования ИШНПТ ТПУ и ИФПМ СО РАН	У1. Снижение стоимости разработок конкурентов.
В2. Появление потенциального спроса на новые разработки	У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства
В3. Внедрение технологии в аэрокосмической области	У3. Развитая конкуренция технологий производства
В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 16-21.

Таблица 16. Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	-	-	-	-
	B2	-	+	-	-	-
	B3	-	+	-	+	-
	B4	+	+	-	-	-

Таблица 17. Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	-	-	+
	B2	-	-	-
	B3	-	-	-
	B4	-	-	-

Таблица 18. Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-	-
	У3	+	-	-	-	-

Таблица 19. Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	-	-
	У2	+	-	-
	У3	-	-	-

Результаты анализа представлены в итоговой таблице 20

Таблица 20. Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>С1. Высокое качество обработки</p> <p>С2. Высокая износостойкость покрытия режущего инструмента</p> <p>С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта.</p> <p>С4. Экологичность технологии.</p> <p>С5. Наличие бюджетного финансирования.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>Сл1. Недостаточная освещенность соответствующих научных исследований.</p> <p>Сл2. Более высокая стоимость режущего инструмента с износостойкими покрытиями</p> <p>Сл3. Необходимость закупки инструмента за рубежом</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Использование оборудования ИШНПТ ТПУ и ИФПМ СО РАН.</p> <p>В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.</p> <p>В3. Внедрение технологии в аэрокосмической области.</p> <p>В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.</p>	<p>Направления развития</p> <p>В1С1. Использование режущего инструмента (ружейных сверл) в купе с оборудованием ИШНПТ ТПУ и ИФПМ СО РАН дает высокое качество обработки.</p> <p>В2С2. Использование режущего инструмента (ружейных сверл) с высокими параметрами износостойкости покрытия влияет на появление потенциального спроса на новые разработки.</p>	<p>Сдерживающие факторы</p> <p>В2Сл2. Появление потенциального спроса на новые разработки в будущем компенсирует высокую стоимость режущего инструмента с износостойкими покрытиями.</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Снижение стоимости разработок</p>	<p>Угрозы развития</p> <p>У1С1. Несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, наше</p>	<p>Уязвимости:</p> <p>У2Сл1. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со</p>

<p>конкурентов. У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства У3. Развитая конкуренция технологий производства</p>	<p>оборудование имеет лучшие механические свойства, что обеспечивает более высокое качество обработки, больше перспектив развития. У3С1С2. Несмотря на развитую конкуренцию технологии производства, наше оборудование имеет лучшие механические свойства, в том числе высокие показатели износостойкости покрытий ружейных сверл, что обеспечивает более высокое качество обработки, больше перспектив развития.</p>	<p>стороны государства может привести к недостаточной освещенности научных исследований</p>
--	---	---

В результате SWOT-анализа показано, что преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

2.2 Планирование научно-исследовательских работ

2.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 21.

Таблица 21. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения НИР	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Инженер

2.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления бюджета.

Назначим минимальное и максимальное время для каждого этапа проекта:

Таблица 22. Максимальное и минимальное время выполнения каждого этапа

№ раб	Содержание работ	t_{min} , дней	t_{max} , дней
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	5
2	Календарное планирование выполнения НИР	2	4
3	Обзор научной литературы	8	16
4	Выбор методов исследования	4	8
5	Планирование эксперимента	3	5
6	Подготовка образцов для эксперимента	2	4
7	Проведение эксперимента	2	5
8	Обработка полученных данных	12	22
9	Оценка правильности полученных результатов	3	6
10	Составление пояснительной записки	15	30

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}, \quad (5)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{max\ i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика:

$$t_{ожі}^1 = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 5}{5} = 3,2 \text{ д}$$

2. Календарное планирование выполнения ВКР:

$$t^2_{\text{ожі}} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ д}$$

3. Обзор научной литературы:

$$t^3_{\text{ожі}} = \frac{3 \cdot 8 + 2 \cdot 16}{5} = 11,2 \text{ д}$$

4. Выбор методов исследования:

$$t^4_{\text{ожі}} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 8}{5} = 5,6 \text{ д}$$

5. Планирование эксперимента:

$$t^5_{\text{ожі}} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8 \text{ д}$$

6. Подготовка образцов для эксперимента:

$$t^6_{\text{ожі}} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ д}$$

7. Проведение эксперимента:

$$t^7_{\text{ожі}} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 5}{5} = 3,2 \text{ д}$$

8. Обработка полученных данных:

$$t^8_{\text{ожі}} = \frac{3 \cdot 12 + 2 \cdot 22}{5} = 16 \text{ д}$$

9. Оценка правильности полученных результатов:

$$t^9_{\text{ожі}} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 6}{5} = 4,2 \text{ д}$$

10. Составление пояснительной записки:

$$t^{10}_{\text{ожі}} = \frac{3 \cdot 15 + 2 \cdot 30}{5} = 21 \text{ д}$$

Таблица 23. Вероятные значения продолжительности работ для

каждого этапа $t_{ож}$

№ раб	Содержание работ	$t_{ож}$, дней
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	3,2
2	Календарное планирование выполнения НИР	2,8
3	Обзор научной литературы	11,2
4	Выбор методов исследования	5,6
5	Планирование эксперимента	3,8
6	Подготовка образцов для эксперимента	2,8
7	Проведение эксперимента	3,2
8	Обработка полученных данных	16
9	Оценка правильности полученных результатов	4,2
10	Составление пояснительной записки	21

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (6)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика:

$$T^1_{p_i} = \frac{3,2}{1} = 3,2 \text{ д}$$

2. Календарное планирование выполнения НИР:

$$T^2_{p_i} = \frac{2,8}{2} = 1,4 \text{ д}$$

3. Обзор научной литературы:

$$T^3_{p_i} = \frac{11,2}{1} = 11,2 \text{ д}$$

4. Выбор методов исследования:

$$T^4_{p_i} = \frac{5,6}{1} = 5,6 \text{ д}$$

5. Планирование эксперимента:

$$T^5_{p_i} = \frac{3,8}{2} = 1,9 \text{ д}$$

6. Подготовка образцов для эксперимента:

$$T^6_{p_i} = \frac{2,8}{1} = 2,8 \text{ д}$$

7. Проведение эксперимента:

$$T^7_{p_i} = \frac{3,2}{1} = 3,2 \text{ д}$$

8. Обработка полученных данных:

$$T^8_{p_i} = \frac{16}{1} = 16 \text{ д}$$

9. Оценка правильности полученных результатов:

$$T^9_{p_i} = \frac{4,2}{2} = 2,1 \text{ д}$$

10. Составление пояснительной записки:

$$T_{pi}^{10} = \frac{21}{1} = 21 \text{ д}$$

Таблица 24. Продолжительность выполнения работы в рабочих днях

№ раб	Содержание работ	T_{pi} , дней
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	3,2
2	Календарное планирование выполнения НИР	1,4
3	Обзор научной литературы	11,2
4	Выбор методов исследования	5,6
5	Планирование эксперимента	1,9
6	Подготовка образцов для эксперимента	2,8
7	Проведение эксперимента	3,2
8	Обработка полученных данных	16
9	Оценка правильности полученных результатов	2,1
10	Составление пояснительной записки	21

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.3):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (7)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (8)$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году.

1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика:

$$T_{k1} = 3,2 \cdot 1,48 = 4,7 \text{ д}$$

2. Календарное планирование выполнения ВКР:

$$T_{k2} = 1,4 \cdot 1,48 = 2,1 \text{ д}$$

3. Обзор научной литературы:

$$T_{k3} = 11,2 \cdot 1,48 = 16,6 \text{ д}$$

4. Выбор методов исследования:

$$T_{k4} = 5,6 \cdot 1,48 = 8,3 \text{ д}$$

5. Планирование эксперимента:

$$T_{k5} = 1,9 \cdot 1,48 = 2,8 \text{ д}$$

6. Подготовка образцов для эксперимента:

$$T_{k6} = 2,8 \cdot 1,48 = 4,1 \text{ д}$$

7. Проведение эксперимента:

$$T_{k7} = 3,2 \cdot 1,48 = 3,8 \text{ д}$$

8. Обработка полученных данных:

$$T_{k8} = 16 \cdot 1,48 = 23,7 \text{ д}$$

9. Оценка правильности полученных результатов:

$$T_{k9} = 2,1 \cdot 1,48 = 3,1 \text{ д}$$

10. Составление пояснительной записки:

$$T_{k10} = 21 \cdot 1,48 = 31 \text{ д}$$

Таблица 25. Продолжительность выполнения работы в календарных днях

№ раб	Содержание работ	$T_{кал}, \text{ дней}$
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	4,7

2	Календарное планирование выполнения НИР	2,1
3	Обзор научной литературы	16,6
4	Выбор методов исследования	8,3
5	Планирование эксперимента	2,8
6	Подготовка образцов для эксперимента	4,1
7	Проведение эксперимента	3,8
8	Обработка полученных данных	23,7
9	Оценка правильности полученных результатов	3,1
10	Составление пояснительной записки	31

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 26.

Таблица 26. Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожг}$, чел-дни		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	5	-	3,2	-	3,2	-	4,7	-
2. Календарное планирование выполнения ВКР	3	2	5	4	2,8	2,2	1,4	0,75	2,1	1,2
3. Обзор научной литературы	-	8	-	16	-	11,2	-	11,2	-	16,6
4. Выбор методов исследования	-	4	-	8	-	5,6	-	5,6	-	8,3
5. Планирование эксперимента	4	3	5	4	3,8	1,2	1,9	0,6	2,8	0,2
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	2	-	4	-	2,8	-	2,8	-	4,1

7. Проведение эксперимента	-	2	-	5	-	3,2	-	3,2	-	3,8
8. Обработка полученных данных	-	12	-	22	-	16	-	16	-	23,7
9. Оценка правильности полученных результатов	3	2	6	4	4,2	1,8	2,1	0,5	3,1	0,8
10. Составление пояснительной записки	-	15	-	30	-	21	-	21	-	31
Итого:	12	50	21	97	14	65	8,6	61,65	12,7	89,7

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 27).

Таблица 27. Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность работ													
				февр			март			апр			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	5	■													
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	3	■													
3	Обзор научной литературы	Исп2	17		■												
4	Выбор методов исследования	Исп2	9			■											
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	3			■											
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	5				■										
7	Проведение эксперимента	Исп2	4					■									
8	Обработка полученных данных	Исп2	24						■								
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	4										■				
10	Составление пояснительной записки	Исп2	31											■			

Примечание:



– Исп. 1 (научный руководитель), ■ – Исп. 2 (инженер)

2.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовали следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

2.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная часть включает затраты всех материалов, используемых при проведении исследования по выявлению показателей шероховатости на поверхности обработанных отверстий. Результаты расчета затрат представлены в таблице 29

Таблица 28. Затраты на приобретение материалов

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Дюралюминий Д16Т	тонна	0,05	249 081	12454
Сталь 45	тонна	0,05	39000	1950
Сталь 40X13	тонна	0,05	85000	4250
Ружейное сверло	шт	3	15000	45000
СОЖ Avantin 3309	литр	100	1750	175000
Итого:				238654

2.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудование, учитываем только рабочие дни по данной теме.

Используемое оборудование:

- 1) Станок с ЧПУ
- 2) Насосная станция

Норма амортизации рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n} \quad (9)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Токарно-фрезерный станок с ЧПУ:

$$H_A = \frac{1}{8} = 0,125$$

Насосная станция:

$$H_A = \frac{1}{5} = 0,2$$

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (10)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Станок с ЧПУ:

$$A = \frac{0,125 \cdot 4000000}{12} \cdot 0,2 = 8333,3$$

Насосная станция:

$$A = \frac{0,2 \cdot 500000}{12} \cdot 0,2 = 1666,7$$

Таблица 29. Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	Н _д , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Станок с ЧПУ	1	8	0,2	0,125	4000000	8333,3
2	Насосная станция	1	5	0,2	0,2	500000	1666,6
Итого:							9999,97

2.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{он} \cdot T_p, \quad (11)$$

где $Z_{он}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, рабочие дни (таблица 4.9).

Среднедневная заработная плата для шестидневной рабочей недели руководителя, рассчитывается по формуле:

$$Z_{он} = \frac{Z_m \cdot M}{F_0} = \frac{51285 \cdot 10,3}{236} = 2238,3 \text{ руб.}, \quad (12)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; F_0 – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического

персонала, рабочих дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{о}}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{210} = 1768 \text{ руб.}$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.},$$

где $Z_{\text{мс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Основная заработная плата для руководителя:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 2283,3 \cdot 8,6 = 19250 \text{ руб.},$$

Основная заработная плата для инженера:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 1768 \cdot 61,65 = 108997,2 \text{ руб.},$$

$$\Sigma Z_{\text{осн}} = 19250 + 108997,2 = 128247,2 \text{ руб.},$$

Таблица 30. Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		

Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	56/4	28/9
Действительный годовой фонд рабочего времени	236	210

Таблица 31. Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}, руб$	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}, руб$	$Z_{он}, руб$	$T_{р}, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2238,3	8,6	19250
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1768	61,65	108997,2
Итого:								128247,2

2.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 19250 = 2887,4 \text{ руб.}, \quad (13)$$

– для инженера:

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 108997,2 = 16349,6 \text{ руб.},$$

$$\Sigma Z_{дон} = 2887,4 + 16349,6 = 19237 \text{ руб.}$$

где $k_{дон}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

2.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяются по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{дон}) = 0,3 \cdot (19250 + 2884,5) = 6641,2 \text{ руб.}, \quad (14)$$

– для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{дон}) = 0,3 \cdot (108997,2 + 16349,6) = 37604 \text{ руб.},$$

$$\Sigma Z_{внеб} = 6641,2 + 37604 = 44245,2 \text{ руб.}$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

2.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Величина накладных расходов определяется по формуле

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр}, \quad (15)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

2.3.7 Бюджетная стоимость НИР

Таблица 32. Группировка затрат по статьям

Статьи							
1	2	3	4	5	6	7	8
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Стоимость бюджета
9999,9	238654	128247,2	19237	44245,2	440383,3	70661,3	511044,6

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ «Повышение качества поверхности глубоких отверстий, обработанных ружейными сверлами в единичном и мелкосерийном производстве» по форме, приведенной в таблице 1.35. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 33. Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	
1	Материальные затраты НИР	238654	310250	Пункт 4.2.3.1
2	Амортизация	9999,9	17399,9	Пункт 4.2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	128247,2	128247,2	Пункт 4.2.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19237	19237	Пункт 4.2.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	44245,2	44245,2	Пункт 4.2.3.4
6	Накладные расходы	70661,3	82620,7	Пункт 4.2.3.5
Бюджет затрат НИР		511044,6	601999,5	Сумма ст. 1- 6

Где:

Исп.2 – Аналог 1

2.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

2.4.1 Интегральный показатель финансовой эффективности

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат двух вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как

знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

1) Ружейные сверл без нанесения износостойких покрытий;

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (16)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 511044,6 \text{ руб.}$, $\Phi_{\text{исп.1}} = 601999,5 \text{ руб.}$,

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{тек.пр}} = \frac{511044,6}{601999,5} = 0,84$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.2}} = \frac{601999,5}{601999,5} = 1$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по двум вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с небольшим перевесом признается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

2.4.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 34).

Таблица 34. Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2
1. Безопасность при использовании установки	0,15	5	5
2. Стабильность работы	0,2	4	4
3. Технические характеристики	0,2	5	4
4. Механические свойства	0,3	5	4
5. Материалоёмкость	0,15	4	4
ИТОГО	1	4,65	4,11

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,65$$

$$I_{p1} = 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,11$$

2.4.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

Вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}^{исп.i}} \quad (17)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,65}{0,84} = 5,53, \quad I_{исп.2} = \frac{4,11}{1} = 4,11$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 35).

Таблица 35. Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,84	1
2	Интегральный показатель	4,65	4,11

	ресурсоэффективности разработки		
3	Интегральный показатель эффективности	5,53	4,11
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,84

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект).

Выводы по разделу

В результате выполнения раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 105 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 92 дня; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 13 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 511044,6 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

5. значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,85, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

6. значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 4,11;

7. значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,53, по сравнению с 4,11 и является более высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4AM92	Арестов Александр Васильевич

Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	Отделение материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

Тема ВКР:

«Повышение чистоты отверстий обработанных ружейными сверлами в условиях единичного и мелкосерийного производства»	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объект исследования: Сверление глубоких отверстий ружейными свёрлами на многооперационных станках с ЧПУ Область применения: Машиностроение, Приборостроение и Нефтегазовые отрасли производства</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<i>СанПиН 1.2.3685-21_Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. СанПиН 2.2.4.548-96_Микроклимат СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СН 2.2.4_2.1.8.566-96_Вибрация СН 2.2.42.1.8.562-96_Шум СП 52.13330.2016_Освещение СНиП 23 – 05 – 95. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация ГОСТ Р 52084-2003. Приборы электрические бытовые. Общие технические условия ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от</i>

	05.04.2021)
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: - повышенный уровень шума и вибрации, отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения, Мелкая стружка и смазочно-охлаждающая жидкость. Опасные факторы: - движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования, воздействие электрического тока.
3. Экологическая безопасность:	Атмосфера: распространение отходов СОЖ (токсичных веществ) по воздуху, что приводит к нарушению экологического равновесия в удаленных местах. Гидросфера: проникновение отходов СОЖ в подземные воды, загрязнение водоемов. Литосфера: проникновение в грунт отходов используемых материалов (металлическая стружка), смазочно-охлаждающей жидкости.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС: пожар, сильные морозы и диверсия

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.21
--	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна			09.03.21

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ92	Арестов Александр Васильевич		09.03.21

Введение

В данном разделе ВКР будут рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места инженера-технолога в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды в процессе выполнения исследовательской работы.

Исследовательский работа посвящена сверлению глубоких отверстий ружейными свёрлами в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Результаты проведённого исследования ВКР могут применяться как научно-исследовательскими, так и производственными подразделениями машиностроительного и нефтегазового профиля.

Все исследования, связанные с данной работой, производились на базе НИ ТПУ. В ходе экспериментальных исследований использовался Обработка центр. Полученные результаты эксперимента обрабатывались на ПК.

Исследование выполнялось в России г. Томск, 16-й корпус ТПУ, Ом.

3.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Режим работы инженера-технолога 40 часовая рабочая неделя при пятидневном режиме работы. Два 15 минутных перерыва в 10:00 и 15:00, а также часовой обеденный перерыв с 12:00-13:00. Оплата труда повременная. Компенсации за вредные условия труда отсутствуют. Социальное страхование в размере 5%, пенсионное обеспечение в размере 22% от месячной заработной платы.

Для обеспечения комфортности, эффективности и безопасности рабочего процесса необходимо, чтобы рабочее место соответствовало требованиям эргономики.

Здесь важно выделить две основные составляющие: эргономика рабочего места и рациональность планирования всего рабочего пространства. Все необходимые вещи должны быть расположены так, чтобы сотрудник смог дотянуться до них просто вытянув руку, затратив на это минимум энергии. Стул должен быть максимально индивидуально настроен, чтобы сотрудник сидел в расслабленном состоянии. Монитор компьютера должен располагаться так, чтобы исключать перегрузку глаз и не вызывать затруднений при работе. При выполнении требований эргономики рабочего места и расположения рабочей зоны производительность труда возрастает на 15-25%, а утомляемость и негативное влияние на здоровье сотрудника снижаются. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, организация и оборудование рабочего места с ЭВМ должны проводиться по требованиям, указанным в таблице 1.

Таблица 36. Требования к организации и оборудованию рабочего места с ЭВМ

Наименование показателя	Значение
Высота рабочей поверхности стола	Должна регулироваться. 680 - 800 мм; 725 мм при отсутствии регуляции

Пространство для ног: Высота Ширина Глубина на уровне колен Глубина на уровне вытянутых ног	не менее 600 мм не менее 500 мм не менее 450 мм не менее 650 мм
Ширина и глубина поверхности сиденья	не менее 400 мм
Регулировка высоты поверхности сиденья	400 - 550 мм
Угол наклона сидения: Вперед Назад	до 15 град до 5 град
Опорная поверхность спинки: Высота Ширина	300 ±20 мм не менее 380 мм
Угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах	±30 градусов
Регулировка расстояния спинки от переднего края сиденья	260 - 400 мм
Стационарные или съемные подлокотники: Длина Ширина	не менее 250 мм 50 - 70 мм
Регулировка: подлокотников по высоте над сиденьем внутреннего расстояния между подлокотниками	230 ±30 мм 350 - 500 мм
Подставка для ног: Ширина Глубина Высота Диапазон регулировки угла наклона подставки:	не менее 300 мм не менее 400 мм до 150 мм до 20°

3.1.1 Производственная безопасность

В данном пункте проводится анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при

разработке или эксплуатации проектируемого решения. Для идентификации потенциальных факторов был использован ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы.

Таблица 37. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Раз раб	Изг ото	Экс плу	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	Порошковая металлургия и машиностроение	1) СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно вычислительным машинам и организации работы» 2)ГОСТ Р 52084-2003. Приборы электрические бытовые. Общие технические условия
2.Привышение уровня шума		+		ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности
3.Недостаток или отсутствие естественного света	+	+		СНиП 23 – 05 –95. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение.
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+		СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05- 95*
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+		ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению

3.1.1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Микроклимат – это сочетание температуры, влажности и скорости движения воздуха в рабочих помещениях. Микроклимат влияет на процессы теплообмена и характер работ.

Длительное воздействие неблагоприятных условий на человека ухудшает его самочувствие, снижает производительность труда и приводит к заболеваниям. Оптимальными для микроклимата жилых и общественных помещений в теплое время года считаются: температура воздуха 22-25° С, относительная влажность 40-60 %, скорость движения воздуха не более 0,25 м/с; в холодное время года эти показатели составляют соответственно 20-22° С, 30-45 % и 0,1-0,15 м/с.

Таблица 38. Допустимые параметры микроклимата на рабочем месте (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Ниже оптим. величин не более	Выше оптим. величин не более
Холодный	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
Теплый	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75	0,1	0,4

Температура в рабочей зоне поддерживается отоплением в холодный период и вентиляцией в теплый период.

3.1.1.2 Анализ показателей шума и вибрации

Основными источниками шума при выполнении исследовательской работы в помещении являются вентиляторы системы охлаждения,

обрабатывающий центр. Шум оказывает на организм человека негативное воздействие и может вызвать различного рода болезненные состояния, в том числе тугоухость и глухоту.

Под влиянием шума учащаются пульс и дыхание, повышается расход энергии. Длительное воздействие шума оказывает негативное влияние на центральную нервную систему и психику человека. В результате воздействия шума у человека появляются симптомы переутомления и истощения.

Со стороны психики наблюдается подавленное настроение, понижение внимания, задерживаются интеллектуальные процессы, повышается нервная возбудимость. Шум снижает работоспособность и производительность труда, препятствует нормальному отдыху и нарушает сон. Под влиянием шума значительной силы наблюдается изменение нормальной деятельности различных органов и систем (изменение секреции желудочного сока, повышение кровяного давления и т. п.).

Уровень шума в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, не должен превышать 50 - 60 дБ.

В целях уменьшения или устранения шума в лаборатории применяются следующие меры: машины, производящие сильный шум, находятся в отдельной комнате, изолированной от помещений, в которых находится рабочий персонал, при длительном использовании шумопроизводящего оборудования, рабочим выдаются средства индивидуальной защиты, в виде наушников и затычек.

3.1.1.3 Анализ освещенности рабочей зоны

Освещение исключительно важно для человека. С помощью зрения человек получает большую часть информации (около 90 %), поступающей из окружающего мира. Свет — это ключевой элемент нашей способности видеть, оценивать форму, цвет и перспективу окружающих нас предметов.

Освещение влияет не только на функционирование зрительного

аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, но и на психику человека, его эмоциональное состояние. Исследователями накоплено значительное количество данных по биологическому действию видимого света на организм.

Установлено, что свет, помимо обеспечения зрительного восприятия, воздействует через нервную оптико-вегетативную систему на эндокринную систему, систему формирования иммунной защиты, рост и развитие организма и влияет на многие основные процессы жизнедеятельности, регулируя обмен веществ и устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды.

Расчет искусственного освещения. Основными источниками света являются люминесцентные лампы. В помещении лаборатории используются люминесцентная лампа ШОД. ШОД - для нормальных помещений с хорошим отражением потолка и стен, допускается при умеренной влажности и запыленности.

Основные требования и значения нормируемой освещенности рабочих поверхностей изложены в строительных нормах и правилах СП 52.13330.2011, выбор освещенности осуществляется в зависимости от размера объекта различения, контраста объекта с фоном, характеристики фона. Для того чтобы установить в каждом конкретном случае все перечисленные предметы, необходимо знание особенностей зрительной задачи на данном рабочем месте.

При работе с персональным компьютером в сочетании с работой нормативной и технической документацией согласно нормам СП 52.13330.2011 регламентируется максимальная искусственная освещенность рабочих мест.

Получение из СП 52.13330.2011 величина освещенности корректируется с учетом коэффициента запаса, т.к. со временем за счет загрязнения светильников и уменьшения светового потока ламп снижается освещенность.

Значение коэффициента запаса, выбираемого для помещения с малым выделением пыли, при люминесцентных лампах $KЗ = 1,5$.

Естественное освещение. Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение. Без естественного освещения допускается проектировать помещения, которые определены соответствующими главами СНиП на проектирование зданий и сооружений, нормативными документами по строительному проектированию зданий и сооружений отдельных отраслей промышленности, утвержденными в установленном порядке, а также помещения, размещение которых разрешено в подвальных этажах зданий и сооружений. Естественное освещение подразделяется на боковое, верхнее и комбинированное (верхнее и боковое).

Нормированные значения КЕО (коэффициента естественной освещенности) для зданий, располагаемых в различных районах, следует определять по формуле:

$$e_N = e_H m_N \quad (18)$$

где N - номер группы обеспеченности естественным светом; e_H - значение КЕО; m_N - коэффициент светового климата. Соответственно, при $e_H = 1$;

$$m_N = 0,75; \quad (19)$$

При верхнем или комбинированном естественном освещении помещений любого назначения нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен (перегородок) или осей колонн.

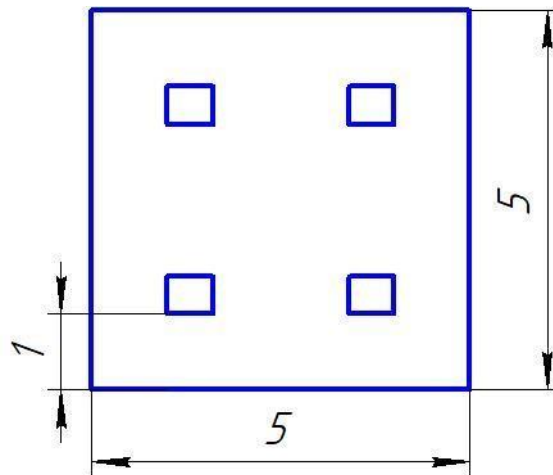


Рисунок 33. Схема освещения

3.1.1.4 Анализ электробезопасности

Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний. Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути тока через тело человека;
- продолжительности воздействия электрического тока или электромагнитного поля на организм человека;
- условий внешней среды.

Электротравма опасна прежде всего воздействием тока на сердечно-сосудистую систему. Напряжение от 36 вольт и выше вполне способно вызвать остановку сердца или дыхания, однако убивает не напряжение, а сила тока. Рабочее помещение по опасности относится к 1 группе, т.е. пожарная нагрузка относительно мала. Категория персонала – I (не электротехнический персонал), т.е это люди, прошедшие только первичный

инструктаж.

Рабочее место удовлетворяет всем требованиям безопасности жизнедеятельности: нет доступа к токоведущим частям, все источники питания пронумерованы, корпуса компьютеров заземлены.

Категория помещения: Помещение повышенной опасности поражения электрическим током. Отсутствуют признаки и факторы характерные для особо опасных и повышенной опасности поражения током.

3.1.1.5 Вредные вещества

Вредными являются вещества, которые при контакте с организмом могут вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

В процессе работы на обрабатывающих центрах, работник практически не подвержен влиянию вредных веществ (СОЖ) и отходов (металлическая стружка), так как станки оборудованы специальной перегородкой, которая во время работы станка не допускает вылета СОЖ и стружки во внешнюю среду и на кожный покров работника.

Вредное влияние СОЖ оказывает в процессе утилизации их отходов.

Согласно ГОСТ 12.1.007-76*, СОЖ делятся на следующие классы опасности:

I (чрезвычайно опасные);

II (высокоопасные);

III (умеренно опасные)

IV (малоопасные).

Определение класса опасности конкретной СОЖ производится с помощью специальной таблицы норм и показателей (по показателю, соответствующему самому высокому классу опасности):

Таблица 39. Нормы для класса опасности воздействия СОЖ на организм человека

Наименование показателя	Нормы для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/ м	Менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15-150	151-5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100-500	501-2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м	Менее 500	500-5000	5001-50000	Более 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300-30	29-3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0-5,0	4,9-2,5	Менее 2,5

В процессе эксплуатации рабочая эмульсия подвергается деструкции под воздействием высоких температур, загрязняется механическими примесями (металлической пылью, частицами абразивных материалов, волокнами обтирочных материалов и т.д.) и посторонними маслами, что приводит к увеличению опасности отработанной СОЖ в 15-30 раз по сравнению со свежеприготовленной.

3.1.1.6 Влияние СОЖ на здоровье человека

Негативное воздействие СОЖ на рабочих связано с ее попаданием на кожу и в дыхательные пути в процессе приготовления эмульсии, ее разбрызгивания и перегрева при механической обработке деталей, вследствие протечек в системе смазки и охлаждения оборудования, случайных проливов.

Наиболее частыми проблемами со здоровьем у рабочих-станочников являются:

- масляные фолликулиты – воспаления волосяных мешочков вследствие попадания в них минеральных масел и пыли;
- эпидермиты – сухость, шелушение, уплотнение, растрескивание кожи;
- контактные неаллергические дерматиты – покраснение и жжение кожи, появление пузырьков, при вскрытии которых образуются мокнущие ранки;
- аллергия на СОЖ (раздражение кожи, конъюнктивит, зуд в носу и горле, приступообразный кашель) возникающая вследствие попадания смазочно-охлаждающей эмульсии на кожу, вдыхания ее паров и масляного тумана.

3.1.2 Основные мероприятия по снижению уровней воздействия опасных вредных факторов на исследователя

Необходимым является рассмотрение требований безопасности, предъявляемых ко всем видам работ, установкам и устройствам, формирующим опасные факторы, в том числе и электротехническим установкам в соответствии с нормативно-технической документацией.

Предусматриваются мероприятия и средства защиты работающих от поражения электрическим током установок, разрабатываемых и используемых при выполнении исследовательской работы.

Для защиты от вредного воздействия СОЖ на рабочего при утилизации отходов, нужно использовать средства индивидуальной защиты (перчатки, респираторная маска).

3.1.3 Экологическая безопасность

Любое предприятие, осуществляющее деятельность, неизбежно наносит тот или иной вред окружающей среде. В настоящем проекте основными факторами воздействия на среду являются:

- негативное влияние на окружающую среду отходов СОЖ;
- пожароопасность некоторых материалов;
- пыль на рабочем месте.

В лаборатории в процессе работы образуются отходы СОЖ и обрабатываемых металлов.

Особая опасность отработанных СОЖ состоит в том, что с промышленных площадок они просачиваются в грунт и мигрируют с подземными водами, загрязняя водоемы органическими соединениями хлора и тяжелых металлов, диоксидом серы и другими токсичными веществами. Облака разносят их по всей планете, что приводит к нарушению экологического равновесия даже в удаленных от цивилизации местах.

Масляные СОЖ загрязняют почву нефтепродуктами, вследствие чего она надолго теряет способность впитывать влагу и становится непригодной для жизни растений, почвенной микрофлоры и микроорганизмов, насекомых, червей и других беспозвоночных.

Попадая с подземными и поверхностными водами в водоемы, нефтяные масла уничтожают кормовую базу рыб и земноводных, вследствие чего сокращается их популяция.

Токсичные вещества из почвы накапливаются в растениях и попадают в пищевые цепочки. Результат – появление разнообразных аномалий развития растительных и животных организмов, непригодность продуктов для питания человека.

3.1.3.1 Минимизация вреда от СОЖ

Для минимизации вреда от СОЖ в глобальных масштабах используют следующие методы:

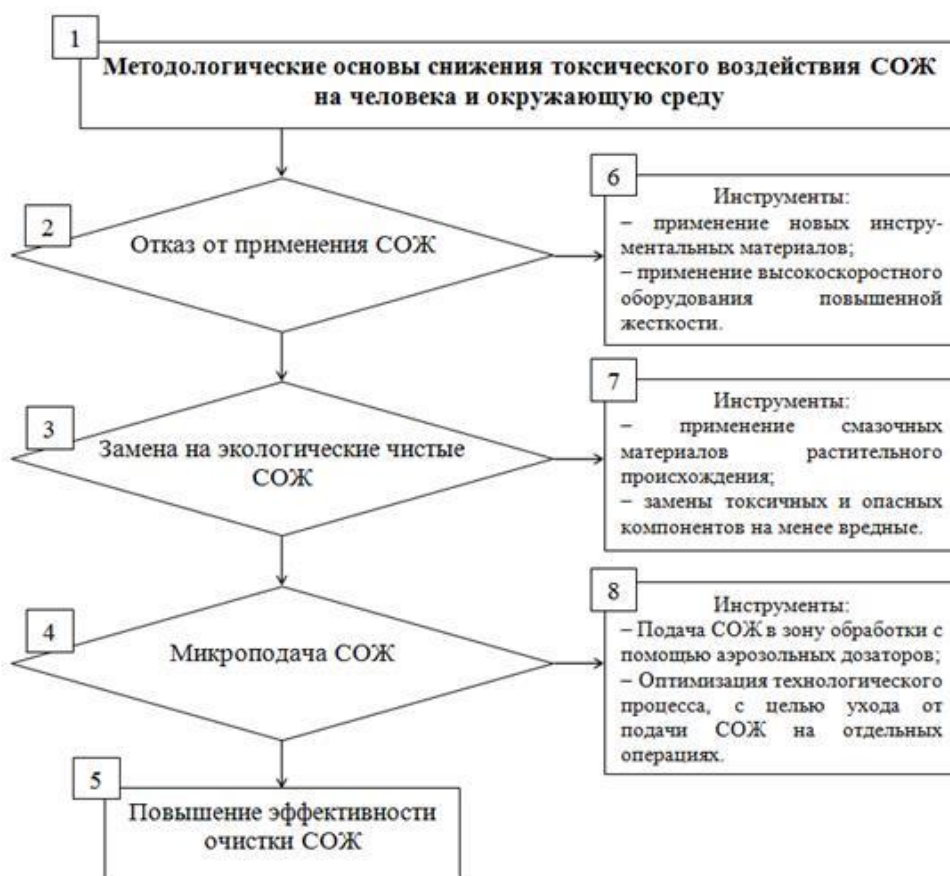


Рисунок 34. Методические основы снижения токсического воздействия СОЖ на человека и окружающую среду

3.1.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возможные чрезвычайные ситуации при выполнении проекта являются: поражение электрическим током, замыкание электрической цепи, и как следствие, пожар. Для предотвращения ЧС необходимо осуществлять меры по технике безопасности на рабочем месте.

Офисное помещение расположено в городе Томск с континентально-циклоническим климатом и природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т.д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте, в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия. Для Сибири в зимнее время года характерны морозы и метели. В результате порывов ветра могут быть обрывы линий электропитания, из-за чего возможны перебои в электроснабжении; перегрузки, которые могут стать причиной пожара. Для предотвращения подобных ситуаций необходима организация системы аварийного электропитания, по возможности проведение линии электроснабжения под землей. Низкие температуры могут привести к авариям систем теплоснабжения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

В следующем пункте описан наиболее типичный ЧС.

3.1.4.1 Анализ пожарной безопасности

Пожар относится к одному из самых страшных бедствий. Возгорание, как правило, происходит очень быстро, и потушить его не всегда удается. Поэтому действия при пожаре прописаны в инструкции, которую должен знать каждый гражданин. На предприятиях специально проводятся мероприятия по защите населения от пожаров.

Рабочее помещение по опасности относится к В2 - пожароопасное, т.е. пожарная нагрузка относительно мала. При случаях пожара имеется универсальный огнетушитель ОП-5. Первые буквы ОП — это аббревиатура, означает, что огнетушитель порошковый. Через дефис по современной маркировке приведена масса заряда, выраженная в килограммах.

Действия персонала при пожаре на предприятии:

- услышав крики: "Пожар", ни в коем случае не поддаваться панике, сохранять спокойствие;
- осмотреться вокруг. Заметив телефон или кнопку пожарной безопасности, действовать незамедлительно;
- сообщить службам о возгорании;
- попробовать самостоятельно потушить возгорание, используя огнетушитель, землю;
- если ликвидировать пожар не получается, покинуть помещение через эвакуационный выход;
- двигаться к выходу, дышать через рукав одежды или носовой платок;
- если в помещении сильная задымленность, перемещаться, опираясь на стены или поручни;
- оказавшись на свежем воздухе, немедленно вызвать "Скорую помощь".

Основными мероприятиями, обеспечивающими успешную эвакуацию людей и имущества из горящего здания, являются:

- составление планов эвакуации;
- назначение лица, ответственного за эвакуацию, которое должно следить за исправностью дверных проемов, окон, проходов и лестниц;
- ознакомление работающих в лаборатории сотрудников с планом эвакуации, который должен висеть на видном месте.

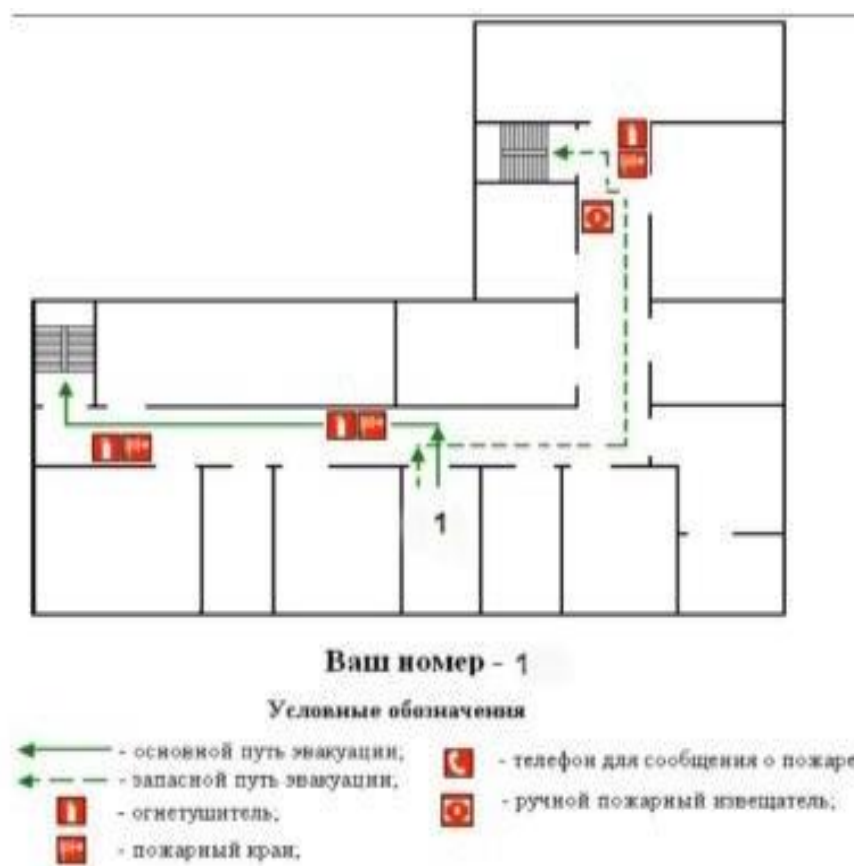


Рисунок 35. План эвакуации

Выводы по разделу

Подводя итог по разделу «Социальная ответственность», можно сказать, что полученные результаты, касающиеся пожарной безопасности, экологической безопасности, безопасности работы в производственных помещениях, оборудованных обрабатывающими центрами, использующие в процессе работы вредные для здоровья человека и окружающей среды СОЖ, могут быть применены на производствах с аналогичным оборудованием.

Приложение А

Basic information about deep-hole drilling

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM92	Арестов Александр Васильевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков В.С	к.т.н		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Айкина Т.Ю	к.ф.н		

1 Research part

1.1 Literature review

1.1.2 Basic information about deep-hole drilling

According to the technical literature, deep drilling is a drilling process characterized by the basing of the cutting tool and flushing the chips out of the hole by a flow of cooling lubricant or other cooling means. [40] [43] [52].

Deep holes are holes with a ratio of length (L) to diameter (d) greater than five times. $L/d > 5$ [40] [42].

Deep drilling practice shows that the difficulties of machining holes increase greatly with growing depth [40].

The main feature of deep drilling is a supplied cutting fluid (coolant) to the tool (drill) under high pressure and at high flow rates, which significantly differ from those provided by the pumping systems of a conventional metal-cutting equipment [38] [40].

1.1.2.1 Basic designs of gun drills

Gun drills are used for drilling holes with a diameter of 0.5 ... 20 mm and more, a depth up to 250D and more, with an accuracy of diametrical dimensions of IT 7 ... 9, a deviation of the axes of the holes of 0.01...0.02 mm/100 mm and a roughness of $R_a = 0.32...1.25$ microns [41].

A typical gun drill (Figure 1) consist of three main elements: a working part, a stem with an external V-channel, and a shank. Each of these parts can have several options for different designs. During developing a design, the cutting and stem parts are developed in conjunction, and the shank - taking into account the seat of the machine [40].

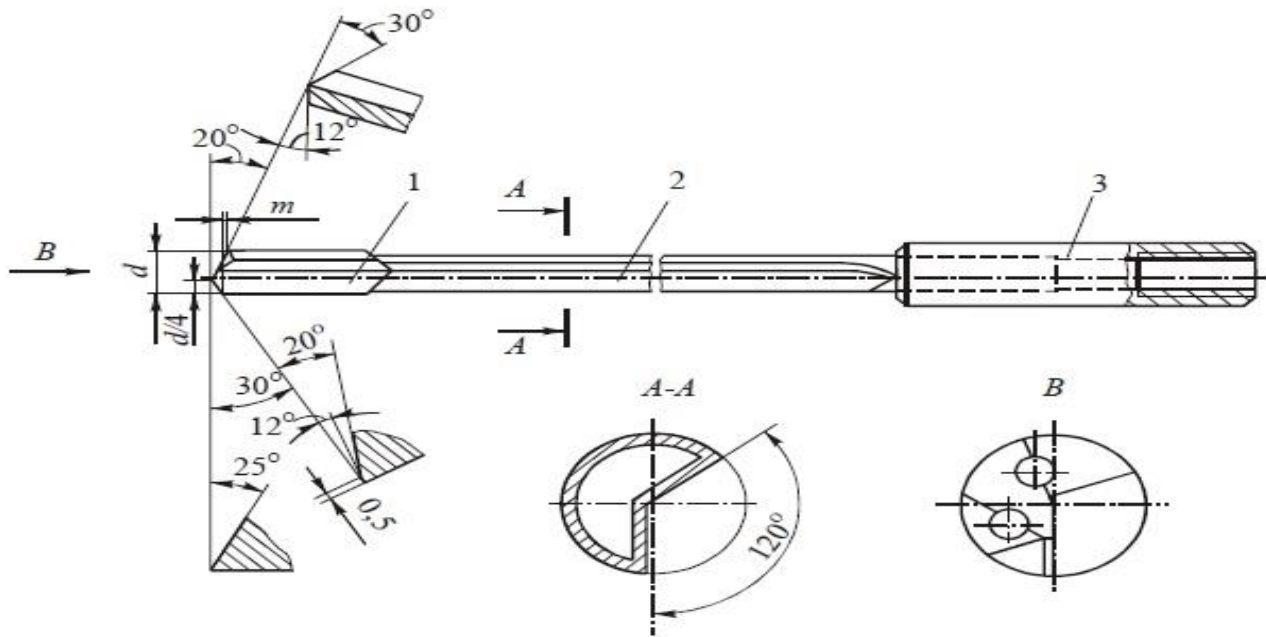


Figure 36. Gun drill:

1 – working part; 2 – stem; 3 – shank

During drilling process (Figure 39), the coolant is fed into the hole of the stem 5, and the chips from cutting zone are washed by the V-channel into the chip acceptor 3. When entering, the drill is guided by sleeve 2 and the stem - by sleeve 6. Available collar 4 prevents coolant leaving out from the chip acceptor [40].

Figure 2. Scheme of the drilling deep hole with a gun drill

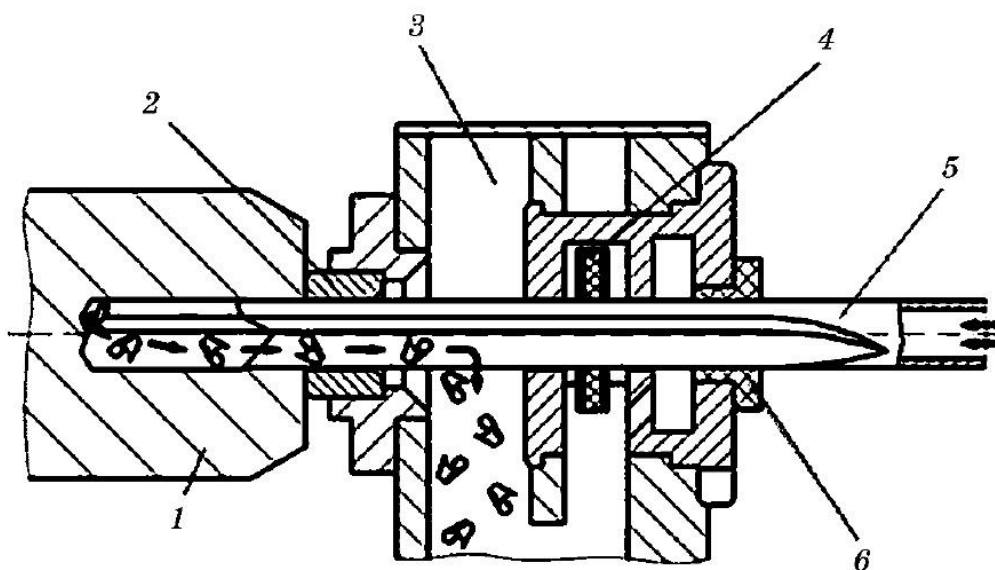


Figure 37. Working part

The main types of gun drill bits can be divided into: solid carbide, prefabricated from steel type 30HGSA (for $d > 22$ mm), equipped with soldered cutting and guide carbide plates and replaceable carbide (figure 43).

Cutting and guide plates are sometimes soldered directly onto the drill stem [41].

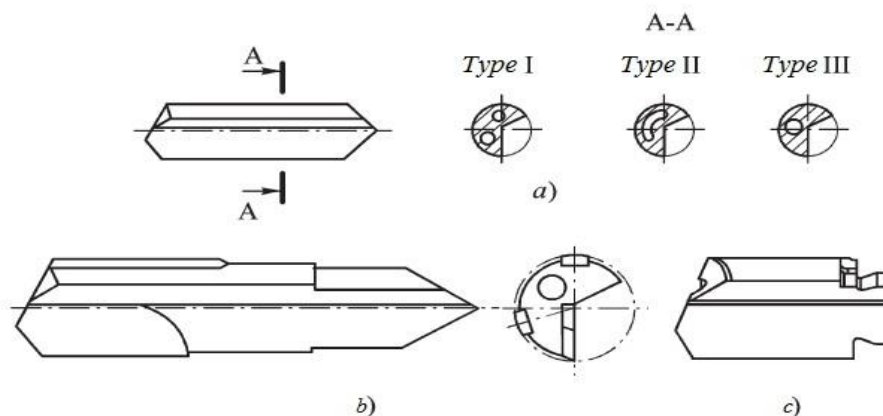


Figure 38. Types of gun drill bits:

a — solid carbide; b — prefabricated, equipped with soldered carbide plates; c — replaceable carbide

The connection with the stem of carbide tips is performed by soldering with PSrMNts * 49 solder according to TU 48-1-326-73 or PSr40 according to GOST 19739-74 with flux 284 according to TU 48-02-62-71, the connection of composite tips is produced by argon arc welding. For a more reliable connection with the stem, the tips on one side have a wedge surface with profile angle equal to $60...90^\circ$

Tips of gun drills have round or crescent-shaped holes and external V-channel with the angle equal to 120° . The length of the carbide tips is equal to $(2,0...4,5)d$.

In our country single-carbide hard alloys of grades VK8, VK6, VK6-M, VK6-OM are usually used as the material for the tips of gun drills. Hard alloys used abroad have a similar chemical composition, but with a much smaller grain size of the carbide phase.

It increases the hardness and bending strength of the carbide and reduces the chipping of the drill blades. Due to a decrease of the grain size of the carbide phase a sharper cutting edge is provided which is extremely important for small-size gun drills ($d \leq 2$ mm), cutting thin chips [41].

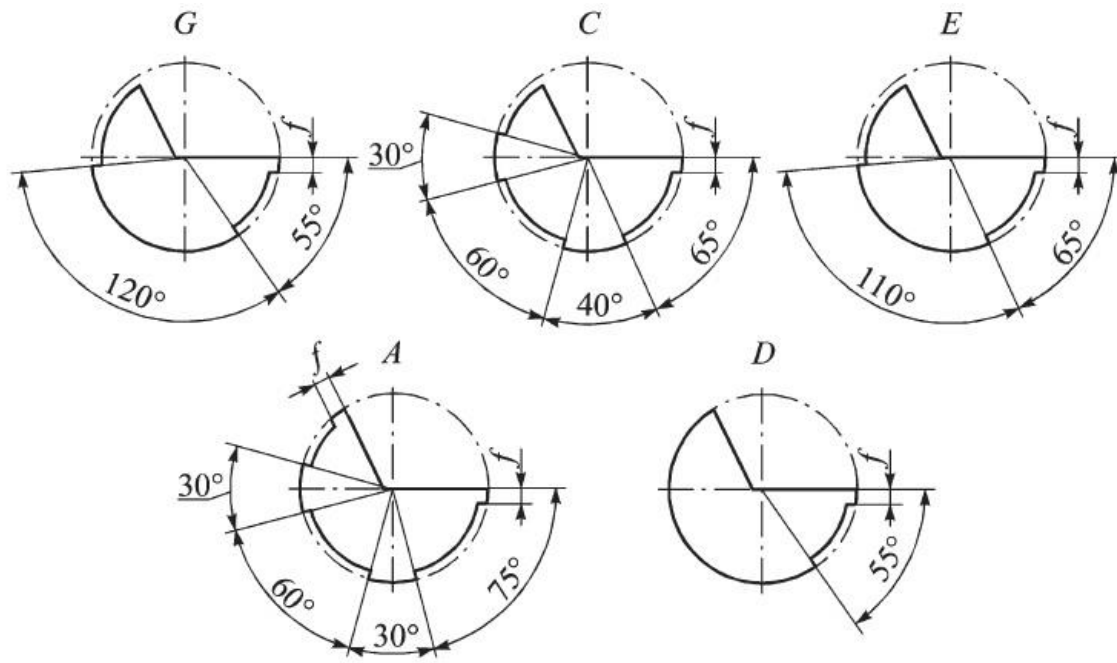


Figure 39. Profiles of the working parts of gun drills

The profiles of working parts gun drill bits are divided into two main groups:

a) standard profiles:

G - for drilling high precision holes in any materials;

C - for drilling holes in corrosion-resistant and structural steels;

b) special profiles:

E - for drilling low-precision holes in any materials;

A - for drilling holes of low accuracy in any materials under adverse drilling conditions;

D - for drilling gray cast iron.

The production of carbide gun drill bits is carried out by pressing in split molds of two-sided action. Holes in the tips are produced by pressing blanks or by stitching on ultrasonic machines [41].

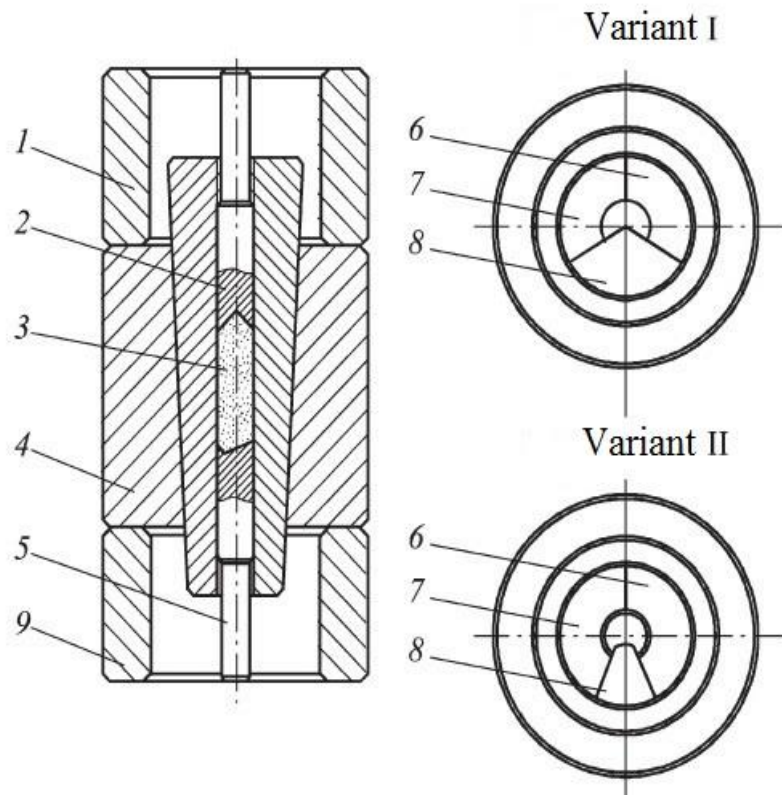


Figure 40. Mold design «VNIIinstrument» for pressing blanks of carbide tips gun drills:

- 1, 9 — limiter; 2 — upper punch; 3 — workpiece-tip;
- 4 — clip; 5 — lower punch; 6, 7, 8 — three piece cup

1.1.2.2 Stem (body)

The stem of the tool, which spans the length from the cutting end to the end of the shank, is the least rigid link in MDTD system. The profile and cross-sectional dimensions should provide the highest possible rigidity during both performing the functions of supplying coolant to the cutting zone and removing chips through the stem channel [43].

The stems of gun drills have a V-shaped outer channel with a profile angle equal to 120° , obtained by cold rolling pipes. As a pipe material, Heller Bremen (Germany) uses viscous low-alloy improved chromium-molybdenum steels, grade

25CrMo4V, which are air-quenched to 35 ... 40 HRC. The domestic analogue of such steels is steel grades 15XM, 20XM, etc.

After hardening stems of the gun drills are subjected to multiple straightening to ensure their straightness within 0.03 ... 0.08 mm at the stem length of 400...1000 mm.

To prevent contact with the surfaces of the machined holes, the outer diameter of the stem should be less than the diameter of the drill $d_{st} = 0.92d$, and the wall thickness of the stems $S = (0,12...0,15) d_{st}$.

The stem of the gun drill on the right side has a non-profiled cylindrical end, which is soldered into a cylindrical shank made of steels 45, 50 in accordance with GOST 1051-73 or steels 40X, 45X in accordance with GOST 4543-71 [42].

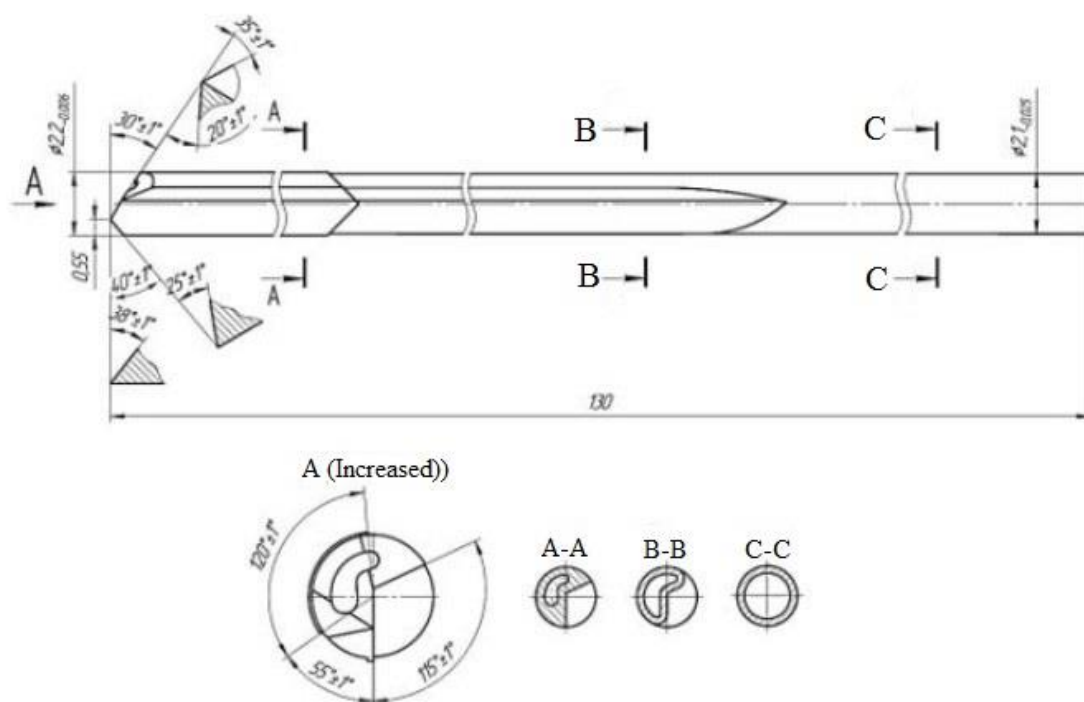


Figure 41. Classic gun drill

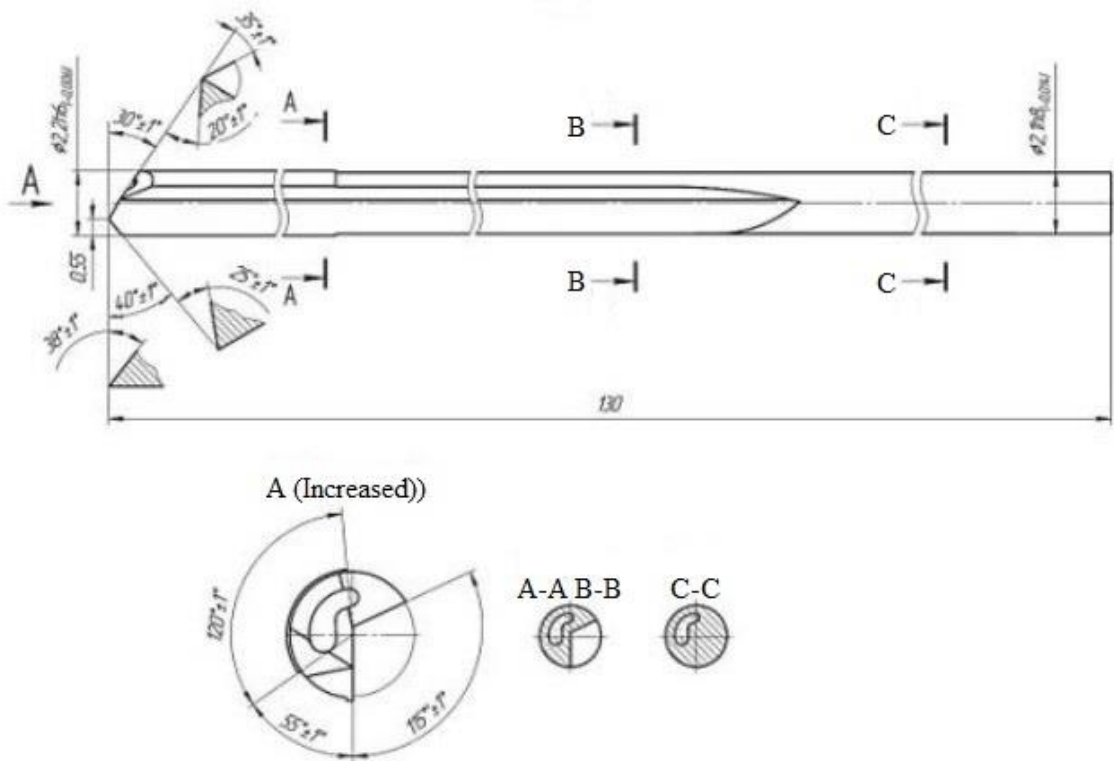


Figure 42. Carbide gun drill

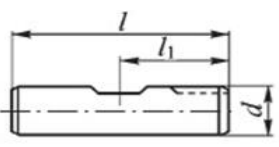
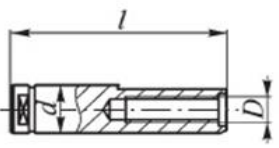
1.1.2.3 Shank

The shank is the most rigid part of the gun drill, which provides the connection between the gun drill and the working body of the machine [44].

As example table 1.1 shows the types of shanks of gun drills made by the company Tiefbohrtechnik (Germany).

Table 40. The types of shanks of gun drills by company Tiefbohrtechnik (Germany)

Type of shank	d , mm	l , mm	l_1 , mm
	25,4	69,8	57,1
	28	70	57,1
	31,75	69,8	57,1
	36	70	57,1
	38,1	69,8	57,1
	10	40	28
	12	45	33
	16	48	36
	20	50	38
	25	56	44
	32	60	48

	10	40	20
	12	45	22,5
	16	48	24
	20	50	25
	25	56	32
	32	60	36
	40	70	40
	50	80	45
	<i>d</i> , mm	<i>l</i> , mm	<i>D</i> , mm
	10	68	6×0,5
	16	90	M10×1
	25	112	M16×1,5
	36	135	M24×1,5

In our country, shanks of the gun drill are not standardized.

Abroad series of standards are developed for these shanks, but drills with non-standard shanks are also produced.

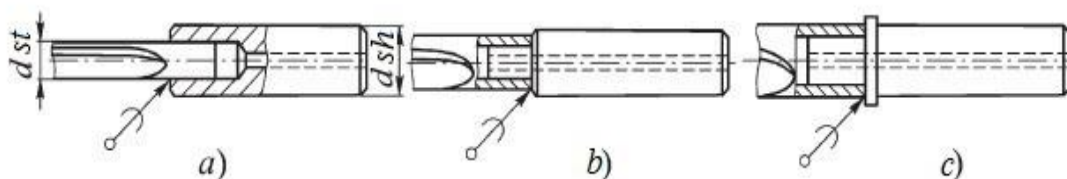


Figure 43. Types of brazed joints of stems and shanks of gun drills from the company Gühring (Germany):

a — $d_{st} < d_{sh}$; b — $d_{st} \approx d_{sh}$; c — $d_{st} > d_{sh}$

1.1.5 Wear-resistant coatings for gun drills

One of the most effective ways to increase the resource of a metal-cutting tool is using of thin-film wear-resistant coatings, consisting of various refractory compounds: TiN, AlTiN, TiCN, TiAlN, ZrN, ZrCN, ZrHfN, CrN [46].

Technology of wear-resistant coatings

To ensure the durability of drills made from high-speed steels, such coating as TiN and AlTiN, deposited using PVD processes, are widespread. [46] [49].

Requirements for wear-resistant coatings [48]:

- Resistant to corrosion and oxidation
- Retention of properties at high temperatures
- Absence of defects (pores, inclusions)
- High endurance limit

The correct choice of the tool's cutting edge coating allows to achieve the following advantages [44]:

- Increase durability
- Decrease cutting forces
- Increase cutting speeds and feed
- Improve surface quality
- Optimize dry processing conditions
- Improve machining processing of hard materials with a hardness up to

68 HRC

The processes of chemical (CVD-chemical vapor deposition) and physical (PVD-physical vapor deposition) deposition from the gas phase are used as advanced technologies of deposition of wear-resistant coatings for metal-cutting tools.

Considering the fact that CVD method is much more expensive, less productive and more sensitive to changes in technological parameters, the PVD method is most widely used [46].

The advantage of the PDV method in comparison with the CVD method is in the deposition of refractory substances at low temperatures and, therefore, in an easy mode of influence on the base metal (the strength of the base metal in bending practically doesn't change due to the low temperatures of coating)

Another significant advantage of this method is a small layer thickness, which allows keeping a relatively sharp cutting edge [45].

The functional characteristics of the coating and its adhesion to the base depend on the quality of preparation of the drill surfaces before coating.

Considering this fact, after washing in an ultrasonic washing machine Finn Sonic (Finland), the drills are additionally washed in an automatic washing machine with vacuum drying [48].

Here the drill washing is performed in the following sequence (cycle time is 45 min) [48]:

1. Ultrasonic cleaning (detergent Deconex HT 1153 by Borer Chemie (Switzerland)).

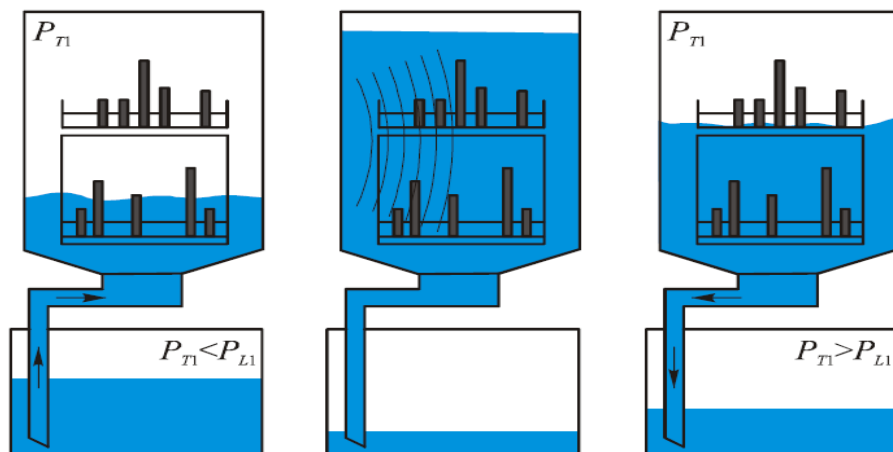


Figure 44. Ultrasonic cleaning

2. Washing (detergent *Deconex Spray Extra* by *Borer Chemie* (Switzerland)).

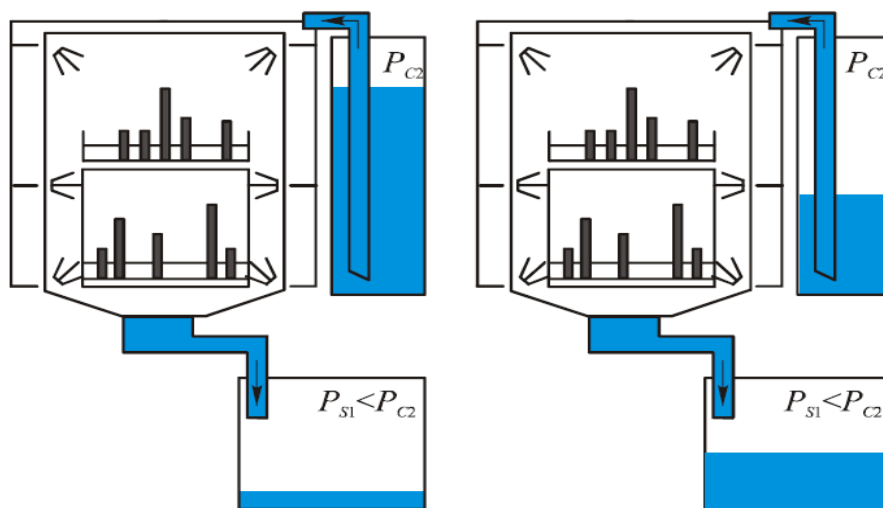


Figure 45. Washing

3. Vacuum drying (70...80 °C).

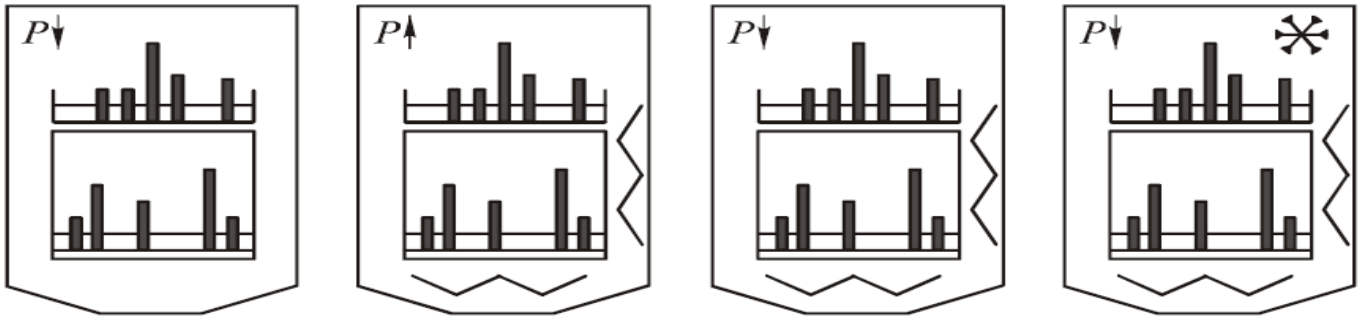


Figure 46. Vacuum drying

After 3 processing steps the drills are ready for coating.

Let us give detailed consideration to the method of applying a wear-resistant coating on the cutting part of the gun drills, which is used in this work.

The method of physical deposition of coatings in vacuum, *Physical Vapour Deposition (PVD)*, is subdivided into 3 main groups:

- a) Vacuum arc evaporation method
- b) Magnetron sputtering method
- c) Electron beam evaporation method

PVD-methods are based on the evaporation (sputtering) of a substance in a vacuum chamber, followed by ionization of particles, acceleration in an electric (magnetic) field towards the coated surface and their condensation on this surface in the presence of a reaction gas. The transfer of a solid substance into a metal vapor is carried out by the cathode spot of a vacuum arc (vacuum arc evaporation, *a*); ion beam (magnetron sputtering, figure 22, *b*); electron beam (electron beam, figure 22, *c*) with temperature 500...600 °C [48].

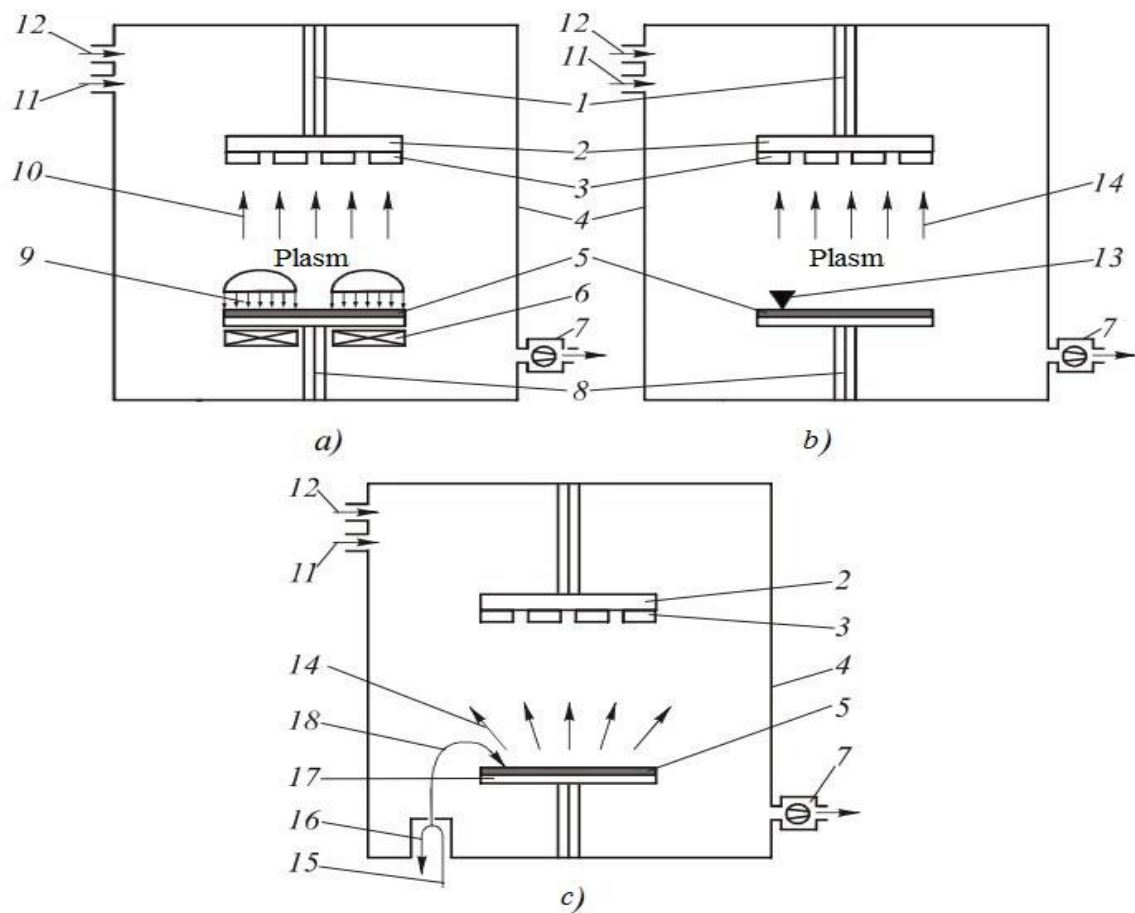


Figure 47. Scheme of coating on a cutting tool PVD methods:

a – magnetron sputtering; *b* – vacuum arc evaporation; *c* – electron beam evaporation;

1 – voltage supply displacement; 2 – tool holder; 3 – tool; 4 – vacuum chamber; 5 – deposited material; 6 – magnetic system for magnetron sputtering; 7 – vacuum pump; 8 – voltage supply; 9 – ion beam; 10 – sprayed material; 11 – reaction gas; 12 – inert gas; 13 – cathode spot; 14 – vaporized material; 15 – accelerating voltage supply; 16 – hot cathode; 17 – crucible; 18 – electric beam

Refractory metals are usually used as the evaporated (sprayed) substance (Ti, Cr, Mo, Zr, Al и др.), and nitrogen, methane, oxygen as the reaction gases and coatings in the form of nitrides, carbides, carbonitrides or oxycarbides of refractory metals (table 41).

Table 41. Characteristics of coatings obtained by PVD-method

Coating	Color	HV*	Coefficient of friction for steel 45	Air oxidation temperature, °C
TiN	golden	23...25	0.55	550...600
TiCN	gray-blue	35...37	0.2	400
(Ti, Al)N	violet-black	31...35	0.6	800...850
(Ti, Al)CN	violet-red	35...37	0.25	500
CrN	silver-metallic	12...14	0.3	650
ZrN	golden-white	26...28	0.5	550
(Ti, Cr)N	golden-gray	18...20	0.5	700
(Ti, Al, Cr)N	bronze	28...30	0.4	850...900

1.1.6 Basic parameters of hole surface roughness

Surface roughness is a complex of surface irregularities with relatively small pitches, allocated with using a base length.

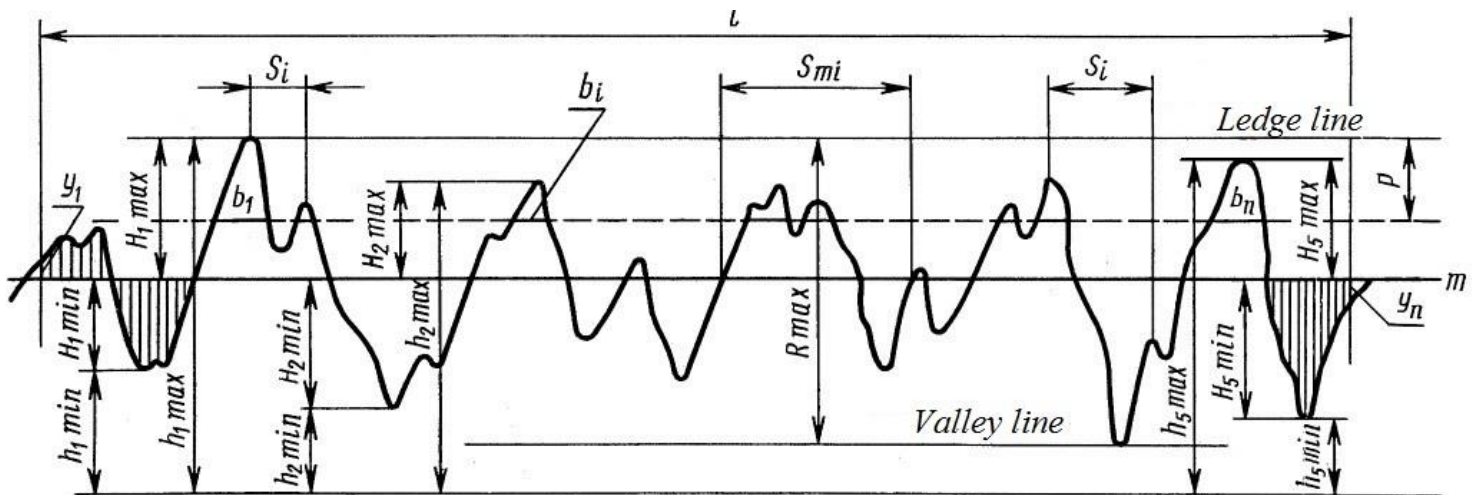


Figure 48. Shaft / hole surface roughness parameters

where,

l - base length; m - middle line of the profile; S_m - average pitch of profile irregularities; S - average pitch of local profile protrusions; $H_{i\max}$ - deviations of the five highest maximums of the profile; $H_{i\min}$ - deviations of the five highest minimums of the profile; $h_{i\max}$ - distance from the highest points of the five largest

maximums to the line which is parallel to the middle line and not crossing the profile; h_{imin} - the distance from the lowest points of the five highest lows to the same line; R_{max} - the largest height of the profile; y - deviations of the profile from line m ; tp - relative reference length of the profile; p - section level of the profile; b_i - the length of the segments which are cut off at a given level p

Roughness parameters (GOST 2789-73) (one or more) are selected from the given nomenclature [49]:

- R_a - arithmetic mean deviation of the profile;
- R_z - the height of the irregularities of the profile on ten points;
- R_{max} - maximum height of the profile;
- S_m - average pitch of irregularities;
- S - average pitch of local protrusions of the profile;
- tp - relative reference length of the profile, where p is the value of the level of the profile sections.

Some of the most commonly used roughness parameters are:

3) R_z - The sum of the average absolute values of the heights of the five largest profile protrusions and the depths of the five largest profile valleys within the base length, which is determined by the formula [49] [51]:

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pmi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vmi}|}{5},$$

where, y_{pmi} – height of the i -th largest protrusion of the profile;

y_{vmi} – depth of the i -th largest hollow of the profile

4) R_a - the arithmetic mean of the absolute values deviations of the profile within the base length:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y| dx,$$

or

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y|,$$

where, l – base length, n – number of selected profile points at base length.

During rationing roughness, the most preferable parameter is R_a , which is much more informative than R_z and R_{max} , it characterizes the irregularities of the profile, so far as it is determined by all points of the profile [49] [51].

1.2.1 Cutting fluid

Coolant used in this work is Avantin 3309 by Bechem (Germany). It is a high performance cutting fluid for cutting operations, including deep-hole drilling. By a specially selected composition of additives, it is possible to achieve excellent surface quality and long tool life. On machines with both individual and centralized coolant systems a long service life of the emulsion is achieved [47].

Technological properties:

- Optimal cooling
- High quality filtration
- Increased tool life
- Minimum load of washing installations
- Easy recycling

Список использованных источников

1. Звонцов И.Ф. Технологии сверления глубоких отверстий / И.Ф Звонцов., П.П Серебrenицкий., А.Г Схиртладзе // Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2013. — 496 с.
2. Троицкий Н.Д. Глубокое сверление, Л.: «Машиностроение», 1971, - 175с.
3. Обработка глубоких отверстий в машиностроении: справочник / Кирсанов С.В., Гречишников В.А., Григорьев С.Н., Схиртладзе А.Г. - М.: Машиностроение, 2010. - 344 с.
4. Уткин Н.Ф. Обработка глубоких отверстий / Н.Ф. Уткин, Ю.И. Кижняев, С.К. Плужников, - Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1998. - 269с.
5. Мещерякова В.Б. Металлорежущие станки с ЧПУ: Учебное пособие / В.Б Мещерякова, Стародубов В.С, М.: ИНФРА-М, 2015. - 336с.
6. Артамонов В.Д. / Технология автоматизированного производства. Ч.1. Технология обработки на станке с ЧПУ // Конспект лекций, 2012. - 85с.
7. Бабаев А.С. / Повышение эффективности работы ружейных сверл малых диаметров путем применения твердосплавных стеблей и износостойких покрытий // Афтореферат, - 24с.
7. Каталог ружейных сверл фирмы Votek
8. Каталог ружейных сверл фирмы Iscar
9. Табенкин А.Н. Шероховатость, волнистость, профиль/ А.Н Табенкин, С.Б Тарасов, С.Н Степанов // Учебное пособие, - 133с.
10. Модернизация насосной станции многооперационного станка / Семенченко А. В., Самсонов А. А., Кирсанов С. В., Цыганков Р. С // Инженерный журнал, - 3с.
11. HOFFMANN-GROUP / Obrabotka-materialov-rezaniem-Garant-ToolScout // Spravochnik, – 2012. – 135s.
12. Сравнительный анализ свойств износостойких покрытий для повышения стойкости сверл / П. А. Тополянский, С. А. Ермаков, Н. А. Соснин, А. П. Тополянский.: Тяжелое машиностроение // Инженерный журнал, 2010. - 12с.

13. Мальков О.В. Измерение параметров шероховатости поверхности детали / О.В Мальков, А.В Литвиненко // Инженерный журнал., - 22с.
14. Смазочно-охлаждающая жидкость / Каталог фирмы Avantin
- 15 Кирсанов С.В / Нанесение износостойких покрытий // Инженерный журнал., - 15с.
16. Григорьев С.Н. Технологические методы повышения износостойкости контактных площадок режущих инструментов / С.Н Григорьев, В.П Табаков, М.А Волосова // Учебное пособие, - 268с
17. Workpiece Surface Technological Quality Assurance with Levitation Tool Modules / Vladimir Viktorovich Bukhtoyarov*, Eduard Arkadievich Petrovskiy, Vadim Sergeevich Tynchenko, Vadim Gennadievich Zhukov and Aleksei Ivanovich Smirnov // Journal of Science and Technology. 2016, - 16s
18. Станки с ЧПУ для сверления глубоких отверстий / Каталог фирмы Biglia
19. Станки с ЧПУ для сверления глубоких отверстий / Каталог фирмы Okuma
20. Станки с ЧПУ для сверления глубоких отверстий / Каталог фирмы Takisawa
21. Станки с ЧПУ для сверления глубоких отверстий / Каталог фирмы Trens
22. Станки с ЧПУ для сверления глубоких отверстий / Каталог фирмы DAEWOO
23. Станки с ЧПУ для сверления глубоких отверстий / Каталог фирмы GoodWay
24. Deep hole drilling / Product catalogue and application guide // Sandwick Coromant
25. Estimation the surface roughness after mineralceramic smoothing of electrophysical coating / R.R Dema1 , S.I Platov , D.N Romanenko O.R Latypov // Journal of Science and Engineering. 2018 – 5s

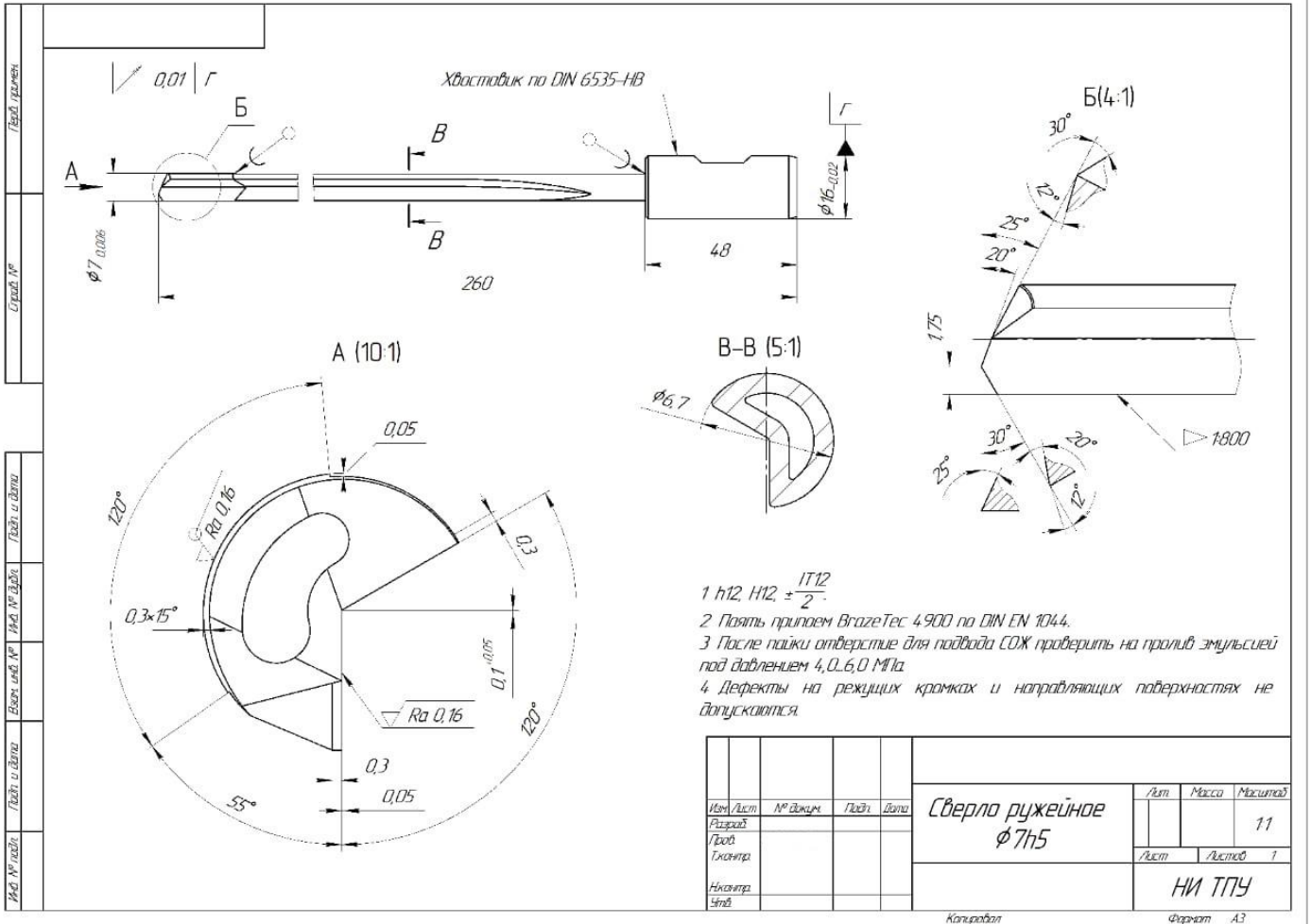
26. Xavier Francis.L. Effective Parameters for Improving Deep Hole Drilling Process by Conventional Method / L. Francis Xavier, D. Elangovan // A Review, 2013. – 12s
27. Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев – Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение // Пособие, 71с
28. СанПиН 1.2.3685-21_Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
29. СанПиН 2.2.4.548-96_Микроклимат
30. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы
31. СН 2.2.4_2.1.8.566–96_Вибрация
32. СН 2.2.42.1.8.562-96_Шум
33. СП 52.13330.2016_Освещение
34. СНиП 23 – 05 –95. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение.
35. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
36. ГОСТ Р 52084-2003. Приборы электрические бытовые. Общие технические условия ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
37. Методические указания по разработке раздела / «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра и специалиста всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ
Составители Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева, 24с.
38. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.04.2021)

39. Zvontsov I.F. Deep hole drilling technologies / I.F. Zvontsov., P.P. Serebrenitskiy., A.G. Skhirtladze // Textbook. - SPb .: Publishing house "Lan", 2013. - 496 p.
40. Troitsky N.D. Deep drilling, L.: "Mechanical engineering", 1971, - 175p.
41. Deep hole machining in mechanical engineering: a reference book / Kirsanov S.V., Grechishnikov V.A., Grigoriev S.N., Skhirtladze A.G. - M .: Mashinostroenie, 2010 . - 344 p.
42. Utkin N.F. Deep hole machining / N.F. Utkin, Yu.I. Kizhnyaev, S.K. Pluzhnikov, - L .: Mechanical engineering. Leningrad branch, 1998. - 269p.
43. Iscar gun drills catalog
44. HOFFMANN-GROUP / Obrabotka-materialov-rezaniem-Garant-ToolScout // Spravochnik, – 2012. – 135s.
45. Comparative analysis of the properties of wear-resistant coatings for increasing the resistance of drills / P. A. Topolyansky, S. A. Ermakov, N. A. Sosnin, A. P. Topolyansky // Engineering journal., - 12p.
46. Cutting fluid / Avantin catalog
47. Kirsanov S.V / Application of wear-resistant coatings // Engineering journal., - 15p.
48. Grigoriev S.N. Technological methods of increasing the wear resistance of the contact pads of cutting tools / S.N. Grigoriev, V.P. Tabakov, M.A. Volosova // Textbook, - 268p
49. Workpiece Surface Technological Quality Assurance with Levitation Tool Modules / Vladimir Viktorovich Bukhtoyarov*, Eduard Arkadievich Petrovskiy, Vadim Sergeevich Tynchenko, Vadim Gennadievich Zhukov and Aleksei Ivanovich Smirnov // Journal of Science and Technology. 2016, - 16s
50. Malkov O.V. Measurement of surface roughness parameters of parts / O.V. Malkov, A.V. Litvinenko // Engineering journal., - 22p.
51. Deep hole drilling / Product catalogue and application guide // Sandwick Coromant

52. Estimation the surface roughness after mineralceramic smoothing of electrophysical coating / R.R Dema1 , S.I Platov , D.N Romanenko O.R Latypov // Journal of Science and Engineering. 2018 – 5p

Приложение Б

Чертеж ружейного сверла фирмы Votek



Приложение В

Примеры изделий обрабатываемых ружейными сверлами на многооперационных станках



Приложение Г

Общий вид установки для нанесения износостойких покрытий модели п-300
фирмы Platit



Приложение Д

Общий вид автоматической моечной машины с вакуумной сушкой модели V300 фирмы Platit (Швейцария)



Приложение Е

Основные характеристики покрытий, получаемых *PVD*-методом

Покрытие	Цвет	HV*	Коэффициент трения по стали 45	Температура начала окисления на воздухе, °С
TiN	золотистый	23...25	0,55	550...600
TiCN	серо-голубой	35...37	0,2	400
(Ti, Al)N	фиолетово-черный	31...35	0,6	800...850
(Ti, Al)CN	фиолетово-красный	35...37	0,25	500
CrN	серебристо-металлический	12...14	0,3	650
ZrN	золотисто-белый	26...28	0,5	550
(Ti, Cr)N	золотисто-серый	18...20	0,5	700
(Ti, Al, Cr)N	бронзовый	28...30	0,4	850...900