

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте  
Факультет Техники и технологии  
Кафедра технологии машиностроения, станков и инструментов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой,  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ А.В. Бобылев  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

«Исследование и совершенствование процессов обработки отверстий  
концевыми мерными инструментами. Часть 1»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
15.03.05.2020.200.ПЗ ВКР

Консультанты:  
Безопасность жизнедеятельности

\_\_\_\_\_ А.В. Бобылев, доцент  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Руководитель ВКР

\_\_\_\_\_ А.В. Козлов  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Автор ВКР

студент группы  
ФТТ-401  
Хмеленко И.Э.  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_ И.Н. Миронова  
\_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

Златоуст 2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»  
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте  
Факультет Техники и технологии

Направление 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств  
Кафедра технологии машиностроения, станков и инструментов

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_ /Бобылев А.В./  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

ЗАДАНИЕ  
на выпускную квалификационную работу студента(ки)

Хмеленко Ильи Эдуардовича

Группа ФТТ-401

1.Тема работы Исследование и совершенствование процессов обработки  
отверстий концевыми мерными инструментами. Часть 1

утверждена приказом ректора университета от «24» апреля 2020 г. № 627

2.Срок сдачи студентом законченной работы «29» июня 2020 г.

3.Исходные данные к работе

3.1 Материалы преддипломной практики

3.2 Научно-техническая литература

3.3 Разработки кафедры ТМСИ

3.4 Материалы курсового проекта по дисциплине «Технология  
машиностроения»

3.5 Материалы курсового проекта по дисциплине «Автоматизация  
производственных процессов в машиностроении»

---

4.Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Аннотация

Оглавление

Введение

4.1 Исследовательский раздел.

Существующие методы компенсации размерного износа мерных инструментов. Математические модели формообразования отверстий двулезвийными инструментами. Способ компенсации размерного износа с базированием инструмента по предварительно обработанной поверхности. Выводы.

4.2 Конструкторский раздел.

Реализация способа компенсации размерного износа мерного инструмента. Сверло ружейное. Зенкер ружейный. Блок расточной. Выводы.

4.3 Безопасность жизнедеятельности.

Техника безопасности при обработке материалов мерными инструментами на сверлильных станках. Расчет освещения производственных помещений. Расследование, регистрация и учет несчастных случаев на производстве. Выводы.

4.4 Экономический раздел.

Расчет затрат на исследование. Выводы.

Заключение

Библиографический список

---

## 5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1 Математические модели обработки отверстий	2,0 л
2 Способ обработки отверстий в условиях интенсивного износа	2,0 л
3 Эксперимент по проверке способа компенсации размерного износа	1,0 л
4 Сверло ружейное	1,0 л
5 Зенкер ружейный	1,0 л

Всего 7 листов

## 6 Консультанты по проекту, с указанием относящихся к ним разделов проекта

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал (консультант)	Задание принял (студент)
Безопасность жизнедеятельности	Бобылев А.В.		

7 Дата выдачи задания 24.04.2020

Руководитель Козлов Александр Васильевич  
(ФИО)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Задание принял к исполнению 26.04.2020

Студент-дипломник Хмеленко Илья Эдуардович  
(ФИО)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов ВКР	Срок выполнения этапов ВКР	Отметка о выполнении
Введение	20.05	
Исследовательский раздел	27.05	
Конструкторский раздел	03.06	
Безопасность жизнедеятельности	10.06	
Экономический раздел	15.06	
Оформление работы	24.06	
Сдача ВКР на кафедру	29.06	

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.В. Бобылев/  
(подпись)

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_ /А.В. Козлов/  
(подпись)

Студент \_\_\_\_\_ /И.Э. Хмеленко/  
(подпись)

---

## АННОТАЦИЯ

Хмеленко И.Э. Исследование и совершенствование процессов обработки отверстий концевыми мерными инструментами. Часть 1. Выпускная квалификационная работа – Златоуст: ЮУрГУ, ТМСИ, 2020; 71 с, 28 ил., библиогр. список – 11 наим., 7 листов чертежей ф.А1.

В выпускной квалификационной работе были рассмотрены существующие методы компенсации размерного износа мерных инструментов, математические модели формообразования отверстий двухлезвийными инструментами, а также способ обработки отверстий с использованием комплекта сверл. В конструкторской части был рассмотрен эксперимент по проверке способа компенсации размерного износа мерного инструмента, основанный на специальной схеме переточки режущих пластин и базировании инструмента на предварительно обработанную поверхность, также было рассмотрено сверло ружейное, зенкер ружейный, блок расточной.

В соответствии с заданием рассмотрены вопросы по безопасности жизнедеятельности, а также произведен экономический расчет себестоимости проведения экспериментальных исследований.

					15.03.05.2020.200 ПЗ			
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата				
Разраб.	Хмеленко				Исследование и совершенствование процессов обработки отверстий концевыми мерными инструментами. Часть 1 Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Козлов						6	
Т.Контр.	Дерябин					Филиал ФГАОУ ВО "ЮУрГУ(НИУ)" в г.Златоуст Кафедра ТМСИ		
Н. Контр.	Миронова							
Утверд.	Бобылев							

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	9
1 Исследовательский раздел .....	10
1.1 Существующие методы компенсации размерного износа мерных инструментов.....	10
1.1.1 Регулировка инструмента .....	10
1.1.2 Замена режущих пластин .....	12
1.1.3 Другие методы восстановления размера инструментов.....	14
1.2 Математические модели формообразования отверстий двулезвийными инструментами .....	18
1.2.1 Диссимметрия режущих инструментов.....	18
1.2.2 Радиально–статические модели формообразования отверстий двухэлементными инструментами .....	21
1.3 Способ компенсации размерного износа с базированием инструмента по предварительно обработанной поверхности.....	30
2 Конструкторский раздел.....	42
2.1 Реализация способа компенсации размерного износа мерного инструмента.....	42
2.2 Сверло ружейное.....	45
2.3 Зенкер ружейный .....	48
2.4 Блок расточной.....	48
3 Безопасность жизнедеятельности.....	50
3.1 Техника безопасности при обработке материалов мерными инструментами на сверлильных станках .....	50
3.2 Расчет освещения производственных помещений .....	53
3.2.1. Расчет естественного освещения.....	53
3.2.2 Расчет искусственного освещения .....	56
3.3 Расследование, регистрация и учет несчастных случаев на производстве..	59
4 Экономический раздел.....	62

						Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

15.03.05.2020.200 ПЗ

4.1 Затраты на НИР .....	62
4.1.1 Затраты на материалы и комплектующие изделия.....	62
4.1.2 Затраты на электроэнергию .....	63
4.1.3 Расчет заработной платы, с учетом единого социального налога .....	65
4.1.4 Расходы на оборудование .....	66
4.1.5 Услуги сторонних организаций.....	66
4.1.6 Командировочные расходы .....	67
4.1.7 Прочие прямые расходы .....	67
4.1.8 Расчет накладных расходов .....	67
4.2 Полная прибыль от внедрения НИР.....	68
Заключение .....	70
Библиографический список.....	71



## Введение

В своей экономической стратегии, направленной на ускорение социально-экономического развития страны, ставится задача дальнейшего углубления научно-технической революции, которая оказывает мощное воздействие на все стороны современного производства, на всю систему общественных отношений, открывает новые перспективы значительного повышения производительности труда и прогресса общества в целом. Ключевую роль в осуществлении научно-технической революции отводится машиностроению.

В процессе резания контактные поверхности инструмента подвергаются действию чрезвычайно высоких напряжений и температур, что в сочетании с высокими скоростями скольжения приводит к затуплению инструмента и образованию очагов износа.

Процесс изнашивания инструмента является нормальным рабочим процессом и протекает при любых условиях резания. Задача состоит в том, чтобы условия резания обеспечивали минимальную (или экономически оправданную) интенсивность этого процесса. Интенсивность изнашивания зависит от большого числа факторов: свойств инструментального и обрабатываемого материалов, режимов резания, геометрических параметров инструмента, применения смазочно-охлаждающих жидкостей.

					15.03.05.2020.200 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## 1 Исследовательский раздел

### 1.1 Существующие методы компенсации размерного износа мерных инструментов

Для компенсации размерного износа используются адаптивные системы подналадки, применение которых сдерживается из-за большой сложности и невысокой надежности. Еще сложнее компенсировать размерный износ не регулируемых мерных лезвийных инструментов, которые широко используются при обработке отверстий.

Для восстановления рабочего размера таких инструментов чаще всего производят замену режущих пластин, реже осуществляют напыление или наплавку на рабочие поверхности слоя инструментального материала, либо применяют специальные методы термообработки, приводящие к сильным температурным деформациям, вследствие которых размеры инструментов увеличиваются.

#### 1.1.1 Регулировка инструмента

Для регулирования инструмента ось отверстия под хвостовик в полости, параллельной основной плоскости режущего элемента, несколько наклоняют к оси корпуса головки, что позволяет путем осевого перемещения элемента изменять расстояние от оси корпуса головки до калибрующей вершины. Такое решение облегчает настройку инструмента на требуемый диаметр при замене изношенного режущего элемента на новый.

Плавающие режущие элементы выполняются в виде обособленной части, сочленяемой с корпусом рабочей части инструмента подвижным соединением, допускающим перемещение режущего элемента относительно корпуса в радиальном направлении. Как правило, это плавающая пластина прямоугольного поперечного сечения, входящая в сквозное окно в корпусе инструмента.

									Лист
									10
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

15.03.05.2020.200 ПЗ

Преимущества регулировки режущих элементов, следующие: широкая универсальность, позволяющая путем изменения положения режущих элементов относительно осей станка и оправки обрабатывать отверстия различных диаметров и глубины.

Недостатки: требуются разработка и использование с затратами времени и средств специальных приспособлений и устройств для установки, наладки и подналадки режущих элементов на размер обрабатываемого отверстия, отсутствие калибрующей части, нескольких зубьев и других конструктивных элементов, характерных для мерных инструментов, снижают размерную стойкость инструментов[7].

Рассмотрим некоторые примеры инструментов с регулируемыми режущими элементами. Инструмент регулируемый применяется для растачивания отверстий диаметром 40 – 100 мм, он показан на рисунке 1.1. Режущий элемент квадратного сечения регулируют дифференциальным винтом и Г-образным опорным плунжером.

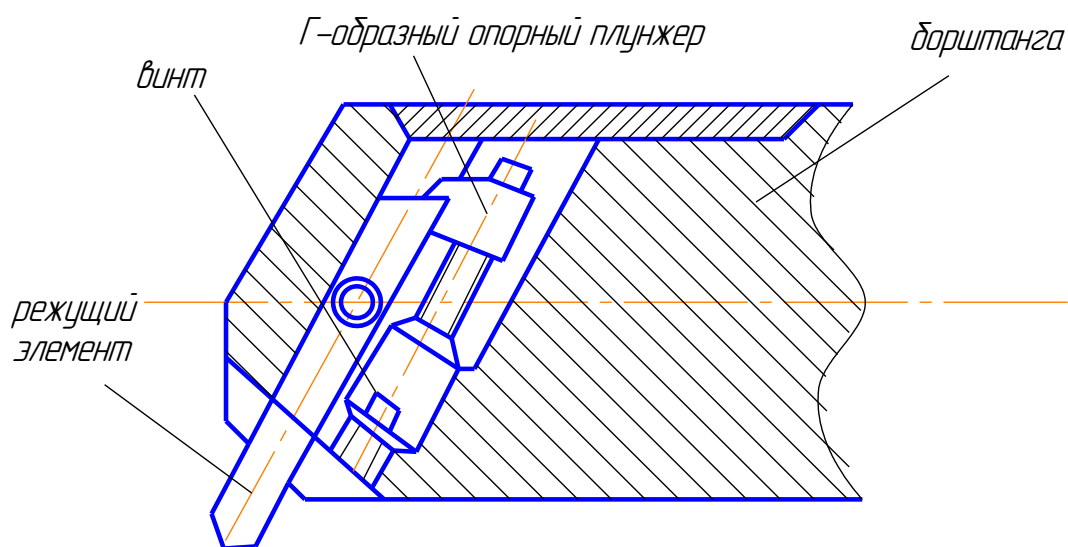


Рисунок 1.1– Регулируемый инструмент

Два режущих элемента устанавливаются, так чтобы их положение можно было регулировать и фиксировать в плавающем блоке, в соответствии с рисунком

						15.03.05.2020.200 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			11

1.2. Блок устанавливают в паз оправки. Используется для отверстий с большим допуском расположения оси.

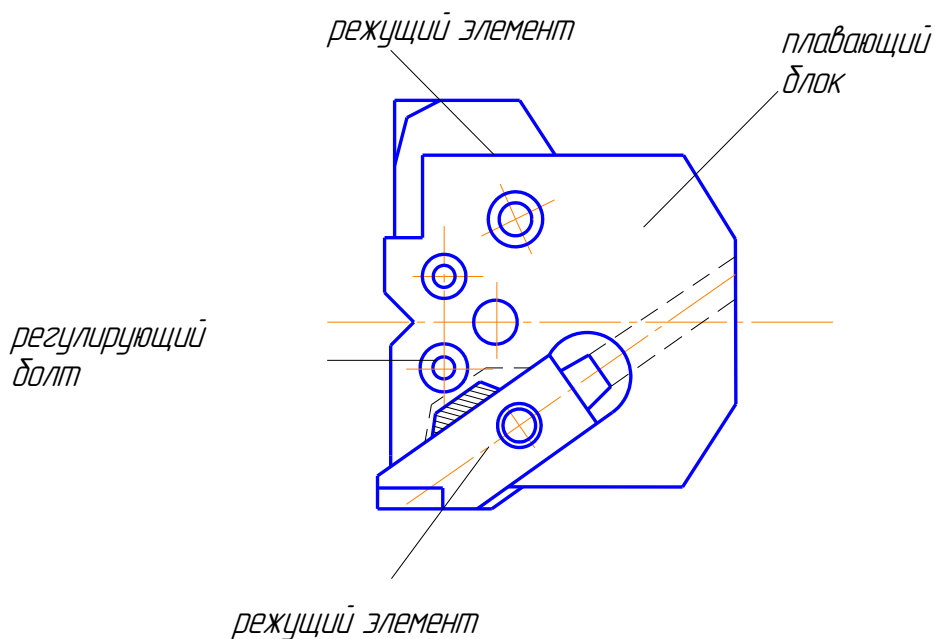


Рисунок 1.2 – Плавающий блок

### 1.1.2 Замена режущих пластин

Продление срока службы режущего инструмента возможно за счет применения смены режущих элементов. У сверл, оснащенных пластинками из твердого сплава, при износе пластин заменяют их на новые. Пластинки твердого сплава припаивают к режущей части сверла медным или латунным припоем или прикрепляют их механическим способом.

К первой группе инструментов относятся инструменты, режущие элементы, которых затачиваются и перетачиваются совместно с корпусом рабочей части. Это монолитные режущие элементы и режущие элементы, закрепляемые постоянно на корпусе рабочей части.

Недостатком монолитных элементов является сложность изготовления и невозможность применения разных марок твердого сплава для режущих и направляющих элементов. Для однолезвийных инструментов возможно применение клеевых соединений (например, клей марки ВК36). При

									Лист
									12
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	15.03.05.2020.200 ПЗ				

приклеивании режущего элемента между ним и корпусом головки прокладывают сетку из стальной или латунной проволоки диаметром 0,1 – 0,3 мм. Такой способ крепления не уменьшает прочности клеевого соединения и резко увеличивает контактную жесткость и отвод тепла от режущих пластинок.

Вторую группу режущих элементов представляют элементы, затачиваемые и перетачиваемые отдельно от корпуса рабочей части. К этой группе относятся режущие элементы, закрепляемые сменно на корпусе рабочей части, и плавающие элементы.

Режущие элементы, закрепленные сменно на корпусе рабочей части, выполняются в виде обособленной части, сочленяемой с корпусом рабочей части разъемным соединением, либо в виде твердосплавной пластинки, механически закрепляемой на корпусе рабочей части, либо в виде сменных резцов.

Режущие элементы в виде сменных резцов выполняются с напайными или неперетачиваемыми пластинками. Область их применения определяется габаритными размерами инструмента.

Сверла, оснащенные механическим способом многогранными неперетачиваемыми твердосплавными пластинками предназначены для обработки отверстий до двух диаметров в деталях из конструкционных сталей и чугунов. В точных базовых гнездах корпуса сверла расположены одна, две или несколько многогранных специальных сменных твердосплавных пластинок, закрепляемых через центральные отверстия специальными винтами с коническими головками, согласно рисунку 1.3. Изношенная режущая кромка восстанавливается поворотом пластины на другую грань или полной ее заменой.

									Лист
									13
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

15.03.05.2020.200 ПЗ

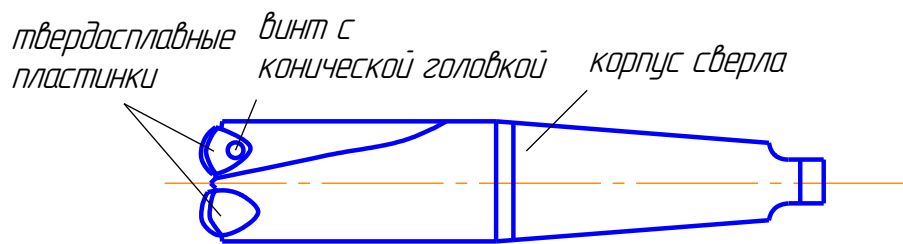


Рисунок 1.3 – Сверло с твердосплавными пластинками

Таким же методом восстанавливают рабочий размер зенкеров, разверток, оснащенных механическим способом твердосплавными пластинками.

Если на ленточках нет следов изнашивания, то режущую способность развертки восстанавливают заточкой задних поверхностей по заборному конусу.

### 1.1.3 Другие методы восстановления размера инструментов

Алмазные трубчатые перфорированные сверла применяются для сверления отверстий диаметром 0,4 – 2 мм. Для восстановления этих сверл применяют метод напыления гальваническим способом слоя алмазного синтетического шлифпорошка на рабочую часть сверла. Стойкость таких сверл и чистота обработки ими выше, чем у твердосплавных сверл.

Электроэрозионное упрочнение режущего инструмента, изготовленного из быстрорежущей стали, производится с помощью установки ЭЛУ1.

Принцип действия установки основан на процессе переноса твердосплавного материала на режущие поверхности инструмента в результате искрового разряда.

									Лист
									14
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	15.03.05.2020.200 ПЗ				

К упрочняемому инструменту, являющемуся анодом, подключают с помощью токоподвода, отрицательно заряженные обкладки накопительных емкостей генератора установки, а к твердосплавному электроду, закрепленному в электрододержателе вибратора, подключают положительно обкладки накопительных емкостей.

Электроду задается колебательное движение электромагнитами вибратора относительно упрочняемого инструмента. Между электродом и инструментом, при достижении пробойного расстояния, возбуждается искровой разряд, в результате которого происходит разогрев и перенос в основном в жидкой фазе материала электрода на поверхность упрочняемого инструмента.

Стойкость, режущего инструмента, упрочненного электроэрозионным способом, повышается в 1,5 – 2 раза.

Плазменное упрочнение режущего элемента. Это упрочнение режущего инструмента основано на принципе осаждения покрытий в вакууме на режущие кромки инструмента с помощью плазменных ускорителей на установке типа «Булат». На этой установке плазмохимическим синтезом можно наносить практически любые покрытия простого и сложного состава. Процесс состоит из двух стадий. Вначале в камере при вакууме бомбардировкой положительными ионами проводится ионная очистка инструмента. При этом поверхность инструмента очищается от загрязнений и упрочняется.

Вторая стадия заключается в нанесении собственно покрытия из нитрида титана. Потенциал понижается, и в камеру поступают реактивный газ для плазмохимических реакций. Вещества, образованные в результате этих реакций, конденсируются на инструменте.

После плазменного упрочнения стойкость режущего инструмента увеличивается до трех раз и выше.

Лазерное упрочнение режущего инструмента. Упрочнение режущего инструмента производится импульсным облучением рабочих кромок

									Лист
									15
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

15.03.05.2020.200 ПЗ

инструмента на лазерной технологической установке ЛТУ – 2М. При этом стойкость инструмента может быть повышена в 1,5 – 3раза.

Лазерное поверхностное упрочнение является окончательной операцией для инструмента, прошедшего полную механическую и термическую обработку.

Под воздействием лазерного излучения происходит скоростной нагрев металла в области аустенитного состояния без существенного оплавления рабочих кромок инструмента и последующее охлаждение металла. В результате на поверхности образуется слой толщиной 60 – 80мкм микротвердостью 1100 – 1200Н/мм<sup>2</sup>. Упрочненный слой имеет особо дисперсную аустенитно-мартенситную структуру. На границе упрочненного слоя с основным металлом имеется тонкая зона отпуска с микротвердостью, которая несколько ниже микротвердости основного металла. Наличие такой зоны положительно сказывается на стойкости инструмента. Толщина упрочненного слоя в зоне лазерной импульсной закалки зависит от плотности, мощности лазерного излучения и времени импульса.

Упрочнение режущего инструмента методом карбонитрации в газообразных продуктах. Сущность процесса карбонитрации инструмента из быстрорежущей и легированной стали, заключается в диффузионном насыщении поверхностных слоев инструмента азотом и углеродом, получаемых при разложении карбамида (мочевины) в интервале температур 480 – 660С с образованием нитридов и карбонитридов, повышают твердость, износостойкость и теплостойкость инструмента.

Процесс осуществляется на действующем оборудовании термических цехов – стандартных шахтных печах типа СШЦ и США с применением дозирующего устройства. Время обработки режущего инструмента изменяется от 2 – 3 до 30 – 60мин в зависимости от типоразмера и назначения инструмента. Процесс нетоксичен.

Полученные после карбонитрации диффузионные слои толщиной от нескольких микрон (для мелкогабаритного инструмента) до 0,01 – 0,02мм (для

									Лист
									16
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	15.03.05.2020.200 ПЗ				



инструмента с крупным зубом) обеспечивают повышение стойкости инструмента в 1,5 – 3раза.

Упрочнение режущего инструмента методом эпиламинирования. Повышение стойкости режущего инструмента может быть получено нанесением эпилама на поверхность инструмента.

Эпиламы представляют собой композиции, состоящие из растворителя или смеси растворителей, которые содержат поверхностно-активные вещества (ПАВ).

Из раствора ПАВ адсорбируется на твердой поверхности в виде мономолекулярного или близкого к нему слоя, снимая микротвердость, а следовательно, поверхностную энергию.

При нанесении эпилама на поверхность режущего инструмента износостойкость его повышается в 2 – 5раз.

Эпилам наносится на предварительно обезжиренные поверхности методом окунания или пульверизатором.

Процесс эпиламинирования состоит из следующих операций: обезжиривания в ацетоне, бензине или другом растворителе; сушке на воздухе 3 – 8мин; окунание в эпиламинирующий раствор 3 – 5мин; сушка на воздухе 10 – 15мин.

При эксплуатации режущего инструмента, упрочненного эпиламами, следует учитывать, что температура в рабочей зоне не должно превышать 250 – 300°С.

При необходимости длительность хранения эпиламинированный инструмент покрывают консервирующей смазкой.

					15.03.05.2020.200 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		17

## 1.2 Математические модели формообразования отверстий двулезвийными инструментами

### 1.2.1 Диссимметрия режущих инструментов

Известно, что большинство мерных лезвийных инструментов свойственна та или иная степень диссимметрии рабочей части, обусловленная погрешностями изготовления и заточки, либо их конструктивными особенностями [1].

Наиболее ярко диссимметрия режущих свойств проявляется у инструментов одностороннего резания, таких как ружейные и пушечные сверла, развертки, головки и другие. Различные конструкции инструментов показывают, что многим из них свойственна та или несимметрия рабочей части. К числу таких инструментов относятся инструменты одностороннего резания, спиральные сверла с несимметричной заточкой лезвий, смещенной перемычкой, развертки с неравномерным угловым шагом.

Замечено также, что инструменты, у которых их конструкцией предусмотрена симметрия лезвий, в силу технологических причин – погрешности изготовления и заточки, неравномерный износ – чаще всего симметричными не являются.

По-нашему мнению такой фактор как симметрия или несимметрия инструмента является одним из главных определяющих закономерности формообразования концевыми мерными инструментами. Иными словами, диссимметрия создает явление, то есть для существования явления необходимо, чтобы некоторые элементы симметрии отсутствовали.

Концевые мерные инструменты для обработки отверстий могут быть классифицированы по степени симметрии и несимметрии следующим образом:

– симметричные инструменты – обладающие, либо зеркально, либо поворотной симметрией. Так спиральное сверло обладает поворотной симметрией второго порядка, шестилезвийная развертка – поворотной симметрией шестого порядка, хонинговальная головка и раскатники обладают

						15.03.05.2020.200 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			18

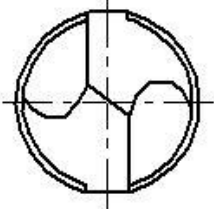
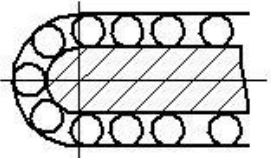
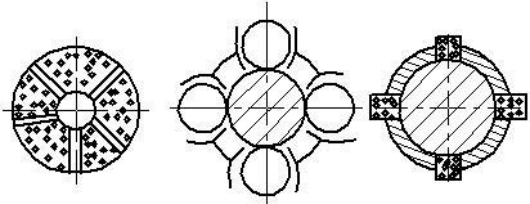
зеркальной симметрией. Примеры осевой и зеркальной симметрии показаны в таблице 1.1

– несимметричные инструменты:

а) несимметрия, обусловленная конструкцией инструмента показана на рисунке 1.4.

К таким инструментам следует отнести уже упомянутые сверла и зенкеры одностороннего резания, спиральные сверла с различными видами несимметричной заточки лезвий, смещенной перемычкой, различной длине лезвий, различными размерами стружечных канавок, сверла, работающие по методу деления припуска (оснащенные неперетачиваемыми пластинами).

Таблица 1.1– Осевая и зеркальная симметрия

Осевая симметрия	Зеркальная симметрия
<p><i>ось симметрии второго порядка</i></p>  <p><i>ось симметрии n-порядка</i></p> 	

б) несимметрия, обусловленная технологическими причинами показана на рисунке 1.4. Несимметрия таких инструментов может проявляться в различных передних и задних углах противоположащих лезвий, осевом сдвиге лезвий, различных главных и вспомогательных углах в плане, радиуса округления лезвий, различном радиальном расположении лезвий, различной величине размерного износа по задним поверхностям. У одного и того же инструмента может быть несколько видов несимметрии.

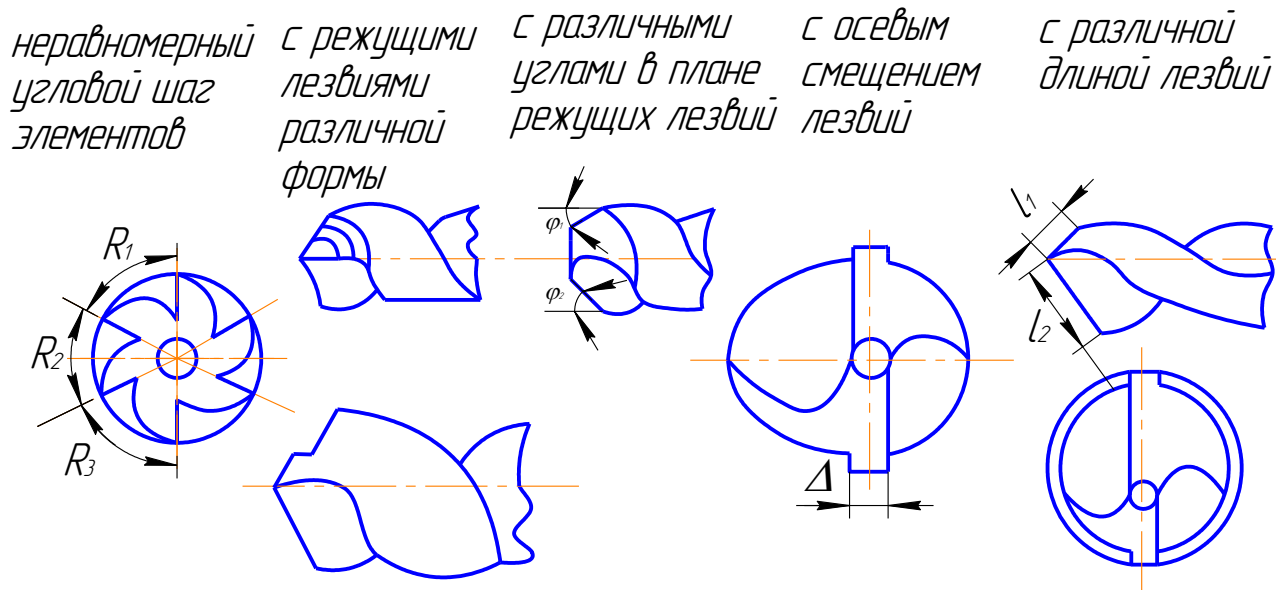


Рисунок 1.4 – Несимметрия инструментов

Эти виды несимметрии являются геометрической, то есть существуют у инструментов независимо от их расположения или перемещения [2].

– кинематическая несимметрия – может возникнуть из-за перекосов оси инструмента (несимметрия углов в плане), из-за тангенциального смещения инструмента (несимметрия передних и задних углов), из-за поперечных колебаний инструмента (несимметрия углов в плане и передних и задних углов).

Примеры геометрической и кинематической несимметрии показаны на рисунке 1.5.

Таким образом, можно прийти к выводу многолезвийные инструменты имеют, как правило, поворотную симметрию от второго порядка. Если бы заготовка и инструмент в процессе формообразования обладали бы идеальной симметрией, то траектория инструмента, задаваемая станком, не имела бы искажений, то есть не возникло бы никаких явлений, приводящих к образованию погрешностей обработанного отверстия.

*различные  
передние  
и задние  
углы*

*осевое  
биение  
режущих  
лезвий*

*радиальное  
биение  
режущих  
лезвий*

*различная  
степень  
износа  
элементов*

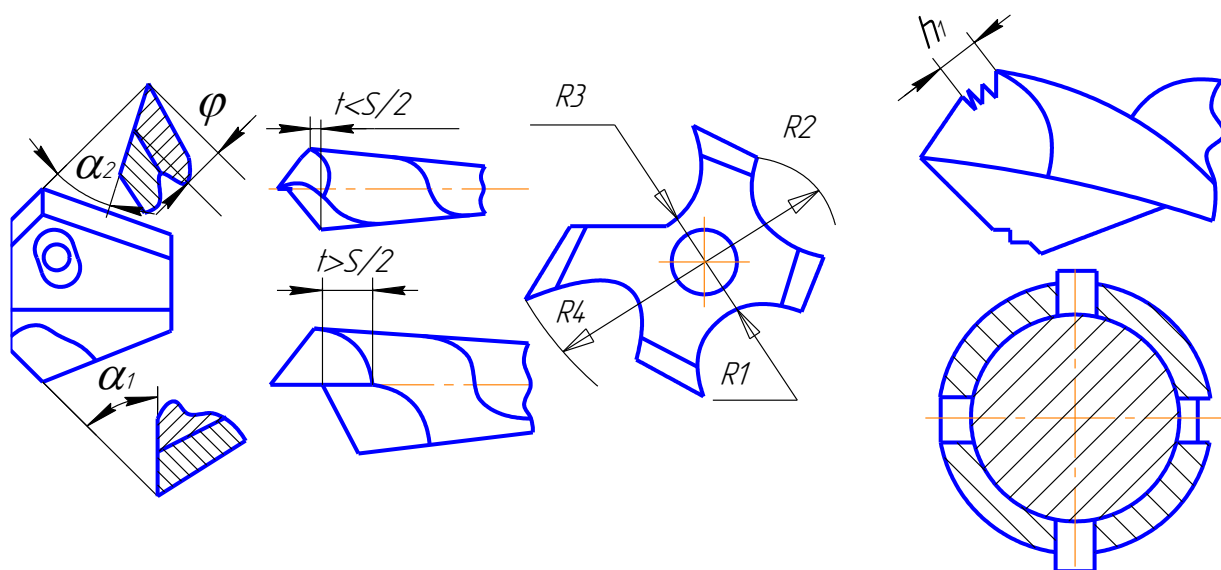


Рисунок 1.5 – Геометрическая и кинематическая несимметрия

Поскольку на практике этого не наблюдается, процесс формообразования следует описывать и исследовать с учетом такого явно закономерного фактора как диссимметрия инструмента и среды.

### 1.2.2 Радиально–статические модели формообразования отверстий двухэлементными инструментами

При рассмотрении процессов формообразования двухэлементными инструментами с геометрической несимметрией рабочей части интерес представляют в первую очередь модели, учитывающие несколько видов несимметрии сразу как наиболее общие. И если для трех и четырех элементных инструментов такой подход был практически невозможен из-за резкого усложнения модели, то в отношении двухэлементных инструментов его удалось реализовать.

Наибольший интерес представляет формообразование инструментом с неравными углами в плане противоположных лезвий, их осевой сдвиг и различные режущие свойства. Такие виды несимметрии характерны, при обработке спиральным сверлом, двулезвийным зенкером, плавающим расточным блоком. Более частные случаи геометрической несимметрии инструментов могут быть сведены к осевому сдвигу лезвий и различным свойствам лезвий, однако правильный учет осевых колебаний требует уточнения и этих моделей.

Одной из задач моделирования процессов механической обработки является поиск скрытых закономерностей формообразования, то есть систематических погрешностей, возникающих при задании различных сценариев протекания процесса. К числу этих погрешностей следует отнести погрешности, вызванные описанными выше видами диссимметрии инструмента.

Были разработаны и исследованы стационарные модели формообразования двулезвийными инструментами двух типов: а) когда диаметрально противоположные лезвия разнесены в осевом направлении на расстояние  $\tau < S/2$ , где  $S$  – осевая подача; б) когда это осевое расстояние  $\tau > S/2$ .

Рассмотрим процесс формообразования при наличии предварительно обработанного отверстия радиусом  $r_0$ , согласно рисунку 1.6.

					15.03.05.2020.200 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		22

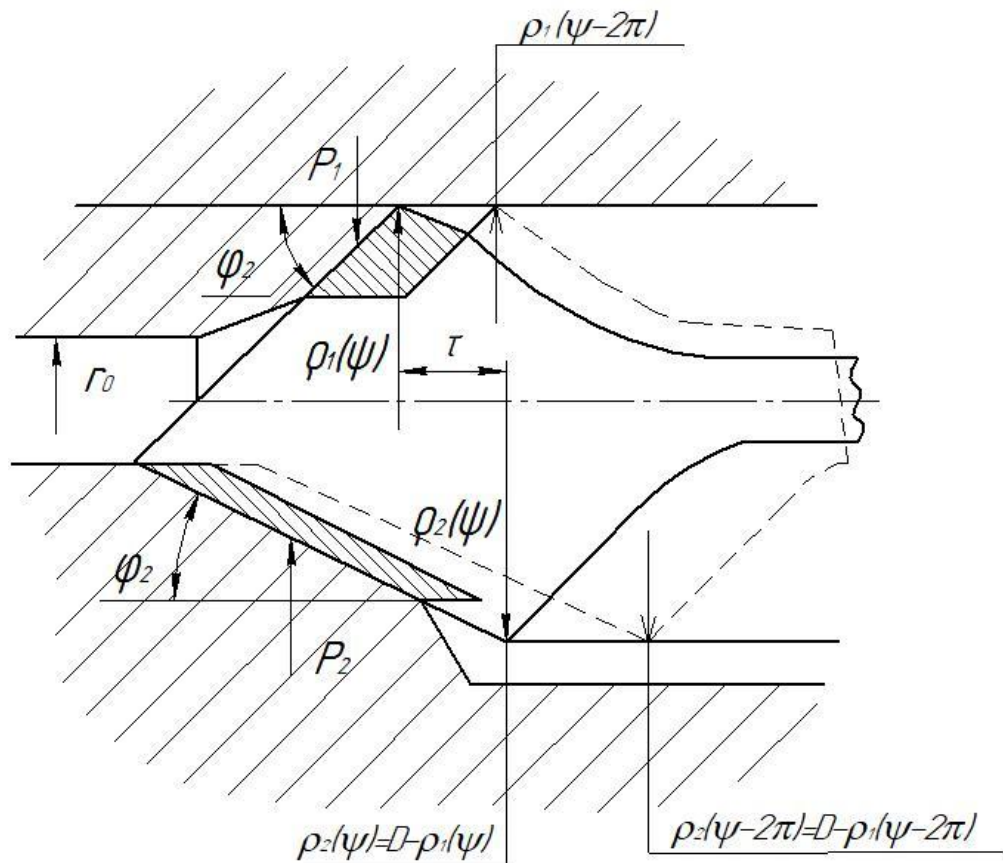


Рисунок 1.6 – Расчетная схема формообразования инструментом с различными углами в плане при наличии предварительного отверстия

$$\rho_1(\psi) + \rho_2(\psi) = D$$

$$P_1 \approx P_2 \quad (1.1)$$

Положив, радиальные силы пропорциональными площадям срезов  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$  с коэффициентами  $k_1$  и  $k_2$ , получим:

$$P_1 = k_1 \delta_1 h_1$$

$$P_2 = k_2 \delta_2 h_2 \quad (1.2)$$

где  $\delta$  – ширина среза,

$h$  – высота среза

Из рисунка 1.6 находим:

$$\delta_1 = S \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + \rho_1(\psi) - \rho_1(\psi - 2\pi)$$

$$\delta_2 = S \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 - \rho_2(\psi) + \rho_2(\psi - 2\pi) \quad (1.3)$$

$$h_1 = \rho_1(\psi) - \frac{\operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2} \cdot \left[ \frac{D - \rho_1(\psi - \pi)}{\operatorname{tg} \varphi_2} - \frac{\rho_1(\psi - 2\pi)}{\operatorname{tg} \varphi_1} - \tau + \frac{S}{2} \right]$$

$$h_2 = \frac{\operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2} \left[ \frac{D - \rho_1(\psi)}{\operatorname{tg} \varphi_2} - \frac{\rho_1(\psi - \pi)}{\operatorname{tg} \varphi_1} - \tau + \frac{S}{2} \right] - r_0(\psi + \psi_0) \quad (1.4)$$

Подставив выражения (2), (3), (4) в (1) получим:

$$k_1[\rho_1(\psi) + S \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 - \rho_1(\psi - 2\pi)] \cdot \left[ \begin{array}{l} \rho_1(\psi)(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) - D \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + \rho_1(\psi - \pi) \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + \\ + \rho_1(\psi - 2\pi) \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 + \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \left(\frac{S}{2} - \tau\right) \end{array} \right] =$$

$$= k_2[-\rho_1(\psi) + S \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 + \rho_1(\psi - 2\pi)] \cdot \left[ \begin{array}{l} D \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 - \rho_1(\psi) \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 - \rho_1(\psi - \pi) \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 + \\ + \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \left(\frac{S}{2} - \tau\right) - r_0 \cdot (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) \end{array} \right] \quad (1.5)$$

Обозначив выражение:

$$A = S \operatorname{tg} \varphi_1 - \rho_1(\psi - 2\pi)$$

$$B = \rho_1(\psi - \pi) \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + \rho_1(\psi - 2\pi) \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 - D \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \left(\frac{S}{2} - \tau\right)$$

$$C = S \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 + \rho_1(\psi - 2\pi)$$

$$E = D \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 - \rho_1(\psi - \pi) \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \left(\frac{S}{2} - \tau\right) - r_0 \cdot (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)$$

Получим:

$$k_1 \cdot [\rho_1(\psi) + A] \cdot [(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) \cdot \rho_1(\psi) + B] = k_2 \cdot [-\rho_1(\psi) + C] \cdot [-\rho_1(\psi) \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 + E] \quad (1.6)$$

Получим квадратное уравнение вида:

$$\rho_1^2(\psi) \cdot P_1 + \rho_1(\psi) \cdot P_2 + P_3 = 0 \quad (1.7)$$

где

$$P_1 = k_1(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) - k_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2$$

$$P_2 = k_1 \cdot B + k_1 \cdot A(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) + k_2 \cdot E + k_2 \cdot C \cdot \operatorname{tg} \varphi_2$$

$$P_3 = k_1 \cdot A \cdot B - k_2 \cdot C \cdot E$$

Решением этого уравнения будет модель формообразования инструментом, с описанной выше несимметрией:

$$\rho_1(\psi) = -\frac{P_2}{2 \cdot P_1} + \sqrt{\left(\frac{P_2}{2P_1}\right)^2 - \frac{P_3}{P_1}} \quad (1.8)$$



При сверлении отверстия заново двулезвийным инструментом с различными углами в плане и произвольно заточенными лезвиями и смещенной перемычкой, изображенным на рисунке 1.7, получим:

$$\rho_1(\psi) = -\frac{P_2}{2 \cdot P_1} + \sqrt{\left(\sqrt{\frac{P_2}{2P_1}}\right)^2 - \sqrt{\frac{P_3}{P_1}}}$$

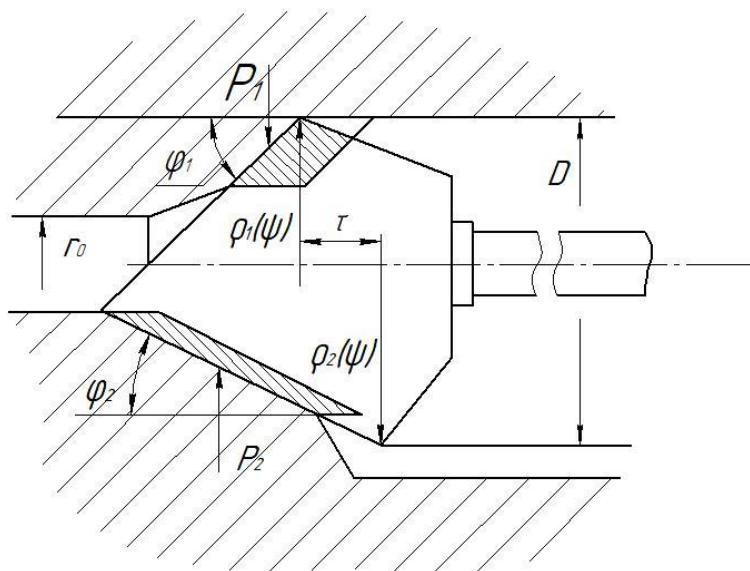


Рисунок 1.7 – Расчетная схема формообразования инструментом с различными углами в плане в сплошном материале

Таким образом, приведенная модель охватывает практически все основные виды геометрической несимметрии. С ее помощью можно описать и исследовать процессы формообразования не только лезвийным, но и инструментами одностороннего резания, либо инструментом, когда одно лезвие сильно затуплено или имеет отрицательный передний угол, нулевой главный задний угол. В этом случае полагают коэффициент резания затупленного лезвия или кулачка на несколько порядков большим коэффициента резания острозаточенного лезвия. Но в то же время полезно и формально получить соответствующие модели геометро - кинематического уровня. Их можно составить из чисто геометрических соображений, поскольку один из обрабатывающих элементов уже не формообразует поверхность, а лишь базируется на нее инструмент.

Например, при крайней степени несимметрии режущих свойств лезвий инструмента с неравными углами в плане, когда лезвие с меньшим главным углом в плане не режет, а опирается на кромку, образованную пересечением поверхности резания с предварительно обработанной поверхностью, согласно рисунку 1.8, геометро - кинематическая модель может быть получена следующим образом:

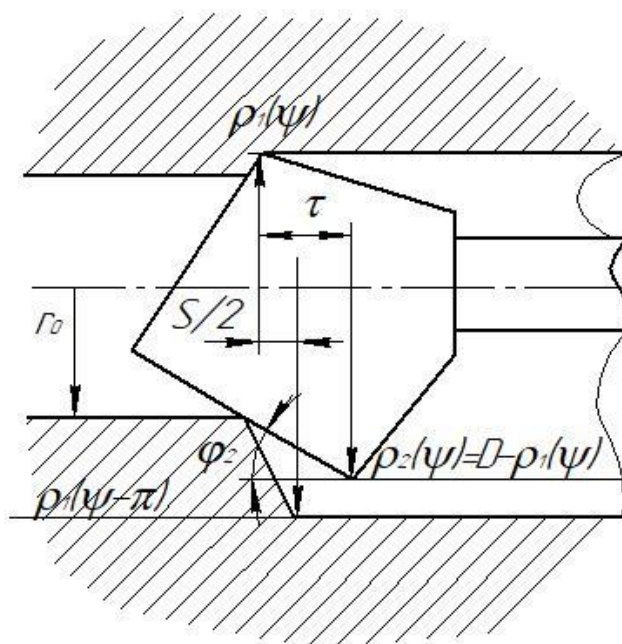


Рисунок 1.8 – Расчетная схема формообразования при базировании на кромку

$$r_0 \operatorname{ctg} \varphi_1 = m$$

$$r_0 \operatorname{ctg} \varphi_2 = m + a \quad (1.9)$$

Отсюда:

$$a = r_0 (\operatorname{ctg} \varphi_2 - \operatorname{tg} \varphi_1) \quad (1.10)$$

Тогда:

$$\rho_2(\psi) \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 = a + \left(\tau - \frac{S}{2}\right) + \rho_1(\psi - \pi) \cdot \operatorname{ctg} \varphi_1 \quad (1.11)$$

$$\rho_1(\psi) = D - r_0 \cdot \left(1 - \frac{\operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg} \varphi_1}\right) - \left(\tau - \frac{S}{2}\right) \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 - \rho_1(\psi - \pi) \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg} \varphi_1} \quad (1.12)$$

Аналогичный асимптотический переход от модели, согласно рисунку 1.9:

$$A \cdot w(\psi) = w(\psi - n\pi) + C,$$

где

$$A = 1 + \frac{S}{2t} \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{\tau}{t} \cdot \frac{k_2 - k_1}{k_2 + k_1} + \frac{k_{\text{вып}}}{k_2 + k_1} \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi}{t}$$

$$C = \operatorname{tg} \varphi \left( \frac{S}{2} \cdot \frac{k_2 - k_1}{k_2 + k_1} + \tau \right)$$

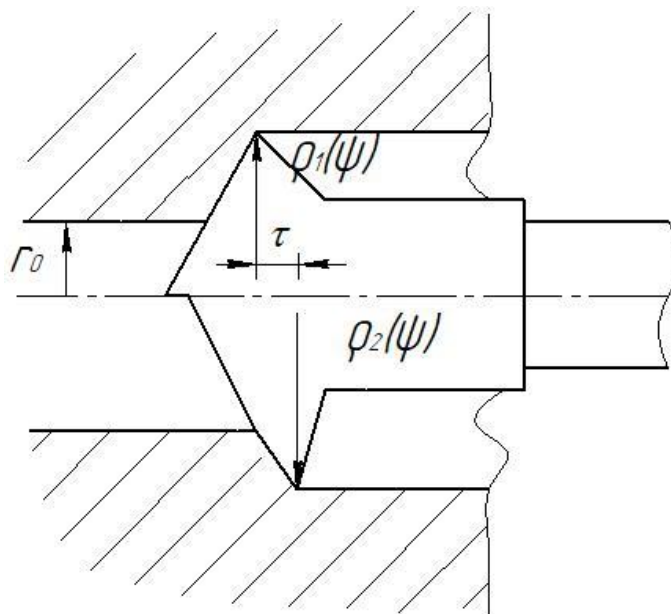


Рисунок 1.9 – Расчетная схема формообразования двулезвийным инструментом при  $\tau < S/2$ .

При одном из коэффициентов, равном  $\infty$  и формально разделив на него обе части уравнения, получим модель, описывающую плавающий блок, базирующийся на поверхность резания:

$$\begin{aligned} p(\psi) &= D - p(\psi - \pi) + \left(\frac{S}{2} - \tau\right) \cdot \operatorname{tg} \varphi \\ p(\psi) &= \frac{B}{A} \cdot p(\psi - \pi) + \frac{D}{2} \cdot \left(1 - \frac{B}{A}\right) + \frac{C}{A} \end{aligned} \quad (1.13)$$

где

$$A = (k_1 + k_2) \cdot \left(\frac{S}{2} + \tau\right) + (k_1 + k_2) \cdot \left[ 2 \cdot a \cdot \sin n \cdot \varphi + \cos n \left(\psi - \frac{\pi}{2}\right) + \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi} \right]$$

$$B = \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi} \cdot (k_1 + k_2)$$

$$C = t(k_1 - k_2) \cdot \left[ \frac{S}{2} + 2 \cdot a \cdot \sin n \psi \cdot + \cos n(\psi - \frac{\pi}{2}) \right]$$

Расчетная схема формообразования двулезвийным инструментом при  $\tau > S/2$  показана на рисунке 1.10:

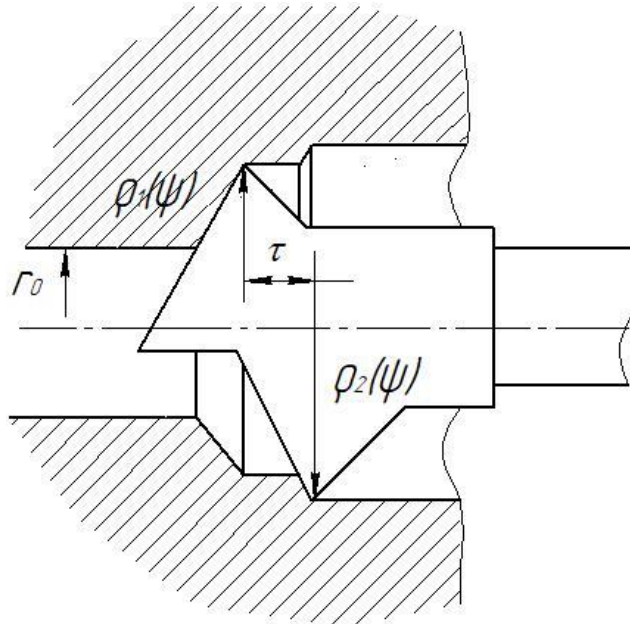


Рисунок 1.10 – Расчетная схема формообразования двулезвийным инструментом при  $\tau > S/2$ .

Положив в модели, согласно формуле 1.9  $k_2 \rightarrow \infty$ , получим модель обработки инструментом одностороннего резания, базирующегося на обработанную поверхность, изображенную на рисунке 1.11б:

$$\rho_1(\psi) = -\rho_1(\psi - \pi \cdot n) \cdot D \quad (1.14)$$

а положив в той же модели  $k_1 \rightarrow \infty$ , согласно формуле 1.9, получим модель процесса при базировании инструмента на предварительно обработанную поверхность, изображенную на рисунке 1.11 в:

$$\rho_2(\psi) = -R_0(\psi) + D \quad (1.15)$$

Таким образом, построили модели геометро–кинематического уровня, которые можно разделить на четыре разновидности:

- модели с базированием на обработанную поверхность;

- модели с базированием на поверхность резания;
- модели с базированием на предварительную поверхность;
- модели с базированием на кромку пересечения поверхности резания и предварительной поверхности.

В силу простоты, ансамбль этих моделей удобно использовать при исследовании на качественном уровне целого ряда эффектов формообразования отверстий. Подобные модели могут быть применены и к исследованию процессов формообразования многоэлементными инструментами, часть элементов которого сильно затуплена.

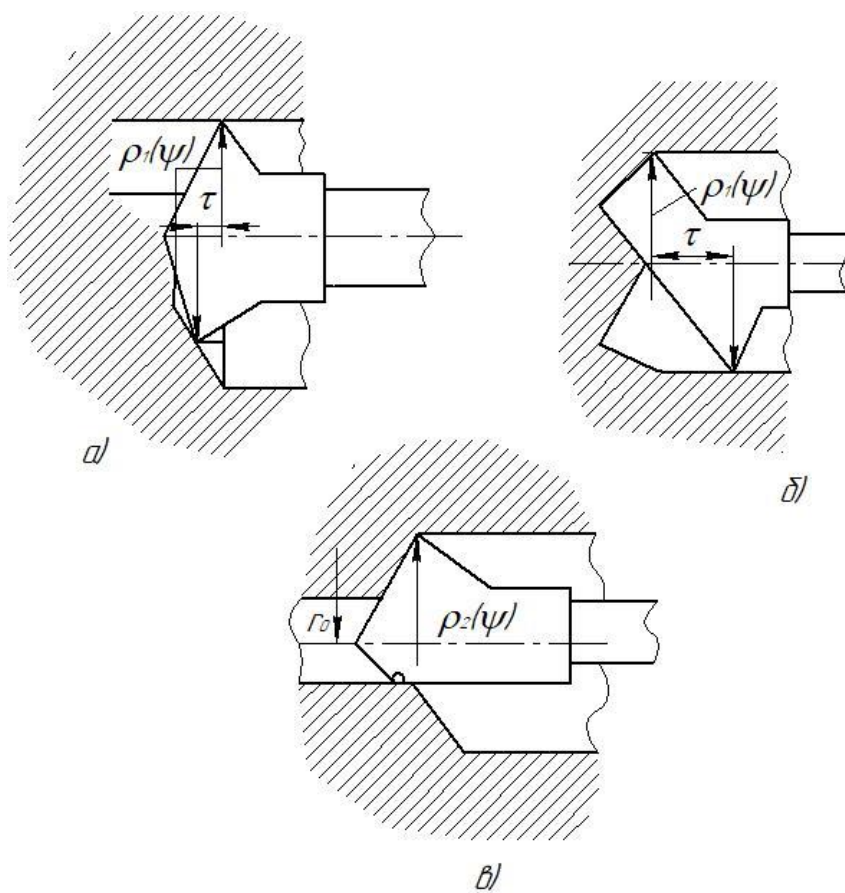


Рисунок 1.11 – Схемы обработки с базированием инструмента: а) на поверхность резания, б) на обработанную поверхность, в) на предварительно обработанную поверхность.

Таким образом, был получен ансамбль радиально – статических и геометро – кинематических моделей формообразования отверстий концевыми мерными инструментами с различными видами несимметрии рабочей части.

Выводы:

1. Экспериментально показано, что при наличии резкой диссимметрии заготовки или инструмента процесс обработки обладает собственной устойчивостью для  $Z=2$  и  $Z>2$ . В этом случае допустимо пренебрежение и инерционными и усреднение тангенциальных сил.

2. Разработана система простейших радиально-статических моделей, описывающих формообразование концевыми мерными инструментами с различным числом лезвий.

3. Показано, что формообразование инструментами одностороннего резания может быть описано геометро-кинематическими моделями, полученными из соответствующих статических путем асимптотического перехода. Разработаны модели процессов, описывающих формообразование при базировании инструмента на обрабатываемую поверхность и поверхности резания.

1.3 Способ компенсации размерного износа с базированием инструмента по предварительно обработанной поверхности

Исследование относится к области машиностроения, в частности к обработке металлов резанием. Целью исследования является расширение технологических возможностей за счет получения отверстий диаметром, значительно превышающим диаметр инструмента [3-6]. Обработку отверстий осуществляют в два прохода, причем для второго прохода используют инструмент, режущие лезвия которого имеют различный радиус заострения и смещены в осевом направлении на величину  $\tau$ . Инструменту или детали сообщают вращение и осевое перемещение с подачей:

$$S > (f \cos \varphi - \tau) / 2, \text{ мм /об} \quad (1.16)$$

где  $S$  – подача инструмента за один оборот, мм/об;

						15.03.05.2020.200 ПЗ	Лист
							30
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

$f$  – наибольшая длина активной части лезвия с меньшим радиусом заострения, мм;

$t$  – величина, на которую лезвие с большим радиусом заострения выступает относительно лезвия с меньшим радиусом в направлении осевой подачи, мм;

$\varphi$  – главный угол в плане лезвия с меньшим радиусом заострения.

При этом диаметр отверстия на втором проходе зависит от изменения диаметра отверстия на первом проходе, который определяют по формуле:

$$D_{\text{пр}(l_i+t)} = 2D_{\text{ин}} - D_{l_i} - \delta l_i, \text{ мм} \quad (1.17)$$

где  $D_{\text{пр}(l_i+t)}$  диаметр отверстия, обработанного на первом проходе на расстоянии  $l_i+t$  от входного торца отверстия;

$D_{l_i}$  – диаметр окончательно обработанного отверстия на расстоянии  $l_i$  от входного торца;

$D_{\text{ин}}$  – диаметр инструмента для обработки отверстия на втором проходе;

$\delta$  – суммарная величина удельного износа с большим радиусом заострения и смятия предварительно обработанной поверхности лезвием с меньшим радиусом заострения;

$l_i$  – длина обработки отверстия.

Для получения конического отверстия на втором проходе на первом проходе формируют отверстие с конусностью, обратной конусности получаемого отверстия.

На рисунке 1.12 – изображена схема осуществления способа многопроходной обработки; на рисунке 1.13 – схема осуществления способа многопроходной обработки, при повышенном размерном износе инструмента; на рисунке 1.14 – схема осуществления способа многопроходной обработки, при формировании конического отверстия; на рисунке 1.15 – схема осуществления способа многопроходной обработки, при обработке цилиндрического отверстия; на рисунках 1.16 – 1.18 эскиз заготовки, инструмент и пример обработки конического отверстия.

Необходимо получить цилиндрическое отверстие диаметром  $D$ . На предварительном проходе сверлят в детали 1, показанной на рисунке 1.12 а спиральным сверлом 2 цилиндрическое отверстие 3 диаметром  $D_{пр1}$ , показанным на рисунке 1.12 б. Последующую обработку отверстия производят инструментом 4, противоположные лезвия которого имеют различный радиус заострения и разнесены в направлении осевой подачи на величину, причем опережающее лезвие 5 выполнено затупленным, а отстающее 6 – с меньшим радиусом заострения, т.е. острозаточено. Инструмент 4 должен быть либо закреплен в плавающем патроне, либо иметь малую жесткость в плоскости, проходящей через продольную ось и вершины обоих лезвий. При сообщении инструменту 4 или детали 1 вращения с частотой  $n_2$  и движения подачи  $S_2$  происходит дальнейшая обработка отверстия. Поскольку опережающее лезвие 5 выполнено затупленным, то, касаясь им детали 1, рабочая часть инструмента перемещается в радиальном направлении от оси отверстия, в момент касания лезвием 6 детали 1 начинается обработка.

					15.03.05.2020.200 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		32



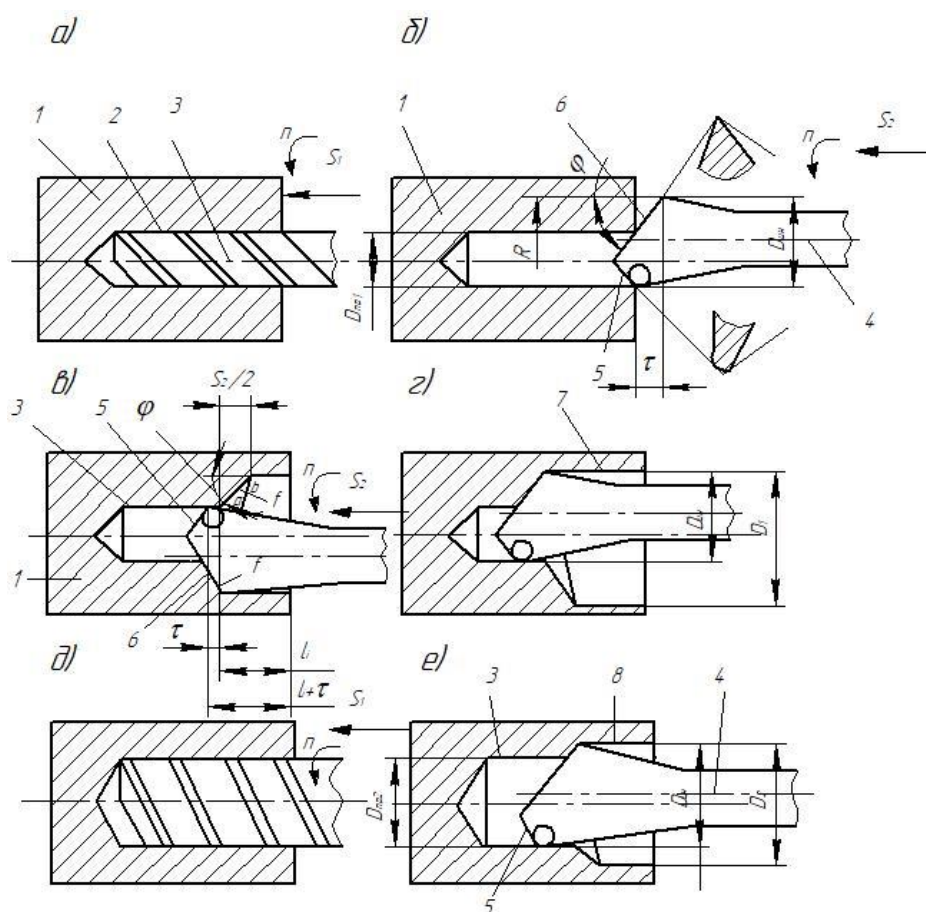


Рисунок 1.12 – Схема осуществления способа многопроходной обработки

Вершина острозаточенного лезвия 6 находится от оси отверстия на расстоянии, согласно рисунку 1.12 б):

$$R = D_{\text{ин}} - \frac{D_{\text{пр1}}}{2}, \text{ мм} \quad (1.18)$$

тогда диаметр обрабатываемого отверстия определяется как:

$$D_1 = 2D_{\text{ин}} - D_{\text{пр1}}, \text{ мм} \quad (1.19)$$

или для произвольной текущей длины обработки:

$$l_i D_{li} = 2D_{\text{ин}} - D_{\text{пр}(li+\tau)}, \text{ мм} \quad (1.20)$$

Поскольку при известном заданном диаметре отверстия и известном диаметре инструмента 4 возникает необходимость определить диаметр инструмента для предварительной обработки, то:

$$D_{\text{пр}(li+\tau)} = 2D_{\text{ин}} - D_{li}, \text{ мм} \quad (1.21)$$

Для обеспечения постоянства контакта затупленного лезвия 5 именно с поверхностью предварительно обработанного отверстия 3 необходимо выполнить условие, согласно рисунку 1.12 в:

$$\frac{S_2}{2} + \tau > f \cos\varphi$$

где  $S_2$  – подача инструмента за один оборот;

$\tau$  – величина отставания вершины режущего лезвия 6 от затупленного 5;

$f$  – наибольшая длина активной части режущей кромки, т.е. части острозаточенного лезвия, контактирующей с деталью (равна ширине поверхности резания – отрезок аб, согласно рисунку 1.12 в);

$\varphi$  – угол в плане острозаточенного лезвия.

Отсюда можно определить подачу, которую необходимо сообщить инструменту 4;

$$S_2 = \frac{f \cos\varphi - \tau}{2}, \text{ мм/об}$$

Таким образом, с помощью инструмента специальной конструкции 4 диаметром  $D_{ин}$  получают отверстие 7 диаметром  $D_1$ , который существенно больше. Анализ формулы 1.16 показывает, что, изменяя диаметр предварительно обработанного отверстия, можно обрабатывать отверстия различных диаметров используя для последующей обработки инструмент 4 одного диаметра. Например, пусть необходимо получить отверстие диаметром:  $D_2$  ( $D_{ин} < D_2 < D_1$ )

Тогда сначала необходимо обработать отверстие, согласно рисунку 1.12д, диаметром:

$$D_{пр2} = 2D_{ин} - D_2, \text{ мм} \quad (1.22)$$

а затем, обработав полученное отверстие инструментом 4, получим отверстие 8, согласно рисунку 1.12 е, диаметром  $D_2$ .

Инструмент 4 в процессе обработке подвергается размерному износу, что приводит к уменьшению обрабатываемого отверстия. С увеличением длины обработки величина размерного износа увеличивается практически пропорционально этой длине. Износ инструмента сопровождается, как правило, с

									Лист
									34
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

увеличением сил резания, следовательно, увеличивается по мере износа сила, действующая со стороны затупленного лезвия 5 на предварительно обработанную поверхность 3, причем величина смятия также пропорциональна величине обработки.

Таким образом, по мере увеличения длины обработки диаметр обрабатываемого отверстия уменьшается на величину –  $\delta l_i$ ,

где  $l_i$  – текущая длина обработки, мм;

$\delta$  – суммарная величина износа острозаточенного лезвия и смятия затупленным лезвием предварительно обработанной поверхности.

Учитывая вышеизложенное выражение (1) примет вид:

$$D_{пр(l_i+\tau)} = 2D_{ин} - D_{li} - \delta l_i, \text{ мм} \quad (1.23)$$

Величину  $\delta l_i$  следует учитывать при обработке отверстия с жесткими допусками на диаметр, а также при обработке отверстий в деталях из труднообрабатываемых материалов и деталях большой длины.

Предлагаемый способ может быть использован для компенсации износа инструмента для последующей обработки отверстия. Например, пусть диаметр инструмента 9 для последующей обработки равен  $D_{ин1}$  (инструмент новый), согласно рисунку 1.13. Тогда на предварительном проходе необходимо получить отверстие, согласно рисунку 1.13а, диаметром:

$$D_{пр3} = 2D_{ин1} - D_3 - \delta l_i, \text{ мм} \quad (1.24)$$

Обработав затем полученное отверстие инструментом 9 диаметром  $D_{ин1}$ , согласно рисунку 1.13 б, получим отверстие диаметром  $D_3$ .

По истечении некоторого времени вследствие износа и переточек диаметр инструмента 9 станет  $D_{ин2}$ , а размер обрабатываемого им отверстия выйдет за нижнюю границу поля допуска. Для того чтобы использовать этот инструмент для дальнейшей обработки и получения отверстия диаметром  $D_3$ , необходимо уменьшить диаметр предварительно обработанного отверстия, согласно рисунку 1.13 в:

$$D_{\text{пр4}} = 2D_{\text{ин2}} - D_3 - \delta l_i, \text{мм} \quad (1.25)$$

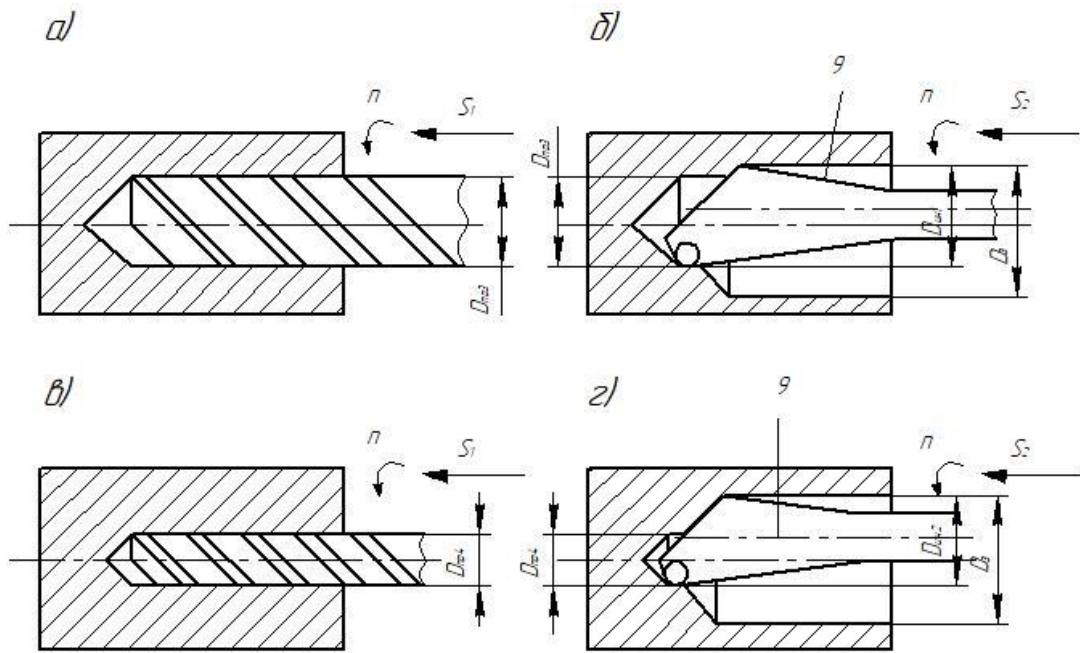


Рисунок 1.13 – Схема осуществления способа многопроходной обработки, при повышенном размере износе инструмента

Тогда, обработав изношенным инструментом 9 отверстие, получим отверстие диаметром  $D_3$ , согласно рисунку 1.13 г. Данный способ позволит существенно повысить срок эксплуатации инструмента, особенно мерного инструмента с обратной конусностью на калибрующей части. Предлагаемый способ может быть использован для получения конических отверстий. Для этого необходимо сначала на первом проходе получить отверстие конусностью, обратной конусности получаемого отверстия, согласно рисунку 1.14 а, например, комбинированным инструментом (сверлом разверткой 10), а затем обработать полученное отверстие 11 инструментом 12. Для получения заданных параметров отверстий 13  $D_5$  и  $D_4$ , согласно рисунку 1.14 в, необходимо на предварительном проходе обработать коническое отверстие с размерами:

$$D_{\text{пр0}} = 2D_{\text{ин}} - D_4$$

$$D_{\text{пр}(li+\tau)} = 2D_{\text{ин}} - D_5 - \delta l_i$$

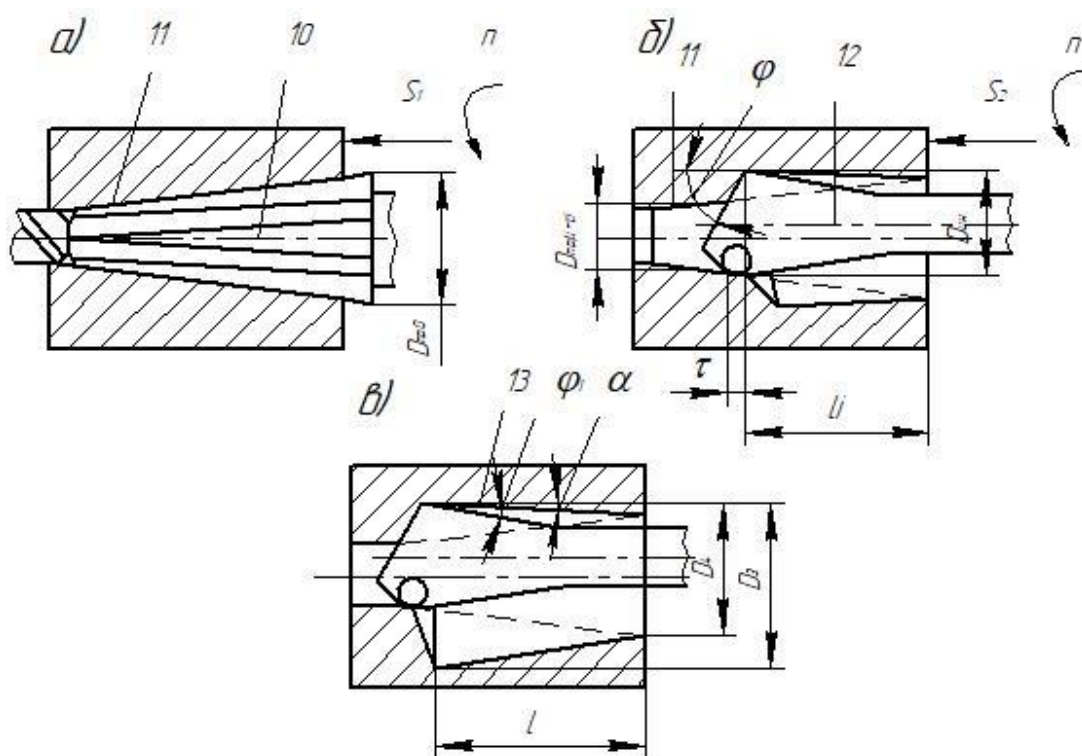


Рисунок 1.14 – Схема осуществления способа многопроходной обработки, при формировании конического отверстия.

Вспомогательный угол в плане  $\varphi_1$  острозаточенного лезвия, согласно рисунку 1.14 в, должен быть больше или, в крайнем случае, равен углу конуса  $\alpha$ . Особенно эффективно применение данного способа для получения конических отверстий малого диаметра. Предлагаемый способ может быть реализован практически на любом оборудовании.

Способ многопроходной обработки отверстий, при котором детали и инструменту сообщают относительное вращение и движение подачи, а обработку отверстий осуществляют в два прохода, причем на втором проходе обработку осуществляют инструментом, режущие лезвия которого имеют различный радиус заострения и смещены одно относительно другого в осевом направлении, отличающийся тем, что с целью расширения технологических возможностей, обработку на втором проходе осуществляют инструментом, у которого лезвие с большим радиусом заострения расположено перед лезвием с меньшим радиусом заострения, при этом инструменту сообщают подачу:

$$S > \frac{f \cos \varphi - \tau}{2} \quad (1.26)$$

где  $S$  – подача инструмента за один оборот, мм;

$f$  – наибольшая длина активной части лезвия с меньшим радиусом заострения;

$\varphi$  – главный угол в плане лезвия с меньшим радиусом заострения;

$\tau$  – величина, на которую лезвие с большим радиусом заострения выступает относительно лезвия с меньшим радиусом заострения в направлении осевой подачи.

Диаметры отверстий на первом и втором проходах находятся в зависимости:

$$D_{\text{пр}(l_i+\tau)} = 2D_{\text{ин}} - D_{l_i} - \delta l_i, \text{ мм} \quad (1.27)$$

где  $D_{\text{пр}(l_i+\tau)}$  – диаметр отверстия, обработанного на первом проходе, на расстоянии  $l_i+\tau$  от входного торца;

$D_{\text{ин}}$  – диаметр инструмента для обработки отверстия на втором проходе;

$D_{l_i}$  – диаметр окончательно обработанного отверстия на расстоянии  $l_i$  от входного торца;

$\delta$  – суммарная величина удельного износа лезвия с большим радиусом заострения и смятия предварительно обработанной поверхности лезвием с меньшим радиусом заострения;

$l_i$  – длина обработки.

									Лист
									38
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	15.03.05.2020.200 ПЗ				

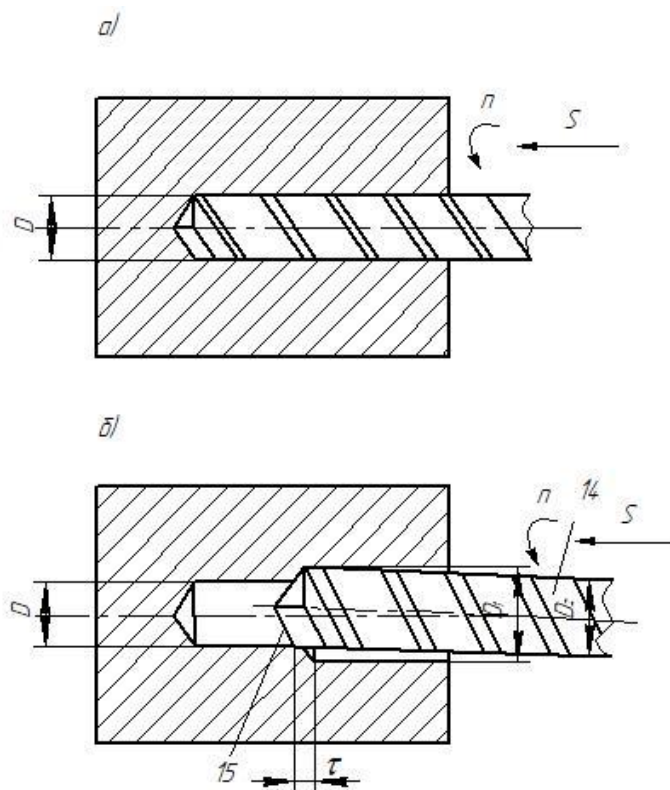


Рисунок 1.15 – Схема осуществления способа многопроходной обработки, при обработке цилиндрического отверстия.

С целью получения конического отверстия на втором проходе, на первом проходе формируют отверстия с конусностью, обратной конусности получаемого отверстия.

Для экспериментальной проверки этого эффекта в заготовке из оргстекла и алюминия с использованием сверла и конической развертки было выполнено отверстие с различными размерами на входе 12 мм и на выходе 10 мм, согласно рисунку 1.14. Это отверстие было обработано специально заточенным инструментом одностороннего резания, согласно рисунку 1.15, при этом частота вращения детали составила  $n=125$  об/мин, осевая подача  $S=0,1$  мм/об. В процессе обработки инструмент базировался кулачком на коническую поверхность отверстия. В результате обработки было получено отверстие с обратной конусностью, согласно рисунку 1.16.

Зависимость между диаметром инструмента, диаметром обрабатываемого и обработанного отверстий имеет вид:

$$D_i = 2 \cdot D_{ин} - d_i \quad (1.28)$$

где  $D_i$  – текущий диаметр обрабатываемого отверстия,

$d_i$  – текущий диаметр предварительно обработанного отверстия.

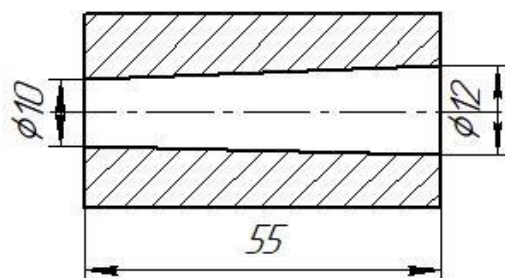


Рисунок 1.16– Эскиз заготовки

На рисунках 1.17 и 1.18 показан инструмент для обработки отверстий с обратной конусностью и схема процесса образования отверстия с обратной конусностью.

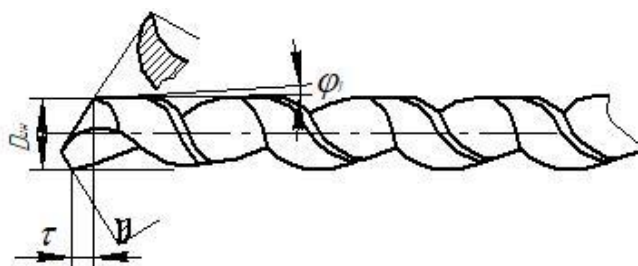


Рисунок 1.17 – Инструмент для обработки отверстий с обратной конусностью

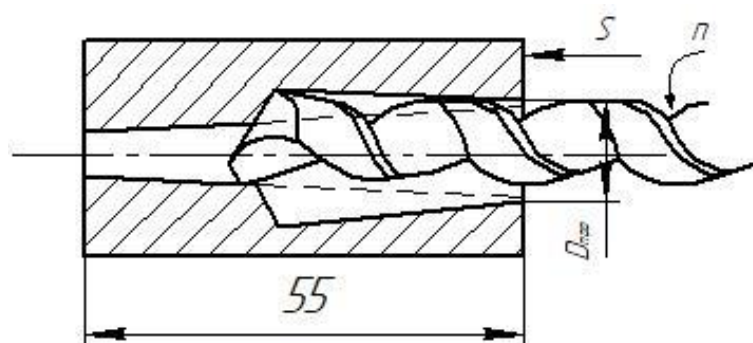


Рисунок 1.18– Схема процесса образования отверстия с обратной конусностью



## Выводы по разделу один

В данном разделе подробно описаны существующие методы компенсации размерного износа мерного инструмента такие как регулировка инструмента, замена режущих пластин, электроэрозионное, плазменное, лазерное упрочнение и другие способы. Также были рассмотрены математические модели формообразования отверстий двулезвийными инструментами. Далее был рассмотрен способ компенсации размерного износа с базированием инструмента по предварительно обработанной поверхности.

Данные методы позволяют контролировать и управлять процессом износа мерного инструмента, что является очень важным элементом в механической обработке изделий.

					15.03.05.2020.200 ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## 2 Конструкторский раздел

### 2.1 Реализация способа компенсации размерного износа мерного инструмента

Целью является исследование возможности переточки мерного инструмента таким образом, чтобы после его переточки (в процессе которой происходит уменьшение диаметра инструмента) при повторном его использовании сохранялся исходный диаметр отверстия.

Инструмент в процессе обработки подвергается размерному износу, что приводит к уменьшению обрабатываемого отверстия. С увеличением длины обработки величина размерного износа увеличивается практически пропорционально этой длине. Таким образом, по мере увеличения длины обработки диаметр обрабатываемого отверстия уменьшается на величину –  $\delta l_i$ ,

$$D_2 = 2D_{\text{ин}} - d - \delta l_i, \text{ мм} \quad (2.1)$$

где  $l_i$  – текущая длина обработки, мм;

$\delta$  – суммарная величина износа острозаточенного лезвия и смятия затупленным лезвием предварительно обработанной поверхности.

Данный факт был рассмотрен на примере ружейного зенкера. Для этого в начале была рассмотрена данная наработка на эскизе, показанном на рисунке 2.1.

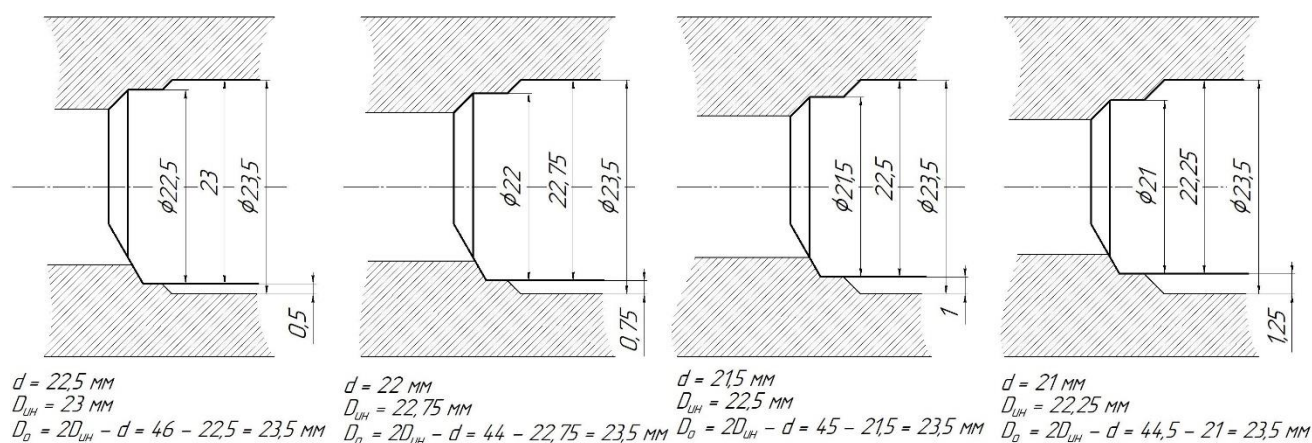


Рисунок 2.1 – Схема

Рассмотрев данную схему можно увидеть, что при переточке большей части режущей пластинки на величину  $x$ , а меньшей части режущей пластинки на величину  $2x$  и дальнейшей обработке отверстия и последующем сравнении с отверстием обработанным тем же самым ружейным зенкером до его переточки, мы получим отверстия одинаковые по внутреннему диаметру.

Для подтверждения данной теории были проведены эксперименты с переточкой ружейного зенкера и последующей обработкой отверстий. На рисунке 2.2 показана заготовка, обработанная ружейным зенкером до переточки.



Рисунок 2.2 – Заготовка обработанная ружейным зенкером до переточки

Окончательный диаметр отверстия составил 23,5 мм. После этого зенкер был переточен по большей части пластинки на 0,25 мм, а по меньшей части на 0,5 мм. После переточки была обработана вторая заготовка. Результаты показаны на рисунке 2.3.

						Лист
					15.03.05.2020.200 ПЗ	43
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



Рисунок 2.3 – Заготовка обработанная ружейным зенкером после первой переточки

После обработки второй заготовки уже переточенным зенкером окончательный диаметр отверстия составил 23,5 мм. То есть был достигнут ожидаемый результат.

В дальнейшем зенкер был переточен еще раз и после этого произведена обработка заготовки еще раз. Результаты обработки показаны на рисунке 2.4.



Рисунок 2.4 – Заготовка обработанная ружейным зенкером после второй переточки

После обработки был получен окончательный диаметр заготовки равный 23,5 мм. Таким образом получилось добиться необходимого результата после второй переточки зенкера.

Анализируя результаты работы, стоит отметить работоспособность данного метода компенсации размерного износа инструмента. Используя данный метод можно получить значительную экономию и использовать мерный инструмент с гораздо большей эффективностью.

## 2.2 Сверло ружейное

В производственных условиях было испытано сверло со специальной заточкой калибрующего лезвия, изображенное на рисунке 2.5. Такое сверло при достаточно высокой точности позволило обеспечить шероховатость поверхности не выше 0,2 – 0,3 мкм, а срок службы инструмента повысить в 4 – 5 раз.

Малая шероховатость при использовании такого сверла обеспечивалась благодаря тому, что сверло в процессе обработки базируется на поверхность, обработанную первым лезвием. Второе лезвие производит подчистку отверстия. Такая конструкция позволяет производить переточку инструмента не только по главной, но и по вспомогательной задней поверхности. Уменьшение диаметра инструмента при этом полностью компенсируется в процессе обработки.

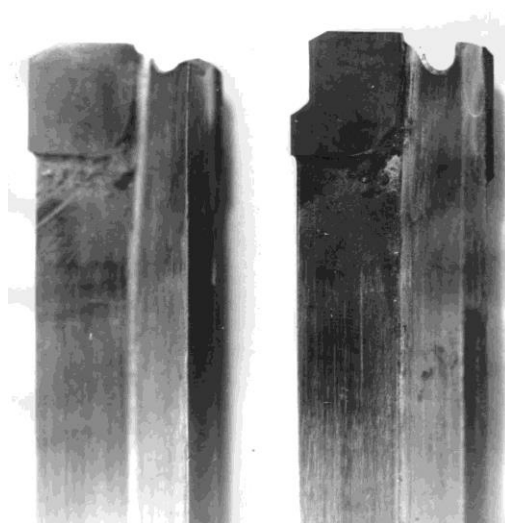


Рисунок 2.5 – Специально заточенные ружейные сверла

						15.03.05.2020.200 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			45

Расчет параметров сверления ружейным сверлом:

Схема обработки глубокого отверстия показана на рисунке 2.6. Диаметр получаемого отверстия находится по формуле:

$$D = d - 2\Delta \quad (2.2)$$

$$d_1 = d - \Delta d \quad (2.3)$$

$$h = ct_1$$

$$h = ct_2 \quad (2.4)$$

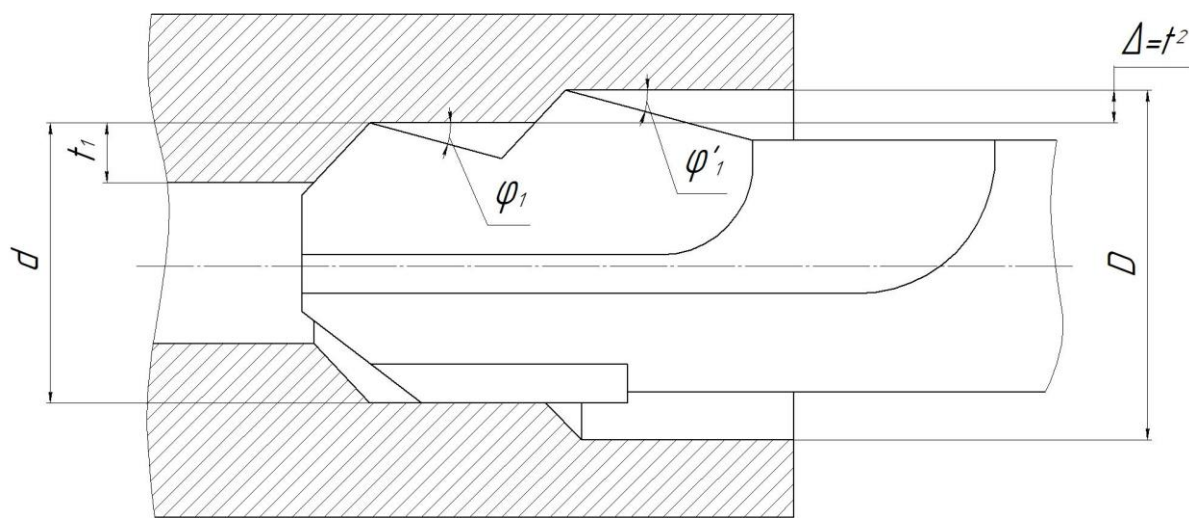


Рисунок 2.6 – Схема обработки глубокого отверстия

$$D = d + 2\Delta d$$

$$D = d_1 - ct_1 \cdot \operatorname{tg}\varphi_1 + 2(\Delta - ct_2 \cdot \operatorname{tg}\varphi_1' + ct_1 \cdot \operatorname{tg}\varphi_1) \quad (2.5)$$

$$D = \operatorname{const}$$

$$\frac{\operatorname{tg}\varphi_1}{\operatorname{tg}\varphi_1'} = \frac{2t_2}{t_1} \quad (2.6)$$

Схема стачивания ленточек и фотография примера обработки отверстия данным ружейным сверлом показаны на рисунках 2.7 и 2.8.







Блок расточной имеет следующие части:

- 1 – плавающий блок,
- 2 – борштанга,
- 3, 4 – режущие элементы,
- 5 – опорно-деформирующий элемент,
- 6 – вершина опорно-деформирующего элемента.

Расстояние между вершинами блока находится:

$$\frac{(d_2 - d_1)}{\operatorname{tg} \varphi} < \tau < \varepsilon \quad (2.7)$$

где  $\tau$  – расстояние между вершиной опорно-деформирующего элемента и вершиной второго режущего элемента,

$\varepsilon$  – расстояние между вершинами режущих элементов,

$d_1$  и  $d_2$  – расстояние между вершинами второго и первого режущих элементов и опорно-деформирующим элементом в радиальном направлении.

Соотношение между геометрическими параметрами первого и второго режущих элементов:

$$\left( \frac{2d_2 - d_1}{d_1} \right)^{\operatorname{m}\delta} \cdot \left( \frac{d_2 - d_1}{f_p \cdot \sin \varphi} \right)^{\operatorname{g}\delta} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha'' \cdot \sin \varphi'' \cdot \sin(\varphi' + \varphi_1')}{\operatorname{tg} \alpha' \cdot \sin \varphi_1' \cdot \sin(\varphi'' + \varphi_1'')} = 2 \quad (2.8)$$

где  $f_p$  – длина рабочей части первого режущего элемента.

Выводы по разделу два

В данном разделе был рассмотрен эксперимент по компенсации размерного износа, позволяющий значительно повысить стойкость концевой мерного инструмента. Также было испытано сверло со специальной заточкой калибрующего лезвия и рассмотрены конструкции ружейного зенкера и расточного блока.

									Лист
									49
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	15.03.05.2020.200 ПЗ				

### 3 Безопасность жизнедеятельности

#### 3.1 Техника безопасности при обработке материалов мерными инструментами на сверлильных станках

Общие требования безопасности к производственным процессам. Эти требования установлены по ГОСТ 12.3.002.–75. Они включают: устранение непосредственного контакта работающих с исходными материалами, готовой продукцией; замену технологических процессов и операций, связанных с возникновением опасных и вредных производственных факторов; герметизацию оборудования; обеспечение пожаро - и взрывобезопасности и другое.

Кроме того, безопасность производственных процессов во многом зависит от их организации, рациональной планировки цехов и участков и правильности организации рабочих мест, выполнения требований безопасности к производственным помещениям, хранению, транспортированию, складированию исходных материалов, заготовок и готовой продукции, а также к удалению отходов и их утилизации и требований безопасности, предъявляемых к производственному персоналу.

При организации рабочих мест руководствуются принципами, изложенными в ГОСТ 12.2.061–81. Конструкция рабочего места, его размеры и взаимное расположение его элементов должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психофизиологическим данным человека, а также характеру работы.

Общие требования безопасности при обработке металлов резанием определены ГОСТ 12.3.025.–80, в соответствии с которым установка обрабатываемых заготовок и снятие готовых деталей во время работы оборудования допускаются вне зоны обработки при применении специальных позиционных приспособлений, обеспечивающих безопасность работающих.

К выполнению технологических операций обработки резанием допускаются лица соответствующей профессии, специальности и квалификации,

									Лист
									50
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	15.03.05.2020.200 ПЗ				

прошедшие инструктаж и обучение. Обучение и инструктаж рабочих, инженерно–технических работников и служащих безопасности труда проводят в соответствии с ГОСТ 12.0.004–79.

К основным станкам сверлильной группы относятся: вертикально-сверлильные, радиально-сверлильные и специальные, в том числе агрегатно-сверлильные.

При работе на сверлильных станках наибольшую опасность представляют вращающиеся части станка – шпиндель, патрон, сверло. Эти части при отсутствии мер предосторожности могут захватить одежду или волосы станочника. Несчастные случаи возможны при недостаточно надежном креплении на столе станка обрабатываемой детали, инструмента (сверла) и при поломке сверла в связи с нарушением правил эксплуатации станка или несоблюдением режимов резания при глубоком сверлении. Поломки сверла происходят в основном при сверлении с ручной подачей полых деталей после выхода сверла из отверстия (поэтому при сверлении полых деталей следует пользоваться автоматической подачей и применять подкладки); при встрече сверла с раковиной или твердым включением; при засорении канавок сверла плотно набившейся стружкой, особенно при глубоком сверлении.

При сверлении на большую глубину вязких металлов спиральными сверлами стружка из-под сверла выходит двумя длинными спиралями, которые вращаются вместе со сверлом и могут нанести ранения работающему на станке. При таком сверлении целесообразно применять средства дробления стальной стружки. Дробление может осуществляться сверлами со стружкодробящими канавками или прерывистой подачей сверла. Дробление стружки при прерывистой подаче сверла не требует специальных устройств. При известном навыке рабочего стружка из-под сверла при такой подаче выходит небольшими отрезками, не представляющими опасности с точки зрения травмирования.

При сверлении хрупких материалов, например чугуна, бронзы и неметаллических материалов без СОЖ, рабочая зона загрязняется мелкой

									Лист
									51
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	15.03.05.2020.200 ПЗ				

стружкой и пылью обрабатываемого материала, которые могут привести к травме глаз.

В серийном и массовом производстве для одношпиндельных, многошпиндельных и агрегатных сверлильных станков рекомендуется применять пылестружковсасывающие устройства.

При организации работы на сверлильных станках и в процессе ее выполнения необходимо иметь в виду следующее:

– патрон для закрепления сверла не должен иметь на наружных поверхностях выступающих частей;

– механизм крепления сверла должен обеспечивать надежный зажим, прочное центрирование и быструю смену инструмента;

– при сверлении отверстий в громоздких деталях, когда затруднительно пользоваться зажимными приспособлениями, следует предусматривать устройства, исключающие проворачивание деталей, что особенно опасно при заедании сверла. Эти устройства могут делаться в зависимости от формы и размеров обрабатываемой детали или в виде направляющих угольников, или в виде шпилек, укрепляемых на столе станка позади обрабатываемой детали;

— при сверлении отверстий в деталях малого размера следует пользоваться ручными зажимами; удерживать деталь непосредственно в руках (без зажима) опасно;

— сметать стружки со станка следует только специальной щеткой.

При работе на сверлильных станках необходимо строго соблюдать правила ношения личной одежды и спецодежды: нельзя работать без головных уборов, без защитных очков, в неряшливо надетой одежде [8].

В лаборатории проводятся работы на вертикально-сверлильных станках. Отверстия на сверлильных станках обрабатывают различными режущими инструментами: сверлами, зенкерами, зенковками, развертками, резцами и метчиками. Будем пользоваться сверлами различной конструкции: спиральными, ружейными, перовыми, с твердосплавными пластинками, из быстрорежущей

									Лист
									52
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

15.03.05.2020.200 ПЗ

стали. Для обработки будем использовать материалы такие, как чугун, бронза, оргстекло, эбонит, труднообрабатываемые стали.

По классификации помещений и условий работ по степени опасности поражения электрическим током исследовательская лаборатория относится к помещениям с повышенной опасностью. Характеризуется нормальной температурой и влажностью, отсутствием пыли, наличием токопроводящих полов.

Категория помещения лаборатории по степени взрывопожарной опасности низкая Д. Характеризуется наличием негорючих веществ, материалов в холодном состоянии.

### 3.2 Расчет освещения производственных помещений

Правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений на предприятиях машиностроительной промышленности оказывает положительное психофизиологическое воздействие на работающих, способствует повышению качества продукции и производительности труда, обеспечению его безопасности, снижает утомление и травматизм на производстве, сохраняет высокую работоспособность в процессе труда [10].

Основной задачей светотехнических расчетов является:

- для естественного освещения – определение необходимой площади световых проемов;
- для искусственного освещения – определение требуемой мощности электрической осветительной установки для создания заданной освещенности.

#### 3.2.1. Расчет естественного освещения

Расчет площади световых проемов, при боковом освещении помещений, производится по формуле[11]:

									Лист
									53
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

$$S_0 = \frac{e_N \cdot S_n \cdot K_3 \cdot \eta_0 \cdot K_{зд}}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1}, \text{ м}^2, \quad (3.1)$$

где  $e_N$  – нормированное значение КЕО, %, определяемое по формуле:

$$e_N = e_H \cdot m_N, \quad (3.2)$$

где  $e_H$  – нормированное значение КЕО;

$N$  – номер группы административного района по обеспеченности естественным светом;

$m_N$  – коэффициент, учитывающий особенности светового климата района;

$$e_N = 1,2\% \cdot 1 = 1,2\%$$

$S_n$  – площадь пола помещения,  $\text{м}^2$ ;

$$S_n = 10 \cdot 6 = 60, \text{ м}^2$$

$K_3$  – коэффициент запаса, определяемый с учетом запыленности помещения, расположения стекол (наклонно, горизонтально, вертикально) и периодичности очистки;

$$K_3 = 1,4$$

$\eta_0$  – световая характеристика окон;

$$\eta_0 = 10,5$$

$K_{зд}$  – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями;

$$K_{зд} = 1,2$$

$\tau_0$  – общий коэффициент светопропускания, определяемый по формуле:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4, \quad (3.3)$$

где  $\tau_1$  – коэффициент светопропускания материала;

$\tau_2$  – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема;

$\tau_3$  – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях, при боковом освещении  $\tau_3 = 1$ ;

						15.03.05.2020.200 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			54

$\tau_4$  – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах;

$$\tau_0 = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 = 0,48$$

$r_1$  – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении за счет света, отраженного от поверхности помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию, зависит от средневзвешенного коэффициента отражения поверхностей помещения  $P_{cp}$ , %, который при боковом и верхнем освещении определяется по формуле:

$$P_{cp} = \frac{P_{пт} \cdot S_{пт} + P_{ст} \cdot S_{ст} + P_{пп} \cdot S_{пп}}{S_{пт} + S_{ст} + S_{пп}}, \quad (3.4)$$

где  $P_{пт}$ ,  $P_{ст}$ ,  $P_{пп}$  – коэффициенты отражения потолка, стен, пола, %;

$S_{пт}$ ,  $S_{ст}$ ,  $S_{пп}$  – площади потолка, стен, пола, м<sup>2</sup>:

$$S_{пт} = L \cdot B,$$

$$S_{ст} = 2L \cdot H + 2B \cdot H, \quad (3.5)$$

$$S_{пп} = L \cdot B,$$

где  $L$  – длина помещения – расстояние между стенами, перпендикулярными к наружной стене, м;

$$L=10\text{м}$$

$B$  — ширина помещения, м;

$$B=6\text{м}$$

$H$  — высота помещения, м.

$$H=4\text{м},$$

$$S_{пт}= 60, \text{ м}^2,$$

$$S_{ст}= 128, \text{ м}^2,$$

$$S_{пп}= 60, \text{ м}^2.$$

Находим средневзвешенный коэффициент отражения поверхностей помещения  $P_{cp}$ , %:

					15.03.05.2020.200 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		55

$$p_{cp} = \frac{0,65 \cdot 60 + 0,70 \cdot 128 + 0,20 \cdot 60}{60 + 128 + 60} = 0,57$$

По нему выбираем  $r_1$ :

$$r_1 = 1,3$$

Находим площадь световых проемов, при боковом освещении помещения:

$$S_0 = \frac{1,2 \cdot 60 \cdot 1,4 \cdot 10,5 \cdot 1,2}{100 \cdot 0,48 \cdot 1,3} = 20,4 \text{ м}^2$$

В соответствии с принятым коэффициентом естественного освещения, необходимая площадь световых проемов, для нормального естественного освещения при боковом освещении помещений должна быть равна  $S_0=20,4\text{м}^2$ , разница составляет 3% от фактической площади световых проемов, что является допустимым значением в соответствии со строительными нормами и правилами СНиП 23 – 05 – 95.

### 3.2.2 Расчет искусственного освещения

Расчет искусственного освещения выполняют при проектировании осветительных установок для определения общей установленной мощности и мощности каждой лампы [11].

При проектировании искусственного освещения необходимо учитывать условия зрительной работы:

- систему освещения (общая или комбинированная);
- наименьший объект различения, мм;
- разряд зрительной работы;
- подразряд зрительной работы;
- контраст объекта с фоном;
- характеристику фона.

Расчет общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом использования коэффициента светового потока по формуле:

									Лист
									56
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

15.03.05.2020.200 ПЗ



$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot n \cdot \gamma \cdot \eta_n}, \quad (3.6)$$

где  $\Phi$  – световой поток лампы, лм;

$E_n$  – нормированная освещенность, лк;

$S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий запыление светильников и износ источников света в процессе эксплуатации;

$Z$  – поправочный коэффициент, учитывающий неравномерность освещения,  $Z=1,1$ ;

$N$  – количество светильников;

$n$  – количество ламп в светильнике;

$\gamma$  – коэффициент затенения рабочего места работающим,  $\gamma = 0,9$ ;

$\eta_n$  – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока определяется в зависимости от типа светильника, коэффициентов отражения стен и потолка помещения и индекса помещения, определяемого по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_0 \cdot (A + B)}, \quad (3.7)$$

где  $A$  и  $B$  – длина и ширина помещения, м;

$h_0$  – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м.

Выбираем  $E_n$ , учитывая требования к освещению помещений промышленных предприятий:

$E_n = 200$  лк,

Площадь, рассчитываемого помещения равна:

$S = 60$  м<sup>2</sup>,

На рисунке 3.1 представлена схема расположения светильников

									Лист
									57
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	15.03.05.2020.200 ПЗ				

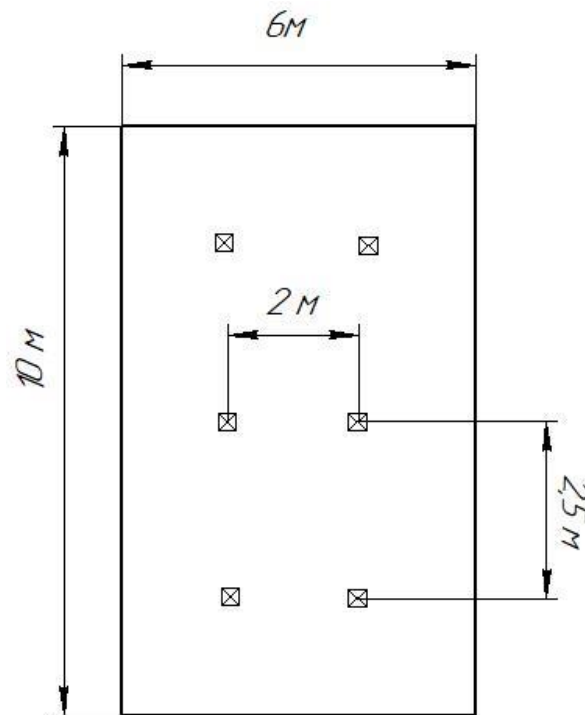


Рисунок 3.1 – Схема расположения светильников

Так как лаборатория относится к помещениям с нормальными условиями среды, коэффициент запаса равен:

$$K_3 = 1,4,$$

Находим коэффициент использования светового потока, используя при этом индекс помещения:

$$i = \frac{6 \cdot 10}{2,5 \cdot 16} = 1,5$$

$$\eta_n = 0,57$$

Подставляем все найденные значения в формулу и определяем необходимый световой поток:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot n \cdot \gamma \cdot \eta_n} = \frac{200 \cdot 60 \cdot 1,4 \cdot 1,1}{6 \cdot 2 \cdot 0,9 \cdot 0,57} = 3015 \text{ лк.}$$

По рассчитанному световому потоку выбираем светильники типа ЛБ мощностью 60 Вт, которые будут полностью обеспечивать в лаборатории общее равномерное искусственное освещение горизонтальной поверхности.

### 3.3 Расследование, регистрация и учет несчастных случаев на производстве.

Для выявления нарушений норм по охране труда и предотвращения травматизма важное значение имеют расследование и учет несчастных случаев, связанных с производством.

Расследованию подлежат те несчастные случаи, которые произошли на территории предприятия; вне территории предприятия при выполнении работы по его заданию, а также с рабочими и служащими, доставляемыми на место работы и с работы на транспорте, предоставленном предприятием [9].

Расследованию подлежат несчастные случаи, происшедшие как в течение рабочего времени (включая перерывы), так и перед началом, и по окончании работ, а также при выполнении работ в сверхурочное время, в выходные и праздничные дни.

Острые отравления, тепловые удары, обмороживание расследуются и учитываются как несчастные случаи.

Результаты расследования несчастного случая на производстве, вызвавшего потерю трудоспособности не менее одного рабочего дня, оформляется администрацией актом по форме Н-1.

О каждом несчастном случае на производстве пострадавший или очевидец несчастного случая немедленно извещает мастера, начальника цеха или соответствующего руководителя работ. Мастер, узнав о несчастном случае, должен организовать первую помощь пострадавшему и направить его в медицинский пункт и сообщить о происшедшем случае начальнику цеха или соответствующему руководителю работ.

Начальник цеха, где произошел несчастный случай, обязан срочно сообщить о происшедшем несчастном случае руководителю предприятия и профсоюзному комитету, расследовать в течение 24 часов совместно со старшим инспектором по охране труда цеха и инженером по охране труда, несчастный

									Лист
									59
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

15.03.05.2020.200 ПЗ

случай, выяснить его обстоятельства и причины, а также наметить мероприятия по предупреждению повторения подобных случаев. Начальник цеха должен составить акт о несчастном случае по форме Н-1 в четырех экземплярах и направить их главному инженеру предприятия.

Главный инженер предприятия обязан в суточный срок рассмотреть и утвердить акт и принять меры к устранению причин, вызвавших несчастный случай.

В особом порядке подлежат расследованию и учету групповые тяжелые и со смертельным исходом несчастные случаи. Ответственность за правильное и своевременное расследование и учет несчастных случаев, а также за выполнение мероприятий, указанных в акте, несут руководитель предприятия, главный инженер, начальники цехов, мастера и другие руководители соответствующих участков.

По материалам расследования и решению профсоюзного комитета руководитель предприятия или учреждения издает приказ по устранению причин, вызвавших несчастный случай, с указанием сроков исполнения мероприятий и лиц, ответственных за их выполнение.

Контроль за правильным и своевременным расследованием и учетом несчастных случаев, а также за выполнение мероприятий по устранению причин, вызвавших несчастный случай, осуществляют вышестоящие ведомственные органы, общественные органы, профсоюзные комитеты, общественные инспекторы по охране труда, технические инспекторы труда и местные органы Госгортехнадзора, Госэнергонадзора на объектах им подконтрольных.

Администрация предприятия обязана выдать пострадавшему по его требованию заверенную копию акта о несчастном случае не позднее трех дней с момента окончания расследования.

					15.03.05.2020.200 ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

### Выводы по разделу три

В данном разделе были рассмотрены вопросы техники безопасности при работе мерными инструментами на сверлильном станке, было рассчитано искусственное и естественное освещение производственного помещения, а также вопросы касающиеся расследования, регистрации и учета несчастных случаев на производстве.

					15.03.05.2020.200 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		61

#### 4 Экономический раздел

В экономической части дипломного проект предлагается рассмотреть расчет затрат на НИР.

##### 4.1 Затраты на НИР

Общая сумма затрат на НИР определяется по смете затрат, в которую включаются следующие статьи расходов:

- а) затраты на материалы и комплектующие изделия;
- б) затраты на электроэнергию;
- в) заработная плата исполнителя (основная и дополнительная), с учетом единого социального налога;
- г) затраты на оборудование;
- д) услуги сторонних организаций и предприятий;
- е) командировочные расходы;
- ж) прочие прямые расходы;
- з) накладные расходы;

Исходные данные:

- а) количество исполнителей НИР - 2;

штат сотрудников:

- 1) Руководитель исследования (оклад 5000 рублей);
- 2) Лаборант (оклад 1000 рублей).

- б) срок выполнения НИР: 2 месяца.

##### 4.1.1 Затраты на материалы и комплектующие изделия

Затраты на материалы и комплектующие изделия связаны с изготовлением макета или опытного образца. В процессе выполнения НИР были созданы опытные модели геометро - кинематического уровня, которые можно разделить на четыре разновидности:

					15.03.05.2020.200 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		62

- модели с базированием на обработанную поверхность;
- модели с базированием на поверхность резания;
- модели с базированием на предварительную поверхность;
- модели с базированием на кромку пересечения поверхности резания и предварительной поверхности.

В комплект моделей входят три обычных спиральных сверла и три специально заточенных ружейных сверла. Также разработан универсальный комплект сверл в количестве восьми штук.

Материалы, использованные для создания опытных моделей, сведены в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Материалы, потребные для создания опытных моделей

Наименование	Кол-во	Ед. изм.	Цена за ед-цу, руб.	Стоимость, руб
Спиральные сверла	8	шт	10	80
Ружейные сверла	3	шт	25	75
Универсальные сверла	3	шт	50	150
Зенкер ружейный	1	шт	30	30
Вспомогательный материал	5	шт	100	500
ИТОГО				835

#### 4.1.2 Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию складываются из затрат на освещение рабочего помещения и на работу электрооборудования.

Для освещения рабочего помещения площадью 18 м<sup>2</sup>, в котором производится работа высокой зрительной точности (работа на компьютере) согласно СНиП II-4-79 3, необходимо минимальное значение освещенности 300

Лк. Для выполнения требований СНиП II-4-79 использовались 3 люминесцентные лампы мощностью 60 Вт.

В таблице 4.2 приводится расчет на электроэнергию потребную для освещения.

Таблица 4.2 – Расчет затрат на освещение

Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Потребляемая мощность, кВт	Часы работы	Тариф за 1 кВт-час, руб.	Стоимость электроэнергии, руб.
Люминесцентная лампа	3	0,06	264	1,04	49,42
Лампа накаливания	1	0,1	24	1,04	2,5
	Всего				51,92

В таблице 4.3 приведен расчет затрат на технологическую электроэнергию.

Таблица 4.3 – Расчет затрат на технологическую электроэнергию

Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Потребляемая мощность, кВт	Часы работы	Тариф за 1 кВт-час, руб.	Стоимость электроэнергии, руб.
Персональный компьютер	1	0,3	264	1,04	82,37
станок	1	6,5	24	1,04	162,24
	Всего				244,61

Затраты на электроэнергию, рассчитываются по формуле

$$S = S_O + S_{э.т.} \quad (4.1)$$



$$S = 51,92 + 244,61 = 296,53, \text{ руб.}$$

#### 4.1.3 Расчет заработной платы, с учетом единого социального налога

Затраты на заработную плату (основную и дополнительную), рассчитываются на основе численности работников, их квалификации, месячных должностных окладов, часовых тарифных ставок и трудоемкости работ. Фонд заработной платы рассчитывается по формуле (4.2).

$$\text{ФЗП} = \sum_1^k (D_i + D_i \times \frac{K_p}{100}) \times T_i \times n \quad (4.2)$$

где  $D_i$  - должностной оклад работника, руб.;

$K_p$  – доплата,  $K_p = 40 \%$ ;

$T_i$  - общее время работы за срок исполнения НИР, месяц; ( $T_i = 2$  месяца);

$k$  - число категорий;

$n$  - количество работников данной категории, % ( $n = 1$  человек).

Итак, фонд основной заработной платы:

$$\text{ФЗП} = (5000 + 2000) \times 2 + (1000 + 400) \times 2 = 16800 \text{ (руб.)}$$

Сумма дополнительной заработной платы берется на уровне 10 % от основной заработной платы. С учетом дополнительной заработной платы фонд заработной платы рассчитывается по формуле (4.3).

$$\text{ФЗП}_д = \text{ФЗП} \times K, \quad (4.3)$$

где  $K$  – коэффициент дополнительной заработной платы, равен 1.1.

$$\text{ФЗП}_д = 16800 \times 1.1 = 18480 \text{ (руб.)}$$

Отчисления на социальные нужды (единый социальный налог) составляют 26 % от фонда заработной платы ( $\text{ФЗП}_д$ )

$$\text{НФЗП} = 18480 \times 0.26 = 4804,8 \text{ (руб.)}$$

Итого: общий фонд заработной платы с начислениями составляет:

$$\text{ФЗП}_о = \text{ФЗП}_д + \text{НФЗП} = 18480 + 4804,8 = 23284,8 \text{ (руб.)}$$

									Лист
									65
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

#### 4.1.4 Расходы на оборудование

Расходы на оборудование определяются в зависимости от его видов, количества, оптовых цен, стоимости транспортных расходов и установки.

В данном случае для проведения научно – технических исследований необходимо арендовать следующее оборудование:

- а) Станок.
- б) Персональный компьютер.

Затраты на оборудование, необходимое для проведения НИР сведены в таблицу 4.4

Таблица 4.4 – Оборудование для НИР

Наименование прибора, оборудования	Потребное количество	Цена, руб.	Время использован ия по теме, час	Норма амортизации, %	Сумма амортизации
Станок	1	90000 0	24	0,2	1950
Персональный компьютер	1	30000	264	0,3	1500
	Итого:				3450

Затраты на оборудование составят 3450 рублей.

Таким образом, прямые затраты на НИР составят:

$$\text{ПЗ} = 835 + 296,53 + 23284,8 + 698,54 + 3450 = 28664,87(\text{руб.})$$

#### 4.1.5 Услуги сторонних организаций

К услугам сторонних организаций и предприятий относятся работы, выполняемые на основе договорных условий с предприятиями и организациями.

Стоимость этих работ рассчитывается в соответствие со сметой, которая является приложением к договору. При выполнении НИР услугами сторонних организаций не пользовались, таким образом затраты по этой статье отсутствуют.

#### 4.1.6 Командировочные расходы

Суммы расходов на командировки рассчитываются по нормативам в зависимости от общей суммы средств, выделяемых на НИР, которая, в свою очередь, определяется на основе договорных условий или экспертных оценок. При выполнении НИР командировок не было, следовательно, расходов по этой статье нет.

#### 4.1.7 Прочие прямые расходы

В процессе разработки опытных образцов, к прочим прямым расходам можно отнести затраты на литературу, бумагу для печати, тонер для принтера. Сумма прочих прямых расходов определяется на уровне 3 % от общего фонда заработной платы (ФЗПО):

$$П_{\text{пр}} = \text{ФЗПО} \times 0.03 = 23284,8 \times 0.03 = 698,54 \text{ (руб.)}$$

#### 4.1.8 Расчет накладных расходов

Накладные расходы определяются по нормативам, устанавливаемым к предыдущим статьям калькуляции по НИР. Уровень накладных расходов составляет 18 % от суммы прямых расходов:

$$\text{НР} = \text{ПЗ} \times 0.18 = 28664,87 \times 0.18 = 5159,68 \text{ (руб.)}$$

Таким образом, себестоимость разработки составляет:

$$С = \text{ПЗ} + \text{НР} = 28664,87 + 5159,68 = 33824,55 \text{ (руб.)}$$

ИТОГО: С = 33824,55рублей.

					15.03.05.2020.200 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		67

#### 4.2 Полная прибыль от внедрения НИР

Определение прибыли производится на основе рентабельности разработки. Нормативный показатель рентабельности - 25 %. Тогда согласно формуле рентабельности (4.4) прибыль находится по формуле (4.5).

$$P = \frac{\Pi}{C} \quad (4.4)$$

$$\Pi = C \times P \quad (4.5)$$

где P - рентабельность;

C - себестоимость разработки, то есть затраты на разработку;

Π – прибыль НИР.

$$\Pi = 33824,55 \times 0.25 = 8456,14 \text{ (руб.)}$$

Таким образом, при указанных затратах и рентабельности равной 25%, стоимость НИР равна: 8456,14 руб

В таблице 4.5 приведена смета затрат на НИР.

Таблица 4.5 – Смета затрат на НИР

Статьи затрат	Сумма затрат, руб.
1 Прямые расходы	
1.1.1 Фонд основной заработной платы	16800
1.1.2 Фонд основной и дополнительной заработной платы	18480
1.1.3. Начисления на заработную плату	4804,8
1.2 Основной фонд заработной платы с начислениями (фонд оплаты труда)	23284,8
1.4 Затраты на электроэнергию	296,53
1.5 Услуги сторонних организаций и предприятий	–
1.6 Командировочные расходы	–
1.7 Прочие прямые расходы	698,54

## Окончание таблицы 4.5

Статьи затрат	Сумма затрат, руб.
1.8 Затраты на оборудование	3450
1. Прямые затраты на НИР	28664,87
2. Накладные расходы	5159,68
Итого: Затраты на НИР	33824,55
1. Плановая прибыль	8456,14
Итого: Затраты на НИР, с учетом плановой прибыли	42280,7

## Выводы по разделу четыре

В данном разделе были рассчитаны затраты на НИР. Общая сумма затрат на НИР определяется по смете затрат, включающих: затраты на материалы и комплектующие изделия; затраты на электроэнергию; заработная плата исполнителя, с учетом единого социального налога; затраты на оборудование; услуги сторонних организаций и предприятий; командировочные расходы; прочие прямые расходы; накладные расходы.

									Лист
									69
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	15.03.05.2020.200 ПЗ				

## Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были рассмотрены существующие методы компенсации размерного износа мерного инструмента такие как регулировка инструмента, замена режущих пластин, электроэрозионное, плазменное, лазерное упрочнение и другие способы. Также были рассмотрены математические модели формообразования отверстий двулезвийными инструментами. Далее был рассмотрен способ компенсации размерного износа с базированием инструмента по предварительно обработанной поверхности, затем используя данный способ были проведены эксперименты, подтверждающие его актуальность. В конструкторской части были рассмотрены конструкции ружейного сверла, ружейного зенкера и расточного блока.

Данные разработки позволяют увеличить стойкость инструмента, что делает их актуальными и востребованными.

					15.03.05.2020.200 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		70

## Библиографический список

1. Лакирев С.Г. Математическое моделирование точности обработки глубоких отверстий концевыми мерными инструментами / Лакирев С.Г., Хилькевич Я.М., Козлов А.В. // Прогрессивная технология обработки глубоких отверстий: Сборник тезисов докладов 7-й Всесоюзной конференции. М.: «Информатика», 1991 – с.21-24.

2. Козлов А.В. Прогноз точности обработки отверстий мерными инструментами на станках с ЧПУ / Козлов А.В. и др. // Повышение эффективности и уровня использования станков с ЧПУ, ПР и ГПС: Тез. докл. зональной научно-технической конференции, – Свердловск: УПИ, 1990 – с.51.

3. А.с.1323248 СССР. Способ обработки отверстий / Козлов А.В. и др. – Открытия. Изобретения. – 1987. – №26.

4. А.с.1400794 СССР. Способ обработки глубоких отверстий / Козлов А.В. и др. – Открытия. Изобретения. – 1988. – №21.

5. А.с.1373484 СССР. Способ многопроходной обработки отверстий / Козлов А.В. и др. – Открытия. Изобретения. – 1988. – №6.

6. А.с.1569098 СССР. Инструмент для обработки отверстий / Козлов А.В. и др. – Открытия. Изобретения. – 1990. – №21.

7. Анурьев, В.И. Справочник конструктора машиностроения. В 3-х т. Т. 3 – 5-е изд., перераб. и доп. / В.И. Анурьев – М.: Машиностроение, 1978. – 557 с.

8. ГОСТ Р 52237-2004 Чистота промышленная. Методы очистки смазочно-охлаждающей жидкости от механических примесей. Общие положения – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 14 с.

9. ГОСТ Р ЕН 1005-3-2010 Безопасность машин. Физические возможности человека. Часть 3. Рекомендуемые пределы усилий при работе на машинах – М.: Стандартиформ, 2011. – 20 с.

10. Максимов, С.П. Безопасность жизнедеятельности / С.П Максимов, Т.Б. Балакина: учебное пособие по дипломному проектированию для студентов

						15.03.05.2020.200 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			71

технических специальностей / под ред. С.Н. Трофимовой. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 55 с.

11. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. Издание официальное – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 69 с.

					15.03.05.2020.200 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		72