

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) Материаловедение

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка технологии модернизации корпуса устройства геолокации бурильной головки

УДК 622.243.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM82	Ковылин Никита Денисович		10.06.2020

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	К.Т.Н.		10.06.2020

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу на иностранном языке

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Кобзева Н.А.	К.П.Н.		04.06.2020

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Якимова Т.Б.	К.Э.Н.		21.04.2020

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Сечин А.И.	Д.Т.Н.		27.05.2020

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.01	Арляпов А.Ю.	К.Т.Н.		10.06.2020

Томск – 2020 г.

Планируемые результаты обучения по ООП 15.04.01
«Автоматизация технологических процессов и производств
в машиностроении»

Код	Результат обучения
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Способность применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания при создании новых конкурентоспособных технологий изготовления деталей и сборки машин.
P2	Способность выполнять и обосновывать инженерные проекты для создания сложных конкурентоспособных изделий машиностроения и технологий их производства, в том числе с использованием современных CAD/CAM/CAE продуктов.
P3	Способность ставить и решать инновационные инженерные задачи с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения.
P4	Способность разрабатывать методики и организовывать проведение теоретических и экспериментальных исследований в области технологии машиностроения с использованием новейших достижений науки и техники.
P5	Готовность обеспечивать прогрессивную эксплуатацию оборудования и других средств технологического оснащения автоматизированного производства изделий машиностроения, осваивать и совершенствовать технологические процессы изготовления новых конкурентоспособных изделий, обеспечивать их технологичность.
P6	Способность проводить маркетинговые исследования, используя знания проектного менеджмента, участвовать в создании или совершенствовании системы менеджмента в качестве предприятия.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P7	Способность выполнять и обосновывать инженерные проекты для создания сложных конкурентоспособных изделий машиностроения и технологий их производства, в том числе с использованием современных CAD/ CAM/ CAE продуктов..
P8	Готовность обеспечивать прогрессивную эксплуатацию оборудования и других средств технологического оснащения автоматизированного производства изделий машиностроения, осваивать и совершенствовать технологические процессы изготовления новых конкурентоспособных изделий, обеспечивать их технологичность.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШНПТ

Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Арляпов А.Ю

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

В форме: **на выполнение выпускной квалификационной работы**

Магистерской диссертации

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

Группа	ФИО
4АМ82	Ковылину Никите Денисовичу

Тема работы:

**Разработка технологии модернизации корпуса устройства
геолокации бурильной головки.**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

59-118/С от 28.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:

25.05.2020

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

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

– Корпуса устройства геолокации бурильной головки выполненные из высокопрочного никелевого сплава Inconel 718

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка технологии модернизации корпусов устройства геолокации.; 2. Исследовать обрабатываемость высокопрочного никелевого сплава Inconel 718; 3. Выявление оптимальной геометрии сверл, используемых в технологии; 4. Проектирование необходимой оснастки в виде кондукторов для рассверливания;
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Демонстрационный материал (презентация) - 20 слайдов PowerPoint</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
<p>Исследовательский</p>	<p>Арляпов А.Ю.</p>
<p>Конструкторский</p>	<p>Арляпов А.Ю.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Якимова Т.Б.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Сечин А.И.</p>
<p>Исследовательский (на английском языке)</p>	<p>Кобзева Н.А.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Structure analysis 1.1. Analysis of methods and techniques for machining products from nickel alloys. 1.2. Overview of the features of the Inconel 718 alloy and its purpose. 1.3. Machining Inconel 718.</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p style="text-align: center;">1.10.2018</p>
--	--

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент</p>	<p>Арляпов Алексей Юрьевич</p>	<p>к.т.н.</p>		<p>01.10.2018</p>

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>4AM82</p>	<p>Ковылин Никита Денисович</p>		<p>01.10.2018</p>

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 98 с., 32 рис., 21 табл., 22 источника литературы, 2 приложения.

Ключевые слова: проектирование, технология, модернизация, геолокация, Inconel 718, обработка никелевых сплавов.

Цель работы заключается в создании технологии модернизации корпуса устройства геолокации бурильной головки согласно техническому заданию, представленному заказчиком.

Объект исследования – модернизация корпуса устройства геолокации бурильной головки.

Предмет исследования – технология модернизация корпуса устройства геолокации бурильной головки выполненного из жаростойкого никелевого сплава Inconel 718.

Научная и практическая значимость результатов заключается в разработке технология модернизация корпуса устройства геолокации бурильной головки выполненного из жаростойкого никелевого сплава Inconel 718, обеспечивающая улучшение эксплуатационных характеристик устройства геолокации бурильной головки, в частности повышение общей жесткости конструкции.

В результате исследования был проведен анализ конструкции корпусов геолокационного устройства «Импульс». Разработана технология модернизации корпуса устройства геолокации бурильной головки, спроектирована и произведена необходимая оснастка в виде кондукторов для рассверливания. Проведена серия сверлений по выявлению оптимальной геометрии сверла используемого при рассверливании высокопрочного никелевого сплава Inconel 718. Проведен финансовый расчет стоимости проекта.

Оглавление

Введение	8
Техническое задание	9
Анализ конструкции	9
1. Анализ методов и приемов механической обработки изделий из никелевых сплавов	13
1.1. Обзор особенностей сплава Inconel 718 и его назначение	13
1.3. Механическая обработка Inconel 718	15
1.3.1. Точение и растачивание Inconel 718	15
1.3.2. Сверление Inconel 718	16
2. Исследование процесса резания при рассверливании отверстий в изделиях из Inconel 718	19
2.1. Планирование и порядок проведения эксперимента	19
2.2. Проведение эксперимента	23
2.3. Анализ результатов эксперимента	25
3. Проектирование технологии модернизации корпуса геолокационной головки	29
3.1. Описание необходимых доработок	29
3.2. Технология модернизации корпуса мотора	32
3.2.1. Фрезерование паза	32
3.2.2. Рассверливание отверстий	35
3.3. Технология модернизации корпуса модулятора	43
3.4. Технология модернизации корпуса компенсатора	44
Вывод по главе 3	45
4. Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	47
4.1. Организация и планирование работ	47
4.2. Продолжительность этапов работ	49
4.3. Расчет сметы затрат на выполнение проекта	55
4.4. Расчет заработной платы	55

4.5. Отчисления во внебюджетные фонды	56
4.6. Расчет амортизационных расходов	57
4.7. Расчет прочих расходов	58
4.8. Стоимость разработки.....	58
4.9. Расчет прибыли	59
4.10. Расчет НДС	59
4.11. Цена разработки ВКР	59
Вывод по главе 4	59
5. Социальная ответственность	63
5.1. Описание рабочего места.....	63
5.2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	65
5.3. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.....	72
Вывод по главе 5	78
Заключение	79
Список литературы	80
Приложение А	82
Приложение В	90

Введение

Повсеместное внедрение автоматизированных производств в современном мире обуславливает повышение качества производимой продукции и производительности труда. В условиях рыночной экономики для сохранения конкурентоспособности любого продукта необходимо постоянно совершенствовать технологию его производства и модернизировать его конструкцию.

Геологическая разведка нефтяных месторождений требует современных решений в области материаловедения, электроники и машиностроения. Применение новейших материалов, из которых изготовлены устройства геологоразведки, ставит перед инженерами новые вызовы в области их механической обработки. Безусловным плюсом применения новых материалов – является то, что они позволяют создавать более компактные и в то же время достаточно прочные устройства, которые открывают новые горизонты перед областью нефтегазового дела.

Цель работы заключается в создании технологии модернизации корпуса устройства геолокации бурильной головки согласно техническому заданию, представленному заказчиком.

Объект исследования – модернизация корпуса устройства геолокации бурильной головки.

Предмет исследования – технология модернизация корпуса устройства геолокации бурильной головки выполненного из жаростойкого никелевого сплава Inconel 718.

Научная и практическая значимость результатов заключается в разработке технология модернизация корпуса устройства геолокации бурильной головки выполненного из жаростойкого никелевого сплава Inconel 718, обеспечивающая улучшение эксплуатационных характеристик устройства геолокации бурильной головки, в частности повышение общей жесткости конструкции.

Техническое задание

Томское отделение нефтедобывающей компании Schlumberger обратилось к ООО «Промышленная механика» с просьбой разработать технологию модернизации корпуса устройства геолокации бурильной головки)

Ожидается, что в результате модификации повысится общая жёсткость системы, что положительно повлияет на эксплуатационные характеристики и точность позиционирования геолокационной системы.

На доработку предоставлены три корпуса:

- Корпус модулятора
- Корпус мотора
- Корпус компенсатора

Анализ конструкции

Необходимо проанализировать имеющуюся конструкцию и разработать изменение конструкции корпусов. Технология нацелена на восстановление уже бывших в работе корпусов с их попутной модернизацией. Ремонт корпусов данного устройства крайне выгоден, так как они изготовлены из дорогостоящего никелевого сплава Inconel 718. Данный сплав характеризуется плохой обрабатываемостью резанием.

Данная разработка позволит сэкономить на производстве новых корпусов, и позволит улучшить характеристики геолокационной системы.\

На доработку предоставлены три корпуса:

- Корпус модулятора
- Корпус мотора
- Корпус компенсатора

Корпуса собираются последовательно, фланцы корпусов стянуты тремя винтами, сборка схематично представлена на рисунке 1.

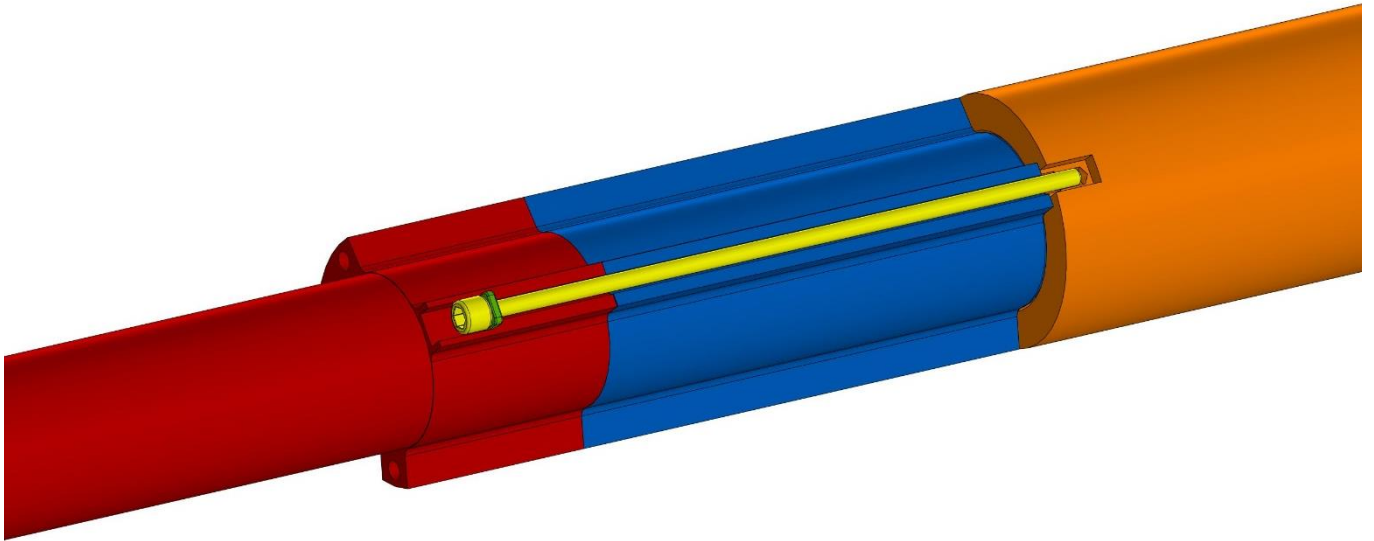


Рисунок 1 – Сборка устройства до модернизации

Ориентирование фланцев корпуса мотора и корпуса модулятора, помимо резьбового соединения, производится с помощью шпоночного соединения, представленного на рисунке 2.

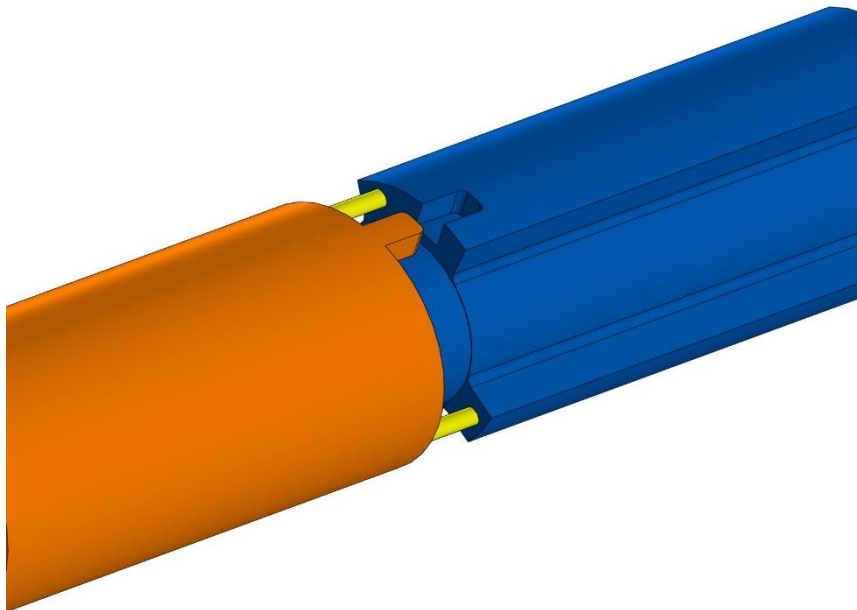


Рисунок 2 – Сборка устройства до модернизации

Данная компоновка имеет ряд недостатков:

1. Длинные винты, которыми стягиваются корпуса, склонны к деформации, это неблагоприятно влияет общую жесткость конструкции.

2. Взаимное угловое положение корпусов обеспечивается только шпоночным соединением, использование ориентирующих втулок улучшит способность конструкции сопротивляться угловым смещениям.

Более глубокий анализ конструкции невозможен, из-за жестких требований к неразглашению коммерческой тайны компании заказчика. Основная цель заключается в создании технологии модернизации корпуса устройства геолокации бурильной головки согласно техническому заданию, представленному заказчиком.

Из-за того, что устройство эксплуатируется в неблагоприятных условиях, в агрессивной среде, то корпуса, которые необходимо модернизировать, имеют следы износа. Некоторые корпуса изношены настолько, что их ремонт невозможен из-за значительных повреждений базовых поверхностей.

Исходя из анализа имеющейся конструкции и поставленной цели выпускной квалификационной работы, представляется необходимым выполнить следующие задачи:

1. Проанализировать существующие методы и инструменты, применяемые для обработки жаростойкого никелевого сплава Inconel 718;
2. Экспериментально определить наиболее подходящие режимы резания для рассверливания Inconel 718;
3. Провести исследование различных вариантов сверл, для выбора инструмента, обеспечивающего обработку согласно заданных параметров;
4. Разработать технологию модернизации корпуса модулятора устройства геолокации бурильной головки;
5. Разработать технологию модернизации корпуса мотора устройства геолокации бурильной головки;
6. Разработать технологию модернизации корпуса компенсатора устройства геолокации бурильной головки;
7. Спроектировать оснастку, необходимую для выполнения технологии модернизации корпусов устройства геолокации бурильной головки;
8. Провести анализ экономической целесообразности реализации проекта;

9. Оценить производственную и экологическую безопасность реализации проекта.

Для создания эффективной технологии необходимо основательно изучить особенности механической обработки никелевого сплава Inconel 718, из которого изготовлены три корпуса, требующих модификации\модернизации.

1. Анализ методов и приемов механической обработки изделий из никелевых сплавов

1.1. Обзор особенностей сплава Inconel 718 и его назначение

Никелевые сплавы используются, преимущественно, в деталях механизмов и узлов, к которым предъявлены высокие требования к прочности и стабильности при высоких температурах и коррозионной стойкости. Множество этих сплавов справляются с этими сложными задачами [1].

Разные марки инконеля сильно различаются между собой по химическому составу, но доминирующими компонентами всех из них являются в различных пропорциях никель (от 44,2 до 72,0 весовых %) и хром (от 14,0 до 24,0 весовых %). К числу легирующих добавок могут относиться разные количества железа (Fe), молибдена (Mo), ниобия (Nb), кобальта (Co), марганца (Mn), меди (Cu), алюминия (Al), титана (Ti), кремний (Si), углерод (C), сера (S), фосфор (P), бор (B). Химический состав представлен в таблице 1. [2,3].

Таблица 1 – Химический состав материала

Химический состав Inconel 718									
Химический элемент	Ni	Cr	Mo	Al	Ti	Nb	Co	Mn	Fe
%	52,50	19,00	3,00	0,50	0,90	5,10	<1,0	<0.35	Ост.

Эти сплавы вполне пригодны для использования в условиях воздействия высокого давления и большой кинетической энергии. При нагревании инконель образует толстый, устойчивый оксидный слой, защищающий поверхность от дальнейшего окисления. Он сохраняет прочность в широком диапазоне температур, что делает его привлекательным для применения в высокотемпературных средах. Физико-механические свойства материала Inconel 718 представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-механические свойства Inconel 718

Характеристика	Значение
Предел прочности ($T_{\text{комн}}$), МПа	960-1230
Удлинение до разрыва ($T_{\text{комн}}$), %	12-25
Предел прочности ($T_{800^{\circ}\text{C}}$), МПа	520
Удлинение до разрыва ($T_{800^{\circ}\text{C}}$), %	2
Предел текучести (растяжения) ($\sigma_{0,2}$), МПа	930-1030
Твердость, HRC	36-43

В зависимости от конкретной марки высокая жаропрочность сплава достигается упрочнением твёрдого раствора или методом дисперсионного упрочнения. При таких разновидностях метода упрочнения, как дисперсионное отверждение или дисперсионное упрочнение, никелевая составляющая инконеля комбинируется с легирующими добавками (алюминий и титан), образуя при этом интерметаллическое соединение $\text{Ni}_3(\text{Ti}, \text{Al})$ или гамма-фазу (γ'). В гамма-фазе формируются небольшие кубические кристаллы, эффективно препятствующие расползанию и растеканию металла при повышенных температурах. [3]. Формирование кристаллов гамма-фазы со временем усиливается, особенно после 3-часового нагрева сплава при температуре 850°C , и его интенсивность продолжает нарастать после 72-часового воздействия этой температуры.

1.3. Механическая обработка Inconel 718

1.3.1. Точение и растачивание Inconel 718

Никелевые и титановые сплавы имеют несколько общих черт. С точки зрения обрабатываемости, сплавы Инконель (суперсплавы на основе никеля) - это самые труднообрабатываемые материалы. Они имеют очень низкую теплопроводность и высокую степень деформационного упрочнения (выше, чем у титана). Инконель также имеет высокую адгезию, поэтому при традиционных методах обработки скорость резания редко превышает 25 - 30 м/мин. [5,6].

Технически чистый никель характеризуется плохой обрабатываемостью почти по всем критериям. Связано это с высокой температурой, возникающей в зоне пластического течения, и неблагоприятным распределением тепла между материалом и инструментом.[4] Это связано с очень низкой теплопроводностью сплава и высокой степенью деформационного упрочнения в сравнение, например, со сталью 45.

Обработка никелевых сплавов может производиться инструментами, изготовленными из большинства стандартных материалов, представленных на рынке, назначая режимы резания, необходимо понимать, что это напрямую влияет на производительность и экономическую эффективность.

Стоит избегать использования быстрорежущих инструментов при обработке упрочненных никелевых сплавов, таких как Inconel 718, так как производительность значительно ниже, чем в сравнении с твердосплавным и керамическим инструментами. При необходимости использования быстрорежущего инструмента, геометрия инструмента значительно влияет на стабильность процесса резания. Положительный передний угол облегчает резание и сводит к минимуму поверхностно пластическое упрочнение в процессе резания. Задний угол должен быть подобран с таким учетом, чтоб избежать затирания и обеспечить поддержку режущей кромки [3,4,].

Твердосплавный инструмент – самый распространённый выбор при обработке Inconel 718. Выбор марки твердого сплава в дальнейшем повлияет на обеспечение стойкости режущей кромки для любых условий резания.

Современные инструменты с покрытием и стружколомами в большинстве случаев улучшат производительность. Из-за высокой твердости никелевых сплавов, особое внимание требуется к факторам, которые влияют на стойкость режущей кромки. Совокупность положительного переднего угла резания и оптимального заднего угла так же применимо для твердосплавного инструмента [4,6].

Глубина упрочненного слоя возрастает с увеличением срезаемого слоя и уменьшением переднего угла. Упрочненный слой обработанной поверхности полезен при чистовой обработке. Однако наклеп, полученный при черновой обработке, отрицательно влияет на процесс резания при чистовой обработке. В этом случае инструмент работает по поверхности с повышенной твердостью, что приводит к его ускоренному изнашиванию. Уменьшить глубину и степень наклепа можно применением охлаждающих средств, увеличением скорости резания и термообработкой [8].

Таблица 3 – Рекомендуемые режимы резания для Inconel 718

Быстрорежущая сталь P6M5, P6M5K5 и т.д.			Твердый сплав VK8, T5K10 и т.д.	
Класс обработки	Скорость м/мин.	Подача мм/об.	Скорость м/мин.	Подача мм/об.
Грубая	4	0,12	21	0,18
Финишная	6	0,06	35	0,10

1.3.2. Сверление Inconel 718

Процесс сверления Inconel 718, очень сложен из-за свойств материала, условий эксплуатации и высоких требований к качеству. Карбиды в матрице

материала вызывают чрезмерный абразивный износ режущего инструмента. Более того, большое количество тепла, вызванного процессом обработки, особенно при сверлении, должно рассеиваться инструментом и охлаждающей жидкостью из-за низкой теплопроводности Inconel 718. Эта высокая тепловая нагрузка также ограничивает скорость резания. Сочетание всех факторов ограничивает производительность и экономическую эффективность при сверлении Inconel 718 с помощью твердосплавных сверл [7,8].

Для успешного сверления спиральными сверлами, очень важно обеспечить оптимальные режимы Технологическая система для сверления должна быть максимально жёсткой, целесообразно использовать минимально возможную длину сверла, а также, по возможности использовать кондукторы.

Рекомендуемые режимы резания для Inconel 718 [7,8]:

Таблица 4 – Режимы резания для Inconel 718

Быстрорежущая сталь	
Скорость, м/мин.	Подача, мм/об.
8-12	0,08-0,11

Таблица 5 – Режимы резания для Inconel 718

Твердый сплав	
Скорость, м/мин.	Подача, мм/об.
18-20	0,10-0,18

Подтверждением того, что технология написана верно и режимы резания подобраны корректно, является устойчивая работа инструмента при обработке Inconel 718. Так как достаточного опыта обработки этого никелевого сплава не имелось, спрогнозировать стойкость инструмента и назначить подходящие режимы для тех или иных технологических операций не представлялось

возможным. Вследствие этого, было принято решение провести серию пробных сверлений для выявления наиболее подходящего инструмента при заданных режимах обработки.

2. Исследование процесса резания при рассверливании отверстий в изделиях из Inconel 718

2.1. Планирование и порядок проведения эксперимента

Эксперимент проводился на образцах, изготовленных из корпуса-мотора, который специально для этих целей был предоставлен заказчиком. Образцы, используемые в исследовании, максимально приближают нас к условиям доработки корпусов.

На электроэрозионном станке было нарезано 10 пластин, фото образца представлена на рисунке 3, толщиной 10 мм, по 3 отверстия диаметром 7,1 мм, в каждом. Твердость пластин находится в диапазоне от 35-42 единиц HRC.



Рисунок 3 – Образец для исследования

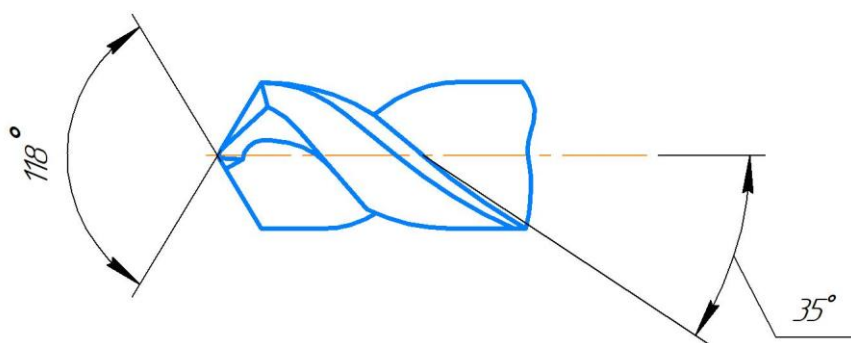
Цель эксперимента: сравнить отверстия, получаемые разными типами сверл. Выявить оптимальный тип сверл, который будет использоваться в технологии.

Для выбора наиболее подходящей геометрии сверл, используемых в разрабатываемой технологии, необходимо сравнить имеющееся в продаже сверла диаметром 7,5 мм. В результате анализа предлагаемых решений, было выбрано 4 типа сверла.

Сверла производства Томского инструментального завода. Сверла имеют разную геометрию и материал из которого они изготовлены. маркировка и геометрия сверл представлена ниже.

1. Сверло СЦ0274А – Р6М5К5

Таблица 6 – Углы заточки сверла



Углы заточки	
α	$14^\circ \pm 3^\circ$
ψ	$45^\circ \dots 60^\circ$
ω	35°
2φ	$118^\circ \pm 3^\circ$

Рисунок 4 – Сверло СЦ0274А

Где α – задний угол’;

Ψ – угол наклона поперечной режущей кромки;

ω – угол наклона винтовой канавки;

2φ – угол при вершине;

Имеющихся данных о сверлах, достаточно чтобы рассчитать передний угол γ .

Формула представлена ниже:

$$tg\gamma_r = \frac{r}{R} \cdot \frac{tg\omega}{sin\varphi} \quad (2.1)$$

Где r – радиус окружности на которой расположена рассматриваемая точка;

R – радиус сверла;

Так как при рассверливании, рабочая часть сверла находится на периферии, рассчитаем передний угол сверла на радиусе 3,5 мм, то есть на периферии сверла.

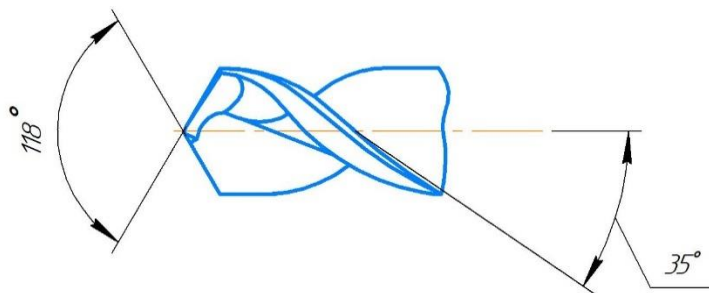
$$tg\gamma_r = \frac{tg\omega}{\sin\varphi} = \frac{0,7002}{0,8571} = 0,8167$$

$$\gamma_r = arctg(0,8167) \approx 40^\circ$$

2. Сверло СЦ0392А – Р6М5К5

Предназначено для сверления высокопрочных углеродистых легированных металлов и нержавеющей стали.

Таблица 7 – Углы заточки сверла



Углы заточки	
α	$14^\circ \pm 3^\circ$
ψ	$45^\circ \dots 60^\circ$
ω	35°
2φ	$118^\circ \pm 3^\circ$

Рисунок 5 – Сверло СЦ0392А

Рассчитаем передний угол на периферии:

$$tg\gamma_r = \frac{tg\omega}{\sin\varphi} = \frac{0,7002}{0,8571} = 0,8167$$

$$\gamma_r = arctg(0,8167) \approx 40^\circ$$

3. Сверло СЦП10902А1 – Р6М5

Предназначено для обработки легированных и углеродистых сталей с пределом прочности до 900Н/мм², цветных металлов, серого чугуна и пластмассы.

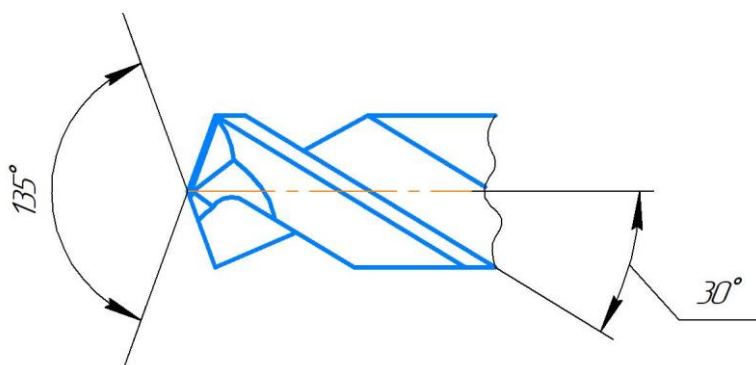


Рисунок 6 – Сверло СЦП10902А1

Таблица 8 – Углы заточки сверла

Углы заточки	
α	$14^\circ \pm 3^\circ$
ψ	$45^\circ \dots 60^\circ$
ω	40°
2φ	$135^\circ \pm 3^\circ$

Рассчитаем передний угол на периферии:

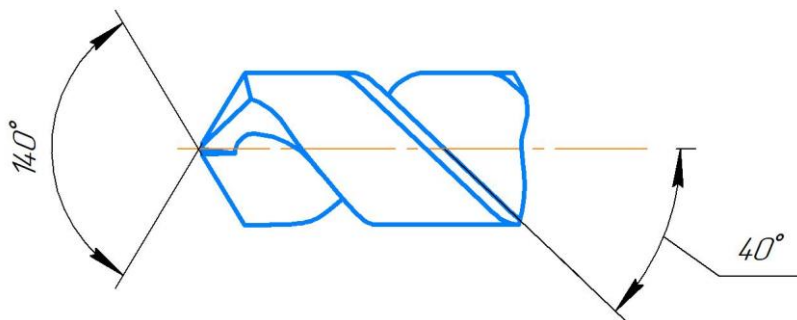
$$tg\gamma_r = \frac{tg\omega}{\sin\varphi} = \frac{0,8390}{0,9238} = 0,9082$$

$$\gamma_r = arctg(0,9082) \approx 42,5^\circ$$

4. Сверло СЦЦ528 – М30

Твердосплавное сверло с двухплоскостной подточкой поперечной кромки. Предназначено для труднообрабатываемых материалов, жаропрочных сплавов, материалов после термообработки.

Таблица 9 – Углы заточки сверла



Углы заточки	
α	$20^\circ \dots 25^\circ$
ψ	$55^\circ \dots 65^\circ$
ω	40°
2φ	$140^\circ \pm 2^\circ$

Рисунок 7 – Сверло СЦЦ528

Рассчитаем передний угол на периферии:

$$tg\gamma_r = \frac{tg\omega}{\sin\varphi} = \frac{0,8390}{0,9396} = 0,8929$$

$$\gamma_r = \arctg(0,8929) \approx 41,7^\circ$$

2.2. Проведение эксперимента

В ходе эксперимента производилось рассверливание отверстий диаметром 7,1 мм до размера 7,5.

До начала эксперимента все отверстия были измерены. Результаты представлены в таблице 10. В результате измерений были зафиксированы значительные отклонения размеров некоторых отверстиях, при визуальном осмотре было выявлено, что отверстия деформированы.

Римскими цифрами I-VII пронумерованы образцы. Столбцы соответствуют номеру отверстия в каждой заготовке.

Таблица 10 – Результаты измерения отверстий до рассверливания

	1	2	3
I	7,142 - 7,150	7,138÷7,146	7,138÷7,163
II	7,175÷7,190	7,175÷7,185	7,200÷7,500
III	7,160÷7,167	7,170÷7,175	7,170÷7,177
IV	7,136÷7,142	7,137÷7,150	7,137÷7,142
V	7,130÷7,140	7,130÷7,134	7,130÷7,142
VI	7,130÷7,138	7,130÷7,160	7,130÷7,135
VII	7,135÷7,140	7,135÷7,147	7,140÷7,145

Измерения производились нутромером фирмы «Carl Zeiss Jena» (фотография представлена на рисунке 8) (Германия), снабженным индикаторной головкой с ценой деления 0,002 мм. Измерения диаметра отверстий проводили в двух поперечных сечениях образцов. В каждом из этих сечений измеряли диаметры в двух взаимно перпендикулярных направлениях.



Рисунок 8 – Общий вид нутромера повышенной точности «Carl Zeiss Jena»

Отверстия были распределены по трем группам, в зависимости от диаметра. Каждым сверлом рассверливалось по три отверстия. Отверстия распределены таким образом, чтобы каждое сверло рассверлило отверстие из каждой группы. Таким образом мы уравниваем условия работы сверла.

Сверления производилось на универсальном вертикально-сверлильном станке 2A135.



Рисунок 9 – Общий вид вертикально сверлильного станка 2А135

Из рекомендаций к выбору режиму резания были приняты следующие режимы резания: $v_c=12$ м/мин, $S=0,15$ мм/об., но при первом же сверлении стало понятно, что скорость резания и подача велики. Эмпирически были подобраны следующие режимы, которые, как нам показалось, являются удовлетворительными $v_c=6$ м/мин, $S=0,11$ мм/об (данная подача на оборот, была выбрана, потому что, она наименьшая в диапазоне скоростей подач, для этого станка).

2.3. Анализ результатов эксперимента

В таблицах 11-14 представлены результаты измерения отверстий после рассверливания.

Таблица 11 – Диаметры отверстий после сверления

1. Сверло СЦ0274А – Р6М5К5				
	Образец 1		Образец 2	
	Размер до рассверливания	Размер после рассверливания	Размер до рассверливания	Размер после рассверливания
1	7,132	7,535	7,139	7,54
2	7,140	7,535	7,143	7,535
3	7,143	7,545	7,145	7,545

Таблица 12 – Диаметры отверстий после сверления

1. Сверло СЦ0392А – Р6М5К5			
Образец 3		Образец 4	
Размер до рассверливания	Размер после рассверливания	Размер до рассверливания	Размер после рассверливания

7,135	7,52	7,14	7,53
7,151	7,53	7,143	7,54
7,142	7,55	7,145	7,54

Таблица 13 – Диаметры отверстий после сверления

3. Сверло СЦП10902А1 – Р6М5			
Образец 5		Образец 6	
Размер до рассверливания	Размер после рассверливания	Размер до рассверливания	Размер после рассверливания
7,136	7,55	7,14	7,53
7,151	7,54	7,142	7,54
7,142	7,55	7,141	7,54

Таблица 14 – Диаметры отверстий после сверления

4. Сверло СЦЦ528			
Образец 7		Образец 8	
Размер до рассверливания	Размер после рассверливания	Размер до рассверливания	Размер после рассверливания
7,139	7,54	7,142	7,565
7,143	7,535	7,142	7,62
7,145	7,545	7,155	7,65

В ходе эксперимента было выявлено, что износ сверла, преимущественно, происходит по периферии режущей кромки сверла, что приводит к возникновению интенсивных вибраций в следствии повышенного трения, с образованием фаски.

Критериями прерывания эксперимента был критический износ инструмента в виде сколов вдоль режущей кромки, приводящие к заклиниванию сверла в теле детали.

Для сверла СЦЦ528, выполненного из твердого сплава, характерно интенсивное выкрашивание режущей кромки, что приводило к затруднению резания. Размер получаемого отверстия значительно больше, чем у других сверл, это вызвано высокой жесткостью сверла и погрешностью закрепления сверла в патроне. Предположительно, что для эффективного использования сверла из твердого сплава, система (СПИД) должна обладать большей жесткостью и точностью позиционирования.

Сверла СЦП10902А1 выполненные из быстрорежущей стали Р6М5, несмотря на то что показали удовлетворительный результат, в процессе резания показали низкую стойкость. Это проявляется в существенном затуплении режущей кромки на её периферии. В следствии этого возникали повышенные силы резания и температура, упрочняя образец делая процесс невозможным.

Лучше других себя показали сверла СЦ0274А выполненные из сплава Р6М5К5, они имеют более подходящую геометрию заточки, и конструкция сверла обеспечивает большую жесткость, нежели свой прямой конкурент СЦ0392А.

Исходя из данных, указанных в таблицах 11-14, можно сделать заключение, что, в принципе, все сверла справляются со своей задачей, кроме образца номер 8 – твердосплавного сверла. Но по субъективным оценкам, у образцов 1 и 2 процесс резания проходил более стабильно, с меньшей вибрацией и стабильным образованием сливной стружки. Более удачная конструкция сверла СЦ0274А, предположительно, обеспечит более стабильный результат обработки.

Основной вывод заключается в том, что геометрия сверл, предназначенных для обработки жаропрочных хорошо показывает себя в обработке Inconel 718. В реалиях мелкосерийного и единичного ремонтного производства этих данных достаточно для назначения сверла. Однако, для получения более подробных результатов необходимо провести более подробную и трудоемкую исследовательскую работу, но в следствии ограниченных исходных данных по материалу это невозможно.

3. Проектирование технологии модернизации корпуса геолокационной головки

3.1. Описание необходимых доработок

После обзора и анализа конструкции с заказчиком было согласованно несколько доработок. А именно, вместо трех винтов, которые стягивают все три корпуса будет использоваться шесть винтов.

В конечном итоге сборка примет вид, представленный на рисунке 10.

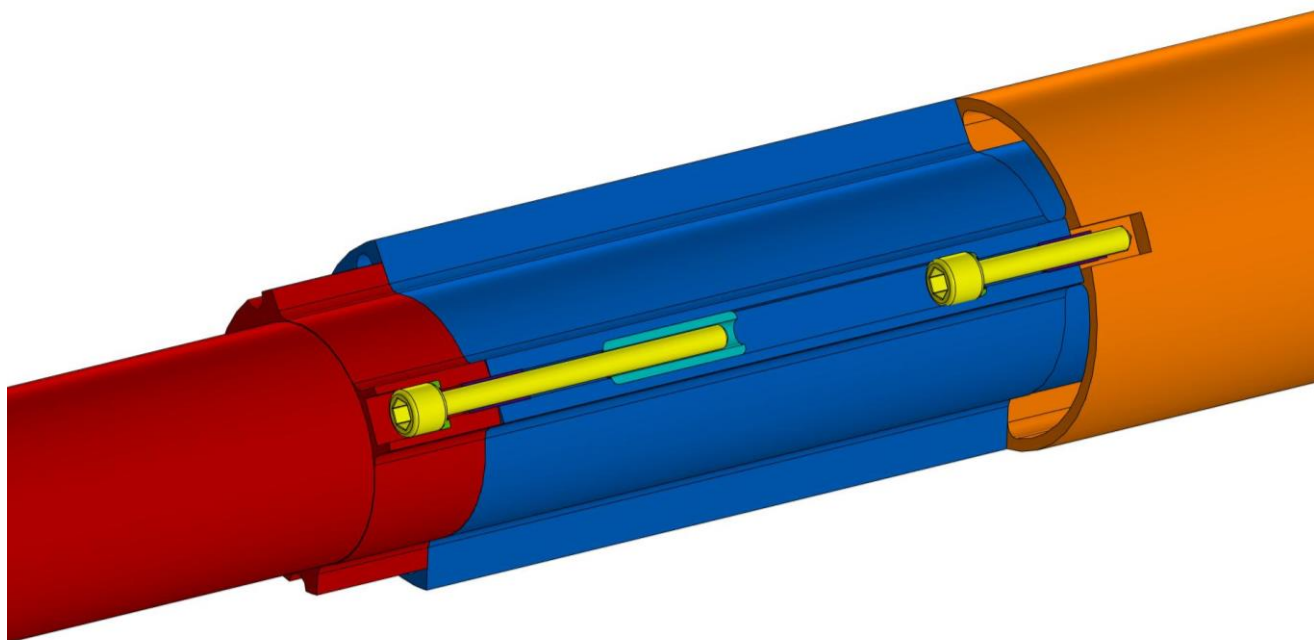


Рисунок 10 – Сборка корпусов после модернизации

Для того, чтобы перейти от этой схемы скрепления корпусов необходимо вскрыть сквозное отверстие в корпусе мотора, в нём будет размещаться закладной элемент с резьбой, в который вкручивается винт со стороны корпуса модулятора.

Чертеж паза представлен на рисунке 11.

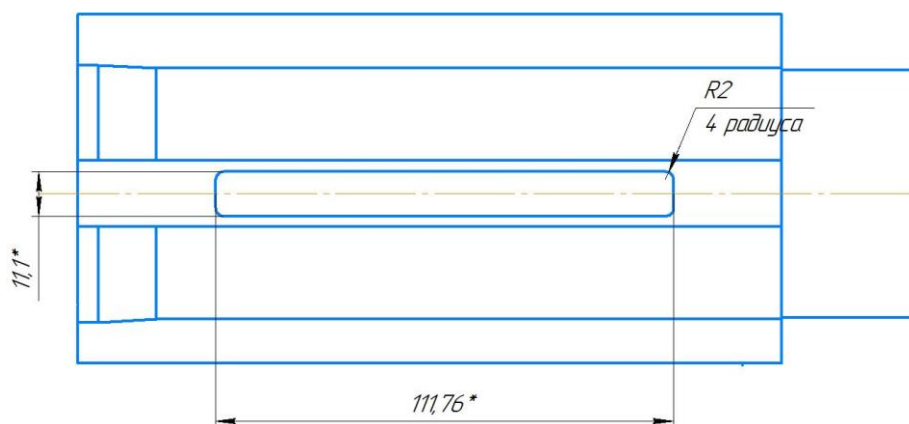


Рисунок 11 – Чертеж паза

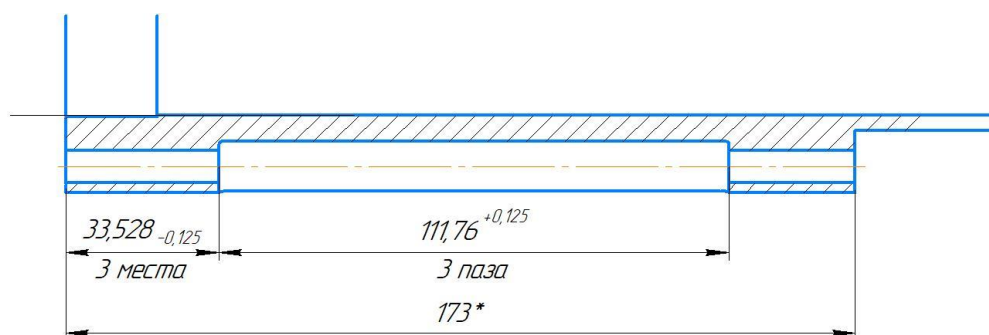


Рисунок 12 – Чертеж паза

Для того, чтобы увеличить жесткость конструкции на кручение, решено при сборке использовать направляющие втулки, которые заранее были предоставлены заказчиком вместе со всеми метизами, необходимыми для сборки, доработанной конструкции.

Отверстия со стороны фланцев всех трёх корпусов рассверливаются на определенную глубину. В данные отверстия, при сборке, будут закладываться втулки, которые являются дополнительным базирующим элементом, так же повышающим общую жесткость системы.

Доработки представлены на рисунке 13.

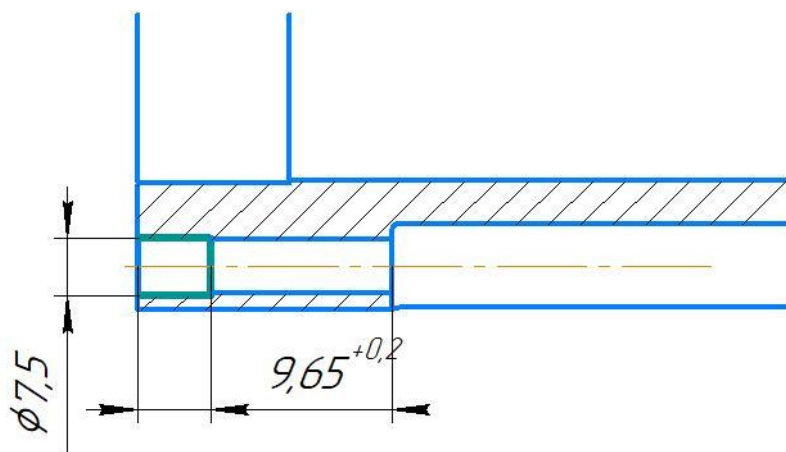


Рисунок 13 – Рассверливание отверстий

Сборочный чертеж корпуса модулятора и корпуса мотора представлен на рисунке 14.

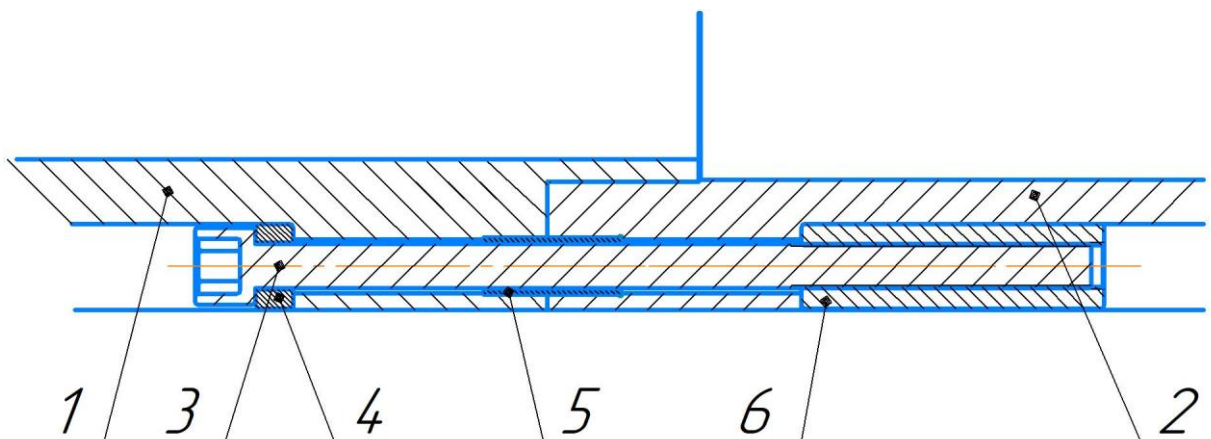


Рисунок 14 – Сборка после модернизации

На рисунке 14 обозначены позиции:

- 1 – Корпус модулятора
- 2 – Корпус мотора
- 3 – Винт
- 4 – Квадратная упорная шайба
- 5 – Направляющая втулка
- 6 – Закладной сухарь

Для выполнения данной работы целесообразно разбить технологию на два этапа, где первый – это расфрезеровка пазов, а второй – рассверливание отверстий на сопрягаемых торцах с диаметра $\phi 7,1$ до $\phi 7,5$ мм.

3.2. Технология модернизации корпуса мотора

Маршрут обработки представлен в таблице 15.

Таблица 15 – Маршрут обработки

1. Фрезерная операция	Фрезеровка трех пазов
2. Сверлильная операция	1. Сверление правого фланца 2. Сверление левого фланца
3. Слесарная операция	Зачистка острых кромок
4. Технический контроль	Контроль доработок

3.2.1. Фрезерование паза

Фрезерование паза в корпусе мотора производится в фрезерном металлообрабатывающем центре DMG DMU 50 Деталь базируется по цилиндрической поверхности в призме, схема закрепления представлена на рисунке 15. С помощью контактного щупа Renishaw выставляется угловое положение детали в призме. Данная схема установки требует большого времени на наладку, но она приемлема в условиях единичного ремонтного производства.

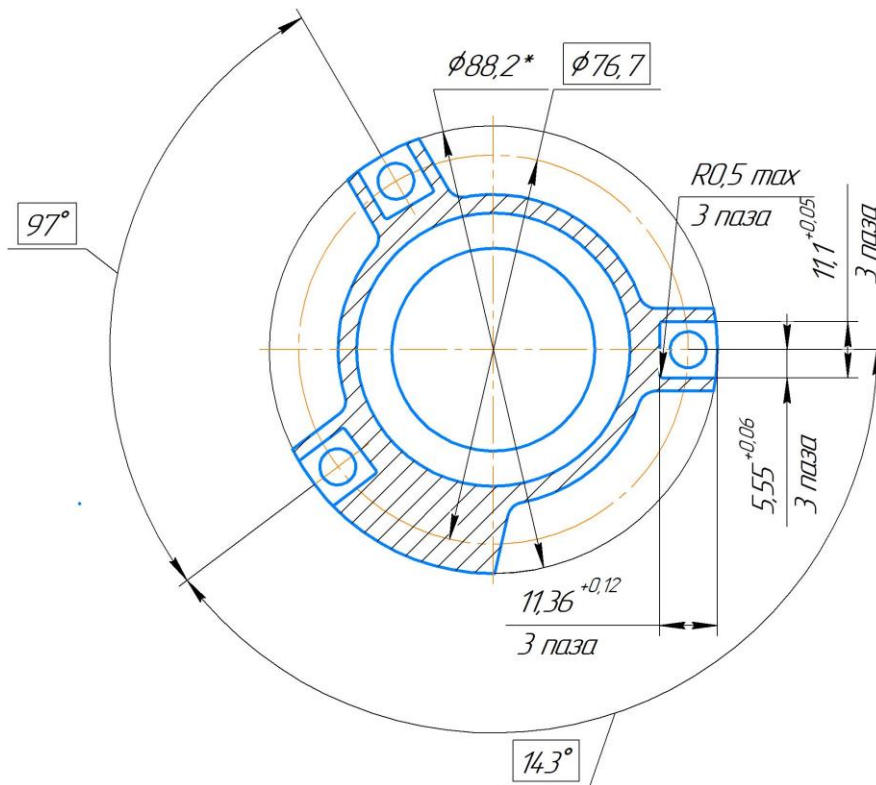
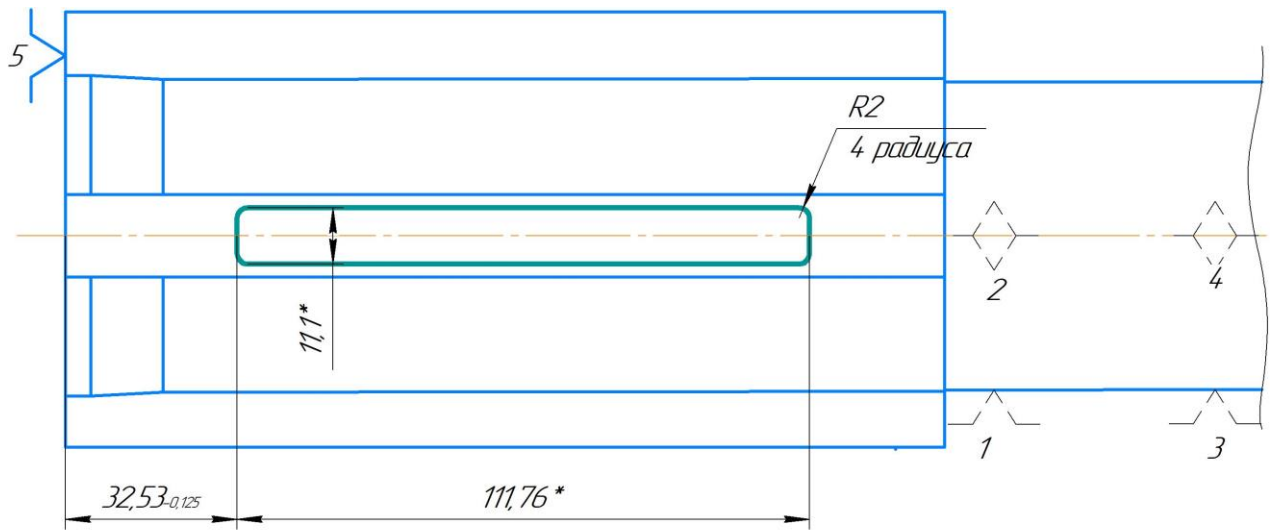


Рисунок 15 – Фрезерование пазов

Операция производится за два технологических перехода:

1. Фрезеровать карман, фрезой $\varnothing 8$ мм.

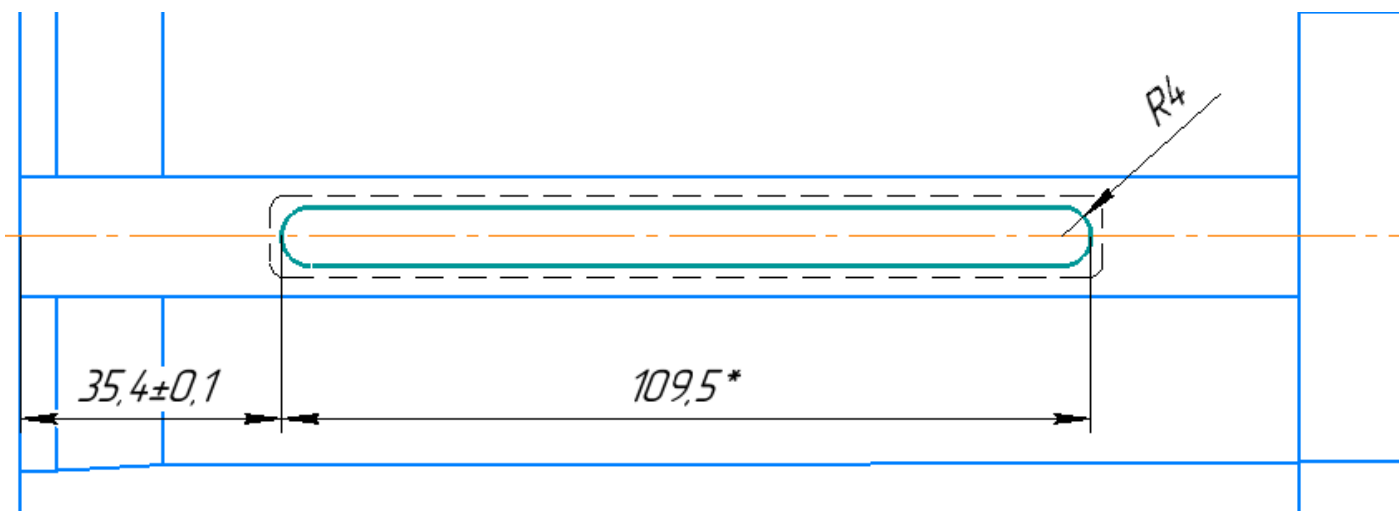


Рисунок 16 – Фрезерование паза

2. Фрезеровать карман, фрезой $\varnothing 4$ мм

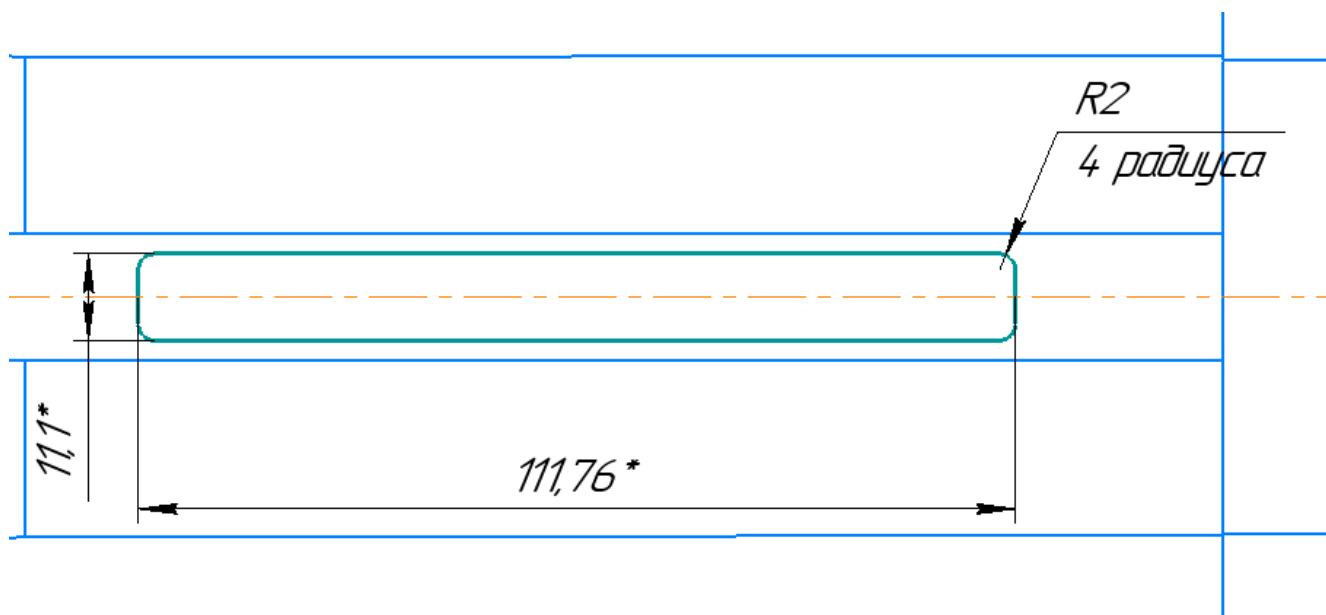


Рисунок 17 – Фрезерование паза

Для обеспечения радиуса скругления необходимо использовать фрезу диаметром 4мм или меньше. В процессе чистовой обработки контура оператор столкнулся с проблемой отжима фрезы, вследствие этого невозможно обеспечить перпендикулярность поверхности к дну паза.

Изменение режимов резания не дало положительных результатов. Значительное упрочнение материала возникающие в этом месте контура затрудняет обработку фрезами малых диаметров.

С заказчиком было согласовано изменение размера скругления до ближайшего, который получится обеспечить, изменив глубину зарезания и снизив скорость резания. Оператору удалось выполнить скругление 2,5 мм, фрезой 5мм.

Стоит отметить, что только машинное время обработки трех пазов составляет более 40 минут. Максимальная скорость резания, при которой процесс резания проходил стабильно 35 м/мин.

Данный размер учтен, конструкция упорной шайбы, которая закладывается в паз, изменена в соответствии с утверждёнными изменениями радиуса скругления паза.

Чертеж шайбы представлен на рисунке18 и приложен к пояснительной записке.

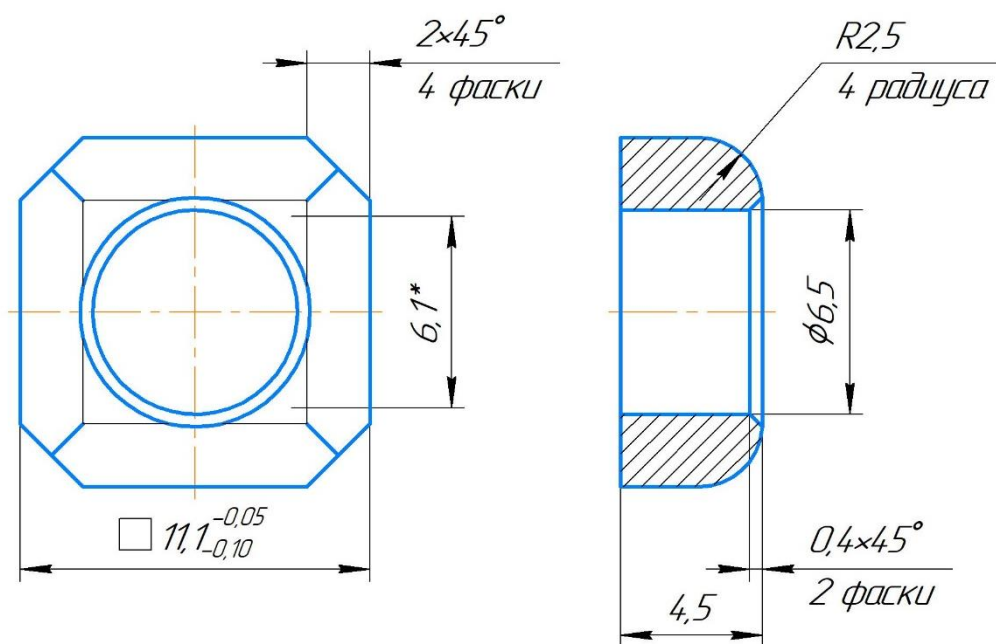


Рисунок 18 – Закладная шайба

3.2.2. Рассверливание отверстий

Проанализировав конструкцию корпусов, стало понятно, что Рассверливание отверстий в фланцах корпусов затрудняется габаритными

особенностями деталей. Для обеспечения точности угловой позиции отверстий необходимо спроектировать и изготовить два кондуктора

Кондукторы предназначены для направления, режущего инструмента при сверлении и растачивании, по отношению к обрабатываемой детали, уменьшают увод сверла и влияние биения шпиндельной наладки.

Первый кондуктор

Описание конструкции кондуктора: плита с направляющими отверстиями имеет цилиндрическую поверхность, на неё по скользящей посадке одеваются сменные втулки, которые обеспечивают базирование по внутренней цилиндрической поверхности в каждом из корпусов.

Кондуктор базируется по наружной поверхности корпуса, угловое положение задается сменными направляющими пальцами, в зависимости от рассверленных отверстий, пальцы диаметром 7,1 и 7,5 мм. переставляются в неиспользуемое отверстие, пока все отверстия не будут рассверлены.

На рисунке 19 представлены чертежи спроектированного кондуктора. Схема установки кондуктора и сопутствующие чертежи представлены на рисунке 20. Чертежи комплекта кондуктора приложены к пояснительной записке.

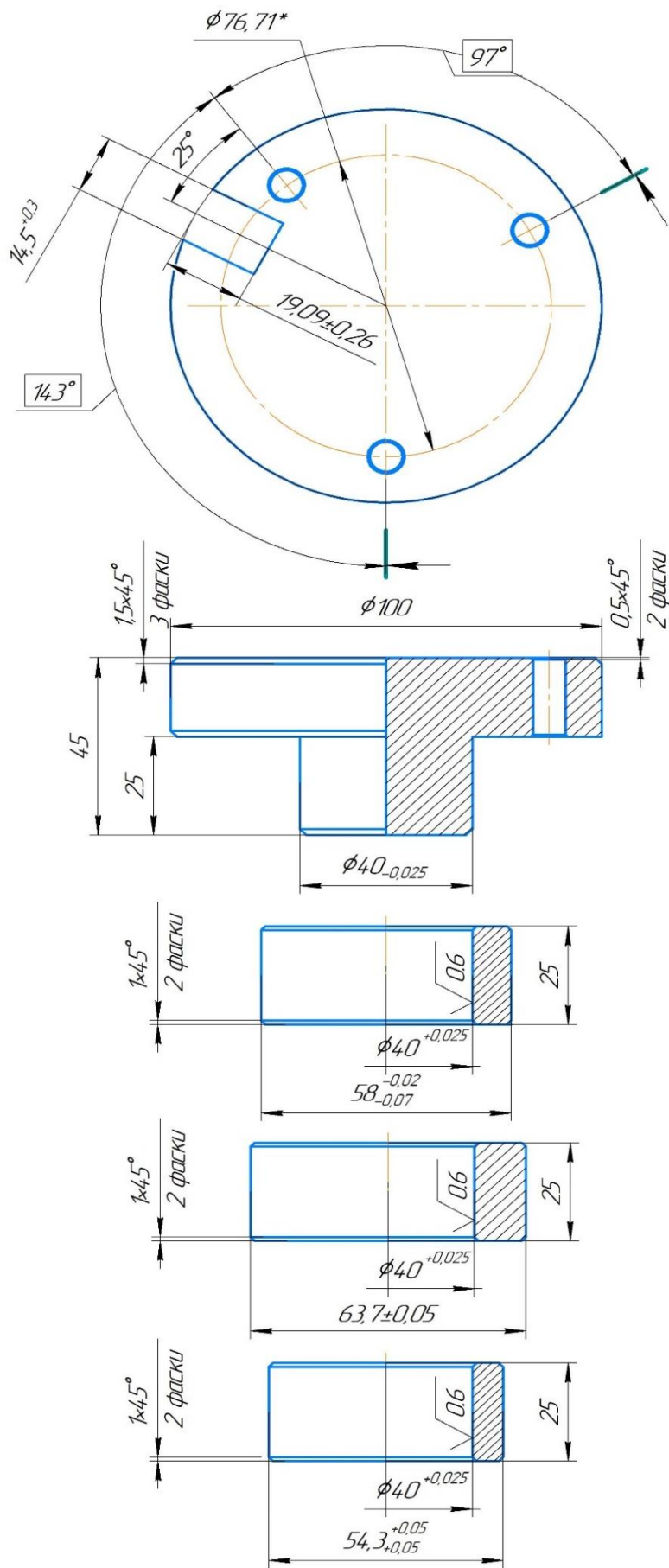


Рисунок 19 – Чертеж кондуктора со сменными втулками

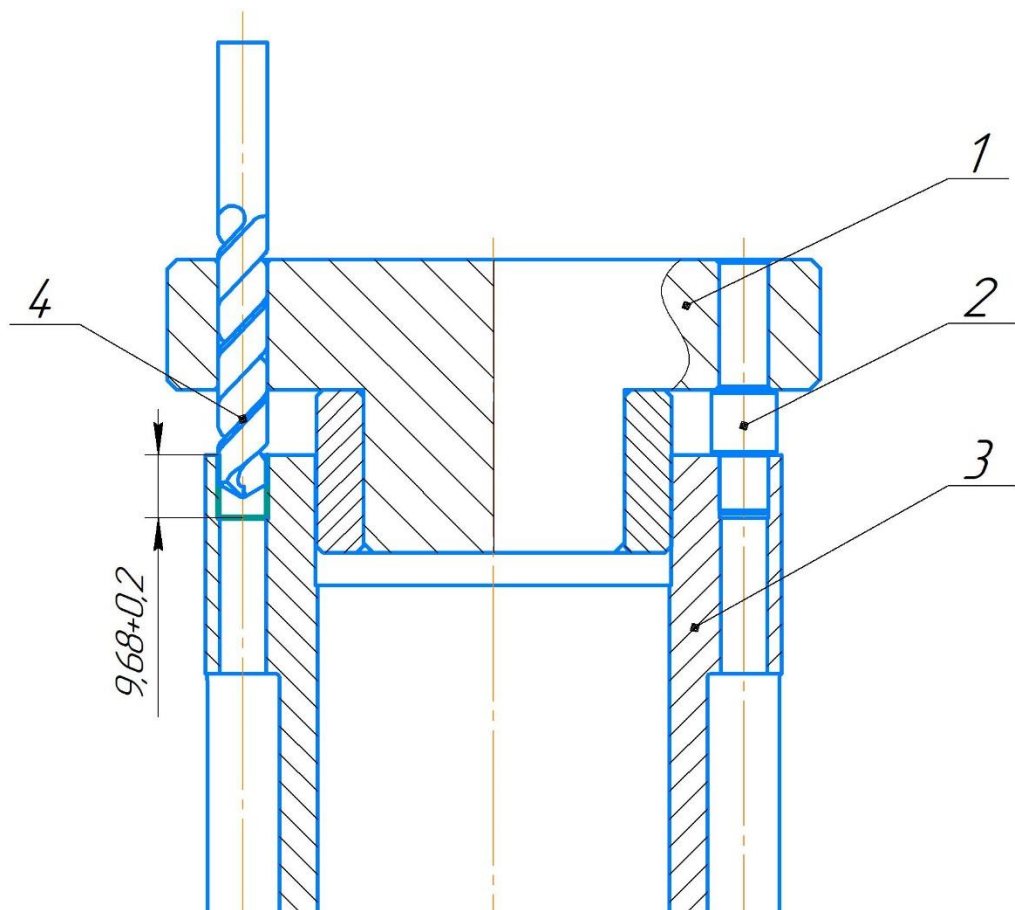


Рисунок 20 – Схема установки кондуктора для рассверливания

На рисунке 20 представлены:

1 – кондуктор со сменными втулками; 2 – направляющий палец; 3 – корпус мотора; 4 – сверло.

Корпус мотора закрепляется в любом приспособлении, которое позволяет закрепить его перпендикулярно полу. В нашем случае использовался трехлачковый самоцентрирующий патрон.

Сверление производилось ручной дрелью Rebir.

Дрель Rebir (представлена на рисунке 21) IE-1206-16/2000ER оснащена электродвигателем мощностью 2000 Вт и редуктором, который обеспечивает два диапазона выбора скоростей вращения (0 - 330 и 0 - 500 оборотов в минуту). Максимальный крутящий момент 431,2 Нм.

Выбор данного оборудования обусловлен широким диапазоном регулируемой частоты вращения, с обеспечением высокого крутящего момента во всём диапазоне скоростей.



Рисунок 21 – Дрель Rebir IE-1206-16/2000ER

Второй кондуктор

Описание конструкции кондуктора: плита с направляющими отверстиями, в плите выполнено посадочное отверстие диаметром $60.71 \left(\begin{smallmatrix} +0,18 \\ +0,06 \end{smallmatrix} \right)$. Кондуктор базируется по наружной поверхности корпуса-мотора. Угловое положение задается сменными направляющими пальцами, в зависимости от рассверленных отверстий, пальцы диаметром 7,1 и 7,5 мм. переставляются в неиспользуемое отверстие, пока все отверстия не будут рассверлены.

Данный кондуктор необходим, для рассверливания отверстий в корпусе мотора в фланце, который сопрягается с корпусом компенсатора.

Схематично установка кондуктора на корпус мотора представлена на рисунках 22,27.

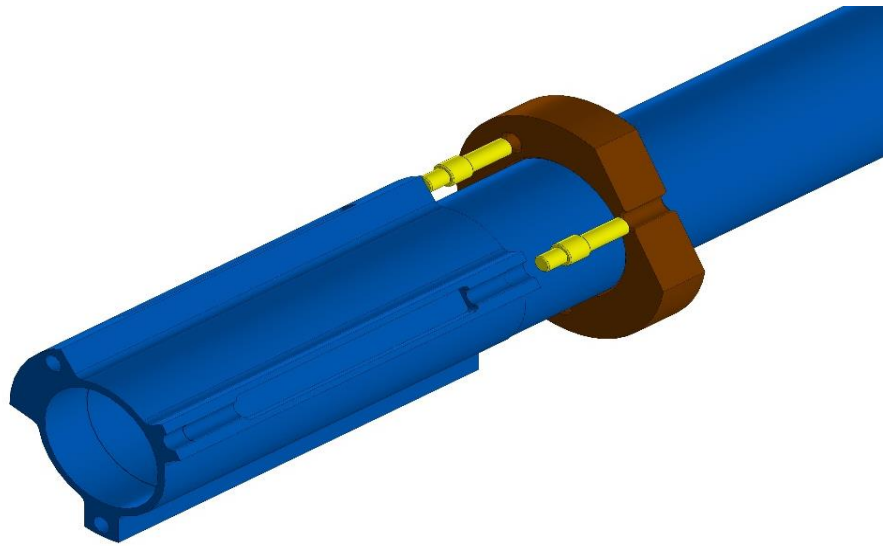


Рисунок 22 – Установка кондуктора

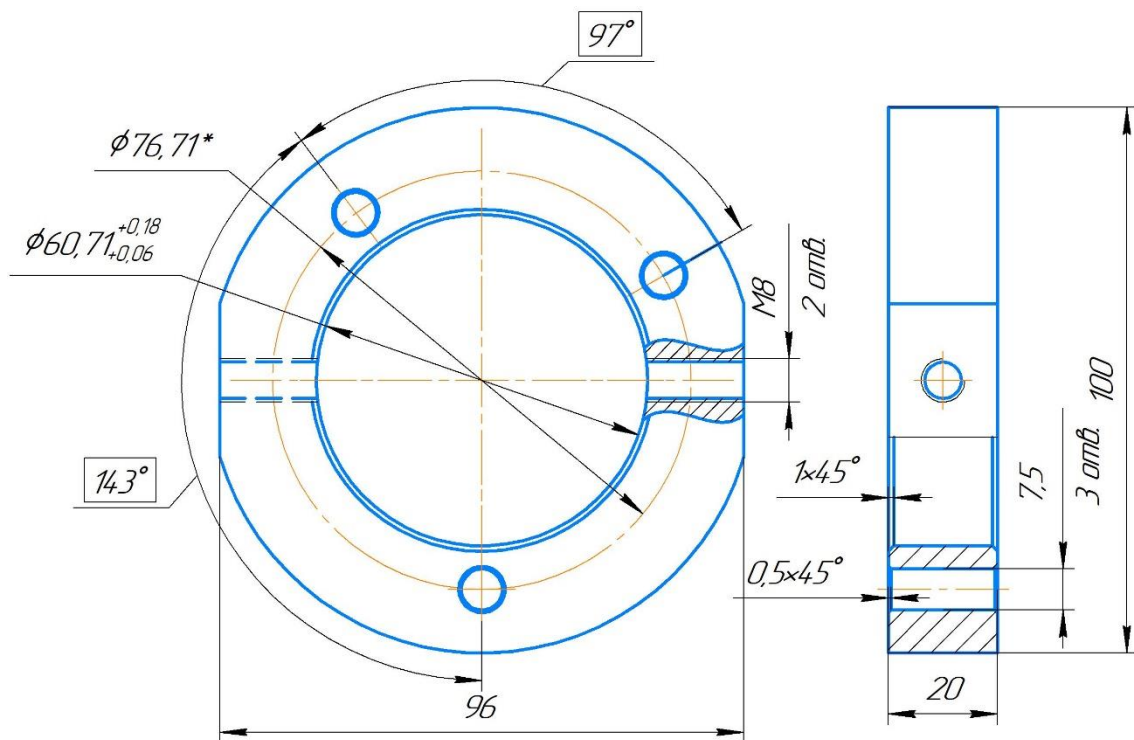


Рисунок 23 – Чертеж кондуктора

Сложность данной задачи, заключается в том, что из-за габаритных особенностей деталей, длина сверла, которым производится рассверливание, должна быть не менее 380 мм. Решено доработать сверло, путем удлинения хвостовика.

Для этого, хвостовик сверла протачивается так, как представлено на рисунке 24.

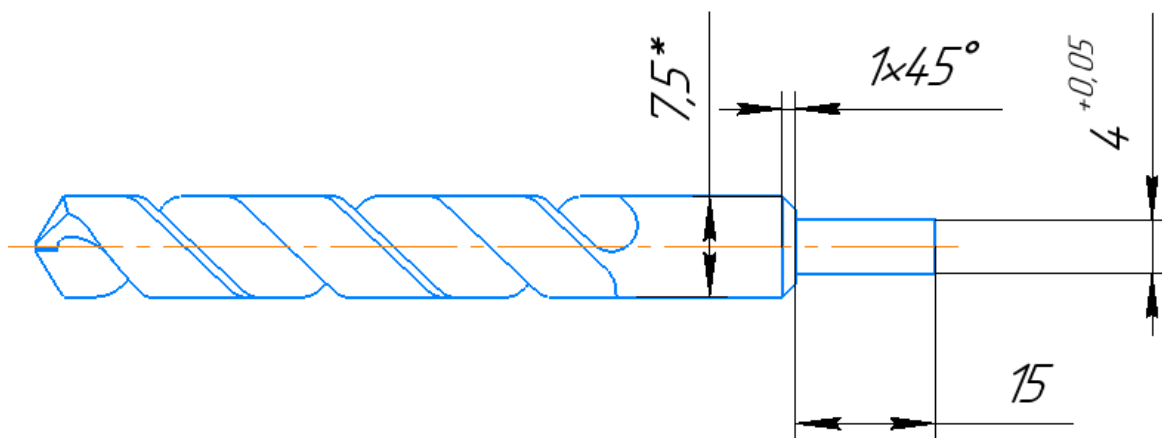


Рисунок 24 – Доработка сверла

В качестве удлинителя хвостовика, используется калиброванный прокат круглого сечения, выполненного из нержавеющей стали, диаметром 8 мм.

Пруток необходимо отрезать и просверлить отверстие согласно рисунку 25.

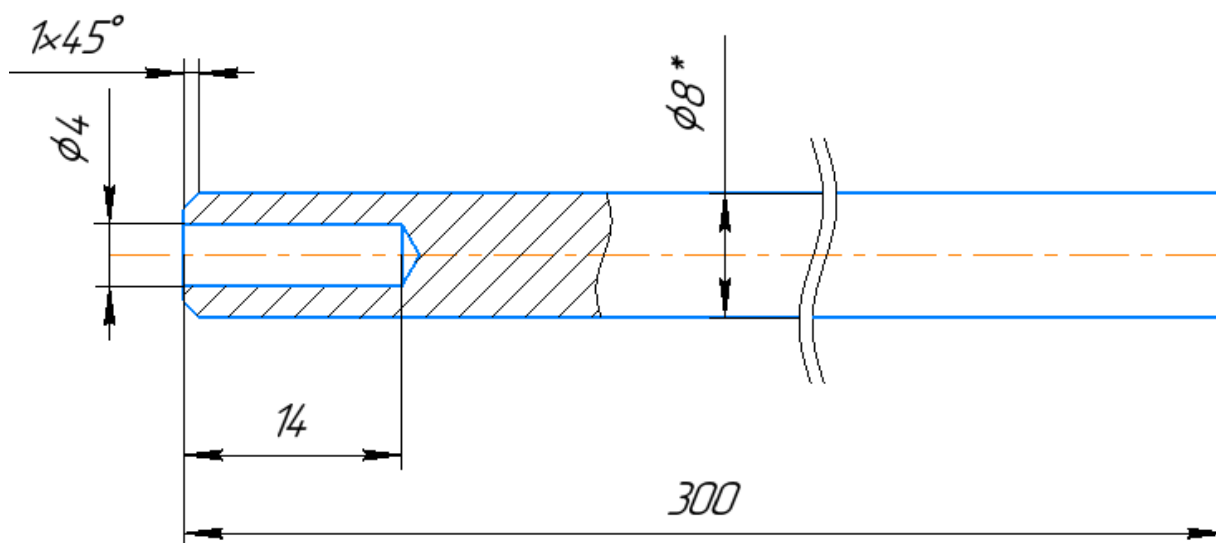


Рисунок 25 – Удлинитель сверла

Данное соединение спаивается встык. Припой выпирающий за поверхность прутка, необходимо удалить с помощью напильника. Сборка схематично представлена на рисунке 26.

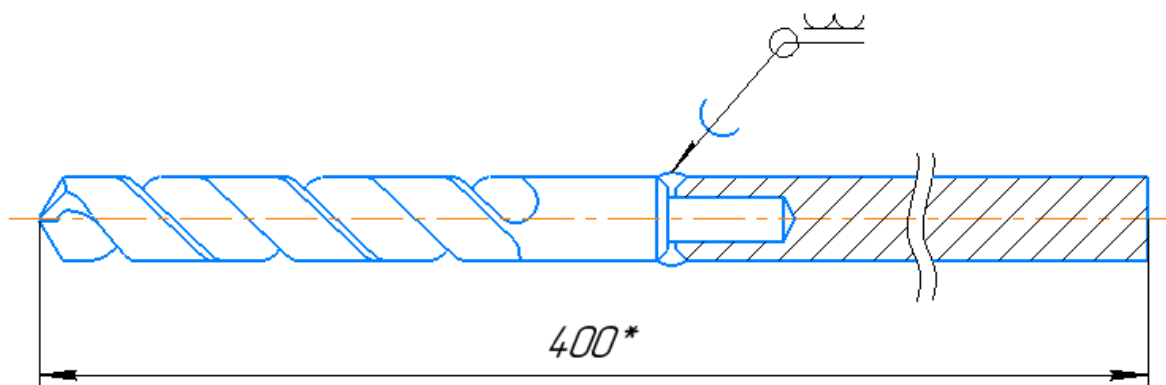


Рисунок 26 – Доработка сверла

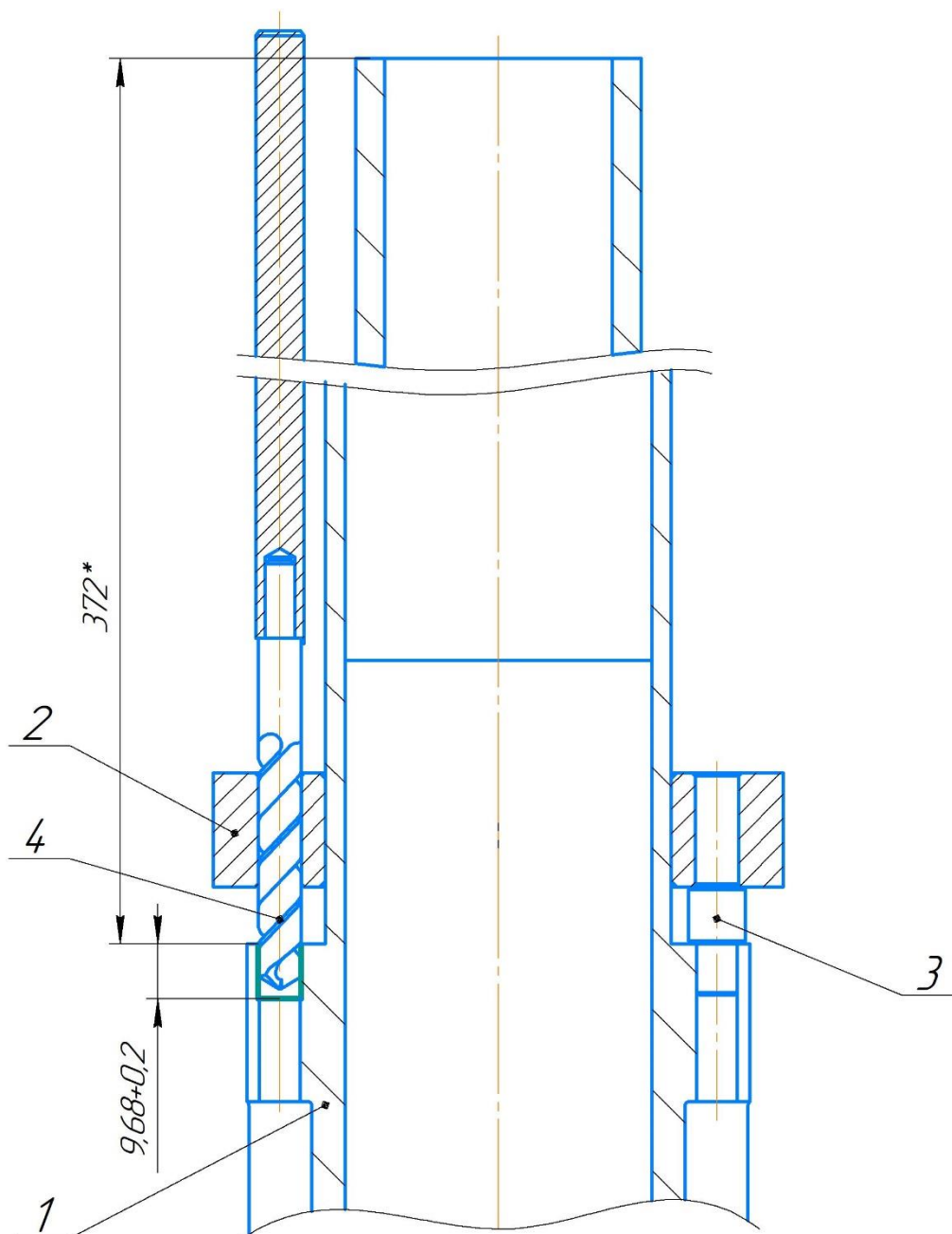


Рисунок 27 – Схема установки кондуктора для рассверливания

3.3. Технология модернизации корпуса модулятора

По аналогии с рассверливанием фланца в корпусе-мотора, производится рассверливание отверстий в фланце корпуса-модулятора. Корпус закрепляется в трехлапчатом самоцентрирующемся патроне. Кондуктор закрепляется на фланце. Для рассверливания используется сверло обычной длины, закрепленное в самоцентрирующемся патроне ручной дрели.

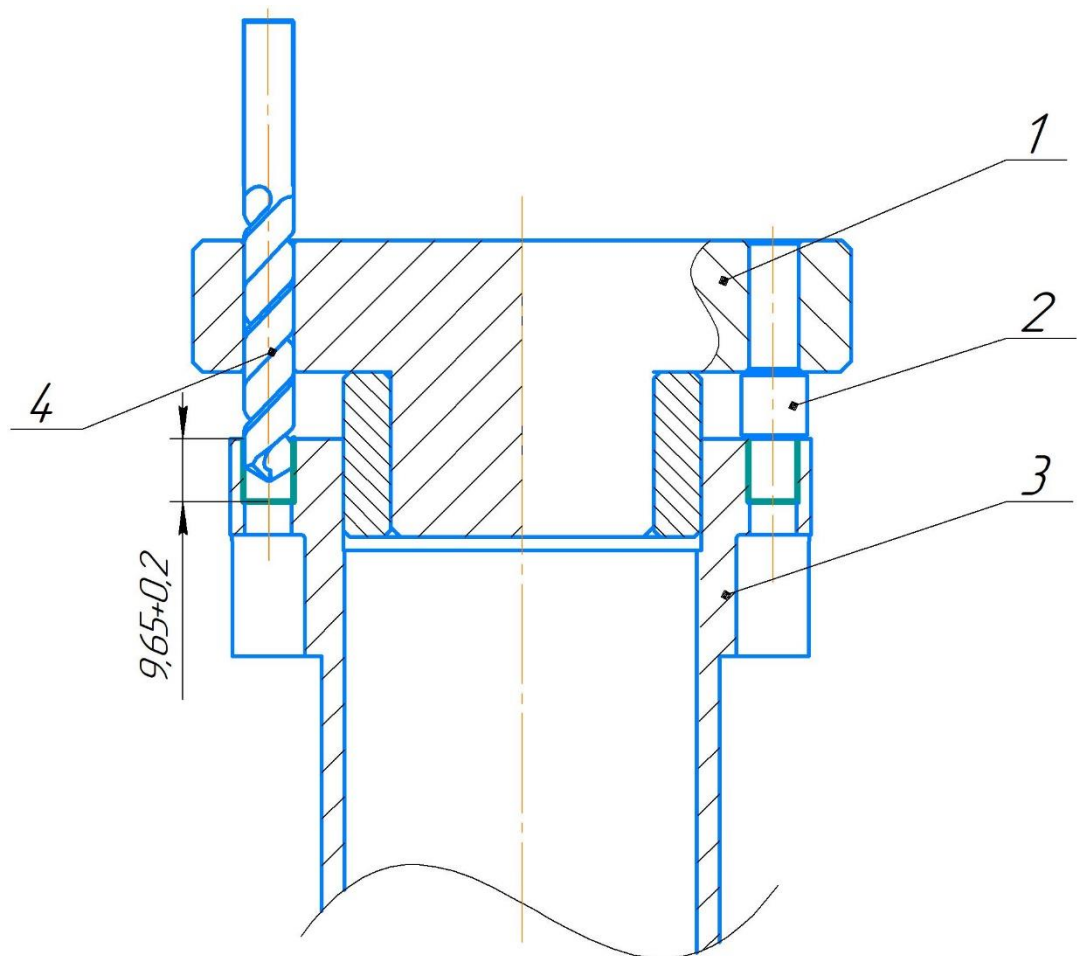


Рисунок 28 – Схема установки кондуктора для рассверливания

3.4. Технология модернизации корпуса компенсатора

Корпус компенсатора дорабатывается по той же схеме, как и два предыдущих корпуса. Применяется первый кондуктор со сменной втулкой с наружным диаметром 63,7 мм. Схема доработки представлена на рисунке 29.

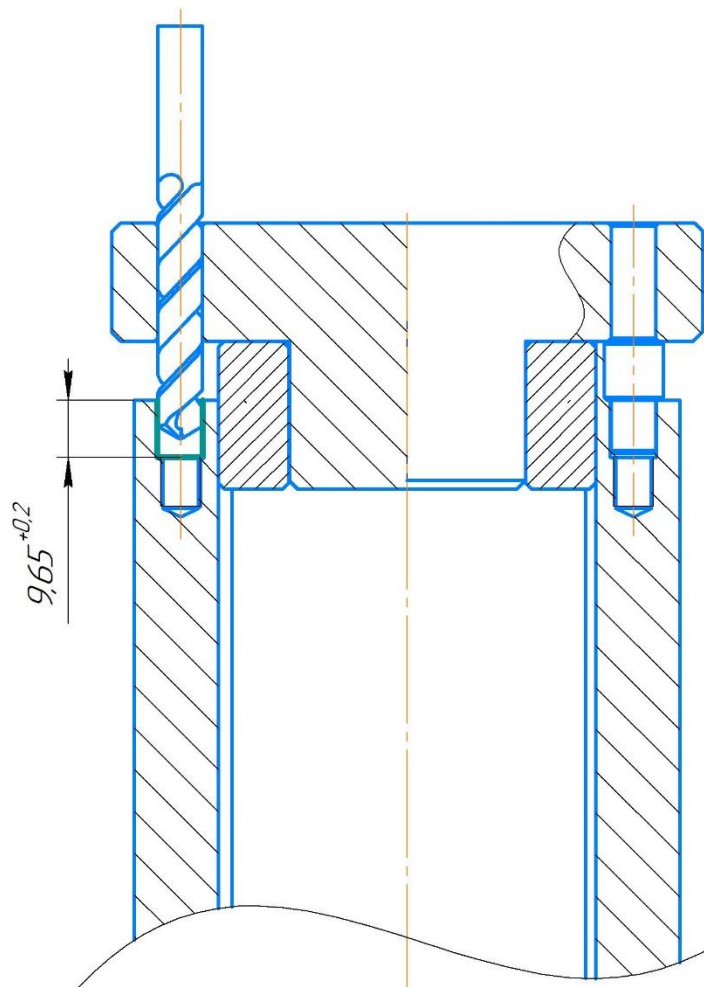


Рисунок 29 – Схема установки кондуктора для рассверливания

Вывод по главе 3

В ходе технологической части, были спроектированы технологии модернизации корпуса модулятора, корпуса мотора, корпуса компенсатора устройства геолокации бурильной головки.

Разработана необходимая оснастка в виде кондукторов, удлиненного сверла и т.д. Без которых качественное исполнение технологии модернизации невозможно.

Разработанная технология актуальна в реалиях единичной и мелкой серии производства. При изменении серийности (увеличении деталей) целесообразно рассмотреть создание более эффективной технологии, с использованием специального оборудования.

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСΟΣБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4AM82	Ковылин Никита Денисович

Школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедение
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>	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ»
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Районный коэффициент 30%; Премияльный коэффициент сотрудников 10%; Накладные расходы 10%;
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Общая система налогообложения Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценка готовности проекта к коммерциализации. Анализ конкурентных технических решений.
2. <i>Планирование и формирование бюджета проекта</i>	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Гантта Определение затрат на проектирование (смета затрат)
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определение эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Календарный план график проведения работ</i>
2. <i>Смета затрат</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		01.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM82	Ковылин Никита Денисович		01.03.2020

4. Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является расчет себестоимости работа по реализации проекта создания технологии для модернизации корпуса устройства геолокации бурильной головки. В данном разделе рассматривается организация и планирование работ, оценка экономической эффективности разработки транспортного стола для лазерной сварки трубок и наконечников ТВЭЛ. Данная система может применяться в энергетическом машиностроении для автоматизации технологического процесса и повышения его эффективности.

Для достижения поставленной цели были проведены исследования и решены следующие задачи:

- организация и планирование работ;
- проведение расчета трудоемкости выполнения работ;
- составление плана комплекса работ;
- расчет затрат на проектирование, заработной платы и прочих расходов;
- расчет затрат на внедрение разработки;
- оценка экономической эффективности разработки.

4.1. Организация и планирование работ

Планирование работы заключается в составлении полного перечня работ, необходимых для достижения поставленной задачи; определение участников каждой работы; установление продолжительности работ; построение линейного графика. Успех проведения работы зависит от рационального распределения нагрузки по времени этапов, что позволяет более эффективно распределять и использовать ресурсы её исполнителей; предварительно определить затраты на проведение ВКР.

В таблице 16 представлены планируемые этапы работ, исполнители и их загрузка.

Таблица 16 – Перечень этапов работ и загрузка исполнителей

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка задачи, поиск актуальных источников литературы	НР, И	НР – 100% И – 40%
Ознакомление с литературой по теме исследования	НР, И	НР – 10% И – 70%
Выбор режимов резания	НР, И	НР – 50% И – 100%
Исследование различных вариантов сверл для обработки материала Inconel 718	НР, И	НР – 20% И – 100%
Разработка технологии модернизации корпуса модулятора устройства геолокации бурильной головки	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка технологии модернизации корпуса мотора устройства геолокации бурильной головки	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка технологии модернизации корпуса компенсатора устройства геолокации бурильной головки	НР, И	НР – 30% И – 100%
Проектирование оснастки, необходимой для выполнения технологии модернизации корпусов устройства геолокации бурильной головки	НР, И	НР – 40% И – 100%
Мероприятия по безопасности и экологичности работы	И	И – 100%
Технико-экономическое обоснование ВКР	И	И – 100%
Составление и оформление пояснительной записки	И	И – 100%

Разработка презентации	И	И – 100%
Защита ВКР	И	И – 100%

4.2. Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может осуществляться двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

Первый применяется в случаях наличия достаточно развитой нормативной базы трудоемкости планируемых процессов, что в свою очередь обусловлено их высокой повторяемостью в устойчивой обстановке. Так как в этой работе мы не располагаем соответствующими нормативами, то используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Аналоговый способ привлекает внешней простотой и затратами, близкими к нулевым, но возможен только при наличии у исполнителя не устаревшего аналога, т.е. проекта в целом или хотя бы его фрагмента, который по всем значимым параметрам идентичен выполняемой ВКР. В большинстве случаев он может применяться только локально – для отдельных элементов (этапов работы).

Экспертный способ расчета продолжительности этапов работ предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется следующая формула:

$$t_{ож} = \frac{t_{min} + 4t_{prob} + t_{max}}{6} \quad (4.1)$$

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

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

t_{prob} – наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

Эта формула дает более надежные оценки, но предполагает большую «нагрузку» на экспертов.

Для выполнения перечисленных в таблице 16 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель ВКР;
- научный руководитель.

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

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д} \quad (4.2)$$

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

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

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ. $K_{Д} = 1,2$.

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (4.3)$$

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

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

$$T_K = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}} \quad (4.4)$$

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

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

$T_{\text{ПД}}$ – праздничные дни ($T_{\text{ПД}} = 14$).

$$T_K = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22.$$

Таблица 17 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап		Загрузка исполнителей, %		Продолжительность работ, дни				Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дни.			
		НР	И	t_{min}	$t_{pro\ b}$	t_{max}	$T_{ож}$	ТРД		ТКД	
								НР	И	НР	И
1		2		3		4	5	6	7	8	9
1	Постановка задачи, поиск актуальных источников литературы	100	40	2	5	3	5,17	6,2	2,48	7,56	3,03
2	Ознакомление с литературой по теме исследования	10	70	3	20	4	19,17	2,3	16,1	2,81	19,64
3	Выбор режимов резания	50	100	2	5	3	5,00	3	6	3,66	7,32
4	Исследование различных вариантов сверл для обработки материала Inconel 718	20	100	3	18	4	17,67	4,24	21,2	5,17	25,86
5	Разработка технологии модернизации корпуса модулятора устройства геолокации бурильной головки	30	100	5	6	6	6,17	2,22	7,4	2,71	9,03
6	Разработка технологии модернизации корпуса мотора устройства геолокации бурильной головки	30	100	6	6	11	6,17	2,22	7,4	2,71	9,03
7	Разработка технологии модернизации корпуса компенсатора устройства	30	100	4	6	5	6,17	2,22	7,4	2,71	9,03

	геолокации бурильной головки										
8	Проектирование оснастки, необходимой для выполнения технологии модернизации корпусов устройства геолокации бурильной головки	40	100	7	18	13	17,83	8,56	21,4	10,44	26,11
9	Мероприятия по безопасности и экологичности работы	0	100	3	4	4	3,83	0	4,6	0,00	5,61
10	Технико-экономическое обоснование ВКР	0	100	4	5	5	4,83	0	5,8	0,00	7,08
11	Составление и оформление пояснительной записки	0	100	15	25	19	24,17	0	29	0,00	35,38
12	Разработка презентации	0	100	3	4	5	4,00	0	4,8	0,00	5,86
13	Защита ВКР	0	100	4	2	5	1,83	0	2,2	0,00	2,68
	Итого:							30,96	135,78	37,77	165,65

Таблица 18 – Календарный план график проведения работ

Этап	НР	И	Декабрь			Январь			Февраль			Март			Апрель			Май		
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
1	7,56	3,03	■	■																
2	2,81	19,64		■	■	■	■	■	■	■										
3	3,66	7,32				■	■													
4	5,17	25,86					■	■	■	■	■	■	■							
5	2,71	9,03							■	■										
6	2,71	9,03								■	■									
7	2,71	9,03									■	■								
8	10,44	26,11										■	■	■	■	■	■	■	■	
9	-	5,61													■					
10	-	7,08														■	■			
11	-	35,38															■	■	■	
12	-	5,86																	■	
13	-	2,68																	■	

■ – Научный руководитель
 ■ – Инженер (студент)

4.3. Расчет сметы затрат на выполнение проекта

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

- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- прочие расходы (накладные расходы).

Согласно техническому заданию по данному проекту все расходные материалы и покупные изделия, в том числе сверла, материал для обработки, детали и т.д., предоставляются заказчиком и не входят в расчетную стоимость разработки проекта.

4.4. Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта – исполнитель ВКР), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Так же для сборки данного стола требуется работа двух операторов станков с ЧПУ, данная работа относится к 5 разряду. Время необходимое для сборки примем равным двум неделям.

Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

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

$$ЗП_{дн-т} = MO/25, \quad (4.5)$$

учитывающей, что в году 300 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 25 рабочих дней (при шестидневной рабочей неделе). Расчеты затрат на

полную заработную плату приведены в таблице 19. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 17. Для учета в ее составе премий, дополнительной заработной платы и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{ПР} = 1,1$; $K_{доп.ЗП} = 1,188$; $K_p = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{и} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$. Вышеуказанное значение $K_{доп.ЗП}$ применяется при шестидневной рабочей неделе.

Для оператора станка с ЧПУ по 5-му разряду среднедневная ставка, при 8-часовом рабочем дне составит:

$$ЗП_{\text{день}} = 158,7 * 8 = 1269,6 \text{ руб./день.}$$

Таблица 19 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33 664,00	1346,56	31	1,699	70 921,97
И	17 560,00	702,40	136	1,699	162 299,35
Оператор станка с ЧПУ	-	1269,6 2	10	1,699	43 141,01
Итого:					276 362,48

4.5. Отчисления во внебюджетные фонды

Затраты на отчисления на социальные нужды, включающие в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{соц.} = C_{зп} * 0,3$.

$$C_{соц.} = 276362,48 * 0,3 = 82908,75 \text{ руб.}$$

Ставка отчислений в фонд социального страхования от несчастных случаев на производстве 0,2%.

$C_{\text{несч.}} = 276362,48 * 0,002 = 552,73$ руб.

Прибавим эти отчисления к отчислениям на социальные нужды.

$C_{\text{соц.}} = 82908,75 + 552,73 = 83461,48$ руб.

4.6. Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула:

$$C_{AM} = \frac{N_A \cdot Ц_{ОБ} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D} \quad (4.6)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования; Для 5-координатного фрезерного обрабатывающего центра примем годовую норму окупаемости $N_A = 1/10 = 0,1$.

$Ц_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п. Для фрезерных операций используется 5-координатный фрезерный обрабатывающий центр, стоимость которого составляет 5 000 000 рублей.

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. Для фрезерных металлорежущих станков при односменном режиме работы $F_D = 1976$ часов.

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта. Для фрезерных операций примем значение времени работы 20 часов.

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

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

Для ПК примем срок амортизации 2,5 года, тогда $N_A = 1/2,5 = 0,4$
Балансовая стоимость ПК: $Ц_{ОБ} = 35700$. Условно примем время работы

исполнителей (НР, И) за ПК, как 70% от их общего времени работы (117 часов на двух исполнителей). $F_{д(ПК)}=2400$ ч (300 рабочих дней по 8 ч).

$$C_{AM(фр)} = \frac{0,1 \cdot 5000000 \cdot 20 \cdot 1}{1976} = 5060,73 \text{ руб.}$$

$$C_{AM(ПК)} = \frac{0,4 \cdot 35700 \cdot 117/2 \cdot 2}{2400} = 696,15 \text{ руб.}$$

$$C_{AM} = 696,15 + 5060,73 = 5756,88$$

4.7. Расчет прочих расходов

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

$$C_{проч} = (C_{мат} + C_{зп} + C_{соц} + C_{ам}) \cdot 0,1 \quad (4.7)$$

Для нашего примера (без учета затрат на покупку материала) это:

$$C_{проч}=(276362,48+83461,48+5756,88)*0,1=36558,08 \text{ руб.}$$

4.8. Стоимость разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Проектирование технологии модернизации корпуса устройства геолокации бурильной головки». Смета затрат представлена в таблице 20.

Таблица 20 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{мат}$	0,00
Основная заработная плата	$C_{зп}$	276362,48
Отчисления в социальные фонды	$C_{соц}$	83461,48
Амортизационные отчисления	$C_{ам}$	5756,88
Прочие расходы	$C_{проч}$	36558,08
Итого:		402138,92

Таким образом, затраты на разработку проекта без учета стоимости составляющих составили $C = 402138,92$ руб.

4.9. Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Так как мы не располагаем данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере 5 – 20 % от полной себестоимости проекта: $402138,92 * 0,2 = 80427,78$ руб.

4.10. Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это: $(402138,92+80427,78) * 0,2 = 96513,34$ руб.

4.11. Цена разработки ВКР

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

$$\text{ЦВКР} = 402138,92 + 80427,78 + 96513,34 = \mathbf{579080,04} \text{ руб.}$$

Вывод по главе 4

Актуальным аспектом качества выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, т.е. соотношение обусловленного ею экономического результата (эффекта) и затрат на разработку проекта. Задача оценки экономической эффективности инвестиций данного проекта – вложение денежных средств в предприятие с целью уменьшения расходов на оплату рабочей силы. Посредством правильной инвестиционной политики организации достигают своих стратегических и тактических целей. Данный проект относится ко второму направлению инвестирования. Он обычно проявляется в увеличении выручки от реализации продукции, снижении затрат на производство, управление им и т.д.

Определение круга учитываемых при расчете эффектов является одним из исходных пунктов оценки эффективности инвестиций.

В результате проведенного исследования по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были определены затраты на проектировку необходимых элементов для разработки технологии модернизации корпуса устройства геолокации бурильной головки.

Внедрение этой технологии позволит восстанавливать уже бывшие в работе корпуса устройства так же повысив жесткость конструкции, что положительно скажется на эксплуатационных характеристиках. Это позволит сэкономить материальные и финансовые ресурсы, так как производство новых корпусов стоит гораздо дороже и занимает на порядок больше времени.

Проанализировав результат, очевидно, что основными затратами является заработная плата сотрудников, так как это высокотехнологичная разработка – данные затраты обоснованы, попытка их снизить может напрямую повлиять на качество исполнения данного проекта.

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студент:

Группа	ФИО
4AM82	Ковылин Никита Денисович

Школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

Тема работы: «Разработка технологии модернизации корпуса устройства геолокации бурильной головки»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.</p>	<p>Объектом исследования является рабочее место инженера. Рабочее место представляет собой помещение, оборудованное для проектирования технологических процессов в CAD/CAM системах, и выполнения доработок непосредственно на станочном оборудовании. Область применения: автоматизация технологического процесса.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); 	<p>Анализ выявленных вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – недостаточная освещенность рабочей зоны; – отклонение параметров микроклимата в помещении; – повышенный уровень шума/вибрация; – вредные вещества; <p>Психофизические факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – повышенная нагрузка на органы зрения – длительные статические нагрузки; – монотонность труда; – нервно-эмоциональное напряжение. <p>Анализ выявленных опасных производственных факторов рабочей среды, влияющих на организм человека при работе с программным обеспечением в рабочем помещении, а именно:</p>

<ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<ul style="list-style-type: none"> – опасность поражения электрическим током, – опасность поражения статическим электричеством, – короткое замыкание. – Работа механизмов; – Запыленность; – СИЗ (Средства Индивидуальной Защиты)- защитные перчатки, очки, спец. одежда, респиратор.;
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Модификация корпуса на этапе проектирования не оказывает влияния на экологию. Утилизация используемой орг. техники, макулатуры и люминесцентных ламп. В процессе производства - утилизация использованной при производстве СОЖ.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Чрезвычайная ситуация техногенного характера для места – пожар. Установка общих правил поведения и рекомендаций во время пожара, план эвакуации, огнетушитель.</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <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. 	<p>Основные проводимые правовые и организационные мероприятия по обеспечению безопасности трудящихся на рабочем месте согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, ФЗ – 197.</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Сечин Александр Иванович	д.т.н.		01.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ82	Ковылин Никита Денисович		01.03.2020

5. Социальная ответственность [11-22]

5.1. Описание рабочего места

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

В данной работе рассмотрено помещение для проектирования технологии и проведения модификации корпуса геолокационной головки.

При проектировании рабочих мест должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, шум, наличие вредных веществ, электромагнитных полей и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест. При проектировании рабочего места необходимо уделить внимание и охране окружающей среды, в частности, организации безотходного производства.

Спроектированная схема цеха представлена на рисунке 30.

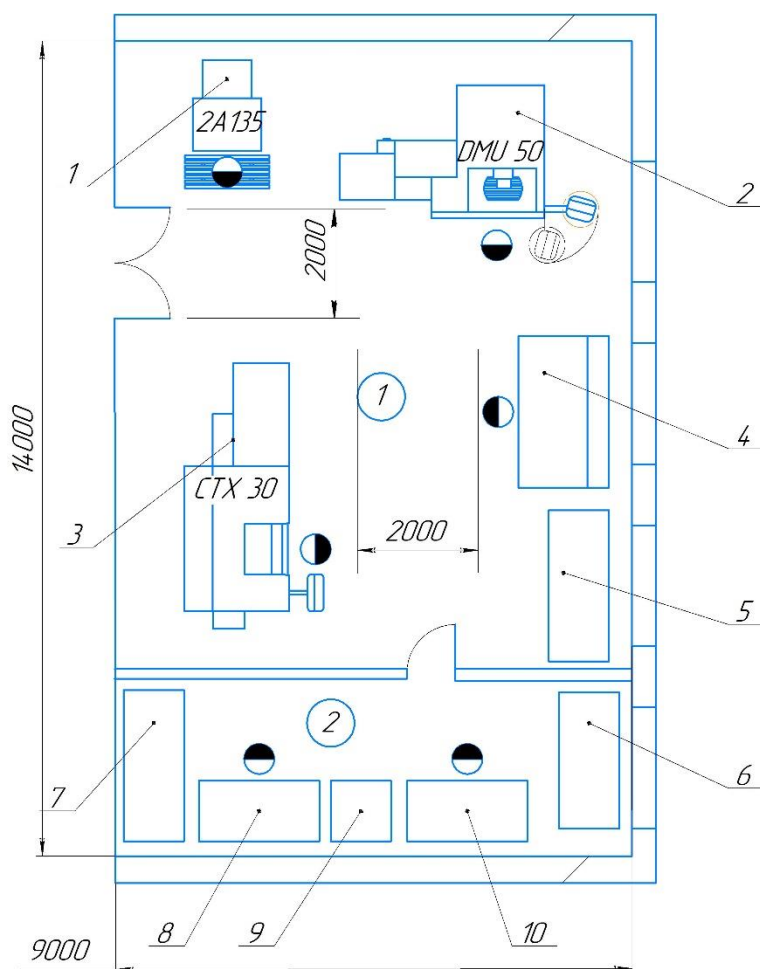


Рисунок 30 – Схема производственного цеха

1-Вертикально сверлильный станок 2A135; 2 – Фрезерный 5-ти координатный обрабатывающий центр DMU-50; 3 – Токарно-фрезерный станок DMG CTX 30; 4 – слесарный верстак; 5 – стеллаж для готовой продукции; 6 – стеллаж для документов; 7 – шкаф для одежды и СИЗ персонала; 8,10 – компьютерный стол инженера-конструктора; 9 – тумба;

Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Так как предполагается, что производственный цех находится в 16А учебном корпусе Научно-исследовательского Томского Политехнического Университета, необходимо учитывать возможность пожаров и взрывов, а также возможные аварии на энергетических станциях и в коммунальных системах жизнеобеспечения. В помещении находится станочное оборудование и комната для проектирования технологии в CAD/CAM системах на персональных компьютерах.

5.2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

В цехе, где происходит модификация геолокационной головки, возможно наличие следующих вредных факторов: а) неудовлетворительные параметры микроклимата; б) наличие вредных веществ; в) повышенный уровень шума/вибрация; г) недостаточная освещенность; д) электромагнитное излучение; е) опасности, связанные с работой на станочном оборудовании.

Станки, на которых производится доработка, так же являются источником опасности.

В случае ненадлежащего использования станка, в случае его использования не по назначению или его технического обслуживания неквалифицированными лицами от станка могут исходить опасности. В результате может возникнуть угроза для:

- Здоровья и жизни,
- Станка и другого имущества,
- Эффективной работы станка.

Микроклиматические условия

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

- 1) температура воздуха;
- 2) относительная влажность воздуха;
- 3) скорость движения воздуха.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 21 [ГОСТ 12.1.005-88].

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года применяются средства защиты рабочих мест от

остекленных поверхностей оконных проемов, чтобы не было излишнего охлаждения. В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей на рабочее место.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа инженеров-сборщиков относится к категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице 21.

Таблица 21 – Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	средняя	19 – 24	15 - 75	≤ 0.1
Теплый	средняя	20 - 28	15 - 75	≤ 0.2

Одними из основных мероприятий по оптимизации микроклимата и состава воздуха в производственных помещениях являются обеспечение надлежащего воздухообмена и отопления, тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и гидротрубопроводов.

Вредные вещества

В процессе абразивной обработки металлов (зачистка, полирование, шлифование и др.) происходит обильное выделение в окружающую среду пыли, которая может оседать в дыхательных путях рабочего. При таких работах необходимо использовать СИЗ органов дыхания. Особенное внимание необходимо при работе с техническими жидкостями, такими как смазывающе-охлаждающая жидкость, всевозможные обезжиривающие средства и т.д.

В составе современных смазывающе-охлаждающих жидкостей содержатся различные ингибиторы коррозии, противозадирные присадки, гликоль, анионоактивные и неионогенные эмульгаторы, индустриальные и минеральные масла, масляный асидол, едкий натр, бактерицидные препараты (каустическая сода, хлорпарафины и т. д.). Безусловно, такое разнообразие химических веществ, входящих в состав СОЖ, определяет необходимость

постоянного контроля их содержания и условий применения. Большинство предприятий отказались от использования охлаждающих растворов на основе нитрата натрия, других ядовитых химических веществ. Так же со временем в любой СОЖ бурно развиваются микроорганизмы (бактерии), которые формируют особую дисперсную фазу с размером частиц 0,2—10 мкм. Эти бактерии прогрессируют в водных растворах в форме палочек и кокков. Поскольку прогрессирующее развитие бактерий в среде «масло—вода» приводит к изменению структурно-механических характеристик СОЖ, бактерии, уничтожая органические компоненты, высвобождают из эмульсий масло (диэлектрик). Все это влияет на электропроводность жидкостей, увеличивая ее. Не углубляясь во все тонкости микробиологии, в целом совокупность веществ, входящих в состав водных эмульсий, можно характеризовать и как питательную среду для развития бактерий и грибков.

Вентиляция производственных помещений предназначена для уменьшения запыленности, задымленности и очистки воздуха от вредных выделений производства, а также для сохранности оборудования. Она служит одним из главных средств оздоровления условий труда, повышения производительности и предотвращения опасности профессиональных заболеваний. Система вентиляции обеспечивает снижение содержания в воздухе помещения пыли и газов до концентрации, не превышающей ПДК. Проветривание помещений проводят, открывая форточки. Проветривание помещений в холодный период года допускается не более одного раза в час, при этом нужно следить, чтобы не было снижения температуры внутри помещения ниже допустимой. Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого используют приточно-вытяжную вентиляцию. Кратность воздухообмена не ниже 3.

В целях обеспечения безопасности работников на рабочих местах применяют средства индивидуальной защиты (СИЗ): защитные перчатки, очки, спец. одежда, респиратор.

Производственный шум

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Станки с ЧПУ спроектированы таким образом, что эмиссия шума на рабочем месте не превышает значение, указанное в технических характеристиках. При неблагоприятных условиях уровень шума при обработке резанием может превышать указанное значение. В таких случаях необходимо уменьшить эмиссию шума путем изменения условий обработки, инструмента или зажима.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствует значению 60 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства коллективной защиты (СКЗ) и СИЗ.

Средства коллективной защиты:

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

Средства индивидуальной защиты:

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

Освещенность

Согласно СНиП 23-05-95 в офисе должно быть не менее 300 Лк.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате чего повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 9$ м, ширина $B = 14$ м, высота = 4,2 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,5$ м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 300 Лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где A – длина, м; B – ширина, м.

$$S = 9 \times 14 = 126 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения покрашенных светло-зеленых стен с окнами без штор - $\rho_c = 40\%$, свежепобеленного потолка - $\rho_{п} = 70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_z = 1,2$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛТБ-40, световой поток которой равен $\Phi_{лд} = 2800$ Лм. Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР – 2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1200 мм, ширина – 260 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda = 1,2$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$h = h_n - h_p$, где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса,
 h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 4,2 - 1,5 - 0,5 = 2,2 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,2 \cdot 2,2 = 2,64 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{14}{2,64} = 5,30 \approx 5$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{9}{2,64} = 3,60 \approx 4$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 4 \cdot 5 = 20$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,64}{3} = 0,9 \text{ м}$$

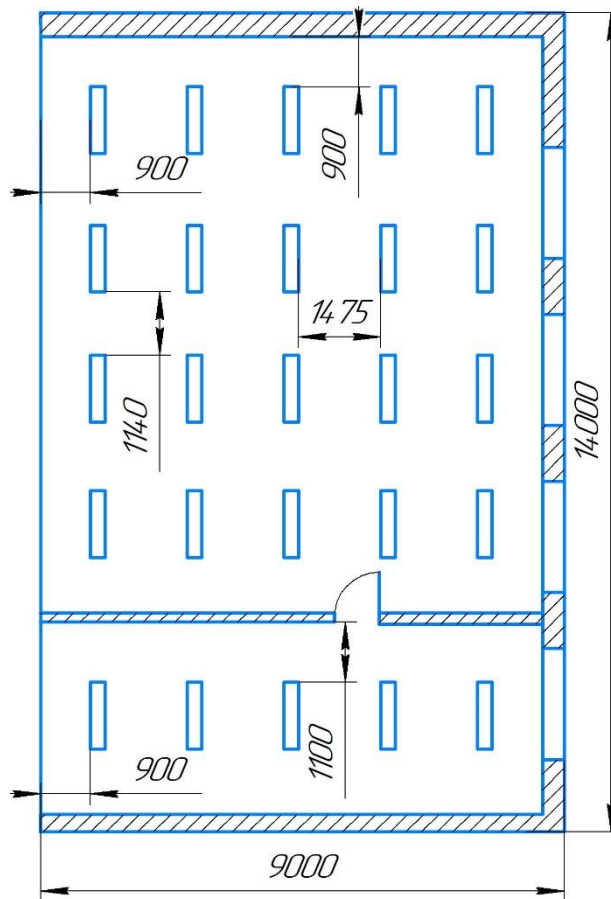


Рисунок 31 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{14 \cdot 9}{2,2 \cdot (14 + 9)} = 2,5$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{П}} = 70\%$, $\rho_{\text{С}} = 50\%$ и индексе помещения $i = 2,5$ равен $\eta = 0,60$.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{П}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 14 \cdot 9 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{20 \cdot 2 \cdot 0,60} = 2309 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{2800 - 2209}{2800} \cdot 100\% = 21,1\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 21,1\% \leq 20\%$ - неравенство не выполняется, так как рассчитанный световой поток превышает рекомендуемый на 1,1%, данное превышение сочтем допустимым и примем рассчитанное количество светильников.

5.3. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

Факторы электрической природы

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

Электроустановки классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные).

Спроектированный цех относится к помещению повышенной опасности поражения электрическим током. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

Основными электрозащитными средствами в электроустановках напряжением до 1000 В являются диэлектрические перчатки, изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками и указатели напряжения.

К средствам защиты от статического электричества и электрических полей промышленной частоты относят комбинезоны, очки, спецобувь,

заземляющие браслеты, заземляющие устройства, устройства для увлажнения воздуха, антиэлектростатические покрытия и пропитки, нейтрализаторы статического электричества.

Дополнительные электрозащитные средства в электроустановках.

Дополнительными электрозащитными средствами являются диэлектрические галоши (боты), сапоги, диэлектрические резиновые коврики, дорожки и изолирующие подставки.

Диэлектрические боты, галоши и сапоги применяют для изоляции человека от основания, на котором он стоит. Боты применяют в электроустановках любого напряжения, а галоши и сапоги — только при напряжении до 1000 В.

Диэлектрические коврики и дорожки — это изолирующие основания. Их применяют в закрытых электроустановках любого напряжения.

Изолирующие подставки также изолируют человека от грунта или пола. В электроустановках напряжением до 1000 В изолирующие подставки выполняют без фарфоровых изоляторов, а выше 1000 В — обязательно на фарфоровых изоляторах.

Факторы пожарной и взрывной природы

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 – В4, Г и Д, а здания – на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории A_n , B_n , B_n , Γ_n и D_n .

Согласно НПБ 105-03 производственный цех относится к категории В2.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

а) халатное неосторожное обращение с огнем (оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

б) утечка метана (при концентрации в воздухе от 4,4 % до 17 % метан взрывоопасен).

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения и локализации пожаров в помещении производственного цеха должны проводиться следующие мероприятия:

а) использование только исправного оборудования;

б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;

в) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;

г) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации возгорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые огнетушители применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например, ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не

более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

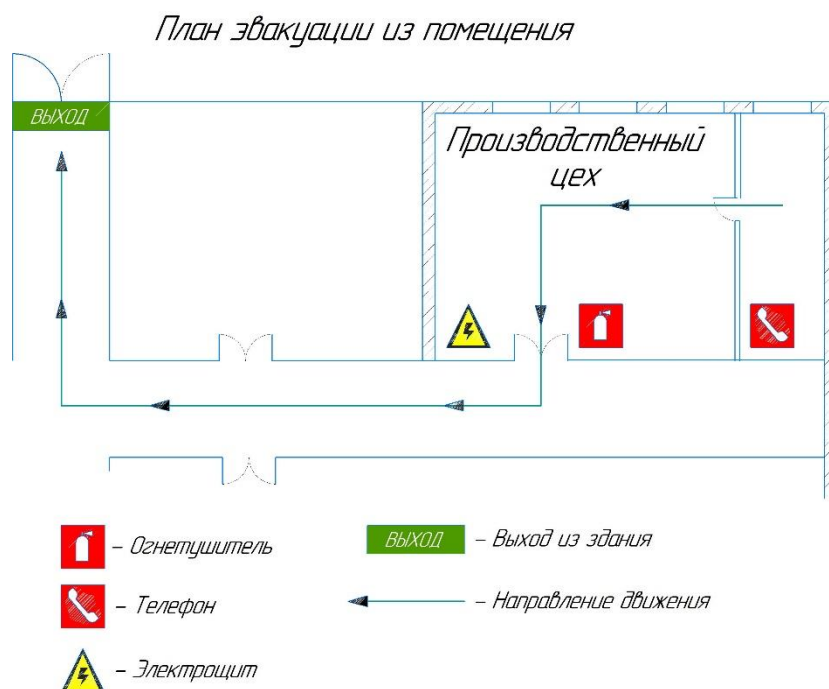


Рисунок 32 – План эвакуации

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых или углекислотных огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу (рисунок 32).

5.4. Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

Для перехода к безотходным производствам в производственном цехе необходимо осуществлять все работы в электронном виде, без использования принтеров, соответственно, бумаги.

Так же необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика.

Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов.

Также необходимо корректно утилизировать средства освещения. Все известные сегодня способы утилизации (демеркуризации) люминесцентных ламп очень трудоемки, опасны, энергозатратны и экономически нецелесообразны: стоимость подобной операции практически сравнима со стоимостью новой лампы. Необходимо подобрать оптимальный метод утилизации. Существуют специальные химические растворы, позволяющие полностью удалить все опасные компоненты люминофорного слоя со стекла, и после дальнейшей переработки, использовать их повторно.

5.5. Защита в чрезвычайных ситуациях

Производство находится в городе Томске с континентальным климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы, наводнения и т. д.) в месте исследования и производства (учебный корпус № 16А НИ ТПУ) отсутствуют. Возможными ЧС на объекте, в данном случае, могут быть сильные морозы, штормовой ветер и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур может привести к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно быть достаточно для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности. Для предупреждения вероятности осуществления

диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода должны проводить тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

5.6. Правовые нормы

Согласно трудовому кодексу РФ и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03: продолжительность рабочего дня не превышает 40 часов в неделю; время работы за компьютером не превышает 6 часов за смену; делаются периодические перерывы в работе за ПК продолжительностью 10-15 минут через каждые 45-60 минут работы; во время перерывов выполняются комплексы упражнений и осуществляется проветривание помещения.

Государственный санитарно-эпидемиологический надзор за производством и эксплуатацией ПЭВМ осуществляется в соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03.

Производственный контроль за соблюдением санитарных правил осуществляется организациями, эксплуатирующими ПЭВМ.

Существуют также специализированные органы, осуществляющие государственный контроль и надзор в организациях на предмет соблюдения существующих правил и норм. К таким органам относятся: Федеральная инспекция труда; Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России)); Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

Перерывы в работе за ПК осуществлялись за счет смены деятельности.

В написании данного раздела использовались следующие нормативные документы:

Вывод по главе 5

В ходе исследования рабочего места было выявлено соответствие следующих факторов: освещенность, микроклимат в помещении, уровень шума и вибрации, нагрузка на органы зрения, опасность поражения электрическим током, СИЗ, уровень запыленности, пожарная безопасность.

Параметры микроклимата соответствуют нормативным документам и создают комфортные условия в производственном цехе.

В производственном цехе имеются все необходимые индивидуальные и коллективные средства защиты от влияния вредных веществ;

Шум на рабочем месте соответствует установленным нормам.

Достаточная освещенность цеха реализуется преимущественно за счет искусственного освещения.

Заключение

В результате работы над выпускной квалификационной работой были проанализированы особенности конструкции устройства геолокации бурильной головки. Разработана технология по её модернизации. Спроектирована необходимая оснастка для этой технологии.

В ходе литературного обзор изучены особенности механической обработки высокопрочного никелевого сплава Inconel 718. Знания, полученные в результате анализа литературы, помогли успешно провести исследование процесса резания Inconel 718 при сверлении. Данное исследование помогло определить оптимальную геометрию сверл для рассверливания отверстий в корпусах устройства геолокации выполненных из никелевого сплава Inconel 718.

Корпусы успешно модернизированы и переданы заказчику, спроектированная технология рекомендована для ремонтного производства по восстановлению бывших в употреблении корпусов устройства геолокации бурильной головки.

Список литературы

1. Donachie MJ, Donachie SJ. Superalloys. Ohio:ASM; 2008
2. Томашов Н.Д, Чернова Г.П. Теория коррозии и коррозионностойкие конструкционные материалы.: Металлургия, 1986, 359 с.
3. Розенберг В.М. Основы жаропрочности металлических материалов. М.: Металлургия, 1973 324 с.
4. Ezugwu E. Key improvements in the machining of difficult-to-cut aerospace superalloys. Int J Mach Tool Manu 2005;12-13:1353-67.
5. Я.Л. Гуревич, М.В. Горохов, В.И. Захаров и др. 2-е изд. Режимы резания труднообрабатываемых материалов: Справочник, перераб. — М.: Машиностроение, 1986. 240 с.
6. Chen Y, Liao Y. Study on wear mechanisms in drilling of Inconel 718 superalloy. J Mater Process Technol 2003; 1-3:269-73.
7. Veselovac D. Process and product monitoring in the drilling of critical aero engine components. Aachen : Apprimus Verlag; 2013.
8. Волков, Д.И. Особенности тепловых процессов при высокоскоростном точении никелевых сплавов и расчетное определение оптимальной скорости резания / Д.И. Волков, С.Л. Проскуряков // Вестник УГАТУ. 2013. №8(61). С. 121-127.
9. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под. ред. А.Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. — М.: Машиностроение, 1986. 496 с.
10. Sharman A, Amarasinghe A, Ridgway K. Tool life and surface integrity aspects when drilling and hole making in Inconel 718. J Mater Process Technol 2008;1-3:424-32.
11. ГОСТ 12.4.154-85. ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. — М.: Издательство стандартов, 1985.
12. ГОСТ 12.4.123-83. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2003.

- 13.ГОСТ Р 12.1.019-2009. Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
– М.: Стандартиформ, 2010.
- 14.ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением
№ 1). – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
- 15.ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением № 1). – М.:
Стандартиформ, 2006.
- 16.ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности. – М.:
ИПК Издательство стандартов, 2003. – 10 с.
- 17.ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый.
Сортамент. – М.: Стандартиформ.
- 18.ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами.
Классификация, идентификация и кодирование отходов. – М.:
Стандартиформ, 2006. – 42 с.
- 19.ГОСТ 12.4.154-85. Система стандартов безопасности труда. Устройства,
экранирующие для защиты от электрических полей промышленной
частоты. Общие технические требования, основные параметры и
размеры. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 10 с.
- 20.СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых,
общественных зданий и на территории жилой застройки». – М.:
Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.
- 21.СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы. – М., 2007. – 38 с.
- 22.СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. – М.:
Минстрой России, 2016. – 103 с.

Приложение А

Analysis of methods and techniques for machining products from nickel alloys

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ82	Ковылин Никита Денисович		10.03.2020

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	к.т.н.		10.03.2020

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Кобзева Н.А.	к.п.н.		10.03.2020

Structure analysis

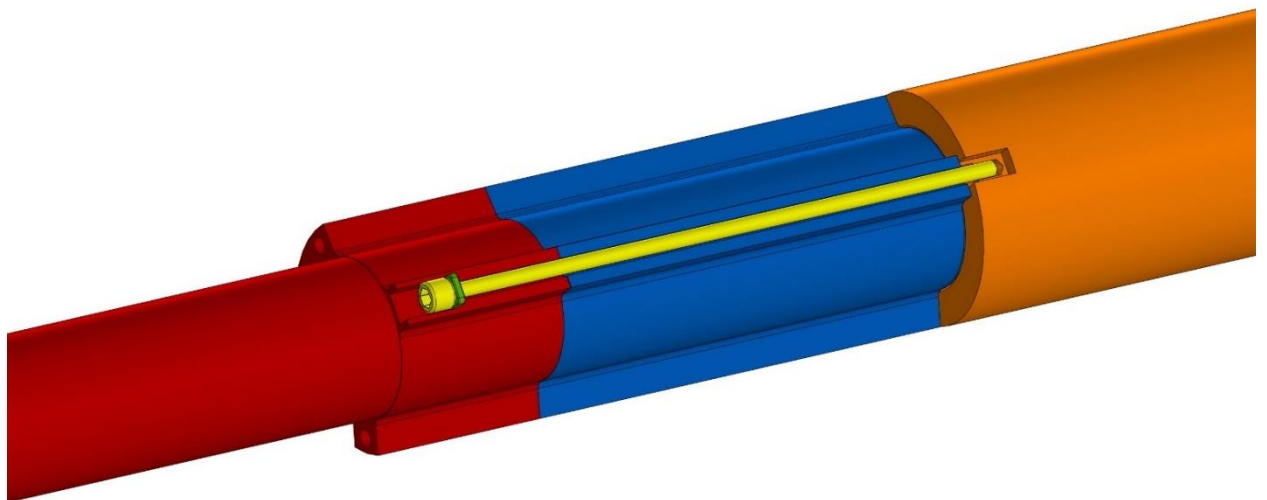
It is necessary to analyze the existing structure of housing and to design modifications of the housing structure. The technology is aimed at reconstruction and modernization of previously operated casing.

This development will allow to decrease expenses of the production of new casing and will enhance technical characteristics of the geolocation system.

Three different casings are considered for this modernization project:

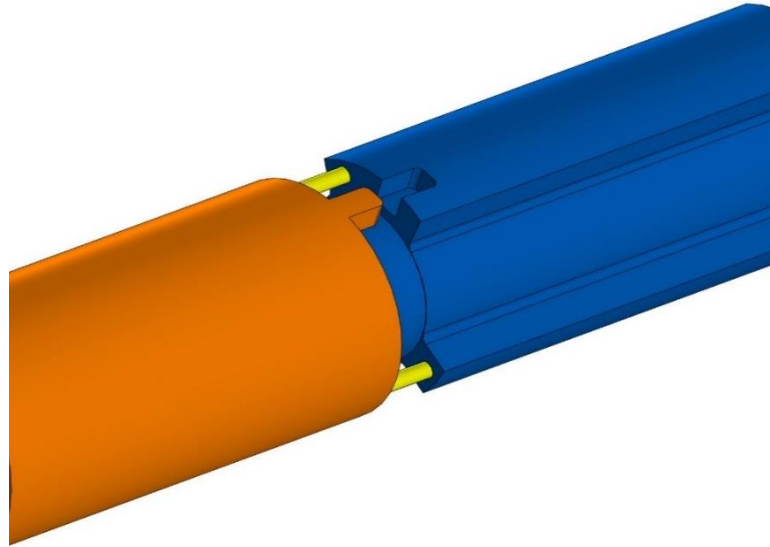
- Casing for modulator;
- Casing for motor;
- Casing for compensator.

These housings are assembled consecutively; housing flanges is tightened by 3 screw bolts. The assembly is generally presented in the picture 1.



Picture 1

Flange positioning of motor and modulator housing is provided not only by the threaded coupling, but also by keyed joints as shown on Picture 2.



Picture 2

Such assembly has a number of disadvantages:

1. Long screw bolts, which tighten the casing, are inclined to deform; this adversely affects the overall stiffness of the structure.
2. Mutual angular positioning of the casings is provided only by the keyed joint; the use of orienting sockets could increase the structure's ability to resist angular displacement.

A more thorough analysis of the structure is not feasible due to the restrictions concerning client company's commercial confidentiality.

The main aim of the project is to create a technology for modernization of the casing structure of geolocation

To achieve this goal, it is necessary to solve a number of tasks:

Tasks:

1. To analyze the design of the housing of the device geolocation of the drill head and the material used for its manufacturing.
2. To analyze the existing methods and tools used for processing the heat-resistant nickel alloy Inconel 718.
3. Experimentally determine the most suitable cutting rates for drilling Inconel 718.

4. To conduct a study of various options verified, to select a tool that provides processing according to the specified parameters.

5. To develop a technology for the modernization of the housing of the modulator of the drill head geolocation device.

6. To develop a technology for upgrading the motor housing of the drill head geolocation device.

7. To develop a technology for the modernization of the housing of the compensator housing of the drill head geolocation device.

8. Design the equipment necessary to carry out the technology for upgrading the bodies of the drill head geolocation device.

To create an effective technology, it is necessary to thoroughly study the machining features of the Inconel 718 nickel alloy, from which three housings are made, requiring modification / modernization.

1. Analysis of methods and techniques for machining products from nickel alloys.

1.2. Overview of the features of the Inconel 718 alloy and its purpose.

Nickel alloys are used mainly in parts of mechanisms and assemblies, which have high demands on corrosion resistance at high temperatures. Many of these alloys cope with these complex tasks.

Different brands of Inconel vary greatly in chemical composition, but the dominant components of all of them are in different proportions nickel (from 44.2 to 72.0 weight%) and chromium (from 14.0 to 24.0 weight%). Alloying additives may include different amounts of iron (Fe), molybdenum (Mo), niobium (Nb), cobalt (Co), manganese (Mn), copper (Cu), aluminum (Al), titanium (Ti), silicon (Si), carbon (C), sulfur (S), phosphorus (P), boron (B).

Table 1 – Chemical composition

Chemical composition Inconel 718									
Chemical	Ni	Cr	Mo	Al	Ti	Nb	Co	Mn	Fe

Element.									
%	52,50	19,00	3,00	0,50	0,90	5,10	<1,0	<0.35	Oct.

These alloys are quite suitable for use under conditions of high pressure and high kinetic energy. When heated, Inconel forms a thick, stable oxide layer that protects the surface from further oxidation. It retains strength over a wide temperature range, which makes it attractive for use in high-temperature environments.

Table 2 – Physical and mechanical properties of Inconel 718

Features	Values
Tensile Strength (T_{KOMH}), MPa	960-1230
Elongation to rupture (T_{KOMH}), %	12-25
Tensile Strength ($T_{800^{\circ}C}$), MPa	520
Elongation to break ($T_{800^{\circ}C}$), %	2
Yield strength (tensile) ($\sigma_{0,2}$), MPa	930-1030
Hardness, HRC	36-43

Depending on the specific brand, high heat resistance of the alloy is achieved by hardening of the solid solution or by the method of dispersion hardening. With varieties of the hardening method, such as dispersion hardening or dispersion hardening, the nickel component of Inconel is combined with alloying additives (aluminum and titanium), forming an intermetallic compound Ni₃(Ti, Al) or gamma phase (γ'). Small cubic crystals are formed in the gamma phase, effectively preventing the creep and spreading of the metal at elevated temperatures. The formation of gamma phase crystals increases with time, especially after 3-hour heating of the alloy at 850 °C, and its intensity continues to increase after 72-hour exposure to this temperature.

1.3. Machining Inconel 718

1.3.1. Turning and boring Inconel 718

Nickel and titanium alloys have several things in common. In terms of machinability, Inconel alloys (nickel-based superalloys) are the most difficult to process materials. They have a very low thermal conductivity and a high degree of strain hardening (higher than that of titanium). Inconel also has high adhesion, so with traditional processing methods, the cutting speed rarely exceeds 25 - 30 m / min.

Technically pure nickel is characterized by poor machinability by almost all criteria. This is due to the high temperature that occurs in the area of plastic flow, and the unfavorable distribution of heat between the material and the tool. This is due to the very low thermal conductivity of the alloy and the high degree of strain hardening in comparison, for example, with steel 45.

Nickel alloys can be processed using tools made of most standard materials on the market, setting cutting modes, it must be understood that this directly affects productivity and economic efficiency.

Avoid the use of high-speed tools when machining hardened nickel alloys such as Inconel 718, as the productivity is significantly lower than in comparison with carbide and ceramic tools. If you need to use a quick-cutting tool, the geometry of the tool significantly affects the stability of the cutting process. A positive rake angle facilitates cutting and minimizes surface hardening during cutting. The trailing corner should be selected in such a way as to avoid mashing and provide support for the cutting edge [2,7, 8].

Carbide tools are the most common choice when machining Inconel 718. Choosing the grade of carbide in the future will affect the stability of the cutting edge for any cutting conditions.

Modern coated tools and chipbreakers in most cases will improve productivity. Due to the high hardness of nickel alloys, special attention is required to factors that affect the resistance of the cutting edge. The combination of a positive cutting front angle and an optimal rear angle is also applicable to carbide tools [2,8].

The depth of the hardened layer increases with an increase in the shear layer and a decrease in the rake angle. The hardened surface layer is useful for finishing.

However, the hardening obtained during roughing adversely affects the cutting process during finishing. In this case, the tool works on the surface with increased hardness, which leads to its accelerated wear. To reduce the depth and degree of hardening can be the use of coolants, an increase in cutting speed and heat treatment [8].

Tab. 7. Recommended cutting conditions for Inconel 718:

High-speed steel P6M5, R6M5K5, etc.			Hard alloy VK8, T5K10, etc.	
Processing class	Speed m/min.	Feed mm/rev.	Speed m/min.	Feed mm/rev.
Rough	4	0,12	21	0,18
Finishing	6	0,06	35	0,10

1.3.2. Inconel 718 Drilling

The Inconel 718 drilling process is very complicated due to material properties, operating conditions and high quality requirements. Carbides in the material matrix cause excessive abrasive wear on the cutting tool. Moreover, the large amount of heat caused by the machining process, especially during drilling, must be dissipated by the tool and coolant due to the low thermal conductivity of the Inconel 718. This high thermal load also limits the cutting speed. The combination of all factors limits the productivity and economic efficiency when drilling Inconel 718 using carbide drills [8].

For successful drilling with spiral drills, it is very important to ensure optimal conditions. The technological system for drilling should be as rigid as possible, it is advisable to use the minimum possible drill length, and also, if possible, use conductors.

Recommended cutting conditions for Inconel 718 [8]:

Table 8.

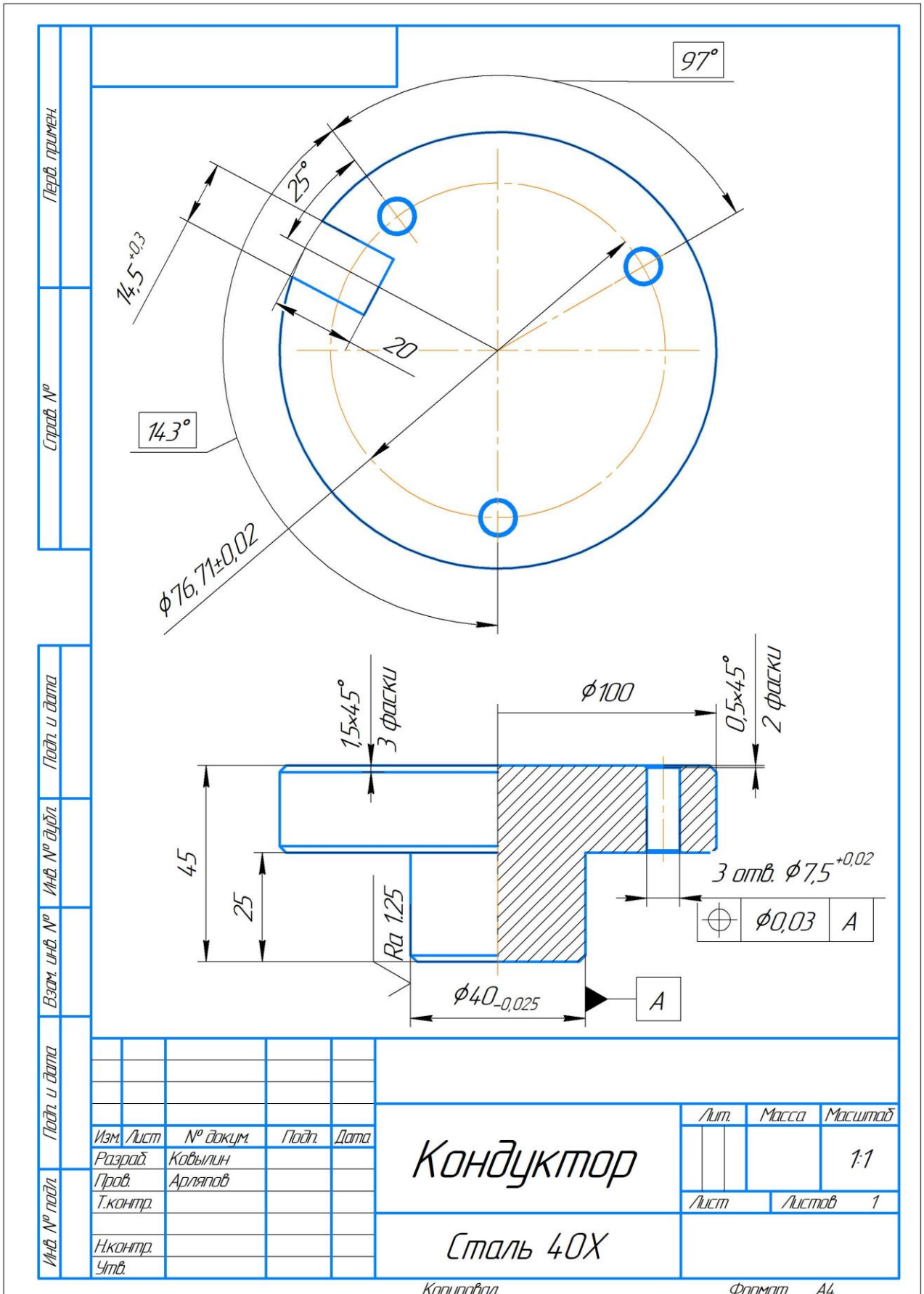
Table 9.

High-speed steel	
Speed m/min.	Feed mm/rev.
8-12	0,08-0,11

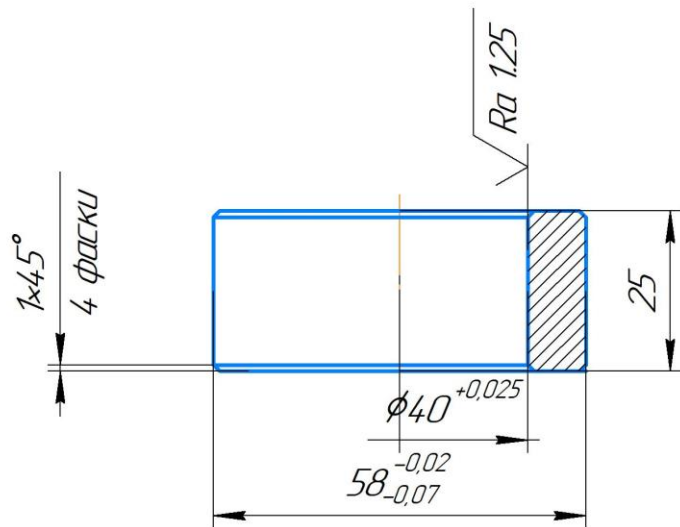
Твердый сплав	
Speed m/min.	Feed mm/rev.
18-20	0,10-0,18

Confirmation that the technology is written correctly and the cutting modes are selected correctly is the stable operation of the tool when processing Inconel 718. Since there was no sufficient experience in processing this nickel alloy, it was not possible to predict the tool life and assign suitable modes for certain technological operations. As a result, it was decided to conduct a series of test drilling to identify the most suitable tool for the given processing modes.

Приложение В
Чертежи оснастки



Перв. примен.	
Справ. №	



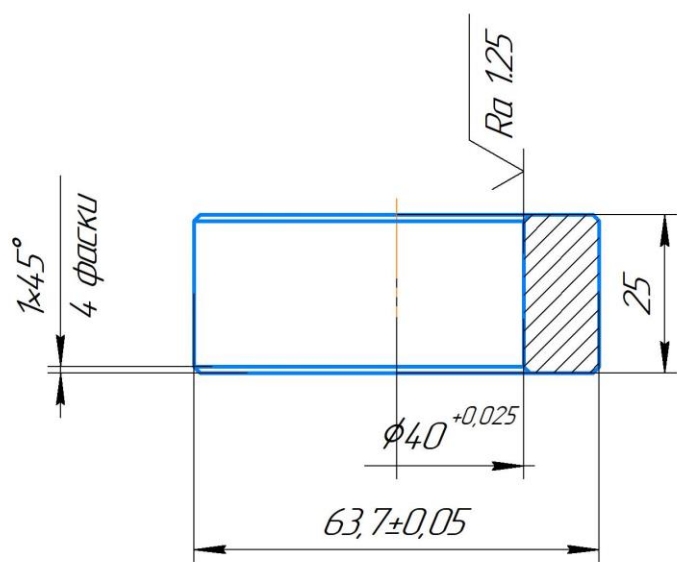
Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дудл.	
Подп. и дата	

Инв. № подл.												
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h1>Втулка 1</h1> <h2>Сталь 40X</h2>					Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Ковылин									Лист	Листов	1
Проб.	Арляпов											
Т.контр.												
Н.контр.												
Утв.												

Копировал

Формат А4

Перв. примен.	Справ. №
---------------	----------



Подп. и дата	Инд. № эскиз.	Взам. инв. №	Подп. и дата
--------------	---------------	--------------	--------------

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Ковылин		
Пров.		Арляпов		
Т.контр.				
И.контр.				
Утв.				

Втулка 2

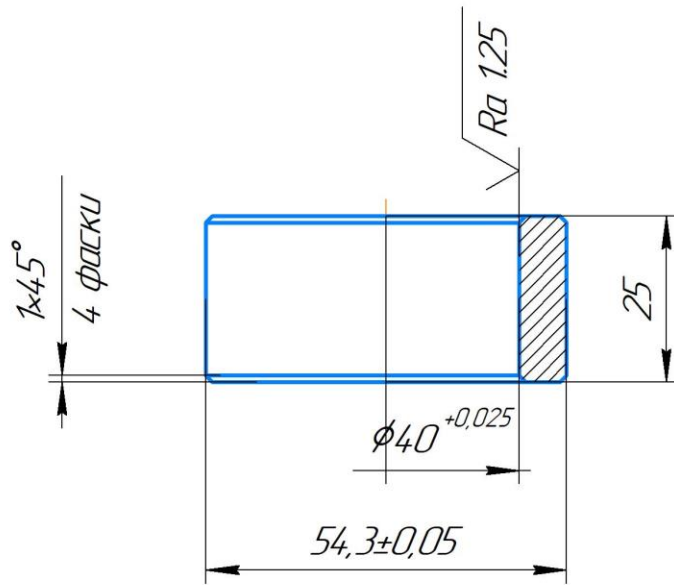
Сталь 40X

Лист	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1

Копировал

Формат А4

Справ. №	Перв. примен.
----------	---------------



Взам. инв. №	Инв. № д/дл.	Подп. и дата							
Подп. и дата									
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h1 style="margin: 0;">Втулка 3</h1> <h2 style="margin: 0;">Сталь 40Х</h2>			
	Разраб.	Ковылин							
	Пров.	Арляпов							
	Т.контр.								
	Н.контр.								
Утв.									
						Лист	Масса	Масштаб	
								1:1	
						Лист	Листов		1

Перв. примен.

Справ. №

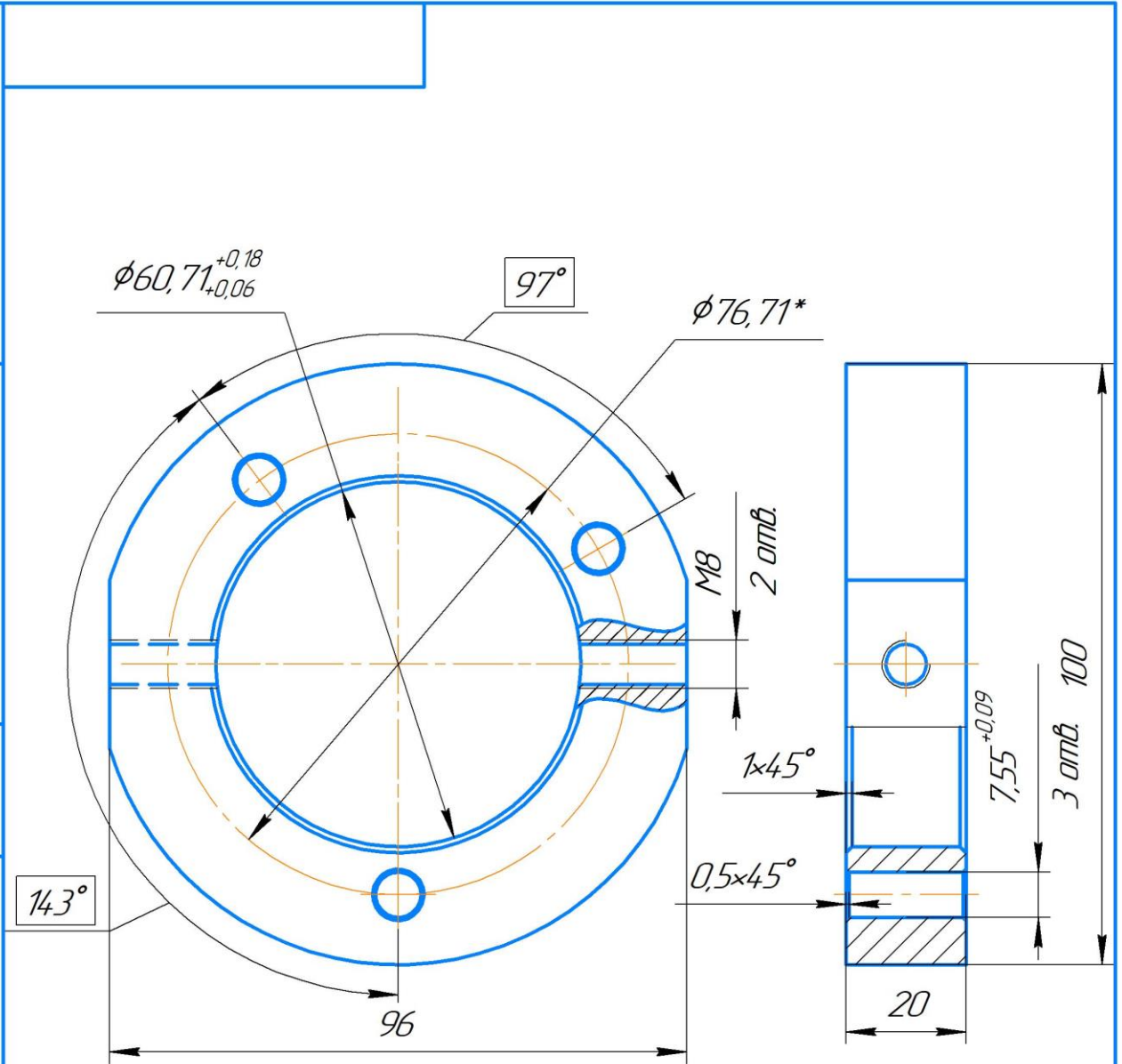
Подп. и дата

Инд. № дудл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



1 Общие допуски по ГОСТ 30893.2 – тН: Н14, h14, IT14/2

* Размер для справок

1 шт.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Ковылин		
Пров.		Арляпов		
Т.контр.				
И.контр.				
Утв.				

Кондуктор

Сталь 40X

Лист

Масса

Масштаб

1:1

Лист

Листов

1

Копировал

Формат А4

Перв. примен.

Справ. №

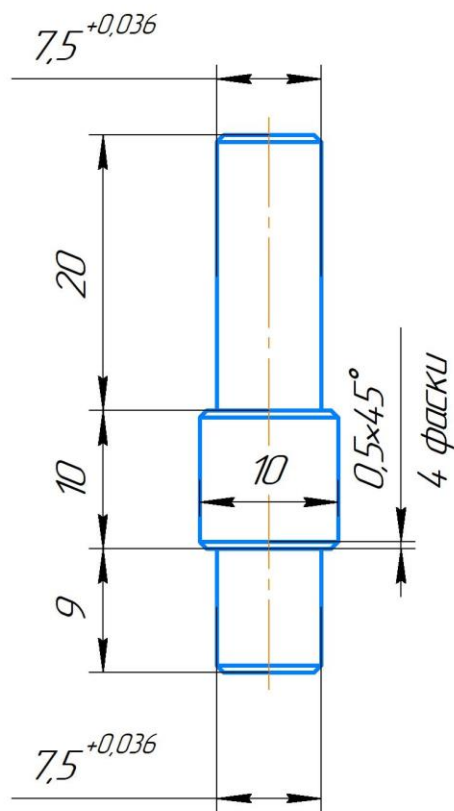
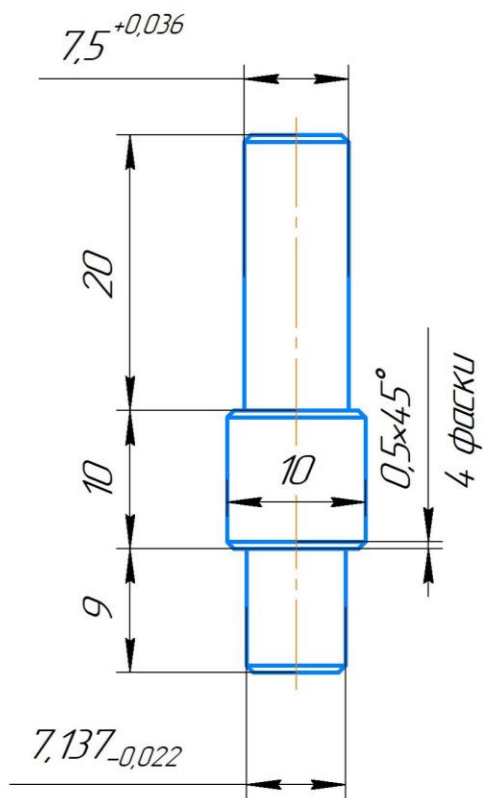
Подп. и дата

Инд. № д/д/д

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



1 Общие допуски по ГОСТ 30893.2 – мН: H14, h14, IT14/2

3 шт. + 3 шт.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Ковылин			
Проб.	Арляпов			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Палец кондуктора

Сталь 40Х

Лист	Масса	Масштаб
		2:1
Лист	Листов	1