



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

Школа	<u>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</u>
Направление подготовки	<u>15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств</u>
ООП/ОПОП	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Специализация	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Отделение	<u>электронной инженерии</u>

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Разработка автоматизированной системы сборки и сварки корпуса редуктора УДК 621.791.7:621.83.061.1-213

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Таушканова Анна Сергеевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	Д.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД	Мезенцева И.Л.	-		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Дерюшева В.Н.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	К.Т.Н.		

Томск – 2023 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и

	систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий
ПК(У)-3	Способен применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций

ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения



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

Школа	<u>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</u>
Направление подготовки	<u>15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств</u>
ООП/ОПОП	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Специализация	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Отделение	<u>электронной инженерии</u>

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ А.А. Першина
(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
1В91	Таушканова Анна Сергеевна

Тема работы:

Разработка автоматизированной системы сборки и сварки корпуса редуктора	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	08.02.2023, №39/33-с

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	22.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	<p>Корпус червячного редуктора из Стали 10, предназначенный для защиты от негативного воздействия окружающей среды и загрязнений редуктора. Сварные соединения осуществляются в соответствии с ГОСТ 14771-76. Производство единичное.</p>
<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i></p>	<p>1 Обзор литературы 1.1 Общие сведения о червячном редукторе 1.2 Общие сведения о корпусе редуктора 1.3 Требования, предъявляемые к корпусу редуктора при его изготовлении 1.4 Требования, предъявляемые к сборке и сварке корпуса редуктора 2 Объект и методы исследования 2.1 Техническое описание изделия 2.2 Система проектирования SolidWorks 2.3 Методы формирования деталей</p>

	2.4 Характеристика основного материала изделия 3 Расчет и аналитика 3.1 Оценка свариваемости основного металла 3.2 Выбор способа сварки 3.3 Выбор сварочных материалов 3.4 Расчет параметров режима сварки 3.5 Выбор сварочного оборудования 3.6 Методы борьбы со сварочными деформациями 3.7 Сборочные операции 3.8 Сварочные операции 3.9 Контроль качества сварных соединений 4 Полученные результаты разработки
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Комплект чертежей изделия Спецификация Комплект технологической документации
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов М.А., д.э.н., профессор ОСГН
Социальная ответственность	Мезенцева И.Л., старший преподаватель ООД

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Таушканова Анна Сергеевна		

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

Школа	<u>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</u>
Направление подготовки	<u>15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств</u>
ООП/ОПОП	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Специализация	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Отделение	<u>электронной инженерии</u>

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
1В91	Таушканова Анна Сергеевна

Тема работы:

Разработка автоматизированной системы сборки и сварки корпуса редуктора

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	22.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
23.01.2023	Введение	7
30.01.2023	1 Обзор литературы 1.1 Общие сведения о червячном редукторе 1.2 Общие сведения о корпусе редуктора 1.3 Требования, предъявляемые к корпусу редуктора при его изготовлении 1.4 Требования, предъявляемые к сборке и сварке корпуса редуктора	8
13.02.2023	2 Объект и методы исследования 2.1 Техническое описание изделия 2.2 Система проектирования SolidWorks 2.3 Методы формирования деталей 2.4 Характеристика основного материала изделия	12
03.04.2023	3 Расчет и аналитика 3.1 Оценка свариваемости основного металла 3.2 Выбор способа сварки 3.3 Выбор сварочных материалов 3.4 Расчет параметров режима сварки 3.5 Выбор сварочного оборудования 3.6 Методы борьбы со сварочными деформациями 3.7 Сборочные операции 3.8 Сварочные операции 3.9 Контроль качества сварных соединений	20
02.05.2023	4 Результаты разработки	10
10.05.2023	5 Финансовый менеджмент	7
17.05.2023	6 Социальная ответственность	7

15.05.2023	Заключение	7
06.03.2023	Комплект чертежей	11
24.04.2023	Комплект технологической документации	11

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	к.т.н.		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Таушканова Анна Сергеевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит в себе 128 с., 26 рис., 35 табл., 42 источника, 2 прил.

Ключевые слова: автоматизированная сварка, корпус редуктора, технологическая документация, сварной шов, роботизированная ячейка.

Объект исследования (разработки) представляет собой корпус червячного редуктора.

Цель работы – разработка автоматизированного процесса сборки и сварки корпуса червячного редуктора.

Методология работы заключается в сравнительном исследовании способов изготовления конструкций коробчатого типа, выборе средств автоматизации, разработке технологического процесса в соответствии с требованиями нормативной документации.

Результатом исследования является технологический процесс автоматизированной сварки корпуса редуктора.

Основные конструктивные, технологические и технико-экономические характеристики: длина 284 мм, ширина 167 мм, высота 262 мм, предел прочности 420 МПа, предел текучести 260 МПа, плотность 7810 кг/м³, рабочая температура от минус 40⁰С до плюс 450⁰С.

Степень внедрения: разработана технология сварки, а также подготовлен комплект конструкторско-технологической документации.

Область применения: легкая, тяжелая промышленность, машиностроение.

Экономическая эффективность/значимость работы: увеличение производительности, уменьшение общего веса конструкции.

Предположения о развитии объекта исследования (разработки): внедрение технологии на крупные заводы.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	13
ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ.....	15
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	18
1.1 Общие сведения о червячном редукторе	18
1.2 Общие сведения о корпусе редуктора.....	18
1.3 Требования, предъявляемые к корпусу редуктора при его изготовлении	19
1.4 Требования, предъявляемые к сборке и сварке корпуса редуктора....	19
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	21
2.1 Техническое описание изделия	21
2.2 Система проектирования SolidWorks	22
2.3 Методы формирования деталей	23
2.4 Характеристика основного материала изделия	30
3 РАСЧЕТ И АНАЛИТИКА	33
3.1 Оценка свариваемости основного материала	33
3.2 Выбор способа сварки	34
3.3 Выбор сварочных материалов	35
3.3.1 Выбор сварочной проволоки	36
3.3.2 Выбор защитного газа	36
3.3.3 Входной контроль сварочных материалов.....	37
3.4 Расчет параметров режима сварки	37
3.4.1 Сварка угловых соединений	38
3.4.2 Сварка тавровых соединений	41
3.5 Выбор сварочного оборудования.....	43
3.5.1 Промышленный робот KUKA KR 16-2	43
3.5.2 Контроллер робота KUKA KR C4.....	45
3.5.3 Источник питания Lorch S3 RoboMIG XT	46
3.5.4 Механизм подачи проволоки Lorch RF-06.....	47
3.5.5 Сварочная горелка TVi RM42G.....	48
3.5.6 Шланговый пакет TVi RoboMIG	48
3.5.7 Станция автоматической очистки горелки	49

3.5.8 Технологическая оснастка	50
3.6 Методы борьбы со сварочными деформациями	51
3.7 Сборочные операции	52
3.8 Сварочные операции.....	54
3.9 Контроль качества сварных соединений	56
3.9.1 Входной контроль	56
3.9.2 Операционный контроль	56
4 ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ	58
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	60
Введение по разделу	60
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	60
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	60
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	61
5.1.3 SWOT-анализ	63
5.2 Планирование научно-исследовательских работ	65
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	65
5.2.2 Определение трудоемкости работ.....	66
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	67
5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	70
5.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования ...	70
5.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	71
5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	71
5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	73
5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	73
5.3.6 Накладные расходы	74
5.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	74
5.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	75
Вывод по разделу	77

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	80
Введение по разделу	80
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации	80
6.2 Производственная безопасность	81
6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	82
6.2.2 Анализ вредных и опасных факторов.....	83
6.3 Экологическая безопасность.....	87
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	88
Вывод по разделу	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	91
ПРИЛОЖЕНИЕ А	96
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	110

ВВЕДЕНИЕ

Корпус червячного редуктора – это элемент конструкции, который служит для крепления и защиты от загрязнения элементов трения и износа червяка, который находится внутри редуктора. Изготавливается из высокопрочной стали и может иметь различную форму в зависимости от конструкции редуктора и условий его эксплуатации. Он также должен обеспечивать защиту внутренних элементов редуктора от пыли, грязи и других вредных воздействий, так как даже малейшее пересечение с такими элементами может привести к их поломке или снижению производительности.

Для обеспечения требований к надежности корпус редуктора изготавливается сварным. В настоящее время основной способ соединения элементов – ручная дуговая сварка покрытыми электродами, требующая высокой квалификации сварщика и обладающая низкой производительностью. Прогресс в автоматизации производства позволяет избежать проблем, связанных с использованием этого метода, и перейти к роботизированной сварке.

В этой связи возникает необходимость разработки автоматизированной системы сварки корпуса редуктора червячного с учетом замены способа ручной дуговой сварки покрытыми электродами на автоматическую сварку плавящимся электродом в среде защитных газов.

Таким образом, целью выпускной квалификационной работы является разработка автоматизированной системы сборки и сварки корпуса редуктора червячного.

Объект исследования представляет собой разработку автоматизированной системы сборки и сварки корпуса редуктора.

Метод исследования – сравнительное исследование различных способов производства коробчатых конструкций, выбор оптимальных аппаратов для автоматизации процессов, а также разработка технологического процесса в соответствии с нормативными документами.

Научной значимостью выпускной квалификационной работы является проведение новых исследований в области автоматизации производственных процессов, что позволит улучшить технологические процессы, повысить качество сварных соединений, а также поспособствует развитию робототехники и автоматизации производственных процессов в целом.

Практическая значимость выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества производства, что снижает затраты и повышает надежность и долговечность оборудования вследствие того, что автоматическая сварка обеспечивает высокую точность и предсказуемость качества сварных соединений.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

В данной работе были применены следующие термины:

Сварка – процесс соединения материалов с помощью технологии плавления.

Метод конечных элементов – метод численного анализа, используемого для решения различных задач в механике, материаловедении и других областях; основан на представлении исследуемой системы в виде большого числа маленьких элементов, каждый из которых аппроксимируется с помощью базисных функций.

Сварное соединение – процесс, включающий в себя расплавление поверхностей материалов и их дальнейшее соединение.

Дефект – несоответствие между требованиями к продукту и его качеством: отклонение от стандартов, ошибки в проектировании и производстве, неправильная сборка или неисправности в работе продукта.

Режимы сварки – набор характеристик и параметров, которые определяют условия проведения сварочного процесса.

Коэффициент расплавления проволоки – величина расплавления проволоки во время сварки.

Коэффициент наплавки – отношение площади заполнения шва сваркой к площади шва, который нужно заполнить; определяет эффективность использования сварочного материала.

Коэффициент потерь металла – отношение массы расходуемого металла при сварке к массе металла, идущее фактически в сварное соединение.

Площадь поперечного сечения шва – площадь, занимаемая сварным швом, относительно перпендикулярной оси сварного соединения.

Сварочная ванна – область металла, расплавляемая при сварке и соединяемая с расплавленной проволокой, формируя тем самым сварной шов.

Сварочная реакция – процесс соединения металлических изделий при помощи сварочного аппарата и расходных материалов.

Защитный газ – газ, использующийся для защиты сварочной ванны или плавящегося металла от воздействия воздуха и окисления в результате сварочной реакции.

Сварочное оборудование – специализированные инструменты и устройства, которые используются для выполнения сварочных операций.

Полезная нагрузка – максимальный вес, который может быть поднят манипулятором для перемещения.

Прихватка – кратковременное соединение деталей при сварке перед выполнением основного сварочного шва.

Сварочные деформации – изменение размеров и формы сварной конструкции.

В данной работе были использованы следующие обозначения и сокращения:

МКЭ – метод конечных элементов;

σ_T – предел текучести, МПа;

σ_B – временное сопротивление разрыву, МПа;

δ – относительное удлинение, %;

ψ – относительное сужение, %;

КСУ – ударная вязкость с U-образным надрезом, кДж/м²;

НВ – твердость по Бринеллю, МПа;

d_3 – диаметр электродного стержня, мм;

α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч ;

F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла за проход, мм²;

$I_{св}$ – ток сварочной дуги, А;

U – напряжение на дуге, В;

$V_{св}$ – скорость перемещения сварочной дуги, м/ч;

$V_{пр}$ – скорость подачи проволоки, м/ч;

i – плотность сварочного тока, А/мм²;

ρ – плотность металла сварного шва, г/см³;

$q_{\text{оз}}$ – расход защитного газа на 1 м, л/мин;

K – катет шва, мм.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Общие сведения о червячном редукторе

Как правило, редуктор – это механизм, который состоит из одной или нескольких передач зацеплением, размещенных в сварном или литом корпусе и предназначенных для снижения частоты вращения и увеличения вращающего момента.

Червячные передачи – это передачи зацеплением витков червяка и зубьев червячного колеса. Червячные передачи применяют при необходимости передачи движения между перекрещивающимися валами (станки, автомобили и т.д.) [1].

Среди преимуществ такой передачи можно отметить повышенную кинематическую точность, большое передаточное число в одной ступени, а также плавность работы.

Недостатками являются высокая точность сборки, невысокий коэффициент полезного действия, потребность в производстве зубьев колеса из дорогостоящих материалов.

Размеры червячных редукторов регламентируются ГОСТ 27701-88 [2].

1.2 Общие сведения о корпусе редуктора

Корпус редуктора предназначен для надежной опоры подшипникам, колесам и шестерням и защиты от нежелательного воздействия внешней среды.

Для предупреждения перекоса осей валов в следствие действия внешних и внутренних сил корпус должен обеспечивать достаточную жесткость, повышение которой при снижении общей массы изделия гарантируется оснащением ребрами. При этом ребра располагаются по направлению сил, приводящих к деформации конструкции. А также они играют значительную роль в охлаждении поверхности корпуса [3].

Критерии надежности корпуса определяются износостойкостью, прочностью, долговечностью и жесткостью.

1.3 Требования, предъявляемые к корпусу редуктора при его изготовлении

В настоящее время увеличивается спрос на изготовление машин со сварным корпусом. Такой спрос аргументирован тем, что, используя сварку при изготовлении корпуса редуктора, одновременно уменьшаются его вес и размеры, а форма в целом становится более эстетичной. К тому же, трудоемкость работ и сроки на изготовление корпуса в этом случае значительно сокращаются. Главным преимуществом является возможность проектирования конструкций по абсолютно любым размерам и конфигурациям, удовлетворяющим требованиям заказчика. При этом не существует никаких ограничений, которые присутствуют при производстве корпуса методом литья.

Размеры стенок, бобышек, фланцев и других элементов литого корпуса возрастают из-за литейной технологии. Таким образом, стальные детали сварного корпуса являются оптимальными по размерам по всем трем параметрам: длина, ширина и высота.

Рекомендуемая толщина стенки сварного редуктора из листовой стали может составлять 5-8 мм. Другие размеры корпуса определяются различными эмпирическими соотношениями [4].

1.4 Требования, предъявляемые к сборке и сварке корпуса редуктора

Сварка корпуса редуктора из Стали 10 может осуществляться способами, описанными ниже [5].

1) Ручная дуговая сварка покрытыми электродами. Такой метод сварки является самым распространенным. Его главные недостатки – низкий коэффициент полезного действия и влияние человеческого фактора на процесс создания сварного соединения: возможность брака.

2) Сварка в среде защитного газа. Такой тип сварки выполняется полуавтоматически или автоматически. В качестве защитного газа используется аргон, гелий и их смеси с кислородом или углекислым газом.

Они способствуют уменьшению разбрызгивания при сварке, обеспечивают чистоту и эстетичность шва.

3) Сварка порошковой проволокой. Этот метод сварки не предусматривает наличие защитного газа. Защитой в данном случае является порошок, который при сварке выгорает, образуя облако, препятствующее негативному воздействию атмосферы на шов.

4) Сварка под слоем флюса. Флюс играет роль защиты, аналогично сварке порошковой проволокой, образуя при плавлении и испарении защитное облако. Применяется, в основном, в цехах для массового производства.

5) Электрошлаковая сварка. В данном способе защита представляет собой шлаковую ванну. Применяется для сварки вертикальных соединений.

Согласно ГОСТ Р 70465-2022 [6] требования к сборке и сварке корпуса редуктора следующие:

- перед сборкой участки, прилегающие к кромкам свариваемых заготовок, должны быть зачищены на ширину в 50 мм от грязи, ржавчины, окалин и другого;
- в процессе сборки не допускается попадание загрязнений в зазоры и уже очищенные поверхности;
- сборка должна осуществляться на прихватках и при помощи специальных фиксирующих устройств;
- сварщики должны быть аттестованы в соответствии с ПБ 03-273-99 [7] и РД 03-495-02 [8];
- обязательно соблюдение последовательности технологических операций;
- после выполнения сварочных работ поверхности изделия и сварные швы следует очищать от брызг, шлака и наплывов;
- каждый шов необходимо маркировать по окончании сварки;
- исправление дефектов происходит в соответствии с СП 70.13330.2012 [9].

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Техническое описание изделия

Корпус редуктора формируется в зависимости от эксплуатационных и технологических условий, а также с учетом требований к его жесткости и прочности.

Невзирая на множество существующих форм корпуса редуктора, все они сводятся к одним и тем же базовым элементам, на основе которых проектируются. Такими элементами являются: фланцы, стенки, бобышки, ребра жесткости.

В данной работе редуктор (рисунок 2.1) состоит из четырех стенок толщиной 6 мм, плиты-основания толщиной 15 мм, четырех бобышек, к одной из которых приварены четыре косынки или ребра жесткости, двух планок и одного фланца.

Эксплуатационные характеристики представлены в таблице 2.1.

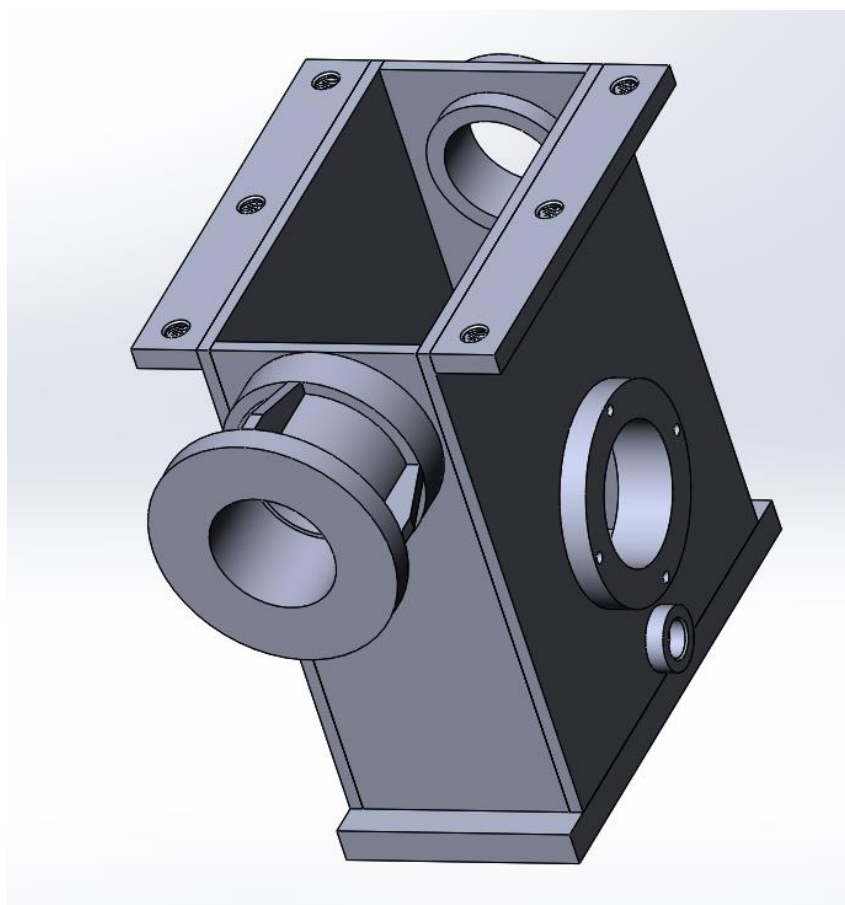


Рисунок 2.1 – Трехмерная модель корпуса редуктора

Таблица 2.1 – Эксплуатационные характеристики корпуса редуктора

Наименование параметра	Значение
Материал	Сталь 10
Рабочая температура, °С	от -40 до +450
Предел текучести σ_T , Н/мм ²	205
Предел прочности σ_B , Н/мм ²	330

2.2 Система проектирования SolidWorks

Программа SolidWorks – это система автоматизированного проектирования, в основе которой лежит метод конечных элементов.

Метод конечных элементов (МКЭ) быстро превратился в наиболее полезный инструмент численного анализа для инженеров и прикладных математиков из-за его естественных преимуществ по сравнению с предыдущими подходами. Основные преимущества заключаются в том, что его можно применять к произвольным формам в любом количестве измерений. Форма может быть изготовлена из любого количества материалов. Свойства материала могут быть неоднородными (зависит от местоположения) и/или анизотропными (зависит от направления). Способ поддержки формы (также называемый креплениями или ограничениями) может быть довольно общим, как и приложенные источники (силы, давления, потоки тепла и т. д.). МКЭ обеспечивает стандартный процесс преобразования основных принципов энергии или основных дифференциальных уравнений в систему матричных уравнений, которые необходимо решить для приближенного решения. Для линейных задач такие решения могут быть очень точными и быстро полученными. Получив приближенное решение, МКЭ предоставляет дополнительные стандартные процедуры для последующих вычислений (постобработки), такие как определение интеграла решения или его производных в различных точках формы. Постобработка также дает впечатляющие цветные изображения или графики решения и связанной с ним информации [10].

2.3 Методы формирования деталей

Техника параметрического моделирования на основе признаков позволяет разработчику включить первоначальный замысел проекта в построение модели. Слово «параметрический» означает, что геометрические определения конструкции, такие как размеры, могут быть изменены в любое время в процессе проектирования. Параметрическое моделирование осуществляется путем определения и создания ключевых элементов конструкции с помощью компьютерного программного обеспечения. Переменные проекта, описанные в эскизах как параметрические отношения, можно затем использовать для быстрого изменения/обновления проекта [11].

В SOLIDWORKS процесс параметрического моделирования детали включает следующие этапы:

- 1) Создание грубого двухмерного эскиза основной формы базового элемента конструкции.
- 2) Применение/изменение геометрических соотношений и размеров к двухмерному эскизу.
- 3) Вытягивание, ротация или смещение параметрического двухмерного эскиза для построения базового твердотельного элемента конструкции.
- 4) Добавление дополнительных параметрических функций, определив отношения функций, и завершение дизайна.
- 5) Анализ компьютерной модели и при необходимости доработка проекта.
- 6) Разработка чертежей для документирования проекта.

Подход к созданию двухмерных эскизов трехмерных элементов является эффективным способом построения твердотельных моделей. Многие конструкции имеют одинаковую форму в одном направлении. Метод моделирования соответствует процессу проектирования, который помогает дизайнеру с концептуальным дизайном, а также дает возможность уловить замысел проекта.

SolidWorks предоставляет множество мощных инструментов моделирования и проектирования, а также множество различных подходов к выполнению задач моделирования. Основным принципом моделирования на основе признаков заключается в построении моделей путем добавления простых признаков по одному. В этом пункте описаны процедуры параметрического моделирования деталей.

Трехмерная модель корпуса редуктора содержит в себе 11 отличных друг от друга деталей, каждая из которых строилась своим набором функций программы SolidWorks.

Деталь: «Бобышка №1».

Шифр чертежа: ФЮРА.730000.001.

Использованные функции для построения эскиза: «Окружность».

Использованные функции для построения твердого тела: «Вырез-Вытянуть», «Бобышка-Вытянуть».

Полученное объемное тело демонстрирует рисунок 2.2.

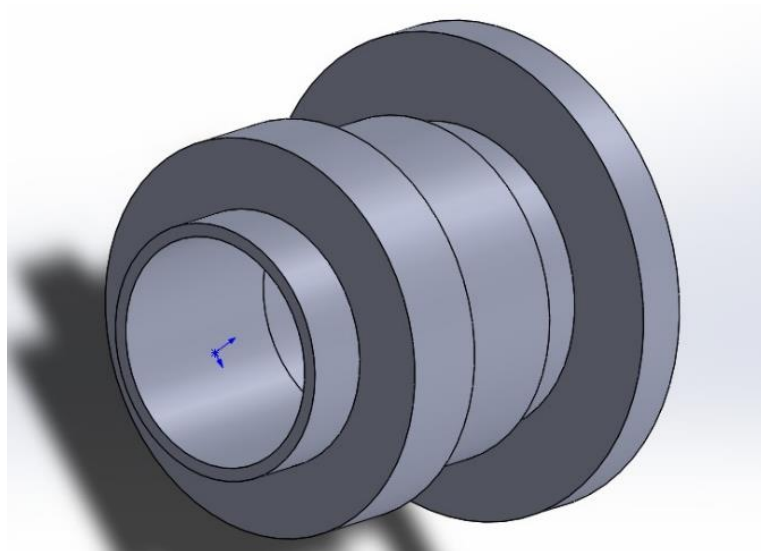


Рисунок 2.2 – Трехмерная модель бобышки №1

Деталь: «Бобышка №2».

Шифр чертежа: ФЮРА.730000.002.

Использованные функции для построения эскиза: «Окружность».

Использованные функции для построения твердого тела: «Бобышка-Вытянуть», «Фаска», «Резьба».

Полученное объемное тело демонстрирует рисунок 2.3.

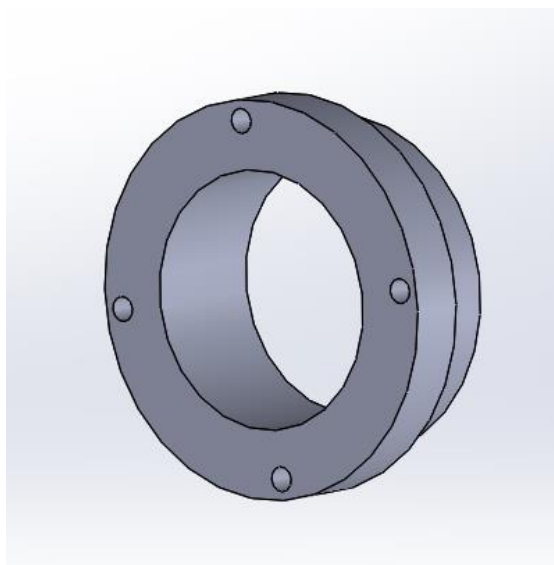


Рисунок 2.3 – Трехмерная модель бобышки №2

Деталь: «Бобышка №3».

Шифр чертежа: ФЮРА.730000.003.

Использованные функции для построения эскиза: «Окружность».

Использованные функции для построения твердого тела: «Бобышка-Вытянуть», «Фаска», «Резьба».

Полученное объемное тело демонстрирует рисунок 2.4.

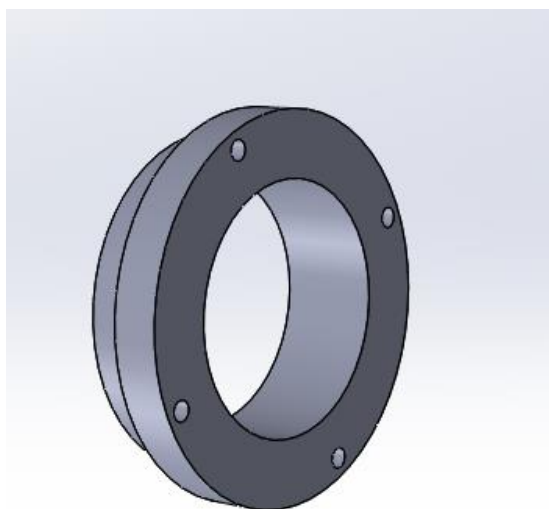


Рисунок 2.4 – Трехмерная модель бобышки №3

Деталь: «Косынка №4».

Шифр чертежа: ФЮРА.741000.004.

Использованные функции для построения эскиза: «Линия».

Использованные функции для построения твердого тела: «Бобышка-Вытянуть».

Полученное объемное тело демонстрирует рисунок 2.5.

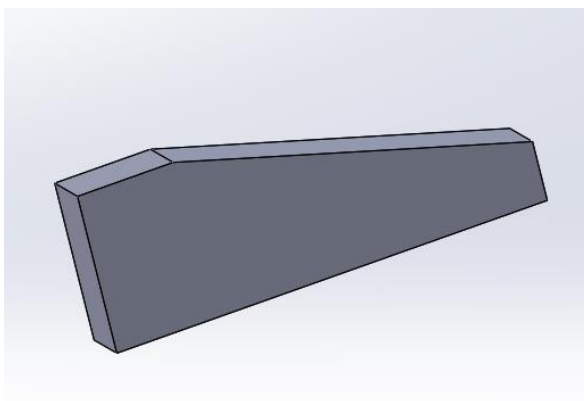


Рисунок 2.5 – Трехмерная модель косынки №4

Деталь: «Плита №5».

Шифр чертежа: ФЮРА.741000.005.

Использованные функции для построения эскиза: «Прямоугольник по углам».

Использованные функции для построения твердого тела: «Бобышка-Вытянуть».

Полученное объемное тело демонстрирует рисунок 2.6.

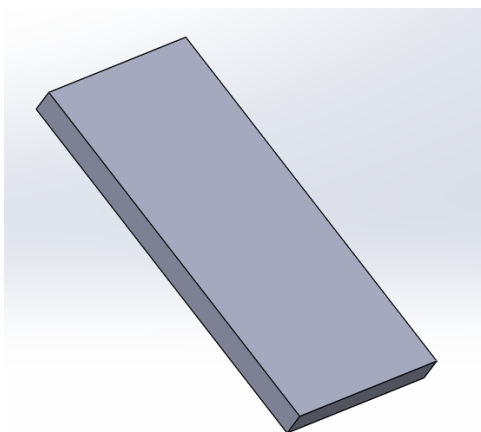


Рисунок 2.6 – Трехмерная модель плиты №5

Деталь: «Стенка №6».

Шифр чертежа: ФЮРА.752610.006.

Использованные функции для построения эскиза: «Прямоугольник по углам», «Окружность».

Использованные функции для построения твердого тела: «Бобышка-Вытянуть».

Полученное объемное тело демонстрирует рисунок 2.7.

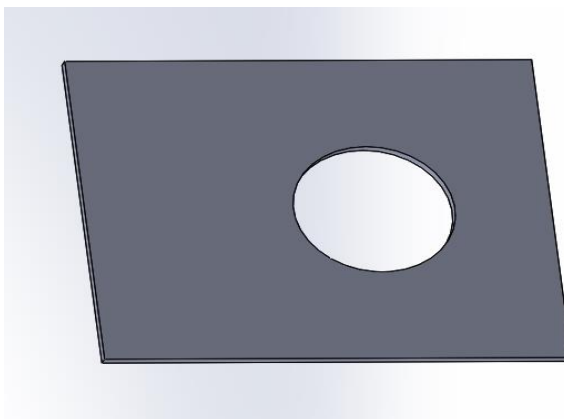


Рисунок 2.7 – Трехмерная модель стенки №6

Деталь: «Стенка №7».

Шифр чертежа: ФЮРА.752610.007.

Использованные функции для построения эскиза: «Прямоугольник по углам», «Окружность».

Использованные функции для построения твердого тела: «Вырез-Вытянуть», «Бобышка-Вытянуть».

Полученное объемное тело демонстрирует рисунок 2.8.

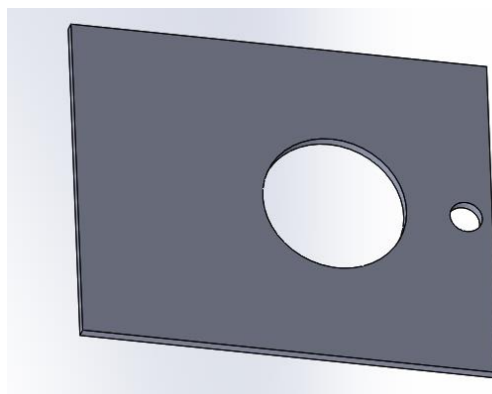


Рисунок 2.8 – Трехмерная модель стенки №7

Деталь: «Стенка №8».

Шифр чертежа: ФЮРА.752610.008.

Использованные функции для построения эскиза: «Прямоугольник по углам», «Окружность».

Использованные функции для построения твердого тела: «Бобышка-Вытянуть».

Полученное объемное тело демонстрирует рисунок 2.9.

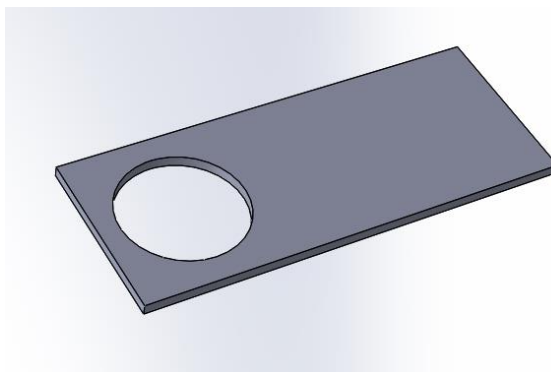


Рисунок 2.9 – Трехмерная модель стенки №8

Деталь: «Стенка №9».

Шифр чертежа: ФЮРА.752610.009.

Использованные функции для построения эскиза: «Прямоугольник по углам», «Окружность».

Использованные функции для построения твердого тела: «Бобышка-Вытянуть».

Полученное объемное тело демонстрирует рисунок 2.10.

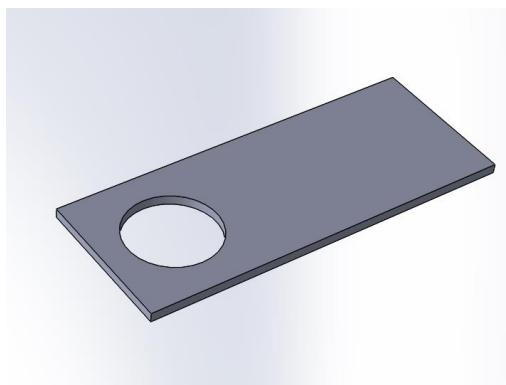


Рисунок 2.10 – Трехмерная модель стенки №9

Деталь: «Планка №10».

Шифр чертежа: ФЮРА.753780.010.

Использованные функции для построения эскиза: «Линия», «Окружность».

Использованные функции для построения твердого тела: «Бобышка-Вытянуть», «Фаска», «Резьба».

Полученное объемное тело демонстрирует рисунок 2.11.

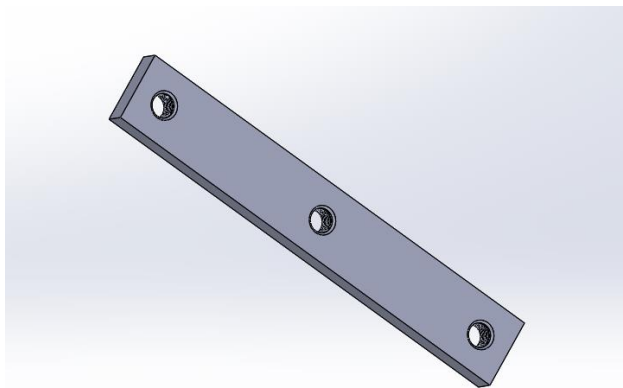


Рисунок 2.11 – Трехмерная модель планки №10

Деталь: «Фланец №11».

Шифр чертежа: ФЮРА.757851.011.

Использованные функции для построения эскиза: «Окружность».

Использованные функции для построения твердого тела: «Бобышка-Вытянуть», «Фаска», «Резьба».

Полученное объемное тело демонстрирует рисунок 2.12.

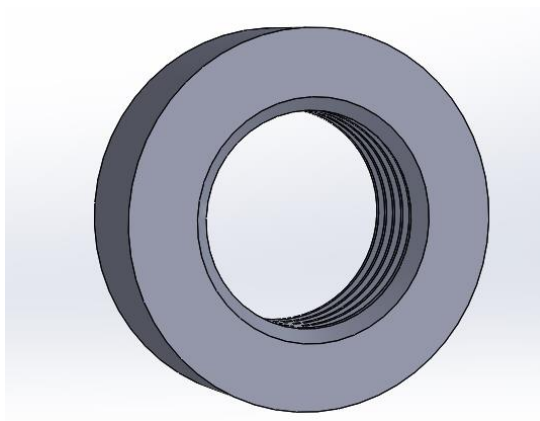


Рисунок 2.12 – Трехмерная модель фланца №11

Комплект чертежей корпуса редуктора находится в приложении А.

2.4 Характеристика основного материала изделия

Подходящей сталью для изготовления корпуса является конструкционная Сталь 10. Этот материал используется в разных отраслях из-за обладания высокой прочностью.

Химические свойства. Любой входящий в состав металла химический элемент влияет на его механические свойства тем или иным образом.

Кремний (Si) – полезная примесь, вводимая как раскислитель.

Марганец (Mn) – химический элемент, снижающий нежелательные воздействия серы и кислорода, а также повышающий прочность стали.

Сера, фосфор (S, P) – вредные примеси, которые придают стали свойство красноломкости, то есть в нагретом состоянии материал трескается.

Хром (Cr) – химический элемент, улучшающий не только прочностные характеристики стали, но и ее жаростойкость, а также стойкость к истиранию.

Никель (Ni) – элемент, повышающий упругость и вязкость. Благодаря ему сталь становится устойчивой к коррозии и высоким температурам.

Медь (Cu) – химический элемент, увеличивающий предел текучести.

Все элементы, описанные выше, содержатся в Стали 10, значения которых представлены в процентном соотношении в таблице 2.2 в соответствии с ГОСТ 1050-2013 [12].

Таблица 2.2 – Химический состав Стали 10 по ГОСТ 1050-2013

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu
			не более				
0,07-0,14	0,17-0,37	0,35-0,65	0,035	0,030	0,15	0,30	0,30

Физические свойства. Сюда относят модуль упругости, плотность, теплоемкость и другие характеристики, значения которых изменяются в зависимости от температуры.

Физические свойства стали представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Физические свойства Стали 10 по ГОСТ 1050-2013

Интервал температур, °С	Наименование показателя	Единица измерения	Обозначение	Изменяющиеся значения
20 – 900	плотность стали	кг/м ³	ρ	7856 – 7594
20 – 600	модуль упругости	МПа	$E \cdot 10^{-5}$	2,1 – 1,6
100 – 700	температурное расширение	1/°С	$\alpha \cdot 10^6$	12,4 – 15,2
100 – 900	теплоёмкость	Вт/(м · град)	λ	57 – 27
20 – 900	удельное электросопротивление	Ом·м	R	140 – 1130

Механические свойства. Основные механические свойства стали – это ударная вязкость, твердость и пластичность. Их значения для Стали 10 приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Механические свойства Стали 10 по ГОСТ 1050-2013

Температура испытаний, °С	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %	KCU, кДж/м ²
20	260	420	32	69	221
200	220	485	20	55	176
300	175	515	23	55	142
400	170	355	24	70	98
500	160	255	19	63	78

Твердость Стали 10 горячекатаной без термообработки: 143 МПа.

Технологические свойства. К этим свойствам причисляют флакеночувствительность, свариваемость, ковкость и другие.

Технологические свойства стали указаны в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Технологические свойства Стали 10 по ГОСТ 1050-2013

Флакеночувствительность	нет
Склонность к хрупкости	нет
Свариваемость	ограничений нет

Применение. Сталь 10 применяется во многих отраслях, которые используют фрезеровальные и/или токарные станки, из-за невысокой стоимости и хороших свойств.

3 РАСЧЕТ И АНАЛИТИКА

3.1 Оценка свариваемости основного материала

Свариваемость металла – это способность материала к соединению с другим металлом или материалом при помощи сварки. Это свойство зависит от многих факторов: химический состав, термическая обработка, структура и толщина материала, а также метод сварки, применяемый для соединения.

Свариваемость может быть оценена практически и теоретически. Практическая оценка предполагает использование различных тестов на свариваемость, позволяющих определить качество сварного соединения, его прочность и устойчивость к коррозии. Теоретическая же оценка предусматривает расчет эквивалента содержащегося в металле углерода и показателя Уилкинсона.

Чувствительность стали к образованию холодных трещин определяют по содержанию в ней эквивалентного углерода. По значению этого эквивалента стали делятся на четыре условные группы [13]:

1) Хорошо сваривающиеся. Такие стали содержат меньше 0,25% эквивалента углерода, не образуют трещин при сварке и не требуют последующей термической обработки.

2) Удовлетворительно сваривающиеся стали. Эти стали содержат эквивалентный углерод от 0,25% до 0,35%, им требуется предварительный подогрев до 50-100 °С и термическая постобработка.

3) Ограниченно сваривающиеся стали. Содержание эквивалентного углерода в их составе находится в пределах от 0,35% до 0,45%, так же необходим предварительный подогрев до 100-200 °С и постобработка в виде отжига.

4) Плохо сваривающиеся стали. В их составе эквивалентного углерода больше 0,45%, поэтому температура предварительного подогрева должна достигать 250-350 °С. После окончания сварочных работ в обязательном порядке проводится термическая обработка.

Формула нахождения эквивалента углерода [14]:

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \frac{\text{Si}}{30} + \frac{\text{Mn}}{20} + \frac{\text{Cr}}{20} + \frac{\text{Cu}}{20} + \frac{\text{Ni}}{60} + \frac{\text{Mo}}{15} + \frac{\text{V}}{15} + 5\text{B}, \quad (3.1)$$

где С – содержание углерода, %; Mn, Cr, Si ... - содержание легирующих элементов, %.

Тогда количество эквивалентного углерода для Стали 10 будет следующим:

$$C_{\text{ЭКВ}} = 0,1 + \frac{0,17}{30} + \frac{0,35}{20} + \frac{0,15}{20} + \frac{0,30}{20} + \frac{0,30}{60} = 0,15\%.$$

Полученное значение говорит о хорошей свариваемости Стали 10. Предварительный подогрев и постобработка не требуются.

Склонность к образованию горячих трещин определяют, как говорилось ранее, по формуле Уилкинсона [15]:

$$K = \frac{C\left(S+P+\frac{\text{Si}}{25}+\frac{\text{Ni}}{100}\right)}{3\text{Mn}+\text{Cr}+\text{Mo}+\text{V}}, \quad (3.2)$$

где С – содержание углерода, %; Mn, Cr, Si ... - содержание легирующих элементов, %.

Следовательно, значение показателя Уилкинсона будет равным

$$K = \frac{0,1\left(0,035+0,030+\frac{0,17}{25}+\frac{0,30}{100}\right)}{3\cdot 0,35+0,35} = 0,00515\%.$$

Горячие трещины не характерны при сварке для сталей с пределом прочности, не превышающим 700 МПа и коэффициентом Уилкинсона не больше 4,0.

Таким образом, Сталь 10 является хорошим выбором для сварки корпуса редуктора: она не склонна ни к образованию горячих трещин, ни к образованию холодных трещин.

3.2 Выбор способа сварки

Ручная дуговая сварка корпуса редуктора не актуальна в наши дни. Она лишь тормозит производство из-за низкой эффективности и неудовлетворительного качества сварных швов.

Повысить производительность, качество шва и его внешний вид позволяет полуавтоматический и автоматический метод сварки.

В пункте 1.4 были описаны все способы сварки, которые можно применить в отношении корпуса редуктора. Для этого изделия самым лучшим способом будет роботизированная сварка в среде защитных газов по нескольким причинам:

1) Высокое качество сварки: такой способ обеспечивает более высокое качество сварного соединения по сравнению с другими методами автоматической сварки. Так происходит потому, что робот может точно управлять каждым аспектом сварочного процесса, включая скорость сварки, температуру и давление.

2) Большая точность: роботы обладают хорошей точностью и могут сваривать на определенной глубине и под заданным углом, что позволяет добиться более лучших результатов.

3) Увеличение производительности: манипуляторы способны сваривать очень быстро и без перерывов, тем самым увеличивая производительность и снижая затраты на рабочую силу.

4) Уменьшение риска для работников: сварка корпуса редуктора является опасной работой, которая может представлять риск для здоровья и безопасности работников. Использование роботов снижает этот риск, так как они могут выполнять задачу в автоматическом режиме без участия человека.

Среди всех методов автоматической сварки наиболее предпочтительным для сварки корпуса редуктора является метод роботизированной сварки в среде защитных газов благодаря преимуществам, описанным выше.

3.3 Выбор сварочных материалов

Выбор сварочных материалов зависит от выбранного метода сварки, а для определения конкретных типов и марок сварочных материалов необходимо проанализировать литературные источники и учесть требования.

Сварочные материалы роботизированной сварки – специальный защитный газ и сварочная проволока.

3.3.1 Выбор сварочной проволоки

Назначение сварочной проволоки: сварка (наплавка), изготовление электродов. Изготавливается двух типов: не омедненная и омедненная.

При выборе сварочной проволоки акцент делается на ее химический состав: должны присутствовать такие же компоненты, как и в основном металле для обеспечения хорошего качества соединения.

Согласно ГОСТ 2246-70 [16] наиболее подходящей проволокой по составу является проволока Св-08Г2С-О. Значения химических элементов, содержащихся в ней, в процентном соотношении представлены в таблице 3.1. Таблица 3.1 – Химический состав проволоки Св-08Г2С-О по ГОСТ 2246-70

С	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni
			не более				
0,05-0,11	0,70-0,95	1,80-2,10	0,2	0,025	0,030	0,30	0,25

Механические свойства проволоки Св-08Г2С-О приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Механические свойства проволоки Св-08Г2С-О по ГОСТ 2246-70

Временное сопротивление разрыву σ_B , МПа	882-1274
Относительное удлинение δ , %	20
Ударная вязкость КСЧ (при -60°C), Дж/см ²	40

3.3.2 Выбор защитного газа

Для сварки Стали 10 в защитном газе наиболее часто используют активные газы, такие как смеси аргона и углекислоты. Они помогают создавать более стабильную дугу и улучшают протекание процесса сварки.

Выбор конкретного состава защитного газа зависит от условий проведения сварочных работ, включая тип сварки, материал и толщину свариваемых деталей, а также требований к качеству шва.

Считается, что более качественная сварка Стали 10 проходит в смеси газов аргона и углекислого газа с концентрациями 82 и 18 % соответственно.

Требования к чистоте газа, обозначенные в таблице 3.3 в процентах, предъявляются в соответствии с ГОСТ 10157-2016 [17].

Таблица 3.3 – Требования к чистоте газов по ГОСТ 10157-2016

Ar	CO ₂	O ₃	N ₂	Водяные пары	Температура насыщения, К
не менее 99,987	не более 0,0005	не более 0,002	не более 0,001	не более 0,01	не более 215

3.3.3 Входной контроль сварочных материалов

Верификация проводится до начала пользования на производстве. Все требования предъявляются в соответствии с ГОСТ 33857-2016 [18].

Требования к сварочной проволоке:

- 1) Наличие сертификата, содержащего в себе информацию о качестве проволоки и соответствии ее требованиям.
- 2) Наличие маркировки.
- 3) Совпадение номинальных размеров размерам, указанным в сертификате.
- 4) Отсутствие дефектов и повреждений.

Требования к защитному газу:

- 1) Наличие паспорта.
- 2) Наличие маркировки.
- 3) Наличие необходимого давления в баллоне.
- 4) Для аргона наличие газовой защиты.

3.4 Расчет параметров режима сварки

Сварку корпуса редуктора можно поделить на две части:

- 1) Сварка угловых соединений.
- 2) Сварка тавровых соединений.

Диаметр сварочной проволоки составляет 1,2 мм. Каждый шов выполняется напроход: от начала к концу. Сварка происходит на обратной полярности постоянного тока. Диаметр сопла (DC) должен составлять 14 мм, длина электрода от торца сопла (l_c) – 10-12 мм, а вылет электрода – 13-15 мм. Расход защитного газа на 1 м – 15-20 л/мин.

3.4.1 Сварка угловых соединений

В соответствии с ГОСТ 14771-76 [19] сварка бобышек и стенок, а также стенок и плиты осуществляется по типу соединения У6, параметры которого представлены в таблице 3.4. Конструктивные элементы отражены на рисунке 3.1.

Таблица 3.4 – Параметры соединения У6 по ГОСТ 14771-76

Способ сварки	s	b		c		e		g		α, град. (пред. откл. ±2°)
		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	
ИП	6	1	±1	1	±1	10	±2	1	±1	50

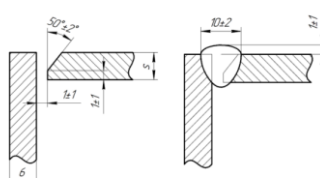


Рисунок 3.1 – Разделка кромок и форма шва соединения У6

Расчет параметров режима сварки для угловых соединений [20]:

1) Сила сварочного тока

Определяется по следующей формуле:

$$I_{св} = \frac{\pi d_3^2 a}{4}, \quad (3.3)$$

где d_3 – диаметр проволоки, мм;

a – плотность сварочного тока (для сварки в защитных газах принимается равной 100-150 А/мм²).

Тогда величина сварочного тока будет равна

$$I_{\text{св}} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 150}{4} = 170 \text{ А.}$$

2) Напряжение дуги

Определяется по формуле

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot I_{\text{св}}}{\sqrt{d_3}}. \quad (3.4)$$

Тогда напряжение на дуге при сварке будет равняться

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 170}{\sqrt{1,2}} = 28 \text{ В.}$$

3) Скорость подачи электродной проволоки

Рассчитывается по формуле

$$V_{\text{пр}} = 4 \frac{\alpha_{\text{р}} I_{\text{св}}}{\pi \rho d_3^2}, \quad (3.5)$$

где $\alpha_{\text{р}}$ – коэффициент расплавления проволоки, г/Ач;

ρ – плотность металла сварного шва, г/см³.

Коэффициент расплавления проволоки определяется следующим образом:

$$\alpha_{\text{р}} = 3 + 0,08 \frac{I_{\text{св}}}{d_3}, \quad (3.6)$$

Следовательно, коэффициент расплавления проволоки Св-08Г2С-О будет равным

$$\alpha_{\text{р}} = 3 + 0,08 \frac{170}{1,2} = 14 \text{ г/Ач.}$$

И скорость подачи проволоки будет равняться

$$V_{\text{пр}} = 4 \frac{14 \cdot 170}{3,14 \cdot 7,81 \cdot 1,2^2} = 4,5 \text{ м/мин} = 270 \text{ м/ч.}$$

4) Скорость сварки

Подчитывается по формуле

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} I_{\text{св}}}{3600 \rho F_1}, \quad (3.7)$$

где $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки, г/Ач;

F_1 – площадь поперечного сечения шва, см².

Коэффициент наплавки рассчитывается по формуле

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} (1 - \psi), \quad (3.8)$$

где ψ – коэффициент потерь на угар и разбрызгивание (для автоматической сварки в среде защитных газов принимается равным 0,1).

Соответственно, коэффициент наплавки будет равняться

$$\alpha_H = 14(1 - 0,1) = 12,6 \text{ г/Ач.}$$

Площадь поперечного сечения для типа соединения У6 определяется как [21]:

$$F_1 = sb + 0,5(s - c)^2 \tan(\alpha) + 0,75eg. \quad (3.9)$$

Следовательно, площадь поперечного сечения шва типа У6 будет равной

$$F_1 = 6 \cdot 1 + 0,5(6 - 1)^2 \tan(50^\circ) + 0,75 \cdot 10 \cdot 1 = 0,284 \text{ см}^2.$$

И тогда значение скорости сварки будет следующим:

$$V_{св} = \frac{12,6 \cdot 170}{3600 \cdot 7,81 \cdot 0,284} = 0,16 \text{ м/мин} = 9,6 \text{ м/ч.}$$

Швы типа У6 при сварке корпуса редуктора свариваются либо в горизонтальном положении, либо в вертикальном. В случае последнего, значение сварочного тока уменьшают на 20% для предотвращения его вытекания из сварочной вследствие полного расплавления металла.

Так как величина сварочного тока для вертикального положения снизилась, остальные параметры: напряжение дуги, коэффициент расплавления проволоки, коэффициент наплавки, скорость подачи проволоки, а также скорость сварки – теперь имеют другие значения.

Пересчитаем параметры и получим следующие значения:

$$I_{св}=150 \text{ А; } U_{д}=27 \text{ В; } \alpha_p=13 \text{ г/Ач; } \alpha_H=11,7 \text{ г/Ач; } V_{пр}=221 \text{ м/ч; } V_{св}=7,9 \text{ м/ч.}$$

Полученные при расчете параметры режима сварки взяты в качестве номинального значения. Диапазоны параметров режима сварки, принимаемых в технологическом процессе представлены в таблицах 3.5 и 3.6.

Таблица 3.5 – Параметры режима сварки соединения У6 в горизонтальном положении

ПС	НП	DC	I_c	$I_э$	$I_{св}$	U_d	$V_{св}$	$V_{пр}$	$q_{оз}$
Г	1	14	10-12	13-15	170-220	28-35	9,6	270	15-20

Таблица 3.6 – Параметры режима сварки соединения У6 в вертикальном положении

ПС	НП	ДС	l_c	$l_э$	$I_{св}$	U_d	$V_{св}$	$V_{пр}$	$q_{оз}$
В	1	14	10-12	13-15	150-200	27-32	7,9	221	15-20

ПС – положение при сварке;

НП – номер прохода;

ДС – диаметр сопла, мм;

l_c – расстояние от торца сопла до поверхности свариваемых деталей, мм;

$l_э$ – вылет электрода (расстояние от точки токоподвода до конца электрода, на котором горит дуга), мм;

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А;

U_d – напряжение на дуге, В;

$V_{св}$ – скорость сварки, м/ч;

$V_{пр}$ – скорость подачи проволоки;

$q_{оз}$ – расход защитного (плазмообразующего) газа для основной защиты в единицу времени, л/мин.

3.4.2 Сварка тавровых соединений

Сварка косынок с бобышкой осуществляется по типу соединения Т1, параметры которого представлены в таблице 3.7, а конструктивные элементы – на рисунке 3.2.

Таблица 3.7 – Параметры соединения Т1 по ГОСТ 14771-76

Способ сварки	s	b		К	
		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
ИП	6	0	+1,5	10	+2,5 -1,5

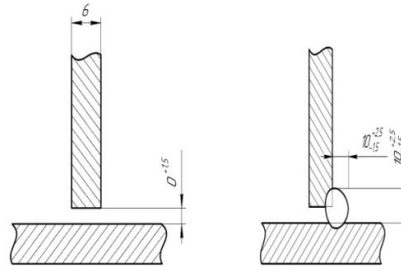


Рисунок 3.2 – Разделка кромок и форма шва соединения Т1

Расчет параметров режима сварки для тавровых соединений:

1) Сила сварочного тока

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 150}{4} = 170 \text{ А.}$$

2) Напряжение дуги

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 170}{\sqrt{1,2}} = 28 \text{ В.}$$

3) Скорость подачи электродной проволоки

Коэффициент расплавления проволоки Св-08Г2С-О:

$$\alpha_p = 3 + 0,08 \frac{170}{1,2} = 14 \text{ г/Ач.}$$

Скорость подачи проволоки:

$$V_{пр} = 4 \frac{14 \cdot 170}{3,14 \cdot 7,81 \cdot 1,2^2} = 4,5 \text{ м/мин} = 270 \text{ м/ч.}$$

4) Скорость сварки

Коэффициент наплавки:

$$\alpha_n = 14(1 - 0,1) = 12,6 \text{ г/Ач.}$$

Площадь поперечного сечения для типа соединения Е6 определяется как:

$$F_2 = 0,5K^2 + 1,05K, \quad (3.10)$$

где K – катет шва, мм.

Следовательно, площадь поперечного сечения шва типа У6 будет равной

$$F_2 = 0,5 \cdot 10^2 + 1,05 \cdot 10 = 0,605 \text{ см}^2.$$

И тогда значение скорости сварки будет следующим:

$$V_{св} = \frac{12,6 \cdot 170}{3600 \cdot 7,81 \cdot 0,605} = 0,076 \text{ м/мин} = 4,5 \text{ м/ч.}$$

Аналогично швам типа У6, швы соединения типа Т1 свариваются либо в горизонтальном положении, либо в вертикальном. Значения тока так же уменьшается на 20%.

Тогда остальные параметры будут равны следующим значениям:

$I_{св}=150 \text{ А}$; $U_{д}=27 \text{ В}$; $\alpha_{р}=13 \text{ г/Ач}$; $\alpha_{н}=11,7 \text{ г/Ач}$; $V_{пр}=221 \text{ м/ч}$;
 $V_{св}=3,7 \text{ м/ч}$.

Диапазоны параметров режима сварки отражены в таблицах 3.8 и 3.9.

Таблица 3.8 – Параметры режима сварки соединения Т1 в горизонтальном положении

ПС	НП	DC	I_c	I_3	$I_{св}$	U_d	$V_{св}$	$V_{пр}$	$q_{оз}$
Г	1	14	10-12	13-15	170-220	28-35	4,5	270	15-20

Таблица 3.9 – Параметры режима сварки соединения Т1 в вертикальном положении

ПС	НП	DC	I_c	I_3	$I_{св}$	U_d	$V_{св}$	$V_{пр}$	$q_{оз}$
В	1	14	10-12	13-15	150-200	27-32	3,7	221	15-20

3.5 Выбор сварочного оборудования

В комплект сварочного оборудования входит: источник питания, газовая аппаратура, сварочная горелка, механизм подачи сварочной проволоки, устройства автоматической очистки горелки и обрезания проволоки и вентиляционное оборудование.

3.5.1 Промышленный робот KUKA KR 16-2

Все сварочные операции осуществляются при помощи манипулятора KUKA KR 16-2 малой грузоподъемности, который отлично справляется с различными способами сварки. Этот манипулятор представлен на рисунке 3.3.



Рисунок 3.3 – Робот KUKA KR 16-2

Его преимущества – это высокая точность траектории, высокое качество изготовления деталей, а также износостойкость при больших нагрузках.

Технические характеристики представлены в таблице 3.10. Диаграмма полезной нагрузки представлена на рисунке 3.4.

Таблица 3.10 – Технические характеристики робота KUKA KR 16-2

Количество управляемых осей	6
Повторяемость позиционирования	$\pm 0,05$ мм
Вес	235 кг
Полезная нагрузка	16 кг
Дополнительная нагрузка	10 кг
Монтажное положение	Потолочное, на полу
Температура окружающей среды	от $+5^{\circ}\text{C}$ до $+55^{\circ}\text{C}$
Класс защиты робота	IP65
Система управления	KR C4
Пульт управления	KUKA smartPAD
Радиус рабочей зоны, мм	1610

Использующиеся соединительные кабели представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Соединительные кабели робота KUKA KR 16-2

Обозначение кабеля	Обозначение кабеля: контроллер робота – робот
Кабель двигателя	X20 – X30
Кабель управления	X21 – X31

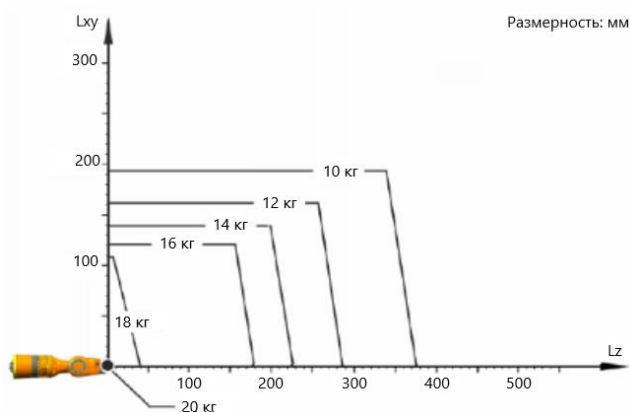


Рисунок 3.4 – Диаграмма полезной нагрузки робота

3.5.2 Контроллер робота KUKA KR C4

KUKA KR C4 — это базовая система управления, созданная специально для использования с промышленными роботами данного бренда. Очень удобна и практична в использовании. Внешний вид контроллера изображен на рисунке 3.5. Его технические характеристики указаны в таблице 3.12.



Рисунок 3.5 – Внешний вид контроллера робота KUKA KR 16-2

Таблица 3.12 – Технические характеристики контроллера робота

Размеры	615 x 580 x 540 мм
Процессор	Многоядерный
Жесткий диск	SSD
Интерфейс	Ethernet, USB3.0, GbE, DVI-I
Количество поддерживаемых осей	До 9
Частота тока	49...61 Гц
Напряжение питания	Трехфазное, 380...575 VAC
Класс защиты	IP54
Диапазон рабочих температур	+5 ⁰ C ... +45 ⁰ C
Вес	150 кг

Интерфейсы контроллера:

- 1) интерфейс безопасности X11;
- 2) подключение smartPAD X19;
- 3) интерфейс расширения X65;
- 4) сервисный интерфейс X69;
- 5) интерфейс манипулятора X21;
- 6) интерфейс безопасности Ethernet X66;
- 7) подключение источника питания K1;
- 8) подключение двигателя X20;
- 9) интерфейсы управления ПК.

Интерфейсы материнской платы контроллера:

- 1) шины (с 1 по 4);
- 2) закрытые шины;
- 3) 2 USB 2.0 порта;
- 4) DVI-I;
- 5) 4 USB 2.0 порта;
- 6) встроенная локальная сеть – сетевой интерфейс опции KUKA.

3.5.3 Источник питания Lorch S3 RoboMIG XT

Параметры режима сварки, такие как ток и напряжение, обеспечивает сварочный инвертор для роботизированной MIG/MAG сварки Lorch S3 RoboMIG XT, который представлен на рисунке 3.6.



Рисунок 3.6 – Сварочный источник питания

Технические характеристики данного источника питания приведены в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Технические характеристики источника питания

Диапазон сварочного тока, А	25-320
Сетевое напряжение, В	3-400
Ток при продолжительности включения 100%, А	250
Ток при продолжительности включения 60%, А	280
Диаметр подаваемой проволоки, мм	0,8-1,6
Вес, кг	82,8

3.5.4 Механизм подачи проволоки Lorch RF-06

Механизм подачи проволоки RF-06, проиллюстрированный рисунком 3.7, был оптимизирован для совместной работы с роботами и полностью удовлетворяет всем основным требованиям, таким как компактность, оптимальный вес, мощность и имеет оптимальный уровень изоляции, что обеспечивает надежную защиту электроники робота.

Технические характеристики подающего механизма указаны в таблице 3.14.



Рисунок 3.7 – Механизм подачи проволоки Lorch RF-06

Таблица 3.14 – Технические характеристики устройства подачи проволоки

Мощность двигателя, Вт	100
Скорость подачи проволоки, м/мин	0,1-25
Роликовый диаметр, мм	30
Масса, кг	7,2
PushPull	Опция

3.5.5 Сварочная горелка ТВi RM42G

Сварочная горелка ТВi RM42G от фирмы ТВi Industries, представленная на рисунке 3.8, довольно компактная и тонкая. Ее охлаждение воздухом позволяет подходить даже к труднодоступным местам изделия. Технические характеристики приведены в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Технические характеристики сварочной горелки

Диаметр проволоки, мм	0,8-1,6
Ток при продолжительности включения 100% при использовании mix/CO_2 , А	250/300
Ток при продолжительности включения 60% при использовании mix/CO_2 , А	350/420

Продолжение таблицы 3.15

Подключение	шланговый пакет ТВi RM2, привод Push-Pull
Вес, кг	0,7

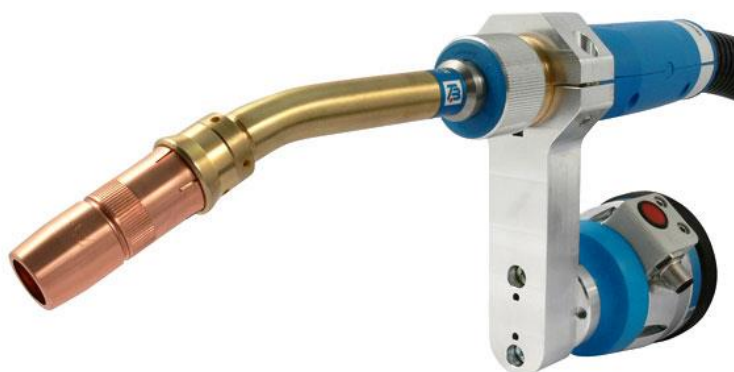


Рисунок 3.8 – Сварочная горелка ТВi RM42G

3.5.6 Шланговый пакет ТВi RoboMIG

Шланговый пакет ТВi RoboMIG, изображенный на рисунке 3.9, предназначен для использования в роботизированных системах, которые

подвергаются высоким нагрузкам. Корпус горелки прочно закреплен с помощью встроенного разъема ТВi RM2. Кроме того, этот пакет оснащен отдельным шлангом для подачи воздуха и интегрированным возвратным клапаном для удобства использования.

Технические характеристики пакета приведены в таблице 3.16.



Рисунок 3.9 – Шланговый пакет ТВi RoboMIG

Таблица 3.16 – Технические характеристики шлангового пакета ТВi RoboMIG

Ток при продолжительности включения 100% (смесь газов, 10-минутный цикл работы), А	350
Ток при продолжительности включения 60% (смесь газов, 10-минутный цикл работы), А	500
Подключение защитного газа	евроразъем
Подключение газа продувки	быстроразъемные соединения
Максимальное давление газа продувки, бар	10
Рабочее давление тормозного устройства, бар	3-5
Вес (при длине 1,2 м), кг	2,35

3.5.7 Станция автоматической очистки горелки

Abicor Binzel BRS-CC (рисунок 3.10) - надежное решение для автоматического ухода за сварочной горелкой. После получения сигнала от системы управления роботом, процесс очистки происходит автоматически. Горелка фиксируется с помощью специального устройства, а фреза, выбранная соответствующим образом для геометрии сопла и горелки, перемещается во внутреннее пространство газового сопла и удаляет

прилипшие брызги, которые затем следует очистить средством, обеспечивающим защиту от их налипания. В узле для отрезания сварочной проволоки проволока автоматически откусывается на заданную длину.



Рисунок 3.10 – Станция автоматической очистки Abicor Binzel BRS-CC

3.5.8 Технологическая оснастка

В качестве технологической оснастки в роботизированной сварочной ячейке применялись сварочный стол Siegmund Professional 750 и набор крепежных приспособлений: клиновые зажимы, угольники, болты, упоры, и другие.

Siegmund Professional 750 (рисунок 3.11) — это профессиональный сварочно-монтажный стол размером 2000x1000x100 мм, оснащенный горизонтальной и вертикальной сеткой отверстий диаметром 16 мм и шагом в 25 мм. Стол изготовлен из плазменно-азотированной стали S355J2+N. Для удобства работы на поверхность стола наложена координатная сетка с шагом 50 мм.



Рисунок 3.11 – Технологическая оснастка Siegmund Professional 750

3.6 Методы борьбы со сварочными деформациями

При создании сварных конструкций необходимо учитывать возможность возникновения значительных остаточных деформаций и напряжений в них и принимать меры для их предотвращения или ограничения. Это позволит обеспечить безопасность исходной конструкции, ограничивая внушающееся влияние делая его в безопасном пределе.

Для обеспечения требуемой точности изготовления конструкций, важно, чтобы они соответствовали эксплуатационным и прочностным условиям. Следовательно, не желательно, чтобы в них появлялись сварочные деформации.

Основной источник собственных напряжений, образующихся при сварке – это неравномерный разогрев, из-за которого возникают объемные напряжения [22].

Факторами, которые вызывают напряжения и деформации, являются:

- 1) Структурные изменения в процессе сварки.
- 2) Остаточные продольные и поперечные деформации в пластической зоне.
- 3) Несовпадение центров тяжести продольного сечения с поперечным зоны пластических деформаций укорочения.

Сварочные деформации не допускаются при производстве конструкций, так как снижают эксплуатационные характеристики изделия.

Способы предупреждения возникновения сварочных деформаций:

- 1) Регулировка при сварке теплового состояния металла: теплоотвод, концентрированные источники нагрева.
- 2) Нагружение свариваемых элементов при сварке: растяжение деталей, ультразвуковая и/или вибрационная обработка.
- 3) Выполнение сборки и сварки в рациональной последовательности.
- 4) Фиксация изделия во время сварки.
- 5) Создание обратных сварочным деформаций.

Способы устранения сварочных деформаций:

- 1) Воздействие на сварной шов внешними силами: его растяжение, прокатка роликами, вибрационной и/или взрывная обработка.
- 2) Тепловое воздействие на сварной шов: термическая правка, а также термообработка.

3.7 Сборочные операции

Сборка конструкции осуществляется только при условии, что ее составляющие детали соответствуют требованиям и нормам. В процессе сборки должны строго соблюдаться геометрические размеры конструкции, правильное расположение групп отверстий и плоскостей в местах будущего соединения, а также зазоры между деталями. Отклонения геометрических размеров сборочной единицы, предназначенной для сварки, не могут превышать допустимых отклонений, указанных в чертежах и проектной документации.

Сборочные операции выполняются по разметке и копиру. Точность сборки определяется ее методом. Фиксация деталей конструкции обеспечивается за счет прихваток, к которым установлены следующие требования [23]:

- 1) Расположение прихваток происходит только в местах, предназначенных для сварки.

2) Катет шва прихватки должен быть минимальным с учетом толщины деталей.

3) На каждой детали необходимо располагать не меньше двух прихваток, расстояние между которыми не должно быть более 500 мм.

4) Качество металла для прихваток должно быть таким же, как и у основного металла.

5) Прихватки не должны располагаться на пересечении швов.

6) Не допускается для прихваток наличие шлака и дефектов.

7) Прихватки должен выполнять только аттестованный сварщик.

Сборочные операции ведутся с использованием специальных сборочных приспособлений. Контроль сборки, в том числе геометрических размеров, производится при помощи рулетки, линейки, универсальных шаблонов и других средств.

Сборка корпуса редуктора происходит в следующей последовательности:

1) Совмещение стенки №6 и бобышки №3 прихватками по 5-7 мм.

2) Совмещение стенки №7 с бобышкой №3 и фланцем №11 прихватками по 2-3 мм.

3) Совмещение косынок №4 с бобышкой №1 прихватками 3-5 мм в местах сварных соединений.

4) Совмещение стенки №9 и бобышки №1 прихватками 5-7 мм.

5) Совмещение стенки №8 и бобышки №2 прихватками 5-7 мм.

6) Совмещение стенок №6, 7, 8 и 9 с плитой №5 прихватками 10-15 мм и 30-45 мм в последовательности, указанной на рисунке 3.12.

7) Совмещение планок №10 со стенками №6 и 7 прихватками 15-20 мм.

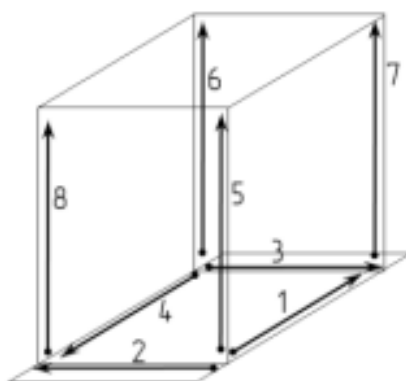


Рисунок 3.12 – Последовательность сборки стенок

3.8 Сварочные операции

Выполнение сварочных работ может производиться только в том случае, если сварщик аттестован, а конструкция после сборки соответствует всем нормам и требованиям.

Работа со сварочным роботом начинается с калибровки его инструмента и базы. Инструмент калибруется способом «4 точки». База калибруется двумя способами: косвенно и по трем точкам.

Использование метода «4 точки» включает в себя следующую последовательность действий:

- 1) Установка инструмента на заостренную часть конуса как в эталонную точку.
- 2) Установка инструмента в произвольную точку на конусе (за исключением эталонной), затем возврат в эталонную.
- 3) Произведение аналогичных действий (с п.2), но в двух других отличных друг от друга направлениях.
- 4) Сохранение полученных значений координат и получение погрешности выполнения калибровки инструмента.

Наиболее широкое применение для калибровки инструмента на практике нашел метод «3 точки». Его суть состоит в следующем:

- 1) Установка инструмента в любую точку на плоскости как в начальную координату.

2) Установка инструмента во вторую точку, которая находится от начальной на расстоянии не менее, чем 5 см – задание направления оси ОХ.

3) По аналогичной схеме установка точки (на расстоянии 10 см) дает направление оси ОУ (направление оси ОZ формируется автоматически, исходя из алгоритмов программы, заложенной в манипулятор производителями).

После калибровки выполняется сварной шов.

Алгоритм выполнения сварных швов:

- 1) Подведение в точку различными командами.
- 2) Задание траектории.
- 3) Задание параметров режима сварки.
- 4) Начальная продувка газом.
- 5) Прохождение траектории.
- 6) Конечная продувка газом.
- 7) Возврат в HOME / переход в п.1.

В данной работе швы выполняются двух типов: продольные и кольцевые. Каждый тип использует свой набор команд.

Набор команд для выполнения продольного шва: LIN, PTP.

Набор команд для выполнения кольцевого шва: Spline, PTP.

Последовательность выполнения сварных швов аналогично последовательности сборки, приведенной в пункте 3.7.

Пример программы для выполнения шва с комментариями:

```
1 DEF Taushkanova ( ) //открытие файла
2 INI //инициализация
3
4 PTP HOME Vel= 100 % DEFAULT //положение робота «HOME»
5 PTP P1 Vel=20 % PDAT1 Tool [15]:1v91_2
```

Base [15]: 1v91_2 //со скоростью в 20% от его максимально возможной робот произвольно подходит в точку «P1», используя при этом 15-ые инструмент и базу из предложенных откалиброванных в списке

6 LIN P2 Vel=0.1 m/s CPDAT1 Tool [15]:1v91_2

Base [15]: 1v91_2 //со скоростью 0,1 м/с робот линейно подходит в точку «P2», используя при этом 15-ые инструмент и базу из предложенных откалиброванных в списке

7 ARCON WDAT1 PTP P3 Vel=100 % PDAT2 Tool [15]:1v91_2

Base [15]: 1v91_2 //зажигается дуга и робот со скоростью в 100% от заданной в параметрах режима сварки начинает проходить траекторию, начинающуюся в точке «P3», используя при этом 15-ые инструмент и базу из предложенных откалиброванных в списке

8 ARCOFF WDAT2 LIN P4 CPDAT2 Tool [15]:1v91_2

Base [15]: 1v91_2 //горение дуги прекращается в точке «P4», к которой робот подходит линейно, используя при этом 15-ые инструмент и базу из предложенных откалиброванных в списке

9 PTP HOME Vel= 100 % DEFAULT //возвращение робота в положение «HOME» со скоростью 100%

10

11 END //конец программы

3.9 Контроль качества сварных соединений

3.9.1 Входной контроль

Согласно ГОСТ Р 70465-2022 входному контролю подвергаются все элементы будущей конструкции, сварочные материалы и оборудование. Результаты верификации отражают в специальных журналах с оформлением актов входного контроля по установленной форме.

3.9.2 Операционный контроль

Операционный контроль проводят в соответствии с технологической документацией.

Измерительный и визуальный контроль осуществляется после очистки основного металла от загрязнений в соответствии с ГОСТ Р ИСО 17637-2014 [24]. Наличие поверхностных дефектов недопустимо.

Неразрушающий (ультразвуковой) контроль производится на очищенной и замаркированной поверхности в соответствии с ГОСТ Р 55724-2013 [25]. Используемая при контроле аппаратура должна быть проверена и аттестована.

Полный комплект документов находится в приложении Б.

4 ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ

Целью выпускной квалификационной работы являлась разработка автоматизированной системы сборки и сварки корпуса редуктора.

Выпускная квалификационная работой включала в себя анализ объекта и методов его исследования, а также расчет и анализ разработки. Все это было выполнено в аналитической и расчетной частях работы.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был проведен обзор литературы, который показал новизну разрабатываемой автоматизированной технологии сварки корпуса редуктора. Также в главе «Объект и методы исследования» была создана трехмерная модель корпуса редуктора и все необходимые чертежи для разработки технологического процесса сборки и сварки. Конечным этапом стал составленный комплект технологических документов, включающих в себя карту эскизов, маршрутную карту и операционную карту.

Предложенная технология автоматизированной сварки корпуса редуктора позволяет увеличить производительность процесса, а также устранить человеческий фактор влияния на качество полученных сварных соединений.

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

Студенту:

Группа	ФИО
1В91	Таушканова Анна Сергеевна

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение школы (НОЦ)	Отделение электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оклад руководителя – 37212 руб. Оклад студента – 16125 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Дополнительная заработная плата – 15% Накладные расходы – 15%; Районный коэффициент – 1,3%.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды – 30%</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ разработанной стратегии.</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>Определение целей и результатов проекта.</i>
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Определение структуры работы. Составление диаграммы Ганта. Расчет трудоемкости выполнения работ. Подсчет бюджета исследования.</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Расчет показателей ресурсоэффективности, финансовой эффективной и эффективности исполнения.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Матрица SWOT
4. График проведения и бюджет НТИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП	Гасанов М.А.	Д.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Таушканова Анна Сергеевна		

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение по разделу

Основной задачей данного раздела является оценка перспективности разработки и планирование финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках ИР. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на такие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, какой бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- 1) оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- 2) анализ конкурентных технических решений;
- 3) SWOT-анализ;
- 4) планирование графика проведения и бюджета научно-технического исследования;
- 5) оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности научно-технического исследования;
- 6) прогнозирование рисков.

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями являются производители редукторов.

Целевой рынок необходимо оценить и сегментировать чтобы проанализировать результаты опроса потребителей.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом

выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

На рисунке 5.1 представлена карта сегментирования рынка по виду оказываемой услуги.

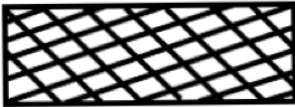


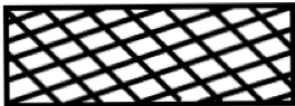
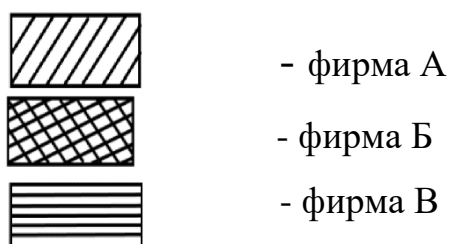
Потребитель	Вид услуги		
	Оказание услуг по исследованию и оптимизации	Продажа корпуса редуктора	Разработка комплекта документации на изготовление
Производители редукторов			
Образовательные учреждения			
Научно-исследовательские организации			

Рисунок 5.1 – Карта сегментирования



На рисунке 5.1 показано, какие сферы на рынке услуг по применению математической модели не заняты конкурентами или где уровень конкуренции низок.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Подробный анализ конкурирующих разработок

помогает преждевременно производить корректировки в научном исследовании. Особое значение имеет объективное оценивание сильных и слабых сторон разработок, готовых к реализации на рынке.

Исследование конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности научной разработки и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _М	Б _{К1}	Б _{К2}	К _М	К _{К1}	К _{К2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Простота изготовления	0,15	3	5	5	0,45	0,75	0,75
2. Материалоемкость	0,07	5	6	6	0,35	0,42	0,42
3. Надежность	0,21	7	7	7	1,47	1,47	1,47
4. Доступ к вращающимся частям	0,08	8	4	4	0,64	0,32	0,32
5. Скорость изготовления	0,07	7	5	5	0,49	0,35	0,35
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Цена	0,2	7	4	5	1,4	0,8	1
7. Послепродажное обслуживание	0,07	5	6	4	0,35	0,42	0,28
8. Предполагаемый срок эксплуатации	0,15	8	7	5	1,2	1,05	0,75
Итого	1	50	44	41	6,35	5,58	5,34

М – разрабатываемая автоматизированная сборка и сварка корпуса редуктора, К1 – редуктор Ч-160 компании «Завод Редуктор», К2 – редуктор 1Ч-160А компании «Редуктор».

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (5.1)$$

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Разрабатываемые емкостные датчики являются конкурентоспособными на рынке, главным преимуществом которых, является предполагаемый срок эксплуатации, доступ к вращающимся частям и цена.

5.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды. Финальная матрица SWOT-анализа представлена в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – SWOT-анализ

	Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
	<p>С1. Наличие опытного руководителя.</p> <p>С2. Использование современного оборудования.</p> <p>С3. Наличие современного программного продукта.</p> <p>С4. Актуальность проекта.</p> <p>С5. Использование управляющих программ.</p>	<p>Сл1. Развитие новых технологий.</p> <p>Сл2. Высокая стоимость оборудования.</p> <p>Сл3. Отсутствие бюджетного финансирования.</p>

Продолжение таблицы 5.2

<p>Возможности: В1. Использование инфраструктуры ТПУ. В2. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>1.Использование инфраструктуры ТПУ является решающей возможностью для реализации корпуса с высокими эксплуатационными свойствами. 2. Экономичность корпуса редуктора только укрепит его позиции на рынке в случае повышения стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>1. Оборудование, поставляемое в ТПУ, регулярно обновляется: разрабатываемые технологии «идут в ногу со временем». 2. Отсутствие бюджетного финансирования затрудняет использование инфраструктур площадок, не входящих в ТПУ.</p>
<p>Угрозы: У1. Улучшение технических параметров конкурентного оборудования. У2. Появление новых технологий. У3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции. У4. Удешевление конкурентной технологии.</p>	<p>1. Наличие опытного руководителя позволит своевременно разрабатывать и использовать новые способы и технологии, а также определять ценовую политику.</p>	<p>1. Расширение области применения за счет развития новых технологий.</p>

Из матрицы SWOT видно, что необходимо сделать упор на сильные стороны проекта, а именно: «Экономичность» и «Квалифицированный персонал», поскольку именно они связаны с наибольшим количеством возможностей. Что касается слабых сторон проекта, то следует иметь в виду появление новых методик. Использование дорогого оборудования может привести к стоимости выше, чем у конкурентов (при условии, что цена их

продукции резко снизилась), но это обуславливается качеством и скоростью изготовления корпуса редуктора.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- 1) определение структуры работ в рамках научного исследования;
- 2) определение участников каждой работы;
- 3) установление продолжительности работ;
- 4) построение графика проведения научных исследований.

В таблице 5.3 сформирован перечень этапов в рамках проведения научного исследования, выполнено распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 5.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Першина А.А.
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Першина А.А. Таушканова А.С.
	3	Подбор и изучение материала	Таушканова А.С.
	4	Календарное планирование работ по теме	Першина А.А.
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Изучение литературы, составление литературного обзора по теме «Корпус редуктора»	Таушканова А.С.
	6	Выбор способа сварки	Таушканова А.С.
	7	Выбор сварочных материалов	Таушканова А.С.
	8	Расчет параметров режима сварки	Таушканова А.С.

Продолжение таблицы 5.3

	9	Выбор сварочного оборудования	Таушканова А.С.
	10	Заготовительные операции	Таушканова А.С.
	11	Сборочные операции	Таушканова А.С.
	12	Сварочные операции	Таушканова А.С.
	13	Контроль качества сварных соединений	Першина А.А. Таушканова А.С.
	14	Разработка комплекта технологической документации	Таушканова А.С.
Обобщение и оценка результатов	15	Оценка эффективности полученных результатов	Першина А.А.
	16	Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент и социальная ответственность)	Таушканова А.С.
	17	Составление пояснительной записки	Таушканова А.С.
Проведение ОКР			
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	18	Подготовка к защите дипломной работы	Таушканова А.С.
	19	Защита дипломной работы	Таушканова А.С.

5.2.2 Определение трудоемкости работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (5.2)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Продолжительность каждой работы в рабочих днях:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (5.3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

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

Результаты расчётов представлены в таблице 5.4.

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (5.4)$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (5.5)$$

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Согласно производственному календарю (для 6-дневной рабочей недели) в 2023 году 365 календарных дней, 298 рабочих дней, 67 выходных/праздничных дней.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365-67} = 1,22$$

Для удобства построения календарного план-графика все рассчитанные значения поместим в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Временные показатели проведения научного исследования

Наименование работы	Исполнители работы	Трудоемкость работы, чел-дни			Длительность работ, дни	
		$t_{\min i}$	$t_{\max i}$	$t_{\text{ож } i}$	T_{pi}	T_{ki}
1. Составление и утверждение технического задания	Першина А.А.	1	2	1,4	1,4	2
2. Выбор направления исследований	Першина А.А. Таушканова А.С.	1	2	1,4	0,7	1
3. Подбор и изучение материала	Таушканова А.С.	1	2	1,4	1,4	2
4. Календарное планирование работ по теме	Першина А.А.	1	2	1,4	1,4	2
5. Изучение литературы	Таушканова А.С.	10	20	14	1,4	2
6. Выбор способа сварки	Таушканова А.С.	1	2	1,4	1,4	2
7. Выбор сварочных материалов	Таушканова А.С.	1	3	1,8	1,8	3
8. Расчет параметров режима сварки	Таушканова А.С.	1	2	1,4	1,4	2
9. Выбор сварочного оборудования	Таушканова А.С.	3	5	3,8	3,8	5
10. Заготовительные операции	Таушканова А.С.	2	4	2,8	2,8	4
11. Сборочные операции	Таушканова А.С.	4	6	4,8	4,8	6
12. Сварочные операции	Таушканова А.С.	10	20	14	14	18
13. Контроль качества соединений	Першина А.А. Таушканова А.С.	1	2	1,4	0,7	1

Продолжение таблицы 5.4

14. Комплект технологической документации	Таушканова А.С.	10	20	14	14	18
15. Оценка эффективности полученных результатов	Першина А.А.	3	5	3,8	3,8	5
16. Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент и социальная ответственность)	Таушканова А.С.	5	10	7	7	9
17. Составление пояснительной записки	Таушканова А.С.	1	4	2,2	2,2	3
18. Подготовка к защите дипломной работы	Таушканова А.С.	3	5	3,8	3,8	5

На основе таблицы 5.4 строится календарный план-график, представленный на рисунке 5.2. Красным цветом на графике обозначены работы, выполненные Першиной А.А., черным – Першиной А.А. и Таушкановой А.С., оранжевым – Таушкановой А.С.

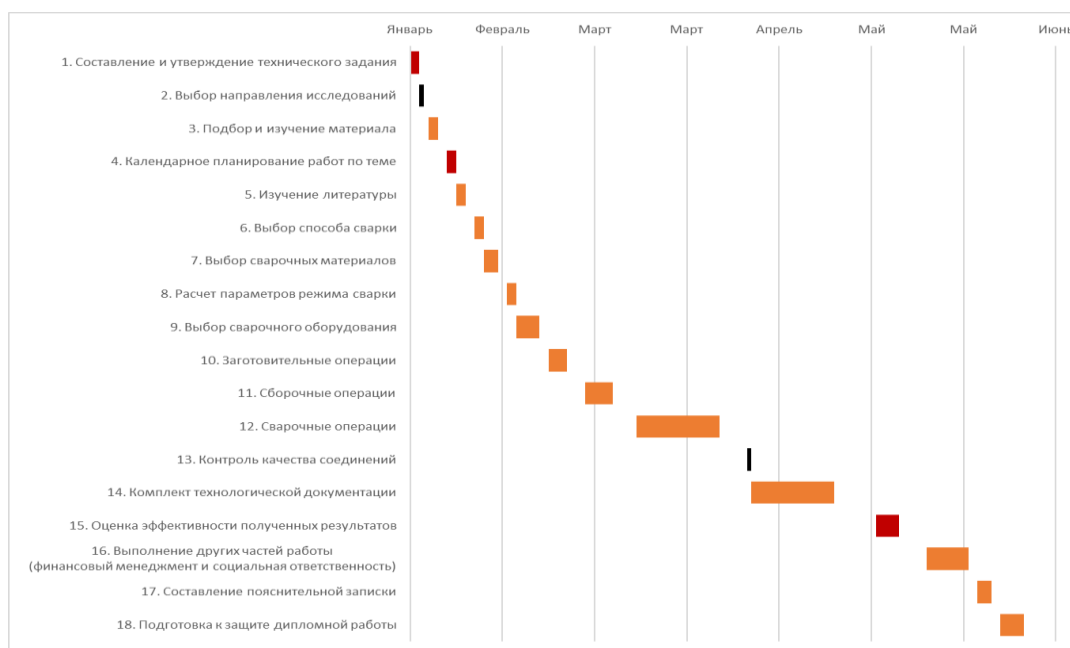


Рисунок 5.2 – Диаграмма Ганта

5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- 1) материальные затраты НТИ;
- 2) затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- 3) основная заработная плата исполнителей темы;
- 4) дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- 5) отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- 6) затраты научные и производственные командировки;
- 7) контрагентные расходы;
- 8) накладные расходы.

5.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. Материальные затраты на требующиеся аппараты и материалы представлены в таблице 5.5. Исполнение 1 – наше исследование, исполнения 2 и 3 – исследования конкурентов.

Таблица 5.5 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Количество			Цена за ед. с НДС, руб.			Затраты на материалы (Зм), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Металл	кг	8	50,4	95	47	80	70	376	4032	6650
2. Форма для литья	шт.	–	1	1	–	2600	2600	–	2600	1600
3. Магнитные угольники		5	–	–	383	–	–	1915	–	–
Итого	Исполнение 1			Исполнение 2			Исполнение 3			
	2291			6632			8250			

5.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Расчет затрат на приобретение программного обеспечения (ПО) в таблице 5.6. Исполнение 1 – наше исследование, исполнения 2 и 3 – исследования конкурентов.

Таблица 5.6 – Расчеты затрат на приобретение ПО

Наименование ПО			Стоимость ПО с НДС, руб.		
Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Microsoft Office	Microsoft Office	Microsoft Office	3700	3700	3700
Solidworks Учебная версия	–	–	–	–	–
ПО робота KUKA KR 16-2	–	–	–	–	–
Итого:			3700	3700	3700

5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Расчет основной заработной платы

№	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по окладам без учета кр, тыс.руб
1	Разработка технического задания, выбор направления исследований, календарное планирование работ, контроль качества, оценка результатов	Першина А.А.	11	1,5	16,5
2	Теоретические и экспериментальные исследования, оформление отчета по НИР	Таушканова А.С.	81	0,65	52,65
Итого, тыс.руб:					69,15

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5.6)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата; $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (5.7)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{д}}, \quad (5.8)$$

В формуле (5.8) $Z_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн. (таблица 5.8).

Таблица 5.8 – Таблица рабочего времени

Показатели рабочего времени	Дни
Календарное число дней	365
Количество нерабочих дней	67
– выходные дни	
– праздничные дни	
Потери рабочего времени	40
– отпуск	
– невыходы по болезни	
Действительный годовой фонд рабочего времени	258

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{м} = Z_{б} \cdot k_{р}, \quad (5.9)$$

где $Z_{б}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_6 , руб.	k_p	Z_M , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , руб.	$Z_{осн}$, руб.
Першина А.А.	28625	1,3	37212	1500	11	16500
Таушканова А.С.	12404	1,3	16125	650	81	52650

5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата рассчитывается, исходя из 12-15% от основной заработной платы работников, непосредственно участвующих в исполнении темы:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (5.10)$$

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

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты (15 % от $Z_{осн}$);

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

Результаты расчета в таблице 5.10.

5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (5.11)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд медицинского страхования и пр.).

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году, водится пониженная ставка – 30 %.

Результаты расчета в таблице 5.10.

5.3.6 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (5.12)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 15%.

Результаты расчета в таблице 5.10.

5.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Расчет бюджета затрат на научно-исследовательский проект

№	Наименование статьи	Сумма, руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Материальные затраты	2291	6632	8250
2	Затраты на специальное оборудование	3700	3700	3700
3	Затраты по основной ЗП	69150	69150	69150
4	Затраты по дополнительной ЗП исполнителей	10372,5	10372,5	10372,5
5	Отчисления во внебюджетные фонды	23856,75	23856,75	23856,75
6	Накладные расходы	16405,5	17056,7	17299,4
7	Бюджет затрат НИИ	125775,75	130767,95	132628,65

Как видно из таблицы 5.10 основные затраты НИИ приходится на заработную плату исполнителям, а также на отчисления во внебюджетные фонды.

5.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп. } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.13)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{ф}}^{\text{исп.1}} = \frac{125775,75}{132628,65} = 0,949$$

$$I_{\text{ф}}^{\text{исп.2}} = \frac{130767,95}{132628,65} = 0,986$$

$$I_{\text{ф}}^{\text{исп.3}} = \frac{132628,65}{132628,65} = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Простота изготовления	0,15	3	5	5
Материалоемкость	0,07	5	6	6
Надежность	0,21	7	7	7
Доступ к вращающимся частям	0,08	8	4	4
Скорость изготовления	0,07	7	5	5
Цена	0,2	7	4	5
Послепродажное обслуживание	0,07	5	6	4
Предполагаемый срок эксплуатации	0,15	8	7	5
Итого	1	6,35	5,58	5,34

$$I_{p, \text{исп.1}} = 0,15 \times 3 + 0,07 \times 5 + 0,21 \times 7 + 0,08 \times 8 + 0,07 \times 7 + 0,2 \times 7 + 0,07 \times 5 + 0,15 \times 8 = 6,35$$

$$I_{p, \text{исп.2}} = 0,15 \times 5 + 0,07 \times 6 + 0,21 \times 7 + 0,08 \times 4 + 0,07 \times 5 + 0,2 \times 4 + 0,07 \times 6 + 0,15 \times 7 = 5,58$$

$$I_{p, \text{исп.3}} = 0,15 \times 5 + 0,07 \times 6 + 0,21 \times 7 + 0,08 \times 4 + 0,07 \times 5 + 0,2 \times 5 + 0,07 \times 4 + 0,15 \times 5 = 5,34$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{\text{исп.}i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{p-\text{исп.}i}}{I_{\text{фин.}i}}, \quad (5.14)$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{6,35}{0,949} = 6,69$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{5,58}{0,986} = 5,66$$

$$I_{\text{исп.3}} = \frac{5,34}{1} = 5,34$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}}, \quad (5.15)$$

Таблица 5.12 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Интегральный финансовый показатель разработки	0,949	0,986	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	6,35	5,58	5,34
Интегральный показатель эффективности	6,69	5,66	5,34
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,85	0,8

Из таблицы 5.12 можно видеть, что лучшим исполнением научно-технического исследования является исполнение 1, так как в данном исполнении лучшее обеспечение материалами и оборудованием, следовательно, достигается наибольшая эффективность проделанной работы.

Вывод по разделу

В результате проведенной работы была спроектирована и создана конкурентоспособная разработка, отвечающая современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

В ходе работы над разделом была проведена оценка возможностей реализации проекта на практике.

Оценка конкурентоспособности проекта показала, что разрабатываемый корпус редуктора имеет ряд преимуществ перед другими корпусами: он более дешевый, имеет меньший вес и позволяет обеспечить простой доступ к вращающимся частям редуктора.

В результате SWOT-анализа были выделены основные преимущества и недостатки проекта и оценены возможности развития проекта в условиях внешней среды.

В ходе работы над разделом было осуществлено планирование научно-исследовательских работ, и был рассчитан бюджет затрат проекта. Общая продолжительность работ составила 90 дней. Общий бюджет проекта составил 125776 рублей. Основную часть бюджета составила зарплата работников и отчисления во внебюджетные фонды.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

Группа	ФИО
1В91	Таушканова Анна Сергеевна

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение (НОЦ)	Отделение электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ООП/ОПОП	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Объект исследования:</i> корпус червячного редуктора. <i>Область применения:</i> легкая и тяжелая промышленность, машиностроение. <i>Рабочая зона:</i> сварочная ячейка НП ТПУ. <i>Размеры помещения:</i> 6*4 м. <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> система вытяжки, механизм подачи проволоки, сварочный полуавтомат, робот, различные приспособления для сборки и сварки корпуса редуктора. <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> сборка, сварка корпуса редуктора.</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. 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>ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Приказ от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека. 2. Факторы, распространяющиеся (движущиеся) через производственную среду или иное пространство в виде материальных объектов, включая газовые струи. 3. Факторы, взвешенные или растворенные в воздухе (либо способные перейти в газообразное или аэрозольное состояние) и являющиеся его компонентой. 4. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов. 5. Факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям, поражениям) или травмам за счет кратковременного (одиночного и/или практически

	<p>мгновенного) относительно высокоинтенсивного воздействия.</p> <p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенное образование электростатических зарядов. 2. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения. 3. Ультрафиолетовое излучение. <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: использование специальной защитной маски, костюма, перчаток, защитных ограждений.</p>
3. Экологическая безопасность:	<p>Воздействие на селитебную зону: ультрафиолетовое излучение дуги, брызги металла.</p> <p>Воздействие на литосферу: отсутствует.</p> <p>Воздействие на гидросферу: отсутствует.</p> <p>Воздействие на атмосферу: выброс сварочного аэрозоля через вентиляционные системы, содержащего вредные оксиды металлов и газообразные соединения.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Возможные ЧС: возникновение пожара, взрыв газового баллона.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: возникновение пожара.</p>

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	
--	--

Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева И.Л.	—		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Таушканова Анна Сергеевна		

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение по разделу

Данный раздел предусматривает правила техники безопасности, вопросы охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях, вредные и опасные факторы, присущие процессу производства металлических конструкций.

При выполнении дипломной работы большая часть рабочего времени пришлось на разработку моделирования сварки в среде защитных газов.

Рабочей зоной являлась роботизированная сварочная ячейка НП ТПУ, которая включает в себя систему вытяжки, механизм подачи проволоки, сварочный полуавтомат, робот и приспособления для сборки и сварки.

Ввиду того, что производилась сварка в небольшой рабочей зоне, воздействие на людей могут оказывать следующие вредные и опасные факторы: повышенное образование электростатических зарядов, недостаток искусственного освещения, ультрафиолетовое излучение, попадание брызг металла на тело человека, ожоги.

Воздействие вредных и опасных факторов может привести к заболеваниям, травмам и, как следствие, снижению производительности труда.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации

В трудовом кодексе РФ содержатся основные положения отношений между организацией и сотрудниками, включая оплату и нормирование труда, выходных, отпуска и так далее [26].

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 [27] работа в НП ТПУ, содержащем сварочную роботизированную ячейку, относится к категории тяжести труда Ib – работы выполняются при оптимальных условиях, воздействие вредных веществ на работника не превышает установленных законом уровней, величина физической, умственной и нервно-эмоциональной нагрузки оцениваются как оптимальные.

В соответствии с требованиями Федерального закона Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» [28] в ТПУ проводилась оценка условий труда в структурные подразделения университета, в соответствии с которой, условия труда в ТПУ можно считать удовлетворительными.

В соответствии с ГОСТ 12.2.033-78 при проектировании оборудования и организации рабочего места следует учитывать антропометрические общие средние показатели мужчин и женщин.

Организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела работающего и наклон его вперед не более, чем на 15° [29].

Конструкцией производственного оборудования и организацией рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием:

- 1) высоты рабочей поверхности;
- 2) подставки для ног при нерегулируемой высоте рабочей поверхности.

Для обеспечения удобного, возможно близкого подхода к столу, станку или машине должно быть предусмотрено пространство для стоп размером не менее 150 мм по глубине, 150 мм по высоте и 530 мм по ширине.

Так как работа в сварочной ячейке является легкой категорией работ, то высота рабочей поверхности (средний показатель для женщин и мужчин) должна быть 1025 мм.

6.2 Производственная безопасность

В данном подразделе анализируются потенциальные вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого устройства.

6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Таблица 6.1 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте в сварочной ячейке НП ТПУ

	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Опасные	Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека.	ГОСТ Р 51337-99. Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей.
	Факторы, распространяющиеся (движущиеся) через производственную среду или иное пространство в виде материальных объектов, включая газовые струи.	ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ. Работы электросварочные. Требования безопасности (с Изменением N 1).
	Факторы, взвешенные или растворенные в воздухе (либо способные перейти в газообразное или аэрозольное состояние) и являющиеся его компонентой.	ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
	Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов. Факторы, приводящие к смертельным травмам (летальному исходу, смерти).	ГОСТ 12.3.004-75 ССБТ. Термическая обработка металлов. Общие требования безопасности (с Изменением N 1).
	Факторы, приводящие к острым заболеваниям или травмам за счет кратковременного относительно высокоинтенсивного воздействия.	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
Вредные	Повышенное образование электростатических зарядов.	ГОСТ Р 53734.5.6-2021. Электростатика. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Микросхемы интегральные и приборы полупроводниковые.
	Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.	СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.

Продолжение таблицы 6.1

	Ультрафиолетовое излучение.	СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
--	-----------------------------	--

6.2.2 Анализ вредных и опасных факторов

6.2.2.1 Производственные факторы, связанные с высокой температурой материальных объектов производственной среды

При сварке корпуса редуктора его температура поверхности увеличивается. Во избежание негативных последствий (ожогов) процесс сваривания металлических изделий необходимо регулировать в соответствии с нормами, указанными в ГОСТ Р 51337-99 [30].

При температурах материальных объектов свыше 50⁰С максимальная продолжительность непреднамеренного контакта принимается равной 1 с.

Меры защиты от ожогов:

1) Конструктивные меры:

- изоляция (например, из дерева, пробки, фибры);
- ограждение (экран или барьер);
- конфигурирование поверхности (придание шероховатости, использование ребер).

2) Организационные меры:

- предупредительные (предупредительные сигналы, индикация и звуковые сигналы тревоги);
- инструктаж, обучение;
- техническая документация, инструкции пользователю.

3) Меры персональной защиты:

- индивидуальное защитное снаряжение.

6.2.2.2 Производственные факторы, связанные с распространением через производственную среду

Сварка сопровождается разбрызгиванием металла и ультрафиолетовым излучением.

Долгое воздействие ультрафиолетового излучения на сетчатку глаза может вызвать частичную или полную потерю зрения, а брызги металла при попадании на кожу могут привести к ожогам.

Согласно ГОСТ 12.3.003-86 [31], регламентирующему технологический процесс сварки, зоны с наличием опасного производственного фактора следует ограждать в соответствии с требованиями ГОСТ 23407-78 [32] и ГОСТ 12.2.062-81 [33]. Также мерой предосторожности является допуск к сварке лиц, прошедших обучение, инструктаж и проверку знаний требований безопасности (включающие в себя обеспечение спецодеждой и другими средствами индивидуальной защиты), имеющие квалификационную группу по электробезопасности.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 [34] при использовании специальной одежды и средств защиты лица и рук, не пропускающих излучение, допустимая интенсивность облучения в области УФ-В и УФ-С не должна превышать 1 Вт/м^2 .

Предлагаемые средства защиты для минимизации воздействия фактора – применение специальной одежды и сварочных масок.

6.2.2.3 Производственные факторы, связанные с загазованностью производственной среды

Сварочный дым образуется в процессе сварки. Он включает в себя защитный газ и легирующие элементы, которые, испаряясь, вступают во взаимодействие с воздухом. В результате образуются новые вещества, составляющие мелкодисперсную пыль.

Сварочная пыль содержит в себе окислы кремния, железа и марганца, а также вредные газы и другие токсичные включения, которые входят в состав

сварочного аэрозоля. Эта смесь элементов при вдыхании беспрепятственно проникает в дыхательные пути.

Самые мелкие частицы пыли, размер которых составляет 2-5 мкм, проникают более глубоко, а частицы, размером от 10 мкм, оседают в бронхах [35]. Они более опасны для здоровья и при постоянном проникновении в организм провоцируют возникновение воспалительных процессов.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ, выделяющихся в воздух при сварке и резке металлов указаны в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Концентрации вредных веществ сварочного аэрозоля

Вещество	ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³
Марганец	0,2
Оксид железа	6,0
Диоксид кремния	1,0
Оксид хрома	1,0
Оксид цинка	6,0
Диоксид азота	2,0
Оксид марганца	0,3
Озон	0,1
Оксид углерода	20,0
Фтористый водород	0,5/1,0

Мероприятиями по оздоровлению воздушной среды в помещении являются правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, в зимнее время – водяная система отопления помещения с применением радиаторов.

6.2.2.4 Производственные факторы, связанные с острыми частями твердых объектов

При сборке корпуса редуктора его острые кромки, шероховатость, заусенцы являются травмоопасными: нарушению структуры кожи, целостности тканей и выполняемых ими функций.

Согласно ГОСТ 12.2.029-88 [36] шероховатость не должна превышать 2,5 мкм, а радиусы скругления и фасок наружных поверхностей должны быть не менее 1 мм.

Для снижения риска возникновения несчастного случая наружные элементы конструкции (острые кромки, шероховатость, заусенцы) должны обрабатываться абразивным инструментом.

6.2.2.5 Производственные факторы, связанные с электрическими и электростатическими зарядами

При нахождении в сварочной ячейке, отделанной металлическими пластинами, возникают электростатические заряды. В случае касания человека с управляющими устройствами может возникнуть их повреждение. Следствием этого может стать выход из строя источника питания, пульта управления, механизма подачи проволоки и другого. В соответствии с ГОСТ Р 53734.5.6-2021 [37] допустимое значение потенциала статического электричества менее 30 В.

Кратковременное прохождение электрического тока через тело человека может привести к ожогам, разрыву тканей и электролизу крови. По ГОСТ 12.1.038-82 [38] предельно допустимые значения напряжения и тока при частоте в 50 Гц 2,0 В и 0,3 мА соответственно.

Во избежание негативных последствий полы помещений рекомендуется выполнять из материалов, электрическое сопротивление которых относительно земли не превышает 1 ГОм, влажность воздуха должна быть в пределах 30-60%, рабочие места должны иметь точку заземления.

6.2.2.6 Производственные факторы, связанные с отсутствием или недостатком необходимого искусственного освещения

При длительной работе в условиях недостаточной освещенности или нарушении параметров световой среды, происходит негативное воздействие на организм человека, такое как: развитие близорукости, головная боль, ухудшение зрения и пр.

В СП 52.13330.2016 [39] указано, что крайнее значение производственной искусственной освещенности в рабочих комнатах, кабинетах, офисах, представительствах равно 300 лк, коэффициент пульсации освещенности ($K_{п}$) не должен превышать 15%.

Согласно СП 52.13330.2016 необходимо, чтобы освещение было обеспечено рационально, а его яркость была распределена равномерно на рабочей поверхности и том, что ее окружает. Для того чтобы повысить равномерность освещения, необходимо чтобы стены и потолок рабочего помещения были окрашены в светлые цвета. Также нужно применять комбинированное освещение - освещение, при котором к общему освещению добавляется местное.

6.3 Экологическая безопасность

Атмосфера. Источником загрязнения являются выбросы сварочного аэрозоля через вентиляционные системы, содержащего вредные оксиды металлов и газообразные соединения, предельно допустимые концентрации которых указаны в таблице 6.2.

Должны соблюдаться требования нормативных актов, регулирующих отношения в области охраны атмосферного воздуха. Для этого разрабатываются и выполняются следующие мероприятия:

- 1) проверка эффективности работы вентилирующего оборудования;
- 2) фильтрование исходящего воздуха.

Гидросфера. Процесс работы в сварочной ячейке НП ТПУ не несет непосредственной угрозы гидросфере.

Должны соблюдаться требования нормативных актов, регулирующих отношения в области охраны водных ресурсов. Для этого должен осуществляться контроль за процессом утилизации отходов.

Литосфера. Как и для гидросферы, сварочные работы не несут угрозы литосфере.

Безопасное пользование литосферой обеспечивается за счет проработки плана по правильной утилизации отходов и контроля мероприятий по утилизации.

Селитебная зона. Основное воздействие на селитебную зону оказывает ультрафиолетовое излучение и брызг металла при сварке.

Для обеспечения безопасности селитебной зоны должны соблюдаться требования нормативных актов, регулирующих отношения в области охраны селитебной зоны.

На предприятии реализовываются следующие мероприятия:

- 1) соблюдение ТБ персоналом, проведение инструктажей.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В лаборатории проводятся работы, связанные со сборкой и сваркой. К возможным чрезвычайным ситуациям можно причислить взрыв или пожар.

Наиболее вероятная чрезвычайная ситуация с учётом особенностей сварочных процессов - пожар. Причинами возникновения возгорания могут быть неправильно настроенные параметры сварки, неисправность сварочного оборудования, небрежность сварщика.

Для предотвращения пожаров должны быть соблюдены следующие требования:

- 1) не допускается проведение сварки при неработающей местной вытяжной вентиляции;

- 2) сварка в замкнутых и труднодоступных пространствах должна производиться по допуску на особо опасные работы при выполнении следующих условий [40]:

- установки контрольных постов для наблюдения за электросварщиками;

- наличия люка (люков) для прокладки коммуникаций и эвакуации работающих;

– непрерывной работы местной вытяжной вентиляции и средств, исключающих накопление вредных веществ в воздухе выше предельно допустимых концентраций;

– наличия в сварочном оборудовании устройства прекращения подачи защитного газа при выключении напряжения в сварочной цепи.

В случае возникновения пожара в здании автоматически срабатывают датчики пожаротушения, и звуковая система оповещает всех сотрудников о немедленной эвакуации из здания, и направляются на выход в соответствии с планом эвакуации при пожаре. Для ликвидации последствий пожара необходимо вызвать пожарную службу или использовать огнетушитель.

Вывод по разделу

Значение всех производственных факторов в пределах нормы.

Согласно ПУЭ-7 [41], данное помещение относится к категории с повышенной опасностью, так как имеет повышенную опасность (токопроводящие полы и возможность прикосновения человека с землей и к корпусам электрооборудования).

Исходя из правил по охране труда при эксплуатации электроустановок персонал должен обладать II группой допуска по электробезопасности. Присвоение II группы по электробезопасности производится путем обучения в учебном центре по программе не менее 72 часов. Подготовка может проводиться на предприятии силами своих специалистов и должна проходить не менее 20 часов. В присутствии сотрудника II группы могут работать сотрудники I группы.

Категория тяжести труда в производственном помещении по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [42] относится к категории IIб (работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением)

Согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [43] производственное помещение имеет категорию группы А (горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа).

НП ТПУ, в котором находится сварочная ячейка, относится к объектам IV категории, оказывающих низкую степень негативного воздействия на среду обитания

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был проведен обзор литературы, который показал новизну разрабатываемой автоматизированной технологии сварки корпуса редуктора. Также в главе «Объект и методы исследования» была создана трехмерная модель корпуса редуктора и все необходимые чертежи для разработки технологического процесса сборки и сварки. Конечным этапом стал составленный комплект технологических документов, включающих в себя карту эскизов, маршрутную карту и операционную карту.

Предложенная технология автоматизированной сварки корпуса редуктора позволяет увеличить производительность процесса, а также устранить человеческий фактор влияния на качество полученных сварных соединений.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был оценен коммерческий и инновационный потенциал научно-технического исследования, определены трудоемкость выполнения работ и ресурсоэффективность, подчитан бюджет исследования.

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при выполнении работ по сборке и сварке, произведен анализ вредных и опасных факторов и разработаны методы борьбы с ними, а также выявлены нежелательные воздействия на селитебную зону, литосферу, атмосферу и гидросферу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мушкин О.В., Николаева Н.Д., Труханов В.М. Исследование существующих методов автоматизированного расчета червячных редукторов и разработка САПР червячного редуктора // Научное обозрение. Технические науки. – 2016. – №3. – С. 72-74.
2. ГОСТ 27701-88. Редукторы червячные цилиндрические. Основные параметры. – М., 1988. – 3 с.
3. Волков В.В., Зайцев В.Ю. Прикладная механика: Учебное пособие. – 2-е изд. – Пенза: ПГТА, 2012. – 130 с.
4. Фещенко В.Н. Обеспечение качества продукции в машиностроении: Учебник. – М.: Инфра-Инженерия, 2019. – 788 с.
5. Дедюх Р.И. Материаловедение и технологии конструкционных материалов. Технология сварки плавлением: Учебное пособие для вузов. – М.: Юрайт, 2022. – 169 с.
6. ГОСТ Р 70465-2022. Сварка стальных строительных конструкций. Требования к организации и выполнению работ в условиях строительной площадки. Контроль качества. – М., 2022. – 20 с.
7. ПБ 03-273-99. Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства. – М., 1998. – 30 с.
8. РД 03-495-02. Технологический регламент проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства. – М., 1998. – 77с.
9. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. – М., 2012. – 183 с.
10. J. E. Akin Finite Element Analysis Concepts: Via SolidWorks. – 1st ed. – Singapore: World Scientific, 2010. – 348 p.
11. Randy Shih, Paul Schilling Parametric Modeling with SOLIDWORKS 2020. – 1st ed. – Louisiana: SDC Publications, 2020. – 608 p.
12. ГОСТ 1050-2013.Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия. – М., 2013. – 36 с.

13. Барон Ю.М. Технология конструкционных материалов: Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2021. – 512 с.
14. Ефименко Л.А., Елагина О.Ю., Вышемирский Е.М., Капустин О.Е. Патент № 2386524 Российская Федерация, МПК В23К 31/12, Н С2. Способ предупреждения образования холодных трещин в сварных соединениях из углеродистых и низколегированных сталей при сварке на заданных режимах: № 2008123130/02 : заявл. 10.06.2008 : опубл. 20.04.2010. – 9 с.
15. Костылева Л.В., Грибенченко А.В., Шляхов А.А. Перераспределение углерода для создания температурного градиента при восстановлении стальных деталей автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – №4. – С. 179-183.
16. ГОСТ 2246-70. Проволока стальная сварочная. Технические условия. - М., 1970. – 17 с.
17. ГОСТ 10157-2016. Аргон газообразный и жидкий. Технические условия. – М., 2016. – 25 с.
18. ГОСТ 33857-2016. Арматура трубопроводная. Сварка и контроль качества сварных соединений. Технические требования. – М., 2016. – 84 с.
19. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М., 1996. – 38 с.
20. Куликов В.П., Коротеев А.О. Технология сварки плавлением и термической резки: учебник. – Могилев: ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2017. – 25 с.
21. Расчет массы наплавленного металла // Исполнительная Документация URL: <https://исполнительнаядокументация.рф/wp-content/uploads/2016/10/Raschet-massy%60-naplavlennogo-metalla.pdf> (дата обращения: 01.05.2023).

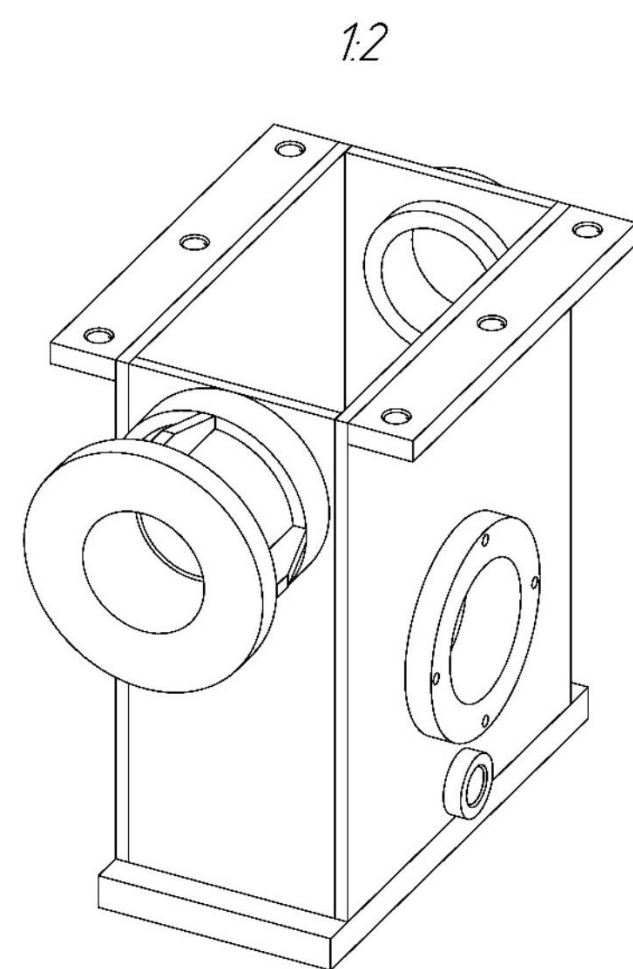
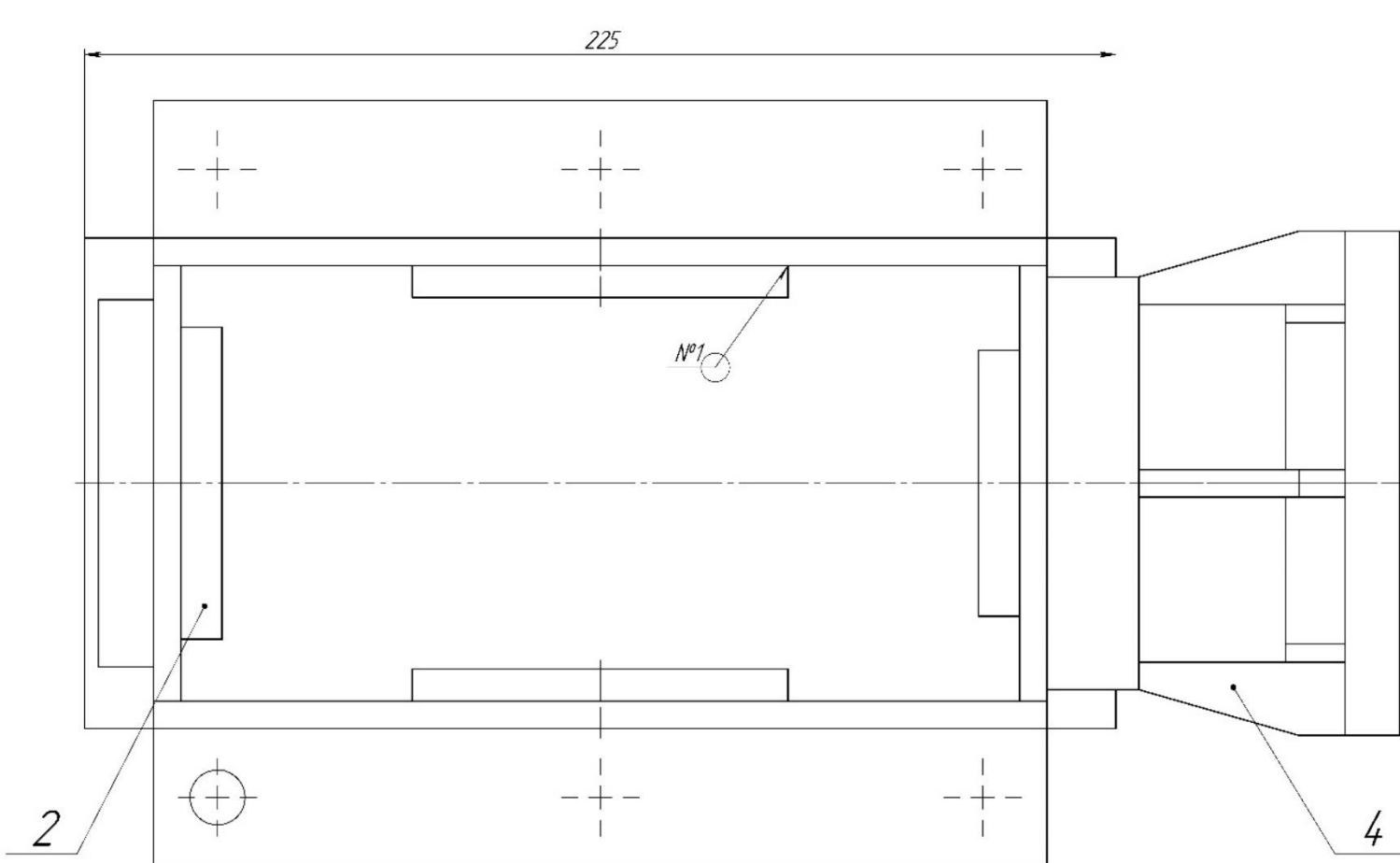
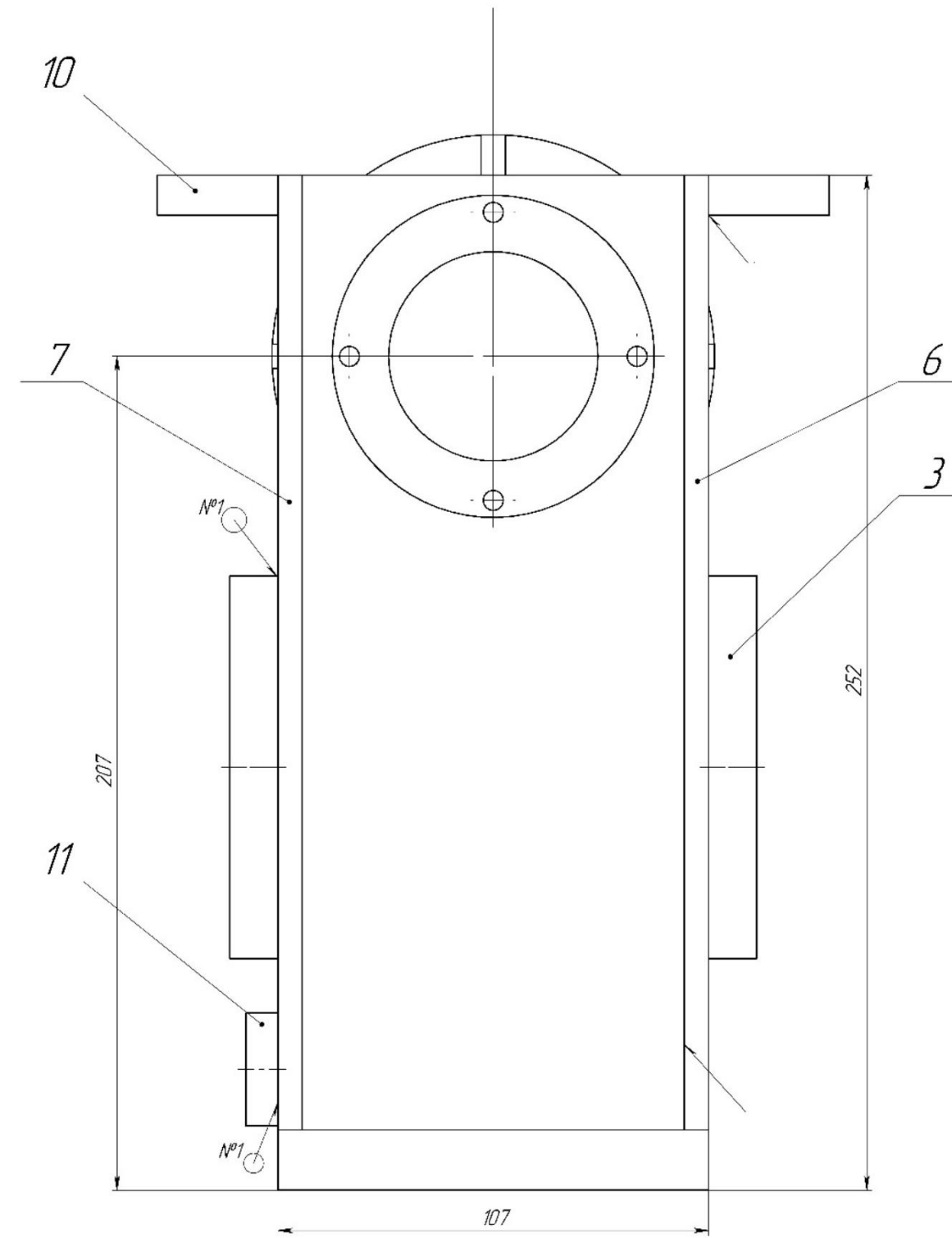
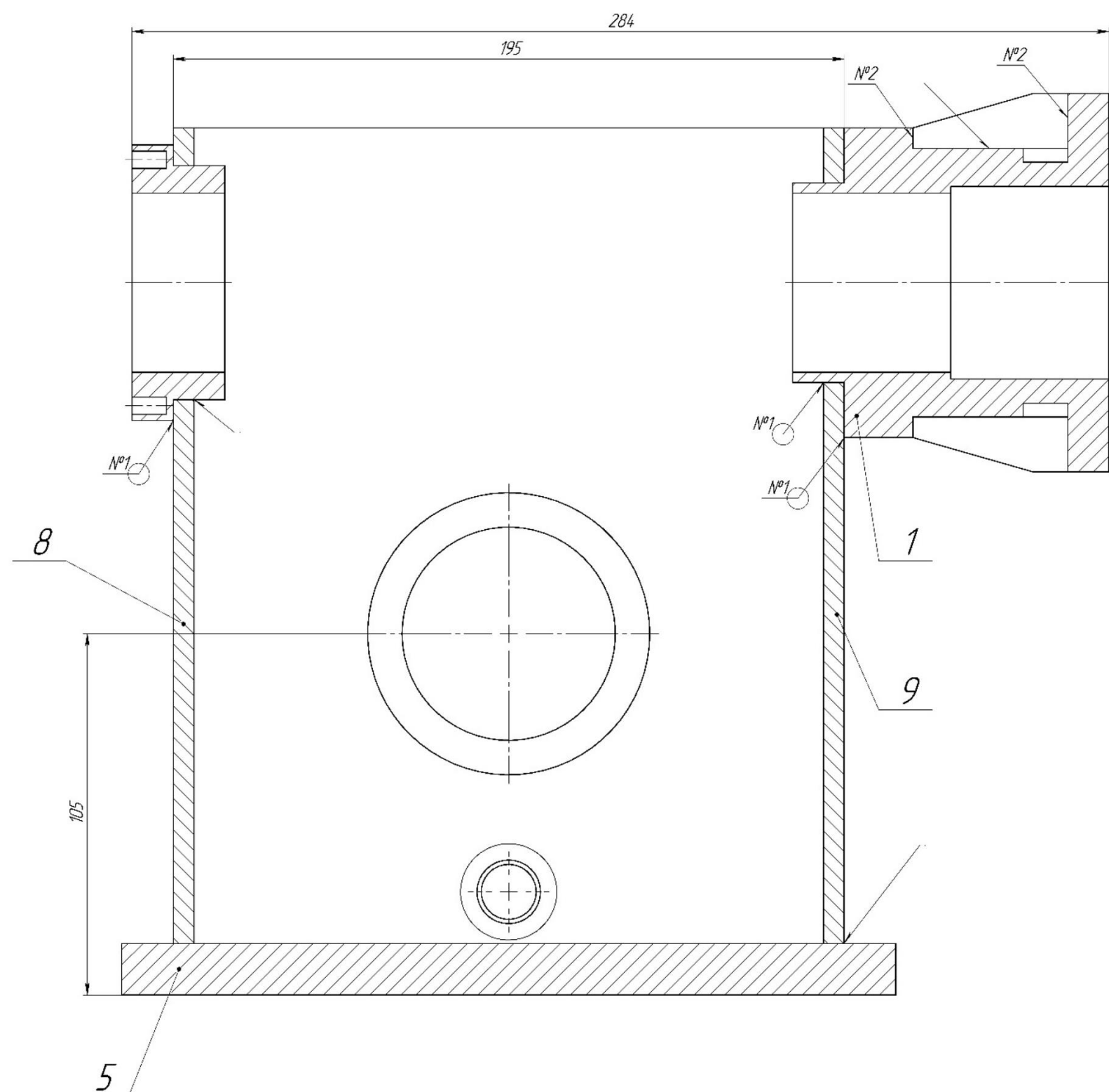
22. Конищев Б.П., Пигалова Е.А., Курников Н.А. Динамика сварочных деформаций на основе эмпирических данных и применение ряда технологических приемов по снижению деформационных отклонений контура сварной авиационной конструкции // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2014. – №№3 (105). – С. 108-113.
23. Титенок А. В. Стальные строительные конструкции. Расчёт, проектирование, термостойкость. – М.: Инфра-Инженерия, 2022. – 216 с.
24. ГОСТ Р ИСО 17637-2014. Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением. – М., 2014. – 16 с.
25. ГОСТ Р 55724-2013. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые. – М., 2013. – 24 с.
26. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ.
27. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М., 1988. – 78 с.
28. Федерального закона Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда
29. ГОСТ 12.2.033-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. – М., 1978. – 9 с.
30. ГОСТ Р 51337-99. Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей. – М., 1999. – 18 с.
31. ГОСТ 12.3.003-86. ССБТ. Работы электросварочные. Требования безопасности. – М., 1986. – 11 с.
32. ГОСТ 23407-78. Ограждения инвентарные строительных площадок и участков производства строительного-монтажных работ. Технические условия. – М., 1978. – 7 с.
33. ГОСТ 12.2.062-81. ССБТ. Оборудование производственное Ограждения защитные. – М., 1981. – 4 с.

34. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – М., 2021. – 1025 с.
35. Вредные вещества при сварочных работах и защита от них // ИП «Врачинский» URL: <https://metal-detel.ru/vredveschprisvarke.html?ysclid=lgj73lm8y7734113269> (дата обращения: 15.04.2023).
36. ГОСТ 12.2.029-88. ССБТ. Приспособления станочные. Требования безопасности. – М., 1988. – 12 с.
37. ГОСТ Р 53734.5.6-2021. Электростатика. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Микросхемы интегральные и приборы полупроводниковые. – М., 2021. – 16 с.
38. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – М., 1982. – 7 с.
39. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. – М., 2016. – 89 с.
40. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. – М., 2001. – 51 с.
41. ПУЭ-7. – М., 2002. – 499 с.
42. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – М., 2009. – 31 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Комплект чертежей для изготовления корпуса редуктора



1. Сварочные материалы и технология сварки должны обеспечивать равнопрочность сварных швов основному материалу

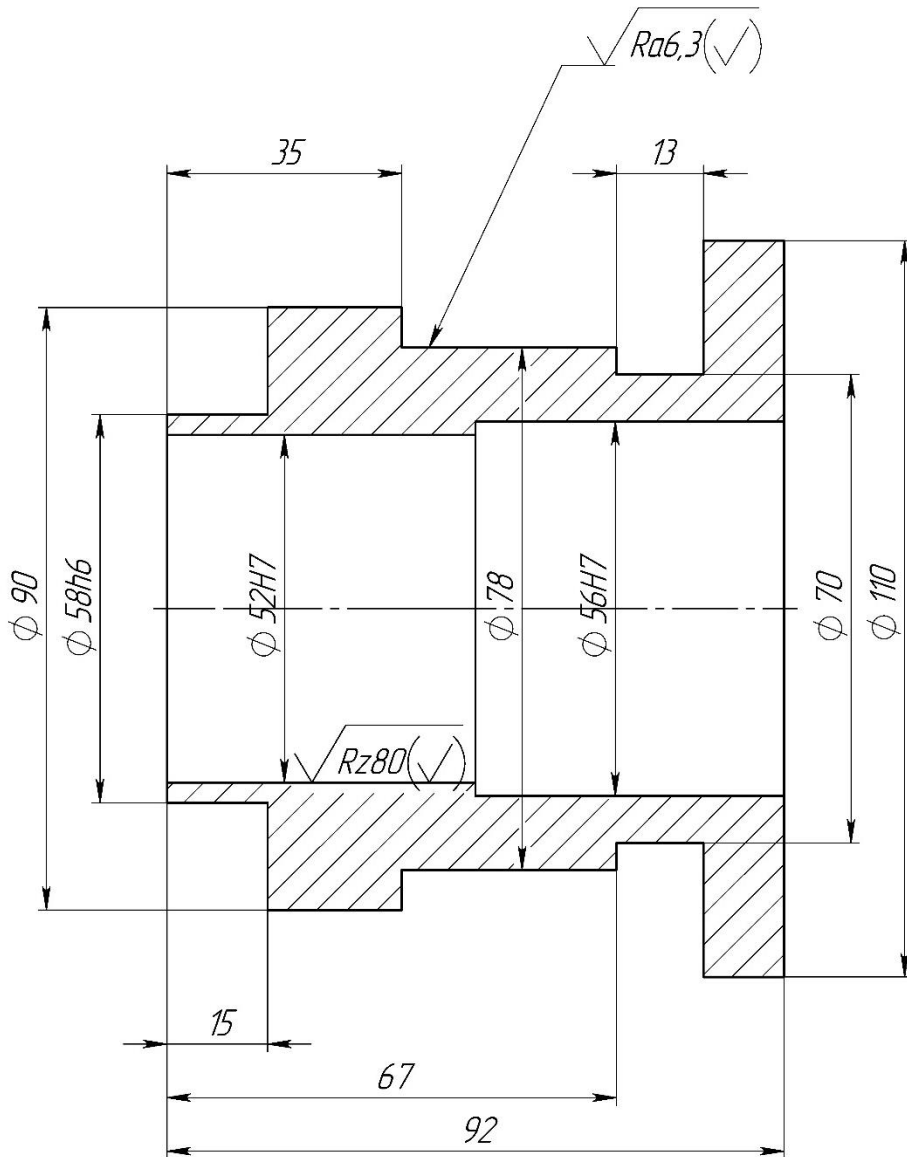
№ шва	Обозначение
1	ГОСТ 14771-76 - У6 - ИП -
2	ГОСТ 14771-76 - Т1 - ИП -

				ФЮРА.303200.000		
Исполн.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Корпус редуктора Сварочный чертеж	
Разработ	Горюхинова А.С.					
Проб	Горюхина А.А.				Лист 1	Листов 1
Н. контр.	Давыдова В.Н.				ТТУ ИИШКБ Группа 1В91	
Изм.						

Лист 1 из 1
Лист 1 из 1
Лист 1 из 1
Лист 1 из 1
Лист 1 из 1
Лист 1 из 1
Лист 1 из 1

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			ФЮРА.303200.000 СБ	Сборочный чертеж		
<i>Детали</i>						
A4	1		ФЮРА.730000.001	Бобышка	1	
A4	2		ФЮРА.730000.002	Бобышка	1	
A4	3		ФЮРА.730000.002	Бобышка	2	
A4	4		ФЮРА.741000.004	Косынка	1	
A4	5		ФЮРА.741000.005	Плита	1	
A4	6		ФЮРА.752610.006	Стенка	1	
A4	7		ФЮРА.752610.007	Стенка	1	
A4	8		ФЮРА.752610.008	Стенка	1	
A4	9		ФЮРА.752610.009	Стенка	1	
A4	10		ФЮРА.753780.010	Планка	2	
A4	11		ФЮРА.757851.011	Фланец	1	
ФЮРА.303200.000						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Гаушканова А.С.			Лит.	Лист
Проб.		Першина А.А.			У	1
Н.контр.		Дерюшева В.Н.			Листов	
Утв.					1	
Корпус редуктора					НИ ТПУ ИШНКБ Группа 1В91	

ФЮРА.730000.001



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: H12, h12, $\pm IT12/2$.

ФЮРА.730000.001

Бобышка

Круг $\frac{110 \text{ ГОСТ } 2590 - 2006}{Ст10 \text{ ГОСТ } 1050 - 2013}$

Лист	Масса	Масштаб
Лист 1		1:1

1:1

Лист 1 / Листов 1

ТПУ ИШНКБ
Группа 1В91

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата
Разраб.		Тацшканова А.С.		
Пров.		Першина А.А.		
Т. контр.				
Н. контр.		Дерюшева В.Н.		
Утв.				

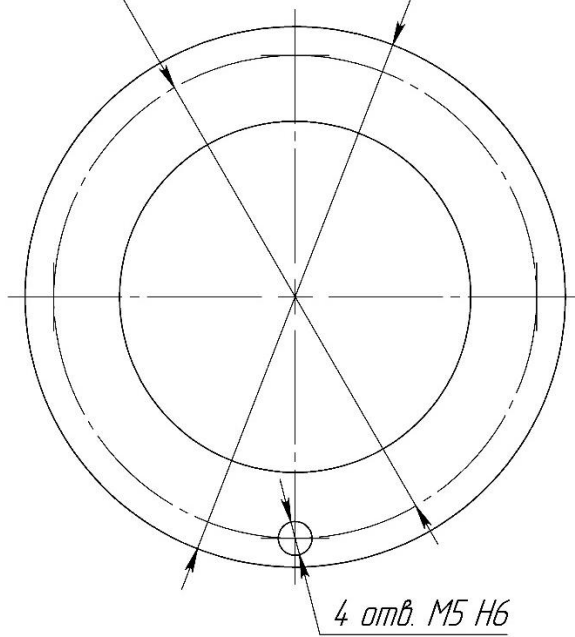
ФЮРА.730000.002

Перв. примен.

Справ. №

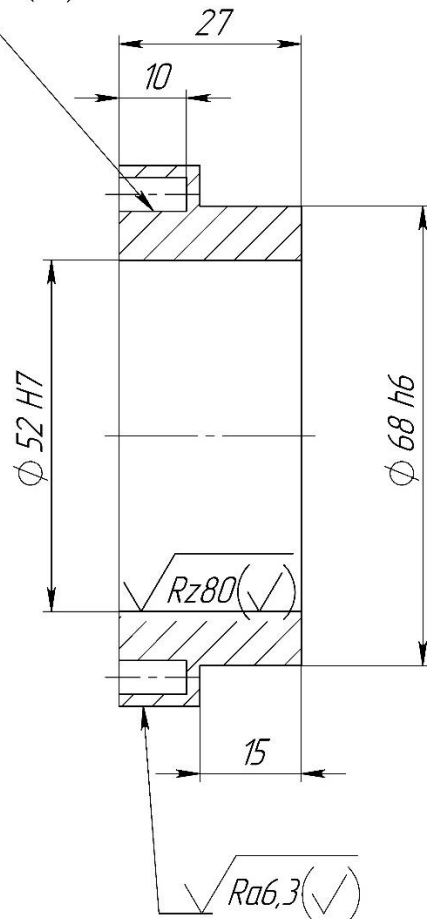
Φ 71,5

Φ 80



4 отв. M5 H6

$Ra_{3,2}(\checkmark)$



$Ra_{6,3}(\checkmark)$

1. Неуказанные предельные отклонения размеров: H12, h12, ±IT12/2.

ФЮРА.730000.002

Бобышка

Круг $\frac{110 \text{ ГОСТ } 2590 - 2006}{\text{Ст } 10 \text{ ГОСТ } 1050 - 2013}$

Лист Масса Масштаб

1:1

Лист 1 Листов 1

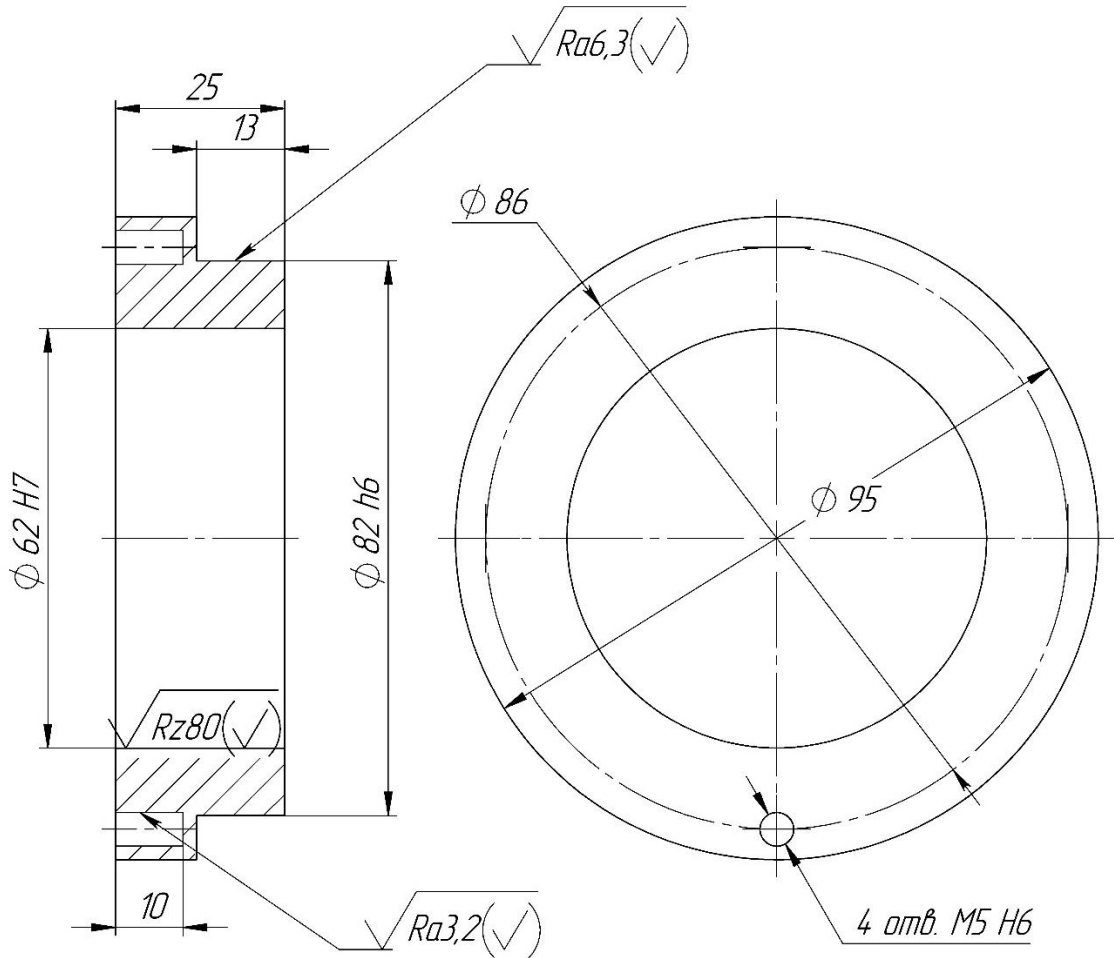
ТПУ ИШНКБ
Группа 1В91

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Тацшканова А.С.		
Пров.		Першина А.А.		
Т. контр.				
Н. контр.		Дерюшева В.Н.		
Чтв.				

ФЮРА.730000.003

Перв. примен.

Справ. №



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: H12, h12, ±IT12/2.

ФЮРА.730000.003

Бобышка

Круг 110 ГОСТ 2590-2006
Ст10 ГОСТ 1050-2013

Лит. Масса Масштаб

1:1

Лист 1 Листов 1

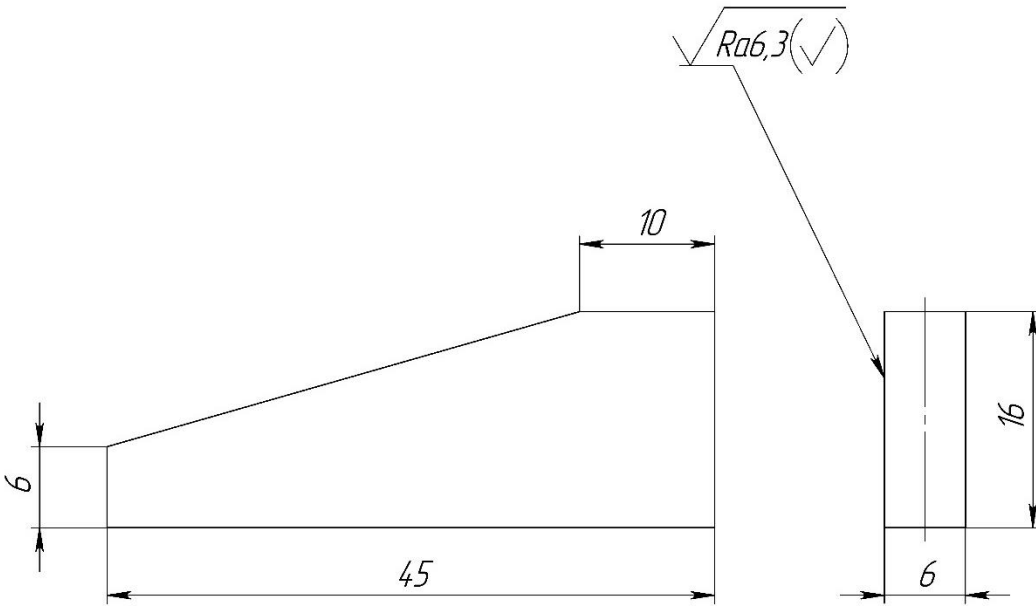
ТПУ ИШНКБ
Группа 1В91

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Тацшканова А.С.		
Пров.		Першина А.А.		
Т. контр.				
Н. контр.		Дерюшева В.Н.		
Утв.				

ФЮРА.74.1000.004

Перв. примен.

Справ. №



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: H12, h12, ±IT12/2.

Инв. № подл.	Изм. № докум.	Взам. инв. №	Подп. и дата

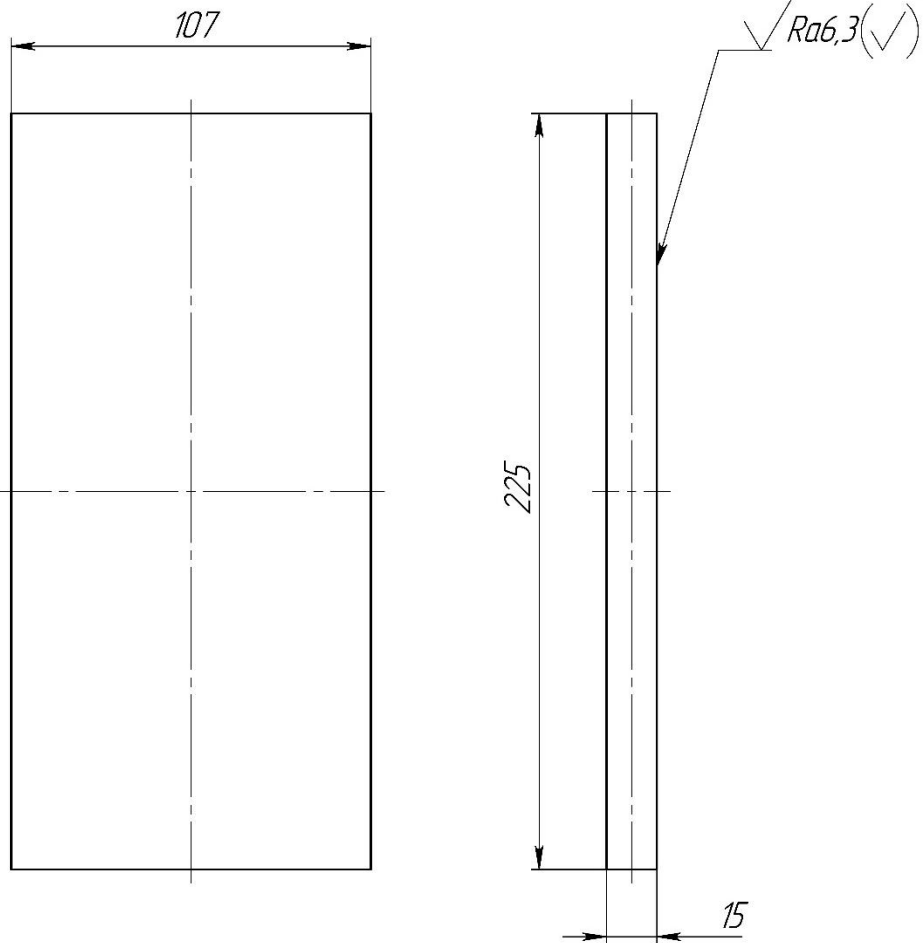
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Тацшканова А.С.		
Пров.		Першина А.А.		
Т. контр.				
Н. контр.		Дерюшева В.Н.		
Чтв.				

ФЮРА.74.1000.004				
Косынка		Лит.	Масса	Масштаб
				2:1
		Лист 1	Листов 1	
Квадрат		45 ГОСТ 2591-2006 Ст10 ГОСТ 1050-2013		ТПУ ИШНКБ Группа 1В91

ФЮРА.741000.005

Перв. примен.

Справ. №



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: H12, h12, ±IT12/2.

А

Подп. и дата

Инд. № дудл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

ФЮРА.741000.005

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Таушканова А.С.		
Пров.		Першина А.А.		
Т. контр.				
Н. контр.		Дерюшева В.Н.		
Утв.				

Плита

Лит.	Масса	Масштаб
		1:2
Лист 1	Листов 1	

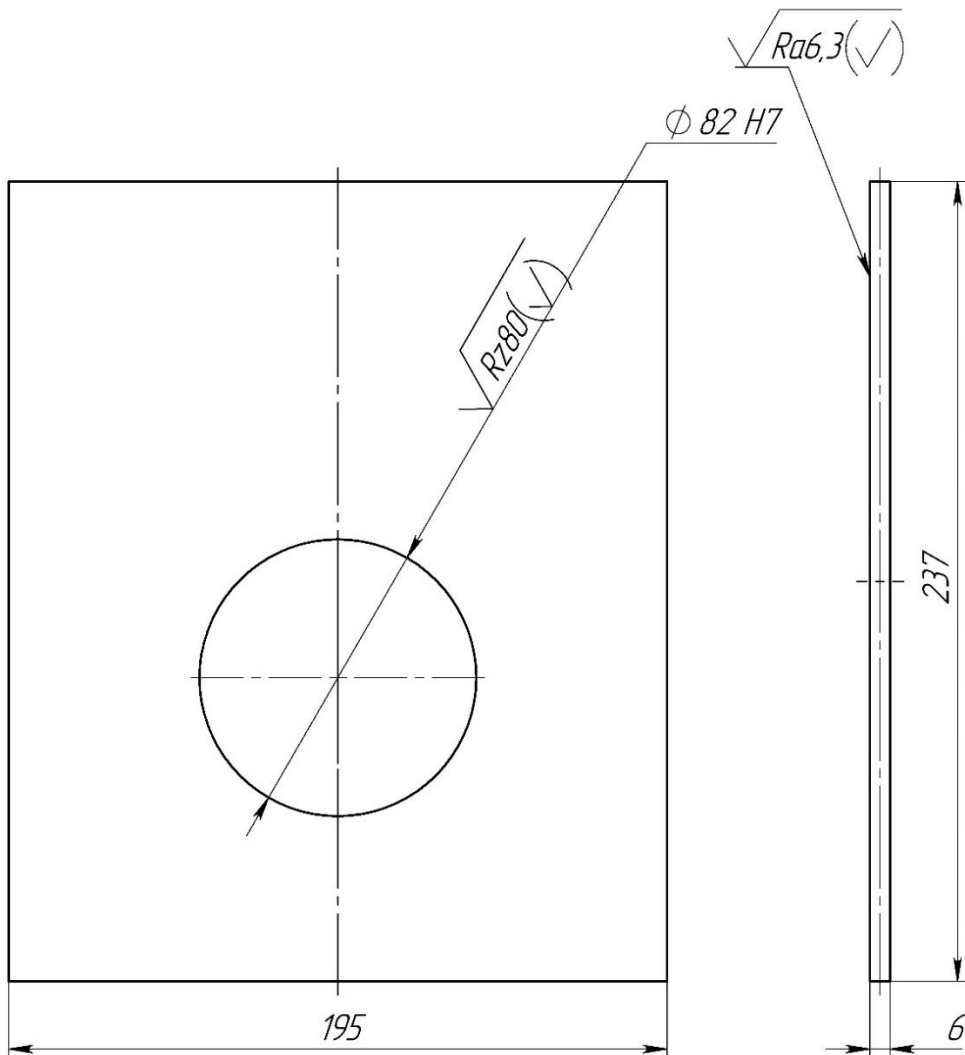
Полоса 120 x 15 ГОСТ 103-2006
Ст10 ГОСТ 1050-2013

ТПУ ИШНКБ
Группа 1В91

ФЮРА.752610.006

Перв. примен.

Справ. №



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: H12, h12, $\pm IT12/2$.

Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
Разраб.	Таушканова А.С.		
Пров.	Першина А.А.		
Т. контр.			
Изм. № подл.	Н. контр.	Дерюшева В.Н.	
	Утв.		

ФЮРА.752610.006

Стенка

Лит.	Масса	Масштаб
		1:2
Лист 1	Листов 1	

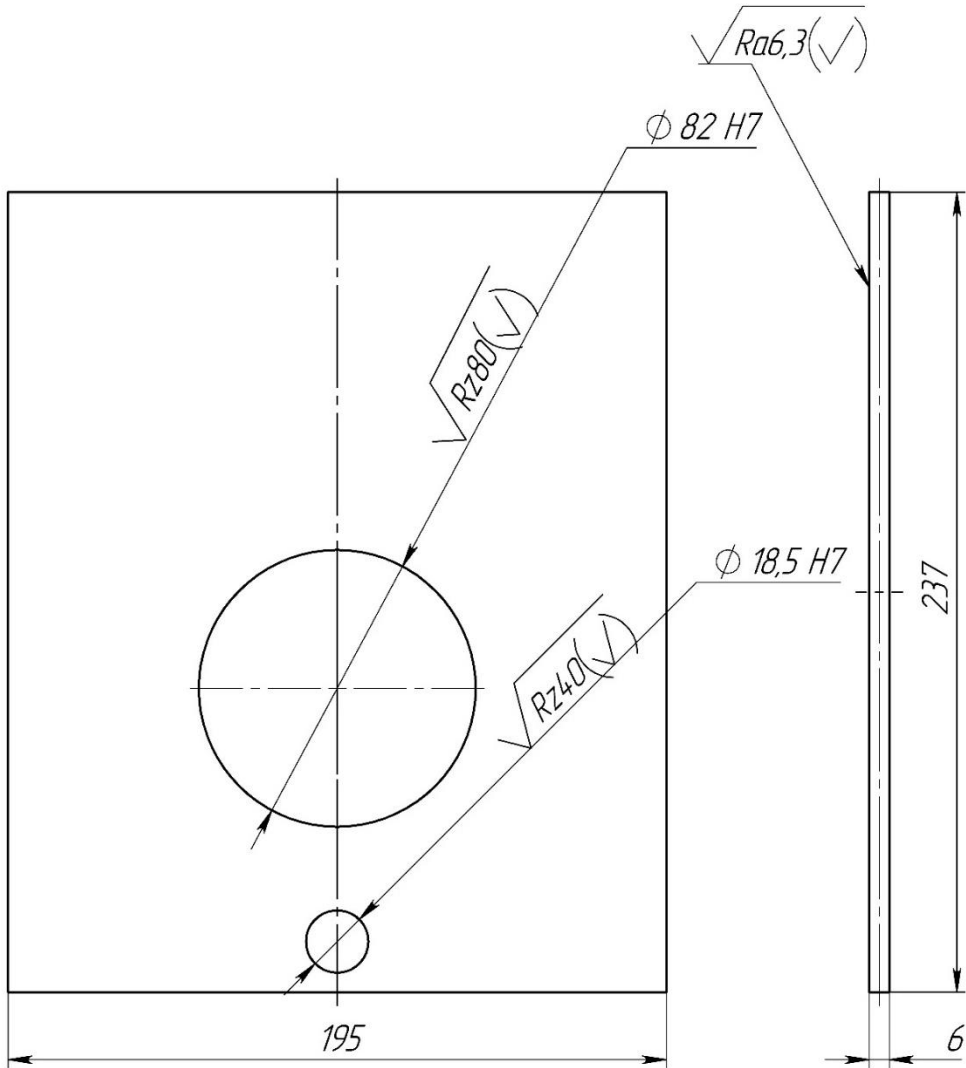
Полоса 200 x 6 ГОСТ 103-2006
Ст10 ГОСТ 1050-2013

ТПУ ИШНКБ
Группа 1В91

ФЮРА.752610.007

Перв. примен.

Справ. №



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: H12, h12, ±IT12/2.

Подп. и дата

Инв. № дцкл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Тоцшканова А.С.		
Пров.		Першина А.А.		
Т. контр.				
Н. контр.		Дерюшева В.Н.		
Утв.				

ФЮРА.752610.007

Стенка

Полоса $\frac{200 \times 6 \text{ ГОСТ } 103-2006}{Ст10 \text{ ГОСТ } 1050-2013}$

Лит.	Масса	Масштаб
		1:2
Лист 1	Листов 1	

ТПУ ИШНКБ
Группа 1В91

ФЮРА.752610.008

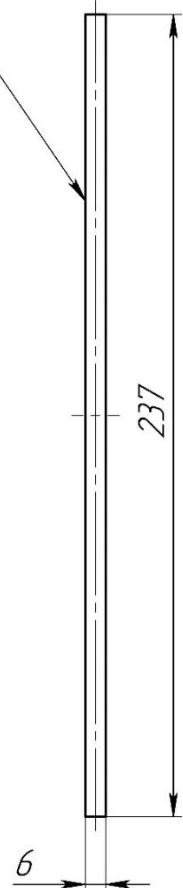
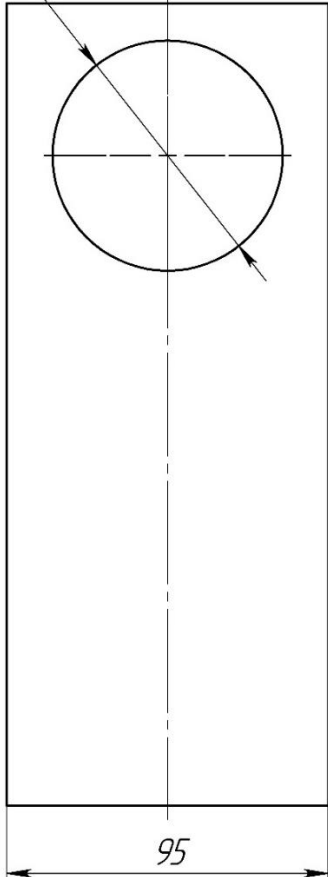
Перв. примен.

Справ. №

Φ 68 H7

Rz80(✓)

Ra6,3(✓)



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: H12, h12, ±IT12/2.

A

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Таушканова А.С.		
Проб.		Першина А.А.		
Т. контр.				
Н. контр.		Дерюшева В.Н.		
Утв.				

ФЮРА.752610.008			
Стенка	Лит.	Масса	Масштаб
			1:2
	Лист 1	Листов 1	
Полоса	95 x 6 ГОСТ 103-2006 Ст10 ГОСТ 1050-2013		ТПУ ИШНКБ Группа 1В91

ФЮРА.752610.009

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дудл.

Взам. инв. №

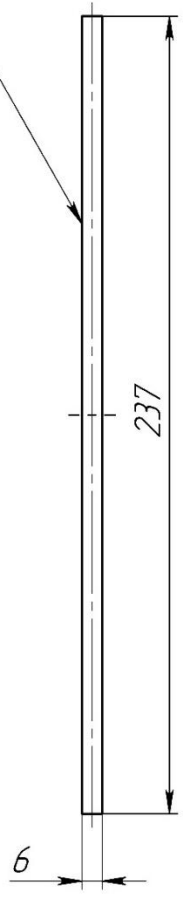
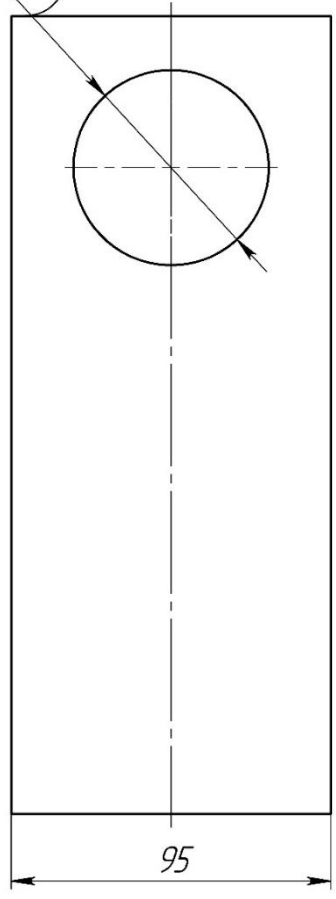
Подп. и дата

Инв. № подл.

$\phi 58 H7$

$Rz80(\checkmark)$

$Ra6,3(\checkmark)$



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: H12, h12, ±IT12/2.

ФЮРА.752610.009

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Таушканова А.С.		
Пров.		Першина А.А.		
Т. контр.				
Н. контр.		Дерюшева В.Н.		
Утв.				

Стенка			Лит.	Масса	Масштаб
					1:2
Полоса			Лист 1	Листов 1	
			95 x 6 ГОСТ 103-2006 Ст10 ГОСТ 1050-2013		

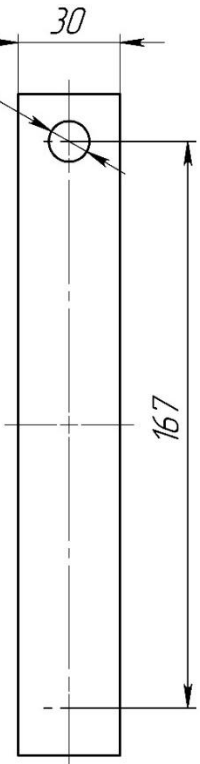
ФЮРА.753780.010

Перв. примен.

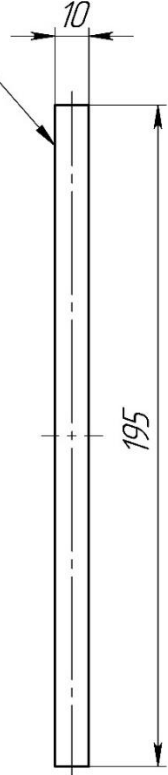
Справ. №

3 отв.
M12 H6

Rz40(✓)



Ra6,3(✓)



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: H12, h12, ±IT12/2.

Инд. № подл.	Изм. инв. №	Инд. № дцкл.	Подп. и дата

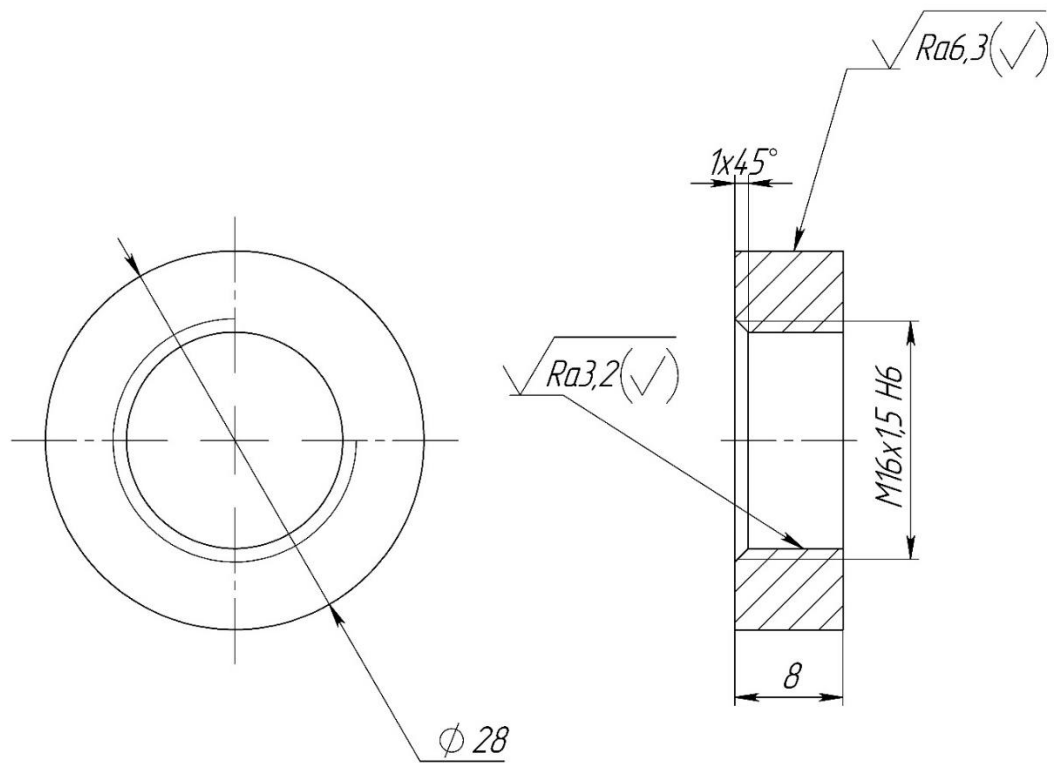
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Таушканова А.С.		
Пров.		Першина А.А.		
Т. контр.				
Н. контр.		Дерюшева В.Н.		
Утв.				

ФЮРА.753780.010					
Планка			Лит.	Масса	Масштаб
					1:2
Полоса			200 x 10 ГОСТ 103-2006		ТПУ ИШНКБ Группа 1В91
			Ст10 ГОСТ 1050-2013		
			Лист 1	Листов 1	

ФЮРА.757851.011

Перв. примен.

Справ. №



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: H12, h12, ±IT12/2.

ФЮРА.757851.011

Фланец

Лист	Масса	Масштаб
Лист 1		2:1
Листов 1		

Круг 28 ГОСТ 2590 -2006
Ст 10 ГОСТ 1050-2013

ТПУ ИШНКБ
Группа 1В91

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Таушканова А.С.		
Пров.		Першина А.А.		
Т. контр.				
Н. контр.		Дерюшева В.Н.		
Утв.				

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Комплект технологической документации

