

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
 Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Юргинский технологический
 Направление подготовки Машиностроение
 Отделение промышленных технологий

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологического процесса изготовления фланца КС-4372.309.60.047

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А61	Давлатзода Насимджони Сайфулло		

УДК: 621.81.002:621.643.4

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ЮТИ	Петрушин Сергей Иванович	д.т.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ЮТИ	Петрушин Сергей Иванович	д.т.н., профессор		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Лизунков Владислав Геннадьевич	К.пед.н доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Солодский Сергей Анатольевич	к.т.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ООП Машиностроение Профиль «Технология, оборудование и автоматизации машиностроительных производств»	Сапрыкина Наталья Анатольевна	к.т.н.,		

Юрга – 2020 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные, математические знания, знания в области экономических и гуманитарных наук, а также понимание научных принципов, лежащих в основе профессиональной деятельности.
P2	Применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире.
P3	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения задач хранения и переработки информации, коммуникативных задач и задач автоматизации инженерной деятельности.
P4	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, знания в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на предприятиях машиностроения и смежных отраслей.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; чётко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на производственных предприятиях и в отраслевых научных организациях.
P7	Использовать законы естественнонаучных дисциплин и математический аппарат в теоретических и экспериментальных исследованиях объектов, процессов и явлений в машиностроении, при производстве иных металлоконструкций и узлов, в том числе с целью их моделирования с использованием математических пакетов прикладных программ и средств автоматизации инженерной деятельности.
P8	Обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения, металлоконструкций и узлов для нефтегазодобывающей отрасли, горного машиностроения и топливно-энергетического комплекса, а также опасных технических объектов и устройств, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов и деталей.
P9	Осваивать внедряемые технологии и оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.
P10	Проводить эксперименты и испытания по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий, в том числе с использованием способов неразрушающего контроля.
P11	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчёты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения, иных металлоконструкций и узлов.
P12	Проектировать изделия машиностроения, опасные технические устройства и объекты и технологические процессы их изготовления, а также средства технологического оснащения, оформлять проектную и технологическую документацию в соответствии с требованиями нормативных документов, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и с учётом требований ресурсоэффективности, производительности и безопасности.
P13	Составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
P14	Непрерывно самостоятельно повышать собственную квалификацию, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.

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

Институт Юргинский технологический
 Направление подготовки Машиностроение
Профиль «Технология, оборудование и автоматизации машиностроительных
 производств»

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Сапрыкина Н.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
10А61	Давлатзода Насимджони Сайфулло

Тема работы:

Разработка технологического процесса изготовления фланца КС-4372.309.60.047	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	ВКР №20/с от 07.04.2020.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	6 июня 2020 г.
--	----------------

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 особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Чертеж детали 2. Годовая программа выпуска детали - 500 шт. 3. Служебное назначение детали
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор по теме ВКР 2. Разработка технологического процесса изготовления фланца 3. Конструкторская часть (проектирование приспособления) 4. Организационная часть 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6. Социальная ответственность
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Фланца (1 листа А1) 2. Карты наладки (1 лист А1) 3. Карта наладки (1 лист А1) 4. Карта наладки (1 листа А1) 5. Приспособление сверлильно-фрезерно-расточное (1 лист А1)

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лизунков В.Г
Социальная ответственность	Солодский С.А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень звание,	Подпись	Дата
Профессор	Петрушин С.И.	д.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Должность	ФИО	Подпись	Дата
10А61	Давлатзода.Н.С.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
10А61	Давлатзода Насимджони Сайфулло

Институт	ЮТИ ТПУ		
Уровень образования	Бакалавр	Направление	15.03.01 «Машиностроение»/ «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p><i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Вредные и опасные производственные факторы на участке. При анализе условий труда на механическом участке выявлены следующие вредные и опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> -запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; -шум, вибрации, воздействие СОТС, отлетающая стружка, опасность поражения электрическим током; движущие механизмы (механизмы станка)
<p><i>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i></p>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><i>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>Выявление и анализ вредных производственных факторов и разработка мероприятий по защите от них</p> <p>Обеспечение требуемого освещения на рабочем месте</p> <p>Обеспечение оптимальных параметров микроклимата</p>
<p><i>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); 	<p>Выявление и анализ опасных производственных факторов и разработка мероприятий по защите от них.</p> <p>Обеспечение заземления</p>

<ul style="list-style-type: none"> – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	
<p>3 Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	В связи с тем, что работа на участке связана с применением СОЖ и смазочных материалов, вредных для окружающей среды, на участке необходимо применить специальные емкости для хранения отработанной жидкости которые идут на отработку
<p>4 Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	Безопасность при возникновении ЧС
<p>5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ЮТИ	Солодский Сергей Анатольевич	К.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А61	Давлатзода Насимджони Сайфулло		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
10А61	Давлатзоду Насимджоний Сайфулло

Институт	ЮТИ ТПУ	Отделение	Промышленных технологий
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

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

1. Стоимость приобретаемого оборудования, фонд оплаты труда, производственных расходов	1)Стоимостьприобретаемого оборудования28500000 руб 2)Фонд оплаты труда годовой 26972,08 руб. 3)Производственные расходы 3390210руб

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

- 1.Произвести расчет объем капитала , вспомогательного оборудование, приспособлений, эксплуатируемый помещений и производственных материалов
2. Произвести расчет оборотных средств на производстве, готовых продукции, дебиторской задолженности, и средства
3. Обоснование расчетов на затрат сметы реализации продукции, заработной платы и социальных нужд работников
- 4.Планировочный расчет амортизационных отчислений зданий, ремонтный фонд, электроэнергию и приспособлений
- 5.Планировочный расчет по труду и заработной плате работников и прочее
6. Расчет прибили технико-экономическое обоснование экономическая технологического проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Затраты на покупные комплектующие, ЗП исполнителей, итоговые затраты

Дата выдачи задания для раздела по линейному

графику Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЦТ	Лизунков В. Г.	К.пед.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А61	Давлатзода Насимджон Сайфулло		

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 120 страниц, 6 рисунков, 25 таблицы, 23 источников, 4 приложение, 6 листов графического материала.

Ключевые слова: технологический процесс, фланца, деталь, заготовка, база, базирование, режущий инструмент, скорость резания, мерительный инструмент, технологическое оборудование, безопасность, себестоимость изготовления.

Тема ВКР: «Разработка технологического процесса изготовления фланца КС-4372.309.60.047».

Раздел «Объект и методы исследования» содержит служебное назначение изделия, расчет годовой производственной программы выпуска изделия и определения типа производства, анализ конструкции изделия на технологичность, а также выбор заготовки и метода её получения.

Раздел «Расчеты и аналитика» содержит выбор баз, разработку маршрута технологического процесса, выбор оборудования и средств технологического оснащения, расчёт припусков на обработку, расчёт режимов резания, нормирование технологического процесса.

В разделе «Результаты проведённого исследования» приведено описание конструкции, расчёт приспособления и расчёт технико-экономических показателей.

Раздел «Социальная ответственность» посвящён вопросам безопасной работы на участке и пожарной безопасности.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» рассчитана себестоимость изготовления детали.

Текстовая часть выпускной квалификационной работы выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 97-2010, графический материал с помощью программы КОМПАС-3D V13. Работа представлена на CD-R диске (в конверте на обороте обложки).

Abstract

The final qualifying work consists of 120 pages, 6 figures, 25 tables, 23 source, 4 appendices, 6 sheets of graphic material.

Key words: TECHNOLOGICAL PROCESS, FLANTS , DETAIL, STORAGE, BASE, BASING, CUTTING TOOL, CUTTING SPEED, MEASURING tools, processing EQUIPMENT, SAFETY, the COST of MANUFACTURING.

The theme of master's dissertation: « Development of the technological process for manufacturing the KS-4372.309.60.047 Flans».

The section «Object and methods of research» contains the service purpose of the product, the calculation of the annual production program of the product and determine the type of production, analysis of the product design for manufacturability, as well as the selection of the workpiece and the method of its production.

The section «Calculations and Analytics» contains the selection of bases, development of the route of the process, selection of equipment and technological equipment, calculation of allowances for processing, calculation of cutting conditions, normalization of the process.

In the Section «Results of the research» contains the description of design, calculation of the adaptation and calculation of technical and economic indicators is given.

The section «Social responsibility» is devoted to the issues of safe work on the site and fire safety.

In the section «Financial management, resource efficiency and resource saving» calculated the cost of manufacturing parts.

The text part of the final qualifying work is done in a text editor Microsoft Word 97-2003, graphic material using the program COMPASS-3D V13. The work is presented on a CD-R disk (in an envelope on the back cover).

Содержание

Введение	13
1 Расчеты и аналитика	15
1.1 Аналитическая часть	16
1.1.1 Служебное назначение изделия	16
1.1.2 Анализ действующего технологического процесса	17
1.1.3 Производственная программа выпуска изделий. Определение типа производства	20
1.2 Формулировка проектной задачи	22
1.2.1 Наименование и область применения разработки	22
1.2.2 Основание для разработки	22
1.2.3 Цель и назначение разработки	23
1.2.4 Источники разработки	23
1.2.5 Технические требования на разработку	24
1.3 Технологическая часть	24
1.3.1. Анализ технологичности корпуса редуктора	24
1.3.2 Выбор заготовки и метода ее получения	26
1.3.3 Выбор баз	35
1.3.4 Составление технологического маршрута обработки	39
1.3.5 Выбор средств технологического оснащения	42
1.3.6 Расчет припусков на механическую обработку	50
1.3.7 Расчет режимов резания	55
1.4 Конструкторская часть	70
1.4.1 Проектирование и вертикально-фрезерного приспособления	74
1.5 Организационная часть	77
1.5.1 Нормирование технологического процесса механической обработки	77
2 Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение	83
2.1 Расчет объема капитальных вложений	83

2.1.1 Стоимость технологического оборудования	83
2.1.2 Стоимость вспомогательного оборудования	84
2.1.3 Стоимость инструментов, приспособлений и инвентаря	84
2.1.4 Стоимость эксплуатируемых помещений	85
2.1.5 Стоимость оборотных средств в производственных запасах, сырье и материалах	85
2.1.6 Оборотные средства в незавершенном производстве	86
2.1.7 Оборотные средства в запасах готовой продукции	86
2.1.8 Оборотные средства в дебиторской задолженности	87
2.1.9 Денежные оборотные средства	87
2.2 Определение сметы затрат на производство и реализацию продукции	88
2.2.1 Основные материалы за вычетом реализуемых отходов	88
2.2.2 Расчет заработной платы производственных работников	88
2.2.3 Отчисления на социальные нужды по заработной плате основных производственных рабочих	89
2.2.4 Расчет амортизации основных фондов	90
2.2.5 Отчисления в ремонтный фонд	91
2.2.6 Затраты на вспомогательные материалы на содержание оборудования	91
2.2.7 Затраты на силовую электроэнергию	92
2.2.8 Затраты на инструменты, приспособления и инвентарь	93
2.2.9 Расчет заработной платы вспомогательных рабочих	93
2.2.10 Заработная плата административно-управленческого персонала	93
2.2.11 Прочие расходы	94
2.3 Экономическое обоснование технологического проекта	95
3 Социальная ответственность	97
3.1 Характеристика объекта исследования	97
3.2 Выявление и анализ вредных производственных факторов	98
3.3 Выявление и анализ опасных производственных факторов	103
3.4 Обеспечение оптимальных параметров микроклимата рабочего места.	107

Вентиляция	
3.5 Охрана окружающей среды	109
3.6 Защита в чрезвычайных ситуациях	110
3.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	112
Заключение	115
Список используемых источников	117
Приложение А Спецификация на вертикально-фрезерно-сверление приспособление	119
Приложение Б Спецификация на горизонтальный-фрезерно приспособление	123
Диск CD-R	В конверте на обороте обложки
ФЮРА 10A61.051.001 Фланца . Файл Деталь.cdw в формате КОМПАС 13	
ФЮРА 10A61.051.002 Карты наладок. Файл Операция 015.cdw в формате КОМПАС 13	
ФЮРА 10A61.051.003 Карта наладки. Файл Операция 020.cdw в формате КОМПАС 13	
ФЮРА 10A61.051.004 Карта наладки. Файл Операция 025.cdw в формате КОМПАС 13	
ФЮРА 10A61.051.005 Приспособление вертикально-фрезерно- сверление. Файл Приспособление.cdw в формате КОМПАС 13	
Графический материал	На отдельных листах
ФЮРА 10A61.051.001 Корпус	
ФЮРА 10A61.051.002 Карты наладок	
ФЮРА 10A61.051.003 Карта наладки ФЮРА 10A61.051.004 Карта наладки	
ФЮРА 10A61.051.005.000 СБ Приспособление вертикально-фрезерно- сверление	

Введение

Машиностроение – одна из ведущих отраслей народного хозяйства и определяет технологический процесс. Задачей машиностроения является создание совершенных конструкций машин и передовой технологии ее изготовления. Объем продукции должен увеличиваться за счет автоматизации и механизации производства. Основное направление в развитии технического процесса - это создание принципиально новых технологических процессов производства и замена существующих процессов более точными и экономичными. Главное внимание уделяется вопросам сокращения сроков подготовки производства и повышению качества продукции машиностроения, в значительной степени качество и технико-экономические показатели выпускаемой продукции зависят от подготовки производства, важной составной частью которой является проектирование технологических процессов.

Внедряемые технологические процессы должны обеспечивать высокое качество, точность и низкую себестоимость выпускаемой продукции. Эти показатели обеспечиваются обоснованным применением высокопроизводительного оборудования и технологической оснастки, а также средствами механизации и автоматизации.

В разрабатываемом проекте решается задача получения детали минимальными затратами при использовании высокопроизводительной технологической оснастки, а также рационального метода получения заготовки.

Целью данного дипломного проекта является разработка технологического процесса изготовления фланца КС-4372.309.60.047, систематизация, расширение и закрепление теоретических знаний студентов, обучение правильно и самостоятельно решать инженерные и исследовательские задачи, возникающие при проектировании технологических процессов изготовления изделий машиностроения и средств технологического оснащения.

В соответствии с поставленной целью в процессе курсового проектирования решаются следующие задачи:

- развитие и закрепление навыков ведения самостоятельной творческой инженерной работы;
- овладение методикой проектирования технологических процессов механосборочных работ;
- приобретения опыта анализа существующих и конструирования современных видов технологической оснастки;
- овладение технико-экономическим анализом принимаемых решений.

1 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

Студент гр. 10А61

(Подпись)

(Дата)

Давлатзода.Н.С

Руководитель
д.т.н., професор

(Подпись)

(Дата)

Петрушин.С.И

Нормоконтроль
д.т.н., професор

(Подпись)

(Дата)

Петрушин.С.И

1.1 Аналитическая часть

1.1.1 Служебное назначение изделия

Деталь Фланец КС-4372.309.60.047 изготавливается на ООО «Юргинском машзаводе». Данная деталь входит в состав сборки лебедки КС4372.60.000 СБ. Фланец устанавливается на подшипниках и крепится болтами к барабану.

Фланец изготавливается из марки стали 35ГЛ ГОСТ 977-88.

Класс: Сталь для отливок легированная.

Вид поставки: отливки ГОСТ 977-88.

Использование в промышленности: диски, звездочки, зубчатые венцы, барабаны, шкивы, крестовины, траверсы, ступицы, вилки, решетчатые стрелы и другие тяжело нагруженные детали экскаватора, крышки подшипников, цапфы.

Химический состав:

1. Углерод (C) – $0,30 \div 0,40$ %;
2. Кремний (Si) – $0,20 \div 0,40$ %;
3. Марганец (Mn) – $1,20 \div 1,60$ %;
4. Сера (S) не более – $0,040$ %;
5. Фосфор (P) не более – $0,040$ %;

Температура критических точек: $A_{c1} = 730$ °C , $A_{c3}(A_{cm}) = 800$ °C.

Свариваемость – ограниченно свариваемая.

Флокеночувствительность – не чувствительная.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

Литейная усадка – $2,2-2,4$ %.

Термообработка: Нормализация $880-900$ °C, Отпуск $600-650$ °C.

Закалка $850-860$ °C, Отпуск $600-650$ °C.

Таблица 1 – Механические свойства стали 35ГЛ

Состояние поставки, режим термообработки	Сечение, мм	σ_B (МПа)	σ_T (МПа)	δ_5 (%)	Ψ %	KCU (кДж / м ²)
Нормализация 880–900 °С. Отпуск 600–650 °С	До 100	540	294	12	20	294
Закалка 850–860 °С, Отпуск 600–650 °С.	свыше 100	589	343	14	30	491

1.1.2 Анализ действующего технологического процесса

Базовый технологический процесс изготовления фланец разработан для мелкосерийного производства и имеет структуру, представленную в таблице 2.

Таблица 2 – Базовый технологический процесс

Операция	Наименование операции	Оборудование, приспособления, режущий и измерительный инструмент	T _{шт} , мин
005	Вертикально-фрезерная	65А60Ф1 Фреза Т5К10 ст1451 Планки прижимные ШГ-160 ГОСТ 162	10,7
010	Вертикально-фрезерная	65А60Ф1 Фреза Т5К10 ст1451 Планки прижимные ШГ-125-0,1 ГОСТ 166	8
015	Слесарная	Верстак	7
018	Токарная	1М63МФ101 Патрон при станке Кулачки СТП2113 Блок 200-215 Резец 75° 32×25 лев СТП1181 Резец 32×25 лев СТП1182 Резец 32×25 лев СТП1180 Резец 003-1756 Пластина 4001 СТП1178 Пластина 4012 СТП1178 Шаблон 5 СТП 4340 Скоба 376f7 СТП4317	7,2

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
		ШГ-160 ГОСТ 162 ШЦ-Ш-250-630 ГОСТ 166-80 ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-80	
020	Токарная	1740РФ3 Патрон при станке Кулачки СТП2113 Блок 200-215 Оправка 201-953 Резец 32×25 лев СТП1182 Резец 32×25 лев СТП1180 Резец 002-3862 Резец 003-1756 Пластина 4001 СТП1178 Пластина 4012 СТП1178 Шаблон 5 СТП 4340 Скоба 120h6 СТП4316 Скоба 130h11СТП4316 Скоба М110×1,5-8g ШГ-160 ГОСТ 162	75
025	Токарная	1740РФ3 Патрон при станке Кулачки СТП2113 Блок 200-215 Оправка 201-953 Резец 32×25 лев СТП1182 Резец 32×25 лев СТП1180 Резец 25×16 лев СТП1131 Резец 002-3862 Резец 002-2187 Резец 003-1756 Пластина 4001 СТП1178 Пластина 4012 СТП1178 Скоба 120h6 СТП4316 Скоба 130h11СТП4316 Скоба М110×1,5-8g Кольцо 8212-0265 6g ГОСТ 17765 Кольцо 8212-0263 6g ГОСТ 17765 Пластина 2,25 ^{+0,25} 102-2712 Пробка 94,4Н11 СТП4308 Шаблон 5 СТП 4340 Шаблон 20Н11 СТП 4332 Шаблон 60Н11 СТП 4339	78

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
		Шаблон 88Н11 СТП 4339 ШЦ 20-150 СТП4346 ШЦ 13 СТП4347 ШГ-160 ГСТ 162	
030	Фрезерная	6Т82-1 Планки прижимные Оправка 27×400 СТП 2314 Комплект колец 27 СТП 2310 Фреза 2240-0158Н9 ГОСТ 9474-73 Скоба 106h12 СТП4319 Пластина 14 ^{Н14} 102-2712 ШГ-160 ГОСТ 162	4,5
032	Сверлильная	2А554 Планки прижимные Кондуктор 320-8415 Пневмоцилиндр 318-27 Патрон 6251-0182 ГОСТ 14077 Сверло 10,2 2301-0030 ГОСТ 10903 Сверло 13 2301-0042 ГОСТ 10903 Втулка 6120-0353 ГОСТ 13409 Втулка 5/3 6100-0234 ГОСТ 13599 Пробка М12-7Н СТП 4307 Пробка 13Н14 СТП 4307	12,6
035	Сверлильная	2А554 Планки прижимные Зенковка 20 2353-0134 ГОСТ 14953 Втулка 5/3 6100-0234 ГОСТ 13599 Втулка 3/2 6100-0203 ГОСТ 13598 Шаблон 5 СТП 4340	9,8
040	Шлифовальная	Votan Приспособление 303-3325 Планшайба 303-3032 Оправка 280-50 Круг ЧЦ50×32×13 24А 40 СТ2 ЗК Алмазная игла 0,28 кр 3908-0036ГОСТ 17564 Пробка ПР 95Н7 СТП 4308 Пробка НЕ 95Н7 СТП 4308 Индикатор 2МИГ ГОСТ 9696 Штатив Ш-I-8 ГОСТ 10917 Нутромер 50-100 ГОСТ 9244 Микрометр МР-100 ГОСТ 4381	48,6

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
045	Резьбонарезная	2А554 Планки прижимные Патрон 25 СТП 2014 Вставка 25×9 СТП 2012 Втулка 5/3 6100-0206 ГОСТ 13598 Метчик 12-7Н 2620-1513 ГОСТ 3266 Пробка ПР М12-7Н 8221-0053 ГОСТ 17756 Пробка НЕ М12-7Н8221-1053 ГОСТ 17757	3,9
050	Слесарная	Верстак	3
055	Контрольная		3,5

1.1.3 Производственная программа выпуска изделий. Определение типа производства

Исходя из массы детали и годовой программы выпуска, находим тип производства.

Масса детали: $m = 19,2$ кг.

Таблица 3 – Годовая программа выпуска изделий

Наименование изделия	Характеристика, модель	Число изделий на программу	Масса, т	
			изделия	на годовую программу
Фланец	КС-4372.309.60.047	500	0,0192	9,6

Тип производства при изготовлении деталей – мелкосерийное.

Тип производства определён приближённо. В дальнейшем после разработки технологических процессов сборки и изготовления детали серийность производства будет уточняться. Уточнение производится по коэффициенту закрепления операций в соответствии с ГОСТ 14.004-83.

Тип производства зависит от двух факторов, а именно: заданной программы и трудоемкости изготовления изделия. На основании заданной программы

рассчитывается такт выпуска изделия t_b , а трудоемкость определяется средним штучным временем T_{um} по операциям действующего на производстве или аналогичного технологического процесса. Отношение этих величин принято называть коэффициентом серийности:

$$k_c = \frac{t_b}{T_{um}}, \quad (1.1)$$

Обычно считают, что коэффициент серийности определяет количество различных операций по обработке одной или нескольких деталей, закрепленных за одним станком в течение года. Приняты следующие значения коэффициента серийности:

- для массового производства $k_c = 1$;
- для крупносерийного $k_c = 2 - 10$;
- для среднесерийного $k_c = 10 - 20$;
- для мелкосерийного $k_c > 20$.

По заводской технологии $T_{um}=1,77$ ч/см.

Величина такта выпуска рассчитывается по формуле:

$$t_b = \frac{60 \cdot F_d}{N}, \text{ мин/шт}, \quad (1.2)$$

где $F_d = 2000$ ч/см – действительный годовой фонд времени и работы оборудования;

N – годовая программа выпуска деталей, шт.

Программа в штуках вычисляется по формуле:

$$N = N_1 \cdot m \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100}\right), \text{ шт}, \quad (1.3)$$

где $N_1 = 476$ шт. – годовая программа выпуска изделий;

$m = 1$ – количество деталей данного наименования на изделие;

$\beta = 5\%$ – количество деталей, которое необходимо изготовить дополнительно в качестве запасных частей, заданное в процентах от годовой программы.

$$N = 476 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{5}{100}\right) = 500 \text{ шт},$$

$$t_e = \frac{60 \cdot 2000}{500} = 240 \text{ мин/шт},$$

$$k_c = \frac{240}{1,77} = 135,6.$$

Тип производства мелкосерийное.

В производстве количество деталей в партии для одновременного запуска, согласно рекомендациям, допускается определять упрощенным способом:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \text{ шт}, \quad (1.4)$$

где $F=247$ – число рабочих дней в году;

$a = 3, 6, 12, 24$ - периодичность запуска в днях.

$$n = \frac{500 \cdot 6}{247} = 12,2 \text{ шт.}$$

Принимаем $n=12$ шт.

1.2 Формулировка проектной задачи

1.2.1 Наименование и область применения разработки

Тема представленного курсового проекта «Разработка технологического процесса изготовления фланца КС-4372.309.60.047». Областью применения данной разработки может быть участок цеха завода грузоподъемных машин, а также любое машиностроительное предприятие, обладающее необходимым оборудованием.

1.2.2 Основание для разработки

Основанием для разработки квалификационной работы является задание на проектирование технологического процесса механической обработки с целью улучшения базового технологического процесса. Также необходимо учесть стоимость получаемого изделия, правильно подобрав оборудование, технологическую оснастку, средства механизации и автоматизации оборудования.

В условиях рыночной экономики от внедрения технологических процессов требуется прогрессивность, повышенная производительность работы выпускаемого изделия, повышение качества выпускаемого изделия. Кроме того, требуется разработка технологических процессов в кратчайшие сроки, что не может быть достигнуто без применения автоматизированных средств проектирования и подготовки производства.

1.2.3 Цель и назначение разработки

Целью проектирования является разработка технологического процесса механической обработки корпуса, в котором должны быть устранены все недостатки, выявленные в процессе анализа базового технологического процесса, с применением оборудования, соответствующего типу производства. Разрабатываемый технологический процесс должен обеспечить требуемую по чертежу точность изготовления при минимальной себестоимости изготовления изделия. Одной из главных задач при проектировании нового технологического процесса является оптимальный выбор в соответствии с годовой программой выпуска заготовки, обеспечивающей при минимальных затратах на ее изготовление минимальный объем механической обработки.

1.2.4 Источники разработки

Источниками для разработки являются: рабочие чертежи заготовки, детали и сборочной единицы; технические требования, регламентирующие точность, параметры шероховатости и другие требования качества; объем годового выпуска детали; технические паспорта используемого оборудования; методические указания по выполнению выпускной квалификационной работы; справочная литература и ГОСТы.

1.2.5 Технические требования на разработку

На каждое разработанное изделие составляют технические условия – документ, входящий в комплект технической документации на промышленную продукцию, в котором указываются комплекс технических требований к продукции, правила ее приемки и поставки, методы контроля, условия эксплуатации, транспортирования и хранения. Технические требования определяют основные параметры и размеры, свойства или эксплуатационные характеристики изделия, показатели качества и комплектности. Технические требования должны содержать: состав разработки и требования к содержанию; показатели надежности; требования к технологичности; требования по охране труда; эксплуатационные требования; требования к патентной чистоте; условия использования, технического обслуживания и ремонта; требования к маркировке, транспортированию, хранению и установке; дополнительные требования.

1.3 Технологическая часть

1.3.1. Анализ технологичности корпуса редуктора

Технологичность конструкции изделия определена ГОСТ 14.205-83 как совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

Технологичность конструкции обуславливается рациональным выбором исходных заготовок, технологичностью формы детали, рациональной постановкой размеров, назначением оптимальной точности размеров, форм и взаимного расположения поверхностей, параметров шероховатости и технических требований.

Технологичность конструкции оценивается качественно и количественно.

В качестве заготовки принято литье в песчано – глинистые формы. Этот вид заготовки является оптимальным для данной конструкции деталей и серийности производства – мелкосерийного.

Главная ось параллельна основной надписи. В основной надписи указаны все необходимые сведения (название детали, масса детали, масштаб, марка материала). На чертеже количество видов, сечений и разрезов достаточно для чтения чертежа и понимания конструкции детали

Из чертежа имеются точные поверхности:

- наружный диаметр 120_{-0,022} и внутренний диаметр 95H7, шероховатость Ra2,5;
- наружный диаметр 37f9, шероховатость Ra6,3;
- наружный диаметр 130h11, шероховатость Ra12,5;
- наружная метрическая резьба M110×1,5-8g;
- наружный диаметр 465h14, шероховатость Ra12,5.

Обрабатываемые поверхности детали являются достаточно открытыми для свободного доступа инструмента для обработки поверхностей.

Имеются 8 сквозных отверстий диаметром 12H8, шероховатостью Ra3,2 и 8 сквозных отверстий диаметром 13H14, шероховатостью Ra12,5. Имеются 2 сквозных отверстия с резьбой M12-7H и шероховатостью Ra6,3. Оси отверстий перпендикулярны поверхности обработки.

Имеется внутренняя канавка шириной 2,2 мм и глубиной 1,75 мм.

Имеется наружная канавка шириной 4 мм для нарезания резьбы M110×1,5-8g.

Остальные поверхности не обрабатываются.

Все обрабатываемые поверхности являются технологичными.

Проведя анализ технологичности конструкции детали можно сделать вывод, что деталь является технологичной, так как имеет небольшое количество поверхностей с высокой точностью и шероховатостью. Имеет развитые поверхности для базирования и закрепления при обработке. Конструкция детали позволяет применять для механической обработки на станках с ЧПУ.

Количественную оценку технологичности изделия производим по следующим показателям:

По коэффициенту унификации конструктивных элементов детали:

$$K_{yэ} = \frac{Q_{yэ}}{Q_э}, \quad (1.5)$$

где $Q_э$ – количество элементов детали, $Q_э = 33$;

$Q_{yэ}$ – количество унифицированных элементов детали, $Q_{yэ} = 22$.

$$K_{yэ} = \frac{22}{33} = 0,67.$$

По этому показателю деталь технологична, так как $K_{yэ} > 0,6$.

По коэффициенту использования материала:

$$K_{им} = \frac{m_{дет}}{m_{заг}}, \quad (1.6)$$

где $m_{дет}$ – масса готовой детали;

$m_{заг}$ – масса заготовки;

$$K_{им} = 19,2/30,5 = 0,63.$$

$K_{им} < 0,7$, что свидетельствует об не удовлетворительном использовании материала. По этому показателю деталь не технологична.

Таким образом, делаем вывод что, деталь является технологичной.

Для улучшения технологичности необходимо провести следующие мероприятия:

1. Изменить способ получения заготовки с целью уменьшения припусков на механическую обработку;
2. Применение специализированных инструментов и приспособлений;
3. Рассмотреть возможность снижение точности поверхности и шероховатости.

1.3.2 Выбор заготовки и метода ее получения

Метод выполнения заготовок для деталей машин определяется

назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями, масштабом и серийностью выпуска, а также экономичностью изготовления. Выбрать заготовку – значит установить способ ее получения, наметить припуски на обработку каждой поверхности, рассчитать размеры и указать допуски на неточность изготовления.

Для рационального выбора заготовки необходимо одновременно учитывать все вышеперечисленные исходные данные, так как между ними существует тесная взаимосвязь. Окончательное решение можно принять только после экономического комплексного расчета себестоимости заготовки и механической обработки в целом.

Различают три основных способа получения заготовки: прокат, штамповка, отливка.

По своей конфигурации фланец, является деталью сложной, а материал Сталь 35ГЛ обладает хорошими литейными свойствами. В связи с этими рассмотрим следующие варианты получения заготовки для фланца.

1 Литье в песчано-глинистые формы.

2 Литье в кокиль (металлические формы).

Преимущества и недостатки кокильного способа определяют в итоге рациональную область его использования. Вследствие высокой стоимости кокилей экономически целесообразно применять этот способ литья только в серийном или массовом производстве. Серийность при литье из стали должна составлять более 20 крупных или более 400 мелких отливок в год.

Сравниваем их преимущества и недостатки. По ГОСТ Р 53464-2009 «Отливки из металлов и сплавов» определяем параметры заготовок.

Литье в песчано – глинистые формы при наибольшем габаритном размере отливки 465 мм принимаем класс размерной точности по приложению Д.1 – 11т.

Ряд припусков принимаем по приложению Е – 6.

Минимальный литейный припуск по таблице 5 принимаем – 2 мм.

Степень коробления отливок по таблице Б.1 принимаем – 4.

Степень шероховатости по таблице Г.1 принимаем – Ra 16.

Таблица 4 – Допуск линейных размеров отливок

Диапазон размеров, мм	Допуск размеров, мм
Св. 6 до 10	2,0
Св. 10 до 16	2,2
Св. 16 до 25	2,4
Св. 40 до 63	3,2
Св. 63 до 100	3,6
Св. 100 до 160	4,0
Св. 250 до 400	4,4
Св. 400 до 630	5,6

Степень коробления элементов отливки с учетом разовых форм и нетеплообрабатываемых отливок, степень коробления принимаем равной 7.

Определяем допуск формы и расположения элементов отливки.

Таблица 5 – Допуск формы поверхностей отливок

Номинальный размер нормируемого участка, мм	Допуск формы и расположения элементов, мм
До 125	1,2
Св. 125 до 160	1,6
Св. 315 до 400	3,2
Св. 400 до 500	4

Допуск неровностей поверхности отливок – 0,5 мм.

При номинальной массе заготовки св.10 до 40 кг. и 11т классе точности, допуск массы отливки равен 12 %. Общий припуск назначаем для устранения погрешностей размеров, формы и расположения неровностей обрабатываемой поверхности, в целях повышения точности обрабатываемого элемента отливки. Общие припуски назначают по полным значениям общих допусков.

Таблица 6 – Общий допуск элемента отливки

Размер детали, мм	Вид окончательной обработки	Общий допуск элемента отливки, мм
10±0,5	черновая	3,2
16h14	черновая	3,4
22±0,28	черновая	3,6
60 ^{+0,4}	черновая	4,4
88 ^{+0,46}	черновая	4,8
Ø95H7	чистовая	4,8
M110×1,5	получистовая	5,2
Ø120 _{-0,022}	тонкая	5,2
120 _{-0,46}	черновая	5,2
130h11	получистовая	5,2
376f9	чистовая	7,6
465h14	черновая	9,6

Таблица 7 – Общий припуск поверхности отливки

Размер детали, мм	Вид окончательной обработки	Общий припуск на сторону, мм
10±0,5	черновая	3,9
16h14	черновая	4,1
22±0,28	черновая	4,1
60 ^{+0,4}	черновая	4,4
88 ^{+0,46}	черновая	4,8
Ø95H7	чистовая	7,1
M110×1,5	получистовая	6,7
Ø120 _{-0,022}	тонкая	8,3
120 _{-0,46}	черновая	5,2
130h11	получистовая	6,7
376f9	чистовая	9,8
465h14	черновая	7,5

С учетом допуска размеров и допуска формы и расположения элементов отливки получаем итоговые размеры заготовки, изготавливаемой литьем в землю.

Таблица 8 – Размеры заготовки, изготавливаемой литьем в землю

Размер детали, мм	Припуск, мм	Размер заготовки, мм
10±0,5	3,9	14±1,6
16h14	4,1·2	24±1,7
22±0,28	4,1	26±1,8
60 ^{+0,4}	4,4	64,5±2,2
88 ^{+0,46}	4,8	93±2,4
Ø95H7	7,1·2	Ø81±2,4
M110×1,5	6,7·2	123,5±2,6
Ø120 _{-0,022}	8,3·2	136,5±2,6
120 _{-0,46}	5,2·2	130,5±2,6
130h11	6,7·2	143,5±2,6
376f9	9,8·2	396±3,9
465h14	7,5·2	480±4,8

Примечание: Размеры округлены в большую сторону.

Литье в кокиль при наибольшем габаритном размере отливки 465 мм принимаем класс размерной точности по приложению Д.1 – 8.

Ряд припусков принимаем по приложению Е.1 – 5.

Минимальный литейный припуск по таблице 5 принимаем – 1,0 мм.

Степень коробления отливок по таблице Б.1 принимаем – 4.

Степень шероховатости по таблице Г.1 принимаем – Ra 10.

Таблица 9 – Допуск линейных размеров отливок

Диапазон размеров, мм	Допуск размеров, мм
Св. 6 до 10	0,8
Св. 10 до 16	0,9
Св. 16 до 25	1,0
Св. 40 до 63	1,2
Св. 63 до 100	1,4
Св. 100 до 160	1,6
Св. 250 до 400	2,0
Св. 400 до 630	2,2

Степень коробления элементов отливки с учетом разовых форм и нетеплообрабатываемых отливок, степень коробления принимаем равной 7.

Определяем допуск формы и расположения элементов отливки.

Таблица 10 – Допуск формы поверхностей отливок

Номинальный размер нормируемого участка, мм	Допуск формы и расположения элементов, мм
До 125	0,64
Св. 125 до 160	0,8
Св. 315 до 400	2,0
Св. 400 до 500	2,4

Допуск неровностей поверхности отливок – 0,24 мм.

При номинальной массе заготовки св.10 до 40 кг и 10 классе точности, допуск массы отливки равен 5%.

Общий припуск назначаем для устранения погрешностей размеров, формы и расположения неровностей обрабатываемой поверхности, в целях повышения точности обрабатываемого элемента отливки. Общие припуски назначают по полным значениям общих допусков.

Таблица 11– Общий допуск элемента отливки

Размер детали, мм	Вид окончательной обработки	Общий допуск элемента отливки, мм
10±0,5	черновая	1,44
16h14	черновая	1,54
22±0,28	черновая	1,64
60 ^{+0,4}	черновая	1,84
88 ^{+0,46}	черновая	2,04
Ø95H7	чистовая	2,04
M110×1,5	получистовая	2,24

Продолжение таблицы 11

Размер детали, мм	Вид окончательной обработки	Общий допуск элемента отливки, мм
$\varnothing 120_{-0,022}$	тонкая	2,24
$120_{-0,46}$	черновая	2,24
130h11	получистовая	2,4
376f9	чистовая	4,0
465h14	черновая	4,6

Таблица 12 – Общий припуск поверхности отливки

Размер детали, мм	Вид окончательной обработки	Общий припуск на сторону, мм
$10 \pm 0,5$	черновая	2,1
16h14	черновая	2,1
$22 \pm 0,28$	черновая	2,1
$60^{+0,4}$	черновая	2,2
$88^{+0,46}$	черновая	2,4
$\varnothing 95H7$	чистовая	3,6
M110×1,5	получистовая	3,4
$\varnothing 120_{-0,022}$	тонкая	4,1
$120_{-0,46}$	черновая	2,5
130h11	получистовая	3,4
376f9	чистовая	5,3
465h14	черновая	3,8

С учетом допуска размеров и допуска формы и расположения элементов отливки получаем итоговые размеры заготовки, изготавливаемой литьем в землю.

Таблица 13 – Размеры и допуски элементов

Размер детали, мм	Припуск, мм	Размер заготовки, мм
10±0,5	2,1	12±0,7
16h14	2,1·2	20±0,75
22±0,28	2,1	24,5±0,8
60 ^{+0,4}	2,2	62,5±0,9
88 ^{+0,46}	2,4	90,5±1
Ø95H7	3,6·2	Ø88±1
M110×1,5	3,4·2	117±1,1
Ø120 _{-0,022}	4,1·2	128±1,1
120 _{-0,46}	2,5·2	125±1,1
130h11	3,4·2	137±1,2
376/9	5,3·2	386,5±2
465h14	3,8·2	473±2,3

Проведем сравнительный анализ приведенных методов получения заготовки для проектируемой детали по экономическому эффекту и затратам на изготовление заготовок.

Рассчитаем массу заготовки, получаемой – Литье в песчано – глинистые формы.

Определяем массу заготовки

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{д}} + m_{\text{с}}, \quad (1.7)$$

где $m_{\text{д}}$, $m_{\text{с}}$ – масса детали и стружки.

$$m_{\text{заг}} = V \cdot \rho, \quad (1.8)$$

где V – объем заготовки;

$\rho = 7,84 \text{ г/см}^3$ – плотность материала.

$$V = 3,14 \cdot (48^2 \cdot 2,4 + 39,6^2 \cdot 1,1 + 35,4^2 \cdot 0,8 + 14,35^2 \cdot 3,3 + 13,65^2 \cdot 3,8 + 12,35^2 \cdot 2,2 - (35,4^2 \cdot 3,5 + 8,1^2 \cdot 9,3)) / 4 = 3897 \text{ см}^3.$$

$$m_{\text{заг}} = 3897 \cdot 7,85 / 1000 = 30,5 \text{ кг}.$$

Рассчитаем массу заготовки получаемой – Литье в кокиль (металлические формы).

Определяем массу заготовки

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{д}} + m_{\text{с}},$$

$$m_{\text{заг}} = V \cdot \rho,$$

$$V = 3,14 \cdot (47,3^2 \cdot 2 + 38,65^2 \cdot 1 + 35,4^2 \cdot 0,8 + 13,7^2 \cdot 3,05 + 12,8^2 \cdot 3,8 + 11,7^2 \cdot 2,2 - (35,4^2 \cdot 3,05 + 8,8^2 \cdot 9,3)) / 4 = 7834,5 \text{ см}^3.$$

$$m_{\text{заг}} = 7834,5 \cdot 7,85 / 1000 = 30,6 \text{ кг}.$$

$$m_{\text{с}} = 30,6 - 19,2 = 11,4 \text{ кг}.$$

Себестоимость изготовления детали определяется суммой затрат на исходную заготовку и её механическую обработку, поэтому в конечном счёте важно обеспечить снижение всей суммы, а не одной её составляющих. Метод получения заготовок для деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, материалом, серийностью производства, а также экономичностью изготовления.

Произведём сравнение вариантов выбора заготовки на основе экономического расчёта по формуле технологической себестоимости детали.

$$S_{\text{заг}} = \frac{Q}{K_{\text{ИМ}}} \cdot [C_i + C_c(1 - K_{\text{ИМ}})], \quad (1.9)$$

где C_i – стоимость 1 кг материала заготовки, руб;

$C_c = 99$ руб/кг – стоимость срезания 1 кг стружки при механической обработке в среднем по машиностроению;

Q – масса заготовки;

Рассчитываем отливку, получаемую литьем в песчано – глинистые формы.

Для данной отливки принимаем $C_{\text{заг}} = 290$ руб.

$$K_{\text{И.М}} = 19,2 / 30,5 = 0,63.$$

$$S_{\text{заг}}^I = \frac{19,2}{0,63} \cdot [290 + 99 \cdot (1 - 0,63)] = 9954,4 \text{ руб}.$$

Рассчитываем отливку, получаемую литьем в кокиль (металлические формы).

Для данной отливки принимаем $C_{\text{заг}} = 340$ руб.

$$K_{\text{И.М}} = 19,2 / 25 = 0,77.$$

$$S_{\text{заг}}^{II} = \frac{19,2}{0,77} \cdot [340 + 99 \cdot (1 - 0,77)] = 9045,7 \text{ руб}.$$

Примерную экономическую прибыль определяем по формуле:

$$S = (S_T^I - S_T^{II}) \cdot N, \quad (1.10)$$

где $N = 500$ – годовая программа выпуска, шт.

$$S = (9954,4 - 9045,7) \cdot 500 = 454353,25 \text{ руб.}$$

Сравнивая два метода получения заготовок делаем вывод. Литье в песчано-глинистые формы более прост в изготовлении по сравнению с литьем в кокиль (металлические формы), но конфигурация заготовки, получаемая вторым способом, позволяет уменьшить затраты на механическую обработку.

Окончательно принимаем метод получения заготовки как литье в кокиль (металлические формы).

1.3.3 Выбор баз

005 Токарная с ЧПУ:

Базирование осуществляется по необработанному торцу в трех кулачковом патроне.

Погрешность базирования $\varepsilon_b = 0$ для размера $124 \pm 0,5$ и диаметра $115 \pm 0,175$.

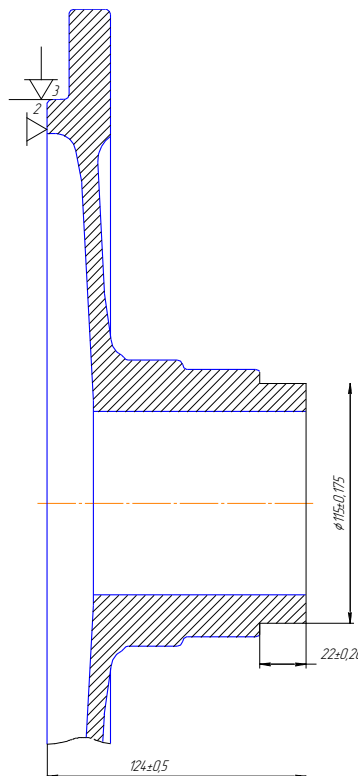


Рисунок 1 – Операция токарная 005

010 Токарная с ЧПУ:

Базирование осуществляется по обработанному торцу в трех кулачковом патроне.

Погрешность базирования $\varepsilon_6=0$ для размера $121,5\pm0,315$ и диаметра $376f9$, для размера $10\pm0,5$ $\varepsilon_6=0,63$ мм.

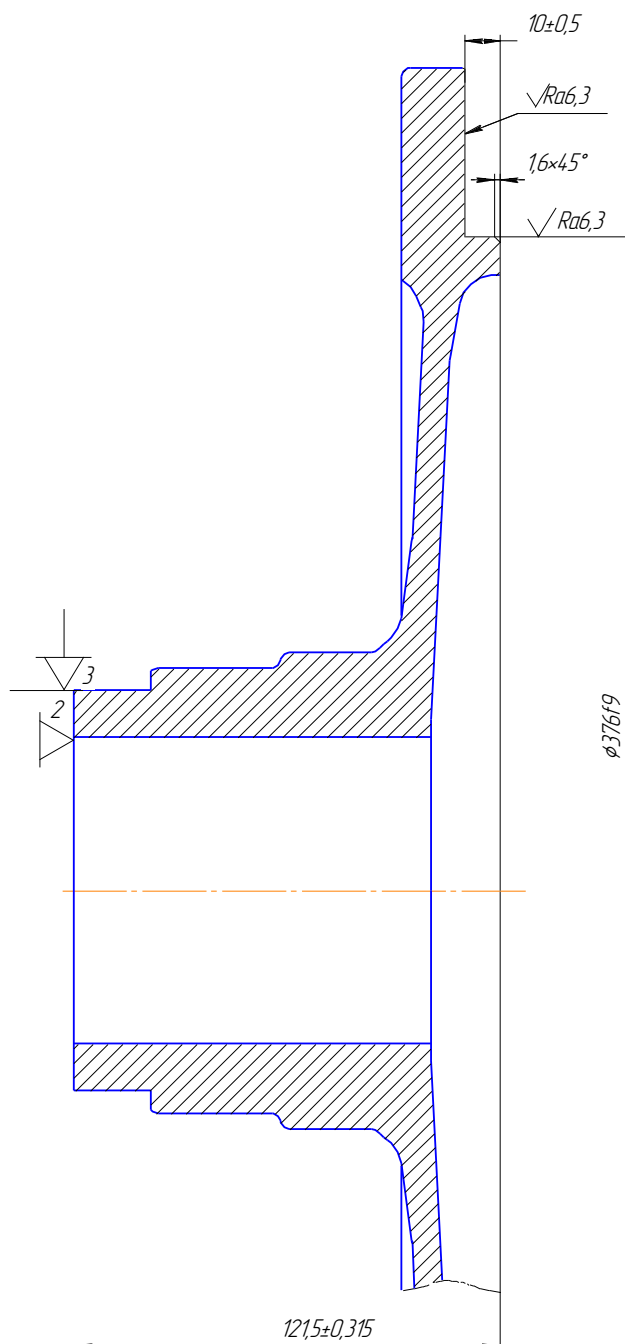


Рисунок 2 – Операция токарная 010

015 Токарная с ЧПУ:

Базирование осуществляется по обработанному торцу в трех кулачковом патроне.

Погрешность базирования $\varepsilon_6=0$ для размера $120_{-0,35}$ и диаметров, для остальных линейных размеров $\varepsilon_6=0,35$ мм.

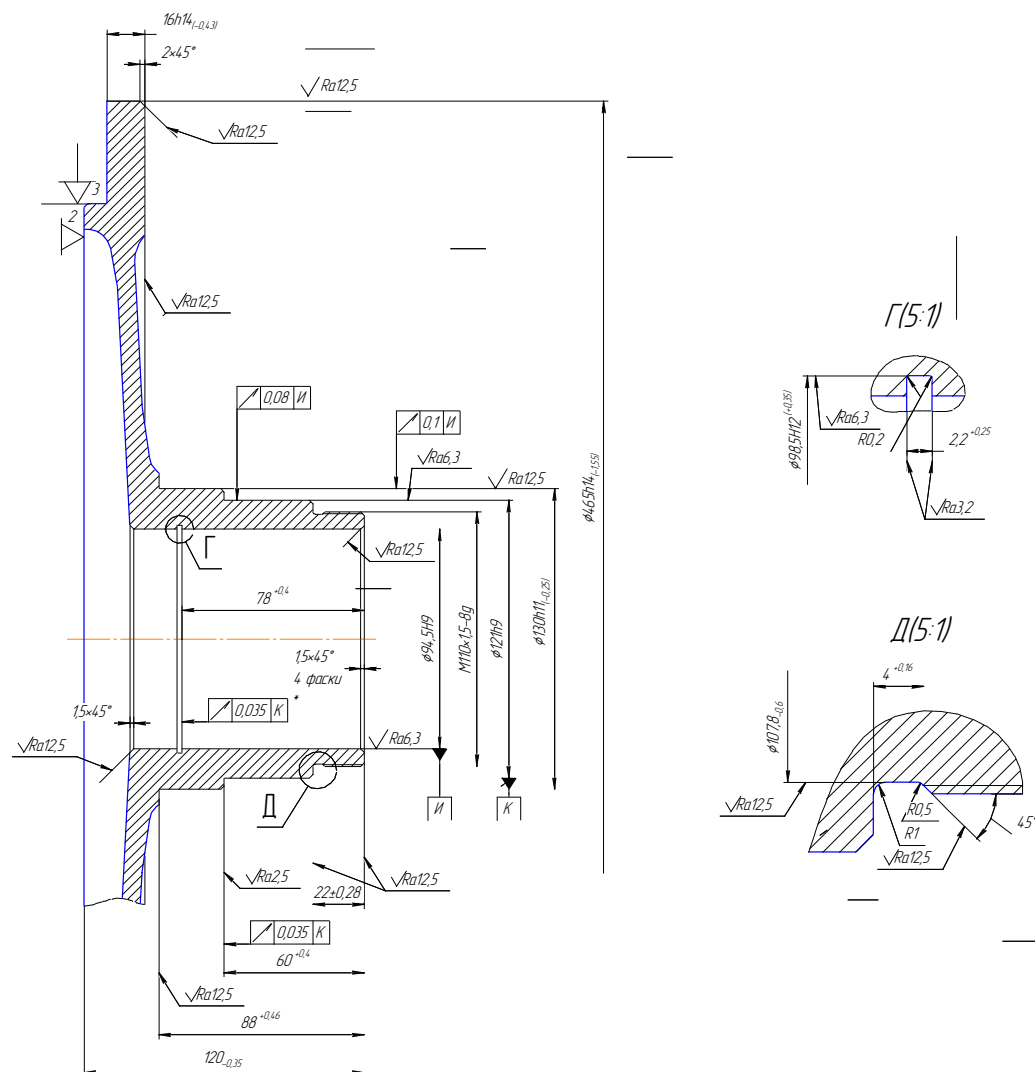


Рисунок 3 – Операция токарная 015

020 Фрезерная с ЧПУ:

Базирование осуществляется по обработанному торцу и пальцу в специальном приспособлении.

Погрешность базирования $\varepsilon_6=S_{\max} + \delta/2 = (0,035 + 0,022) + 0,35/2 = 0,232$ мм для размера $106h12_{(-0,35)}$.

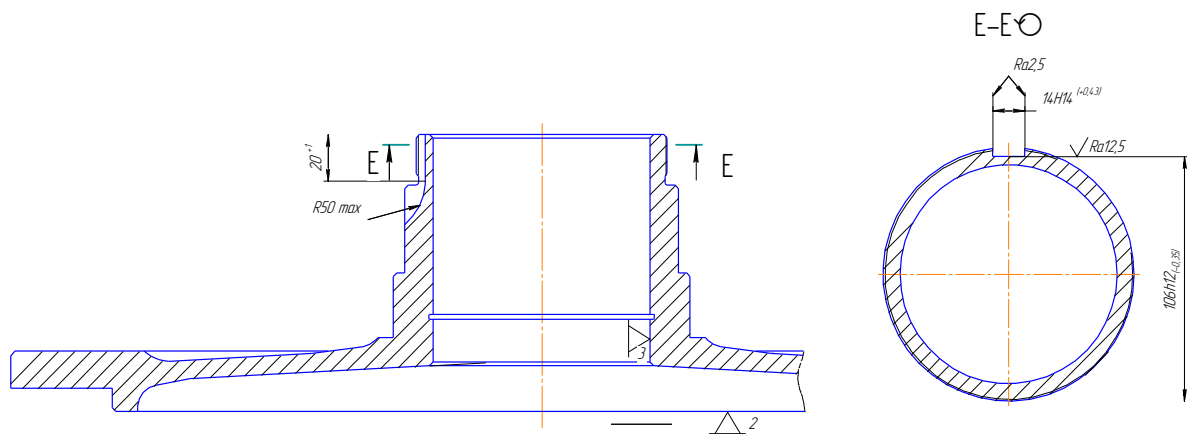


Рисунок 4 – Операция фрезерная 020

025 Фрезерная с ЧПУ:

Базирование осуществляется по обработанному торцу и пальцу в специальном приспособлении.

Погрешность базирования $\varepsilon_6 = S_{\max} = 0,057$ мм для диаметров.

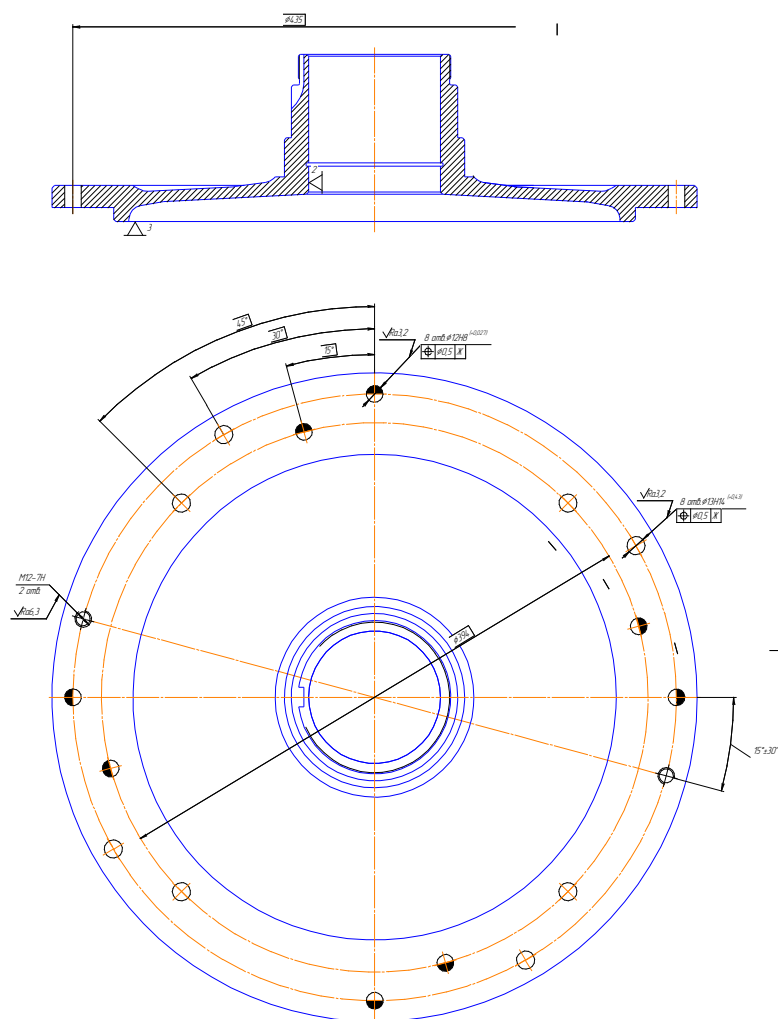


Рисунок 5– Операция фрезерная 025

035 Внутришлифовальная:

Базирование осуществляется по обработанному торцу и в трех кулачковом патроне предварительно расточенном.

Погрешность базирования $\varepsilon_6=0$ мм для диаметра 95H7.

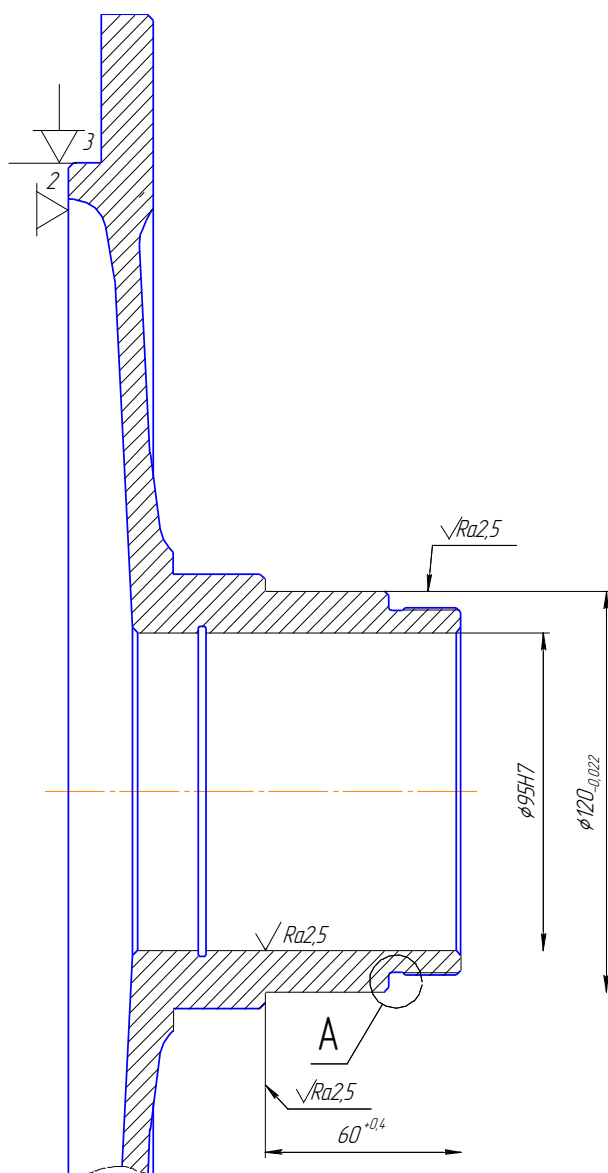


Рисунок 6 – Внутришлифовальная операция 035

1.3.4 Составление технологического маршрута обработки

Выбор технологических баз в значительной степени определяет точность линейных размеров относительного положения поверхностей, получаемых в

процессе обработки.

В основе выбора технологических баз лежат следующие принципы:

- При обработке заготовок, полученных литьем, необработанные поверхности можно использовать в качестве баз только на первой операции. Это обеспечивает наименьшее смещение обработанных поверхностей относительно необработанных.

- При обработке у заготовок всех поверхностей в качестве технологических баз для первой операции целесообразно использовать поверхность с наименьшими припусками, тем самым снижется вероятность появления «чернот» при дальнейшей обработке.

- При прочих равных условиях наибольшая точность обработки достигается при использовании на всех операциях одних и тех же баз поверхностей, т.е. при соблюдении единства баз.

- Желательно совмещать технологические базы с конструкторскими.

Проектируемый маршрут обработки детали приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Маршрут обработки детали

Номер операции	Содержание операции	Оборудование
1	2	3
005	Токарная с ЧПУ 1. Подрезать торец в размер $124 \pm 0,5$ 2. Точить поверхность в размер $\varnothing 115 \pm 0,175$ в размер $22 \pm 0,26$	Токарный станок с ЧПУ с наклонной станиной модели 117НТ-1500
010	Токарная с ЧПУ 1. Подрезать торец в размер $121,5 \pm 0,5$ 2. Черновое точение в размер $\varnothing 387h11$ и подрезка торца в размер $10 \pm 0,5$ 3. Чистовое точение в размер $\varnothing 376f9$ и подрезка торца выдерживая $10 \pm 0,5$, фаска в размер $1,6 \times 45^\circ$	Токарный станок с ЧПУ с наклонной станиной модели 117НТ-1500

Продолжение таблицы 14

1	2	3
015	<p>Токарная с ЧПУ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Подрезать торец в размер $120_{-0,46}$ и $16h14$ 2. Черновое точение в размеры $\varnothing 465h14$, $\varnothing 130h11$ и выдерживая $88^{+0,46}$, $\varnothing 123h11$ и выдерживая $60^{+0,4}$, $\varnothing 111h11$ и выдерживая $22\pm 0,28$. 3. Чистовое точение в размеры $\varnothing 121h9$ и выдерживая $60^{+0,4}$, $\varnothing 110h9$ и выдерживая $22\pm 0,28$, снять 2 фаски в размер $1,6\times 45^\circ$ и 2 фаски в размер $2\times 45^\circ$. 4. Точить канавку для нарезания резьбы в размеры $\varnothing 107,8_{-0,6}$ и шириной $4^{+0,16}$. 5. Черновое растачивание на проход $\varnothing 93H11$. 6. Чистовое растачивание на проход $\varnothing 94,5H9$ и 2 фаски в размер $1,5\times 45^\circ$. 7. Точить внутреннюю канавку для в размеры $\varnothing 98,5H12$ и шириной $2,2^{+0,25}$ в размер $78^{+0,4}$ 8. Нарезать резьбу $M110\times 1,5-8g$ 	Токарный станок с ЧПУ с наклонной станиной модели 117НТ-1500
020	<p>Фрезерная с ЧПУ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Фрезеровать паз в размер $14H14$ в размер $106h12$ 	Горизонтально-фрезерный обрабатывающий центр МН-800А
025	<p>Фрезерная с ЧПУ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Центровать 18 отверстий 	Вертикально-фрезерный
	<p>Сверлить 8 отверстий $\varnothing 13H14$</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Сверлить 8 отверстий $\varnothing 9,5H14$ <p>Зенкеровать 8 отверстий $\varnothing 11,75H12$</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Черновое и чистовое развертывание $\varnothing 12H8$ 6. Сверлить 2 отверстия $\varnothing 10,2H14$ 7. Нарезать резьбу $M12-7H$ 	обрабатывающий центр ФС130МФ3
030	Слесарная	
035	<p>Шлифовальная операция</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Шлифовать внутреннюю поверхность $\varnothing 95H7$ 2. Шлифовать поверхность $\varnothing 120_{-0,022}$ 	Круглошлифовальный станок с ЧПУ ШК324.32
040	Контрольная операция	

1.3.5 Выбор средств технологического оснащения

В таблице 15 приведены применяемое в технологических процессах оборудование и его технические характеристики

Таблица 15 – Параметры оборудования

Технические характеристики	Параметры
1	2
Токарный станок модели 117НТ-1500	
Наибольший диаметр заготовки, устанавливаемый над станиной, мм	900
Наибольший диаметр заготовки, обрабатываемый над станиной, мм	700
Наибольший диаметр заготовки, обрабатываемой над суппортом, мм	700
Длина обрабатываемой заготовки, мм	1300
Максимальная масса детали установленной в центрах, кг	2000
Максимальная масса детали установленной в центрах и люнете, кг	3000
Угол наклона станины, град	45
Шпиндель	
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	1500
Мощность главного двигателя, кВт	30
Торец шпинделя	A2-11
Диаметр гидравлического патрона, мм	450
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	155
Диаметр отверстия под прутки, мм	117
Перемещения, мм	
Перемещение по оси X	385
Перемещение по оси Z	1500
Перемещение по оси Y	±40
Подача	
Укоренение перемещения по оси X/Z/Y	20

Продолжение таблицы 15

1	2
Револьверная головка стандартная	
Количество позиций, шт	12
Сечение резца, мм	32×32, Ø60
Мощность привода шпинделя, кВт	30
Габариты, мм	2500×5800
Вес, кг	12000
Круглошлифовальный станок с ЧПУ ШК324.32	
Параметры обработки при внешнем шлифовании, мм	
Диаметр	320
Длина	200
Параметры обработки при внутреннем шлифовании, мм	
Диаметр	40-200
Длина	160
Скорость шлифования, м/с	45
Размеры круга, мм	75×80×305
Передняя бабка	
Скорость вращения, об/мин	1-500
Угол поворота, град	8
Подачи	
Шаг подачи по оси X1 и X2, мм/мин	0,0005
Скорость автоматической поперечной подачи, мм/мин	0,1-10000
Автоматически управляемые оси, шт	4
Количество одновременно управляемых осей, шт	2
Мощность двигателя внешнего шлифования, кВт	13
Мощность двигателя внутреннего шлифования, кВт	3
Мощность двигателя передней бабки, кВт	1,1
Система охлаждения	
Расход, л/м	80
Мощность двигателя, кВт	3×1,5
Габаритные размеры (Д х Ш х В), мм	7275×22250×2300

Продолжение таблицы 15

1	2
Масса, кг	7500
Горизонтально-фрезерный обрабатывающий центр МН-800А	
Размеры рабочей поверхности стола с Т-обр. пазами, мм	
длина	1321
ширина	508
Количество Т-образных пазов	5
Ширина Т-образных пазов, мм	16
Расстояние между соседними Т-образными пазами, мм	80
Диаметр встроенной в стол планшайбы, мм	310
Максимально допустимая нагрузка на стол (равномерно распределенная), кг	1588
Максимально допустимая нагрузка на планшайбу (равномерно распределенная), кг	454
Исполнение конуса шпинделя	ISO40
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	8000
Максимальный крутящий момент (при n=1400 об/мин), Н·м	102
Максимальная мощность на шпинделе, кВт	14,9
Способ передачи крутящего момента	прямая передача
Смазка подшипников шпинделя	воздушно-масляная
Охлаждение шпинделя	водяное
Величина рабочих перемещений по осям, мм	
по оси X	1016
по оси Y	457
по оси Z	559
Расстояние от торца шпинделя до центра стола, мм	
минимальное	142
максимальное	701

Продолжение таблицы 15

1	2
Расстояние от зеркала стола до оси шпинделя для стандартного исполнения, мм	
минимальное	110
максимальное	567
Максимальная величина рабочих подач, м/мин	12,7
Максимальная скорость холостых перемещений, м/мин	
по оси X	18
по оси Y	25,4
по оси Z	25,4
Максимальные допустимые усилия по осям, кН	
по оси X	11,34
по оси Y	18,68
по оси Z	11,34
Угол поворота стола, град	360
Дискретность угла поворота стола, град	0,001
Скорость поворота стола, град/мин	0,001...50
Вращательный момент, Н·м	407
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	8000
Максимальная мощность шпинделя, кВт	14,9
Исполнение инструментального магазина	Бокового типа
Тип устанавливаемых оправок	СТ40
Количество инструментальных позиций в магазине	24
Максимальный диаметр устанавливаемого инструмента, мм	
при пустых соседних позициях	152
при занятых соседних позициях	76
Максимальный вес устанавливаемого инструмента, кг	5,4
Время смены инструмента, сек	
от инструмента к инструменту	2,8
от стружки к стружке	3,6
Точность позиционирования суппорта, мм	±0,005

Продолжение таблицы 15

1	2
Повторяемость позиционирования суппорта, мм	±0,0025
Точность установки углового позиционирования стола, угл. сек	±15
Повторяемость углового позиционирования стола, угл. сек.	±10
Тип устройства ЧПУ	
Количество управляемых осей	4
Тип монитора для отображения информации	LCD 15"
Скорость обработки программ, блоков/сек	до 1000
Тип интерфейса (скорость передачи данных, Бод)	RS232 (115200)
Объем памяти для хранения программ, кБ	1024
Минимальная дискретность задаваемых значений, мм	0,001
Габаритные размеры (Д x Ш x В), мм	3239×1816×4623
Масса станка, кг	13650
Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ ФС130МФ3	
Размер стола (Д x Ш), мм	1400x650
Промежуток (мм) x Ширина (мм)x Количество Т-образных пазов (шт)	100x18x5
Наибольшая нагрузка на стол, кг	1000
Расстояние от оси шпинделя до направляющих колонны, мм	785
Расстояние от торца шпинделя до поверхности рабочего стола, мм	150~760
Диаметр поворотного стола, мм	200
Оси	
X/Y/Z Перемещение, мм	1300/700/610
X/Y/Z тип направляющих	Качения
X/Y/Z/A Скорость быстрых перемещений, м/мин	36/36/24
Скорость рабочей подачи, мм/мин	1~15000
X/Y/Z/A Наибольший момент на электродвигателях приводов, Нм	16/16/16
Точность позиционирования, микрон	±4
Повторяемость позиционирования, микрон	±2,5

Продолжение таблицы 15

1	2
ШВП диаметр/шаг, мм	40/12
Шпиндельная бабка	
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	25/10
Вращающий момент на шпинделе (до 30 мин), Нм	135
Вращающий момент на шпинделе (продолжительно), Нм	57
Диапазон частот вращения шпинделя, об/мин	60~12000
Хвостовик инструмента	BT 40 x 45 град
Конус шпинделя (7:24)	ISO40
Тип магазина	манипулятор
Емкость магазина инструмента, шт	24
Максимальный диаметр/длина сменного инструмента, мм	Ø150(80)/L300
Макс. масса инструмента, кг	8
Время смены инструмента, сек	2,5
Охлаждение шпинделя	холодильник масла
Система ЧПУ	SIEMENS 828D
Тип стружкосборника	ленточный
Требуемое давление воздуха, МПа	0,6
Емкость бака СОЖ, л	315
Потребляемая мощность станка, кВА	47,5
Габаритные размеры (Д x Ш x В), мм	3900×2730×2500
Масса нетто, кг	10 000

005 Токарная с ЧПУ

Резцедержатель радиальный DIN69880 B6.309.36.20. Резец 2102-4036 PSSNR2525M12. Пластина T5K10 503123-120412 SNMA-120412.

Резцедержатель радиальный DIN69880 B6.309.36.20. Резец 2102-4035 PCLNR2525M16. Пластина T5K10 051243-160412 CNMM-160412.

Штангенциркуль ШЦ-I-125_{0,1} ГОСТ 166-89;

Кран;

Тара;

Очки О. ГОСТ 12.4.013-85.

\010 Токарная с ЧПУ

Резцедержатель радиальный DIN69880 В6.309.36.20. Резец 2102-4036 PSSNR2525M12. Пластина T5K10 03123-120412 SNMA-120412.

Резцедержатель радиальный DIN69880 В6.309.36.20. Резец 2102-4035 PCLNR2525M16. Пластина T5K10 051243-160412 CNMM-160412.

Резцедержатель радиальный DIN69880 В6.309.36.20. Резец 2102-4035 PCLNR2525M16. Пластина T15K6 051243-160412 CNMM-160412.

Пластина T15K6 03229-09T308 SCMT-09T308.

Штангенциркуль ШЦ-I-125_{0,1} ГОСТ 166-89;

Штангенциркуль ШЦ-II-400_{0,1} ГОСТ 166-89;

Микрометр 300-400 ГОСТ 6507-90;

Кран;

Тара;

Очки О. ГОСТ 12.4.013-85.

015 Токарная с ЧПУ

Резцедержатель радиальный DIN69880 В3.409.34.25. Резец 2102-4036 PSSNR2525M12. Пластина T5K10 03123-120412 SNMA-120412.

Резцедержатель радиальный DIN69880 В3.409.34.25. Резец 2102-4035 PCLNR2525M16. Пластина T5K10 051243-160412 CNMM-160412.

Резцедержатель радиальный DIN69880 В3.409.34.25. Резец 2102-4035 PCLNR2525M16. Пластина T15K6 051243-160412 CNMM-160412.

Резцедержатель радиальный DIN69880 В3.409.34.25. Резец 2130-4018 CLCBR2525M4. Пластина T15K6 TSC4 TT720.

Резцедержатель радиальный DIN69880 В3.409.34.25. Резец 2129-4010 SER2525M16. Пластина T15K6 16EL1.50 ISO TT7010.

Держатель DIN69880E2.209.52.20. Резец 2140-4060 S20Q_SSKCR. Пластина T5K10 03229-09T308 SCMT-09T308.

Держатель DIN69880E2.209.52.20. Резец 2140-4060 S20Q_SSKCR. Пластина T15K6 03229-09T308 SCMT-09T308.

Держатель DIN69880E2.409.52.32. Резец канавочный A32SA3ESL0305M.

Пластина T15K6 MS157T20.

Штангенциркуль ШЦ-I-125_{0,1} ГОСТ 166-89;

Штангенциркуль ШЦ-II-250_{0,1} ГОСТ 166-89;

Скоба 121h9;

Скоба 130h11 ГОСТ 18369-93;

Микрометр 100-125 ГОСТ 6507-90;

Калибр пробка 94,5H9 ПР/НЕ ГОСТ 14816-69;

Нутромер НИ 100 ГОСТ 868-82;

Шаблон 2,2;

Шаблон 4;

Кран;

Тара;

Очки О. ГОСТ 12.4.013-85.

020 Фрезерная с ЧПУ:

Фреза 2250-0109 P9 ГОСТ3964-69;

Штангенциркуль ШЦ-I-125_{0,1} ГОСТ 166-89;

Шаблон 14

Приспособление;

Кран;

Тара;

Очки О. ГОСТ 12.4.013-85.

025 Фрезерная с ЧПУ:

Сверло Ø4;

Сверло 2301-3576 ГОСТ 10903-77;

Сверло 2301-3579 ГОСТ 10903-77;

Сверло 2301-3592 ГОСТ 10903-77;

Зенкер 2320-2559 ГОСТ 12489-71;

Развертка 2363-3429 N2 ГОСТ 1672-80;

Развертка 2363-3428 H8 ГОСТ 1672-80;

Метчик 2621-1513 ГОСТ 3266-81;
Патрон 7655 BT50 4 шт;
Цанговый патрон ER BT40 ER25;
Патрон DIN 69871-2080, Цанговый патрон ER GFI ST 25 ER32;
Патрон BT MAS BT40ER 25x100BIN;
Калибр-пробка 8221-3053 ПР/НЕ ГОСТ 17758-72;
Калибр-пробка 8133-0926 Н8 ПР/НЕ ГОСТ 14810-69;
Штангенциркуль ШЦ-I-125_{0,1} ГОСТ 166-89;
Приспособление;
Кран;
Тара;
Очки О. ГОСТ 12.4.013-85.
035 Шлифовальная
Круг ПВ 63x50x13 25А С2 7 К5 35 м/с А1 ГОСТ 2424-83;
Калибр-пробка 8141-0174 Н7 ПР ГОСТ 14823 – 69;
Калибр-пробка 8141-0174 Н7 НЕ ГОСТ 14823 – 69;
Круг ПП 300x80x76 25А 10 L 7 V32/2 W13 ГОСТ 2424-83;
Скоба 8113-0207 h8 ПР/НЕ ГОСТ 14823 – 69;
Тара;
Кран;
Очки О. ГОСТ 12.4.013-85.

1.3.6 Расчет припусков на механическую обработку

Припуск – это слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали. Любая заготовка, предназначенная для механической обработки, изготавливается с припуском на размеры готовой детали. В величину припуска, снимаемого при первых, черновых операциях, входит также дефектный слой. Дефектный слой включает в себя выпуклости, вмятины, раковины, трещины, погрешности формы и размеров заготовки.

Обрабатываемая поверхность $\varnothing 120_{-0,022}$, Ra = 2,5

Данный метод основан на определении минимального припуска, который определяется по формуле:

$$2Z_{\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\sum_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ мкм}, \quad (1.11)$$

где $R_{Z_{i-1}}$ – шероховатость поверхности, получаемая на предшествующем технологическом переходе;

h_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем технологическом переходе;

$\Delta_{\sum_{i-1}}$ – суммарное пространственное отклонение, полученное на предшествующем технологическом переходе;

ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

Заготовка литье в кокиль (металлические формы)

Шероховатость поверхности – Rz = 200 мкм.

Глубина дефектного слоя – h = 200 мкм.

Суммарное отклонение расположения при обработке наружных поверхностей отливки при базировании по отверстию

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2}, \quad (1.12)$$

где $\rho_{\text{кор}}$ – отклонение плоской поверхности отливки от плоскостности;

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_k \cdot l, \quad (1.13)$$

где Δ_k – отклонение оси детали от прямолинейности;

$l = 0,12$ мм – длина детали;

$\rho_{\text{ц}}$ – смещение оси заготовки в результате погрешности центрирования.

Принимаем по табл. 8 [3] $\Delta_k = 0$ мм.

$$\rho_{\text{кор}} = 0 \cdot 0,12 = 0 \text{ мм.}$$

Принимаем по табл. 9 [3] $\rho_{\text{ц}} = 1,6$ мм.

$$\rho_3 = \sqrt{0^2 + 1,6^2} = 1,6 \text{ мм.}$$

Обтачивание черновое:

Выполняем в соответствии с таблицами точности по 12-му качеству.

Шероховатость поверхности – $R_z = 50$ мкм.

Глубина дефектного слоя – $h = 50$ мкм.

Суммарные отклонения формы и расположения поверхностей:

$$\Delta_{\Sigma i} = K_y \cdot \Delta_{\Sigma i-1}, \quad (1.14)$$

где $\Delta_{\Sigma i-1} = 1600$ мкм – суммарные отклонения формы и расположения поверхностей на предыдущем переходе;

$K_y = 0,06$ – коэффициент уточнения.

$$\Delta_{\Sigma i} = 0,06 \cdot 1600 = 96 \text{ мкм.}$$

Обтачивание чистовое:

Выполняем в соответствии с таблицами точности по 10-му качеству.

Шероховатость поверхности – $R_z = 20$ мкм;

Глубина дефектного слоя – $h = 20$ мкм.

Суммарные отклонения формы и расположения поверхностей:

$$\Delta_{\Sigma i} = K_y \cdot \Delta_{\Sigma i-1},$$

где $\Delta_{\Sigma i} = 96$ мкм; $K_y = 0,05$. $\Delta_{\Sigma i} = 0,05 \cdot 96 = 5$ мкм.

Шлифование предварительное:

Выполняем в соответствии с таблицами точности по 8-му качеству.

Шероховатость поверхности – $R_z = 10$ мкм;

Глубина дефектного слоя – $h = 15$ мкм.

Суммарные отклонения формы и расположения поверхностей:

$$\Delta_{\Sigma i} = K_y \cdot \Delta_{\Sigma i-1},$$

где $\Delta_{\Sigma i} = 5$ мкм; $K_y = 0$.

$$\Delta_{\Sigma i} = 0 \cdot 5 = 0 \text{ мкм.}$$

Шлифовальная чистовая:

Выполняем в соответствии с таблицами точности по 6-му качеству.

Шероховатость поверхности – $R_z = 5$ мкм;

Глубина дефектного слоя – $h = 10$ мкм.

Результаты приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Результаты

Технологический переход обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Допуск TD, мм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	Rz	h	Δ_{Σ}	ε		min	max	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	200	200	1600	–	1,6	120,54	122,14	–	–
Обтачивание черновое IT12	50	50	96	–	0,350	120,148	120,498	392	1642
Обтачивание чистовое IT10	20	20	5	–	0,140	120,058	120,198	90	300
Шлифование предварительное IT8	10	15	0	–	0,057	120,008	120,065	50	133
Шлифование предварительное $\varnothing 120_{-0,022}$	5	10	0	–	0,022	119,978	120	30	65

Находим минимальны припуск:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot \left[(R_z + h) + \sqrt{\Delta_{\Sigma}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \quad (1.15)$$

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot \left[(50 + 50) + \sqrt{96^2 + 0^2} \right] = 392 \text{ мкм} - \text{ для обтачивания чернового,}$$

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot \left[(20 + 20) + \sqrt{5^2 + 0^2} \right] = 90 \text{ мкм} - \text{ для обтачивания чистового,}$$

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot \left[(10 + 15) + \sqrt{0^2 + 0^2} \right] = 50 \text{ мкм} - \text{ для шлифования предварительного}$$

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot \left[(5 + 10) + \sqrt{0^2 + 0^2} \right] = 30 \text{ мкм} - \text{ для шлифования чистового.}$$

За расчетный размер принимаем минимальный предельный размер обрабатываемой поверхности: $120 - 0,022 = 119,978 \text{ мм}$.

Определяем минимальный предельный размер для каждого перехода:

$$d_{\min-1} = d_{\min i} + 2 \cdot Z_{\min i}, \quad (1.16)$$

$d_{\min}=119,978 + 0,03 = 120,008$ мм – минимальный предельный размер для шлифования предварительного.

$d_{\min}=120,008 + 0,05 = 120,058$ мм – минимальный предельный размер для обтачивания чистового.

$d_{\min}=120,058 + 0,09 = 120,148$ мм – минимальный предельный размер для обтачивания чернового.

$d_{\min}=120,148 + 0,392 = 120,54$ мм – минимальный предельный размер для заготовки.

Определяем максимальный предельный размер для каждого перехода:

$$d_{\max-i} = d_{i\min} + Td_{i-1}, \quad (1.17)$$

$d_{\max}=120,008 + 0,057 = 120,065$ мм – максимальный предельный размер для шлифования предварительного.

$d_{\max}=120,058 + 0,14 = 120,198$ мм – максимальный предельный размер для обтачивания чистового.

$d_{\max}=120,148 + 0,35 = 120,498$ – максимальный предельный размер для обтачивания чернового;

$d_{\max}=120,54 + 1,6 = 122,14$ мм – максимальный предельный размер для заготовки;

Определяем предельные значения припусков:

Для шлифования чистового:

$$2 \cdot Z_{\min} = 120,008 - 119,978 = 0,03 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{\max} = 120,065 - 120 = 0,065 \text{ мм}.$$

Для шлифования предварительного:

$$2 \cdot Z_{\min} = 120,008 - 120,058 = 0,05 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{\max} = 120,198 - 120,065 = 0,133 \text{ мм}.$$

Для обтачивания чистового:

$$2 \cdot Z_{\min} = 120,148 - 120,058 = 0,09 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{\max} = 120,498 - 120,198 = 0,3 \text{ мм}.$$

Для обтачивания чернового:

$$2 \cdot Z_{\min} = 120,54 - 120,148 = 0,392 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{\max} = 122,14 - 120,498 = 1,642 \text{ мм}.$$

Определяем общий минимальный и максимальный припуски:

$$2 \cdot Z_{\min \text{ общ}} = 0,03 + 0,05 + 0,09 + 0,392 = 0,562 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{\max \text{ общ}} = 0,065 + 0,133 + 0,3 + 1,642 = 2,14 \text{ мм}.$$

Проверка правильности расчета:

$$2 \cdot Z_{\max \text{ общ}} - 2 \cdot Z_{\min \text{ общ}} = Td_3 - Td_d;$$

$$2,14 - 0,562 = 1,6 - 0,022$$

1,578=1,578 условие выполняется.

1.3.7 Расчет режимов резания

005 Токарная с ЧПУ

Токарный станок с ЧПУ с наклонной станиной модели 117НТ-1500

Переход 1: Подрезать торец в размер $125 \pm 0,5$

Материал режущей части Т5К10

1 Глубина резания: $t=3$ мм.

2 Подача: $S=0,6$ мм/об.

3 Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (1.18)$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}, \quad (1.19)$$

где K_{PV} – коэффициент, учитывающий состояние поверхности;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий материал инструмента;

$C_v = 340$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,2$;

$T = 50$ мин. – период стойкости инструмента;

$$K_{MV} = K_r \cdot (750 / \sigma_B)^{n_v}, \quad (1.20)$$

Принимаем $n_v=1$, $K_{PV}=0,8$, $K_{IV}=0,65$, $K_r=1$.

$$K_{MV} = 1 \cdot (750 / 540)^1 = 1,39.$$

$$K_v = 1,39 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,72.$$

$$V = \frac{340}{50^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,6^{0,45}} \cdot 0,72 = 95 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n_p = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D) = 1000 \cdot 95 / (3,14 \cdot 115) = 260 \text{ об/мин.} \quad (1.21)$$

Принимаем $n_{ст} = 260 \text{ об/мин/}$

5 Крутящий момент и осевая сила

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (1.22)$$

где K_p —коэффициент, учитывающий фактические условия обработки.

$$K_p = K_{мп} \cdot K_{фр} \cdot K_{гр} \cdot K_{лр} \cdot K_{гр}. \quad (1.23)$$

$$K_{мп} = (\sigma_b / 750)^{n_v}, \quad (1.24)$$

где $n_v = 0,75$

$$K_{мп} = (540 / 750)^{0,75} = 0,78.$$

$$K_{фр} = 1, \quad K_{гр} = 1,25, \quad K_{лр} = 1, \quad K_{гр} = 1.$$

$$K_p = 0,78 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 0,977.$$

$$C_p = 300, \quad x = 1, \quad y = 0,75, \quad n = -0,15.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 95^{-0,15} \cdot 0,977 = 3027 \text{ Н.}$$

6 Мощность резания

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.25)$$

$$N_e = \frac{3027 \cdot 95}{1020 \cdot 60} = 4,7 \text{ кВт.}$$

$$N_{рез} \leq N_{шп} \quad (1.26)$$

$$N_{шп} = 30 \cdot 0,8 = 24 \text{ кВт} > N_e = 4,7 \text{ кВт.}$$

7 Минутная подача:

$$S_m = S \cdot n_{ст}, \quad (1.27)$$

$$S_m = 0,6 \cdot 260 = 156 \text{ мм/мин.}$$

8 Основное время:

$$t_0 = i \cdot L_{px} / S_m, \quad (1.28)$$

$$L_{px} = L_{рез} + L_{вр} + L_{пер}, \quad (1.29)$$

$$L_{вр} + L_{пер} = 5 \text{ мм.}$$

$$L_{px} = 15 + 5 = 20 \text{ мм.}$$

$$t_0 = 20/156 = 0,13 \text{ мин.}$$

Переход 2: Точить поверхность в размер $\varnothing 115 \pm 0,175$ выдерживая размер $22 \pm 0,26$

1. Материал режущей части Т5К10

2. Глубина резания: $t = 2,5$ мм.

Расчет аналогичен операции 005 переход 1

$$S = 1,4 \text{ мм/об, } n_{ст} = 270 \text{ об/мин, } V_{факт} = 97,5 \text{ м/мин, } P_z = 4745 \text{ Н, } N_e = 7,58 \text{ кВт,}$$

$$S_M = 378 \text{ мм/мин, } t_0 = 0,07 \text{ мин.}$$

010 Токарная с ЧПУ

Токарный станок модели 117НТ-1500

Переход 1: Подрезать торец в размер $122 \pm 0,5$

1. Материал режущей части Т5К10

2. Глубина резания: $t = 3$ мм.

Расчет аналогичен операции 005 переход 1

$$S = 0,6 \text{ мм/об, } n_{ст} = 80 \text{ об/мин, } V_{факт} = 97,7 \text{ м/мин, } P_z = 3015 \text{ Н, } N_e = 4,81 \text{ кВт,}$$

$$S_M = 48 \text{ мм/мин, } t_0 = 0,44 \text{ мин.}$$

Переход 2: Черновое точение в размер $\varnothing 378h11$ и подрезка торца выдерживая $10 \pm 0,5$

1. Материал режущей части Т5К10

2. Глубина резания: $t = 3$ мм.

Расчет аналогичен операции 005 переход 1

$$S = 1 \text{ мм/об, } n_{ст} = 80 \text{ об/мин, } V_{факт} = 105,5 \text{ м/мин, } P_z = 4372 \text{ Н, } N_e = 7,54 \text{ кВт,}$$

$$S_M = 80 \text{ мм/мин, } t_0 = 0,79 \text{ мин.}$$

Переход 3: Чистовое точение в размер $\varnothing 376f9$ и подрезка торца выдерживая $10 \pm 0,5$, снять фаску в размер $1,6 \times 45^\circ$

1. Материал режущей части Т5К10

2. Глубина резания: $t = 0,5$ мм.

Расчет аналогичен операции 005 переход 1.

$S=0,6$ мм/об, $n_{ст}=160$ об/мин, $V_{факт}=188,9$ м/мин, $P_z = 455$ Н, $N_e = 1,4$ кВт,

$S_m = 96$ мм/мин, $t_0=0,76$ мин.

015 Токарная с ЧПУ

Токарный станок модели 117НТ-1500Переход

Переход 1: Подрезать торцы в размер $120_{-0,46}$ и $16h14$

1. Материал режущей части Т5К10

2. Глубина резания: $t=1$ мм.

Расчет аналогичен операции 005 переход 1

$S=0,6$ мм/об, $n_{ст}=400$ об/мин, $V_{факт}=144,4$ м/мин, $P_z = 948$ Н, $N_e = 2,24$ кВт,

$S_m = 240$ мм/мин, $t_0=0,13$ мин.

Переход 2: Черновое точение в размеры $\varnothing 465h14$, $\varnothing 130h11$ и выдерживая $88^{+0,46}$, $\varnothing 123h11$ и выдерживая $60^{+0,4}$, $\varnothing 111h11$ и выдерживая $22\pm 0,28$.

1.Материал режущей части Т5К10

2. Глубина резания: $t=2,5$ мм.

Расчет аналогичен операции 005 переход 1

$S=0,6$ мм/об, $n_{ст}=315$ об/мин, $V_{факт}=128,6$ м/мин, $P_z = 2893$ Н, $N_e = 6,08$ кВт, $S_m = 189$ мм/мин, $t_0=0,95$ мин.

Переход 3: Чистовое точение в размеры $\varnothing 121h9$ и выдерживая $60^{+0,4}$, $\varnothing 110h9$ и выдерживая $22\pm 0,28$, снять 2 фаски в размер $1,6\times 45^\circ$ и 2 фаски в размер $2\times 45^\circ$.

Материал режущей части Т15К6

1. Глубина резания: $t=0,5$ мм.

Расчет аналогичен операции 005 переход 1.

$S=0,5$ мм/об, $n_{ст}=400$ об/мин, $V_{факт}=150,7$ м/мин, $P_z = 411$ Н, $N_e = 1,01$ кВт, $S_m=200$ мм/мин, $t_0=0,65$ мин.

Переход 4: Точить канавку для нарезания резьбы в размеры $\varnothing 107,8_{-0,6}$ и шириной $4^{+0,16}$

Материал режущей части Т15К6

1. Глубина резания: $t=4$ мм.

Расчет аналогичен операции 005 переход 1.

$S=0,3$ мм/об, $n_{ст}=315$ об/мин, $V_{факт}=106,8$ м/мин, $P_z=2358$ Н, $N_e=4,12$

кВт,

$S_m=94,5$ мм/мин, $t_0=0,07$ мин.

Переход 5: Черновое растачивание на проход Ø93Н11.

1. Материал режущей части Т5К10

2. Глубина резания: $t=2,5$ мм.

Расчет аналогичен операции 005 переход 1

$S=0,6$ мм/об, $n_{ст}=315$ об/мин, $V_{факт}=92$ м/мин, $P_z=2535$ Н, $N_e=3,81$ кВт,

$S_m=189$ мм/мин, $t_0=0,56$ мин.

Переход 6: Чистовое растачивание на проход Ø94,5Н9 и снять 2 фаски в размер $1,5 \times 45^\circ$.

1. Материал режущей части Т15К6

2. Глубина резания: $t=1$ мм.

Расчет аналогичен операции 005 переход 1.

$S=0,4$ мм/об, $n_{ст}=400$ об/мин, $V_{факт}=119,3$ м/мин, $P_z=720$ Н, $N_e=1,4$ кВт,

$S_m=160$ мм/мин, $t_0=0,66$ мин.

Переход 7: Расточить внутреннюю канавку для в размеры Ø98,5Н12 и шириной $2,2^{+0,25}$ выдерживая размер $78^{+0,4}$

1. Материал режущей части Т15К6

2. Глубина резания: $t=2,2$ мм.

Расчет аналогичен операции 005 переход 1.

$S=0,3$ мм/об, $n_{ст}=315$ об/мин, $V_{факт}=97,9$ м/мин, $P_z=1314$ Н, $N_e=2,1$ кВт,

$S_m=94,5$ мм/мин, $t_0=0,07$ мин.

Переход 8: Нарезать резьбу М110×1,5-8g

1. Материал режущей части Т15К10

2. Глубина резания: $t=0,7$ мм;

3. Подача: $S=2$ мм/зуб.

4. Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot t^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (1.30)$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv},$$

$$K_{MV} = K_r \cdot (750 / \sigma_B)^{n_v},$$

$$C_v = 244; x=0,23; y = 0,3; m = 0,2; T = 70 \text{ мин.}$$

$$\text{Принимаем } n_v=1, K_{iv}=0,75, K_{iv}=1, K_r=1.$$

$$K_{MV} = 1 \cdot (750 / 540)^1 = 1,39.$$

$$K_v = 1,39 \cdot 0,75 \cdot 1 = 1,04.$$

$$V = \frac{244 \cdot 3^{0,23}}{70^{0,2} \cdot 2^{0,3}} \cdot 1,04 = 113,4 \text{ м/мин.}$$

$$n_{фр} = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D) = 1000 \cdot 113,4 / (3,14 \cdot 110) = 329 \text{ об/мин};$$

$$\text{Принимаем } n_{ст}=250 \text{ об/мин.}$$

$$V_{факт} = \pi \cdot d \cdot n_{ст} / 1000 = 3,14 \cdot 110 \cdot 250 / 1000 = 86,4 \text{ м/мин.}$$

5. Крутящий момент

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot p^y}{t^u} \cdot K_p, \quad (1.31)$$

$$C_p = 148, y=1,7, u=0,71, K_p=0,78.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 148 \cdot 2^{1,7}}{3^{0,71}} \cdot 0,78 = 1719 \text{ Н.}$$

6. Мощность резания

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.32)$$

$$N_e = \frac{1719 \cdot 86,4}{9750} = 2,43 \text{ кВт.}$$

7. Минутная подача:

$$S_M = S \cdot n_{ст} = 2 \cdot 250 = 500 \text{ мм/мин.}$$

8. Основное время:

$$t_0 = i \cdot L_{px} / S_M,$$

$$L_{px} = L_{рез} + L_{вр} + L_{пер},$$

$$L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}} = 5 \text{ мм.}$$

$$L_{\text{рх}} = 20 + 5 = 25 \text{ мм.}$$

$$t_0 = 3 \cdot 25 / 500 = 0,15 \text{ мин.}$$

020 Фрезерная с ЧПУ

Горизонтально-фрезерный обрабатывающий центр Haas EC-500

Переход 1: Фрезеровать паз в размер 14Н14 выдерживая размер 106h12

Фреза 2250-0109 P9 ГОСТ3964-69;

Материал режущей части Р6М5

1 Глубина фрезерования: $t = 4 \text{ мм};$

Ширина фрезерования: $B = 4 \text{ мм};$

Диаметр фрезы: $D = 80 \text{ мм.}$

2 Подача на один зуб фрезы: $S_z = 0,2 \text{ мм/зуб.}$

3. Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v, \quad (1.33)$$

где K_v – поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}, \quad (1.34)$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{nv} – коэффициент, учитывающий состояние поверхностного слоя;

K_{iv} – коэффициент, учитывающий материал инструмента.

$$K_{mv} = K_r \cdot (750 / \sigma_b)^{n_v},$$

где K_r – коэффициент материала инструмента;

σ_b – временное сопротивление;

n_v – показатель степени при обработке.

$$C_v = 68,5; q = 0,25; x = 0,3; y = 0,2; u = 0,1; p = 0,1; m = 0,2;$$

$T = 120 \text{ мин.}$ – период стойкости инструмента;

Принимаем $K_r = 0,9$, $n_v = 1,0$, $K_{nv} = 1$, $K_{iv} = 1$.

$$K_{mv} = 0,9 \cdot (750 / 540)^1 = 1,25.$$

$$K_v = 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 1,25.$$

$$V = \frac{68,5 \cdot 80^{0,25}}{120^{0,2} \cdot 4^{0,3} \cdot 0,2^{0,2} \cdot 4^{0,1} \cdot 18^{0,1}} \cdot 1,25 = 58,3 \text{ м/мин};$$

$$n_{\text{фр}} = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D) = 1000 \cdot 58,3 / (3,14 \cdot 80) = 232 \text{ об/мин};$$

Принимаем $n_{\text{ст}} = 100 \text{ об/мин}$.

$$V = \pi \cdot n_{\text{фр}} \cdot D / 1000 = 3,14 \cdot 100 \cdot 80 / 1000 = 25,1 \text{ м/мин}.$$

4 Сила резания

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^\omega} \cdot K_{\text{MP}}, \quad (1.35)$$

Принимаем по табл.41 $C_P = 68,2$; $q = 0,86$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1,0$;
 $w = 0$;

$Z = 18$ – число зубьев фрезы.

$$K_{\text{MP}} = (\sigma_B / 750)^{n_V},$$

где $n_V = 0,75$.

$$K_{\text{MP}} = (540 / 750)^{0,75} = 0,78.$$

$$P_Z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 4^{0,86} \cdot 0,2^{0,72} \cdot 4^1 \cdot 18}{80^{0,86} \cdot 100^0} \cdot 0,78 = 1172 \text{ Н}.$$

5 Мощность резания

$$N_e = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60},$$

$$N_e = \frac{1172 \cdot 25,1}{1020 \cdot 60} = 0,48 \text{ кВт}.$$

$$0,13 \text{ кВт} < 24 \text{ кВт}.$$

6 Подача на оборот фрезы:

$$S = S_Z \cdot Z = 0,2 \cdot 18 = 3,6 \text{ мм/об}.$$

6 Минутная подача:

$$S_M = S_Z \cdot Z \cdot n_{\text{ст}} = 0,2 \cdot 18 \cdot 100 = 360 \text{ мм/мин}.$$

7 Основное время:

$$t_0 = i \cdot L_{\text{рх}} / S_M,$$

$$L_{\text{рх}} = L_{\text{рез}} + L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}},$$

где $L_{\text{рез}}$ – длина резания;

$L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}}$ – длина врезания и перебега;

$$L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}} = 34 \text{ мм.}$$

$$L_{\text{рх}} = 20 + 34 = 54 \text{ мм.}$$

$$t_0 = 1 \cdot 54 / 360 = 0,15 \text{ мин.}$$

025 Фрезерная с ЧПУ

Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр ФС130МФЗ

Переход 1: Центровать 18 отверстий

1. Сверло $\varnothing 4$

Материал режущей части Р6М5

2 Глубина сверления: $t = 2 \text{ мм.}$

3 Подача: $S = 0,1 \text{ мм/об.}$

4 Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (1.36)$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{lv} \cdot K_{inv}, \quad (1.37)$$

где K_{lv} – коэффициент, учитывающий глубину сверления;

$$C_v = 7; \quad q = 0,4; \quad y = 0,7; \quad m = 0,2;$$

$T = 25 \text{ мин.}$ – период стойкости инструмента;

$$K_{MV} = K_r \cdot (750 / \sigma_B)^{n_v},$$

Принимаем $n_v = 1$, $K_{lv} = 1$, $K_{inv} = 0,65$, $K_r = 1$.

$$K_{MV} = 1 \cdot (750 / 540)^1 = 1,39.$$

$$K_v = 1,39 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,39.$$

$$V = \frac{7 \cdot 4^{0,4}}{25^{0,25} \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,39 = 38 \text{ м/мин;}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n_{\text{фр}} = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D) = 1000 \cdot 38 / (3,14 \cdot 4) = 2860 \text{ об/мин;}$$

Принимаем $n_{\text{ст}} = 1250 \text{ об/мин.}$

$$V_{\text{факт}} = \pi \cdot d \cdot n_{\text{ст}} / 1000 = 3,14 \cdot 4 \cdot 1250 / 1000 = 15,8 \text{ м/мин.}$$

5. Крутящий момент и осевая сила

$$\begin{aligned} M_{кр} &= 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \\ P_o &= 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \end{aligned} \quad (1.38)$$

где $K_p = K_{mp}$ – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки

$$K_{mp} = (\sigma_b / 750)^{n_v},$$

где $n_v = 0,75$

$$K_{mp} = (670 / 750)^{0,75} = 0,92.$$

$$C_m = 0,0345, q = 2, y = 0,8,$$

$$C_p = 68, q = 1, y = 0,7.$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4^2 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,92 = 0,8 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 4^1 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,92 = 499 \text{ Н}.$$

6. Мощность резания

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750},$$

$$N_e = \frac{0,8 \cdot 1250}{9750} = 0,1 \text{ кВт}.$$

$$N_{рез} \leq N_{шп},$$

$$N_{шт} = 30 \cdot 0,8 = 24 \text{ кВт} > N_e = 0,05 \text{ кВт}.$$

7. Минутная подача:

$$S_m = S \cdot n_{ст} = 0,1 \cdot 1250 = 125 \text{ мм/мин}.$$

8. Основное время:

$$t_0 = i \cdot L_{px} / S_m,$$

$$L_{px} = L_{рез} + L_{вр} + L_{пер},$$

$$L_{вр} + L_{пер} = 5 \text{ мм}.$$

$$L_{px} = 2 + 5 = 7 \text{ мм}.$$

$$t_0 = 18 \cdot 7 / 125 = 0,99 \text{ мин}.$$

Переход 2: Сверлить 8 отверстий диаметром 13Н14

1. Материал режущей части Р6М5

2. Глубина сверления: $t = 6,5 \text{ мм}$.

Расчет аналогичен операции 035 переход 1.

$S=0,2$ мм/об, $n_{ст}=500$ об/мин, $V_{факт}=20,4$ м/мин, $P_o=2149$ Н, $M_{кр}=19,8$ Н·м,
 $N_e=0,6$ кВт, $S_m=100$ мм/мин., $t_0=4,52$ мин.

Переход 3: Сверлить 8 отверстий диаметром 9,5Н14

1. Материал режущей части Р6М5

2. Глубина сверления: $t=4,75$ мм.

Расчет аналогичен операции 035 переход 1.

$S=0,15$ мм/об, $n_{ст}=630$ об/мин, $V_{факт}=18,8$ м/мин, $P_o=1284$ Н, $M_{кр}=5,1$ Н·м,
 $N_e=0,34$ кВт, $S_m=94,5$ мм/мин., $t_0=1,61$ мин.

Переход 4: Зенкеровать 8 отверстий диаметром 11,75Н12

Материал режущей части Р6М5

1. Глубина сверления: $t=1,125$ мм.

Расчет аналогичен операции 030 переход 1.

$S=0,5$ мм/об, $n_{ст}=630$ об/мин, $V_{факт}=18,8$ м/мин, $P_o=369$ Н, $M_{кр}=5,1$ Н·м
 $N_e=0,32$ кВт, $S_m=315$ мм/мин., $t_0=0,48$ мин.

Переход 5: Черновое и чистовое развертывание диаметром 12Н8

5.1 Черновое

Материал режущей части Р6М5

1. Глубина сверления: $t=0,075$ мм.

Расчет аналогичен операции 030 переход 1.

$S=1$ мм/об, $n_{ст}=630$ об/мин, $V_{факт}=23,2$ м/мин, $P_o=22,5$ Н, $M_{кр}=0,8$ Н·м,
 $N_e=0,03$ кВт, $S_m=630$ мм/мин., $t_0=0,24$ мин.

5.2 Чистовое

Материал режущей части Р6М5

1. Глубина сверления: $t=0,05$ мм.

Расчет аналогичен операции 030 переход 1.

$S=0,7$ мм/об, $n_{ст}=630$ об/мин, $V_{факт}=23,6$ м/мин, $P_o=10,9$ Н, $M_{кр}=0,4$ Н·м,
 $N_e=0,02$ кВт, $S_m=441$ мм/мин., $t_0=0,35$ мин.

Переход 6: Сверлить 2 отверстия диаметром 10,2Н14

Материал режущей части Р6М5

1. Глубина сверления: $t=5,1$ мм.

Расчет аналогичен операции 030 переход 1.

$S=0,15$ мм/об, $n_{ст}=630$ об/мин, $V_{факт}=20,2$ м/мин, $P_o = 1379$ Н, $M_{кр} = 5,9$ Н·м,

$N_e = 0,19$ кВт, $S_m = 94,5$ мм/мин., $t_0=0,4$ мин.

Переход 7: Нарезать резьбу в 2 отверстия М12-7Н

Инструмент: Метчик 2621-1729 ГОСТ 3266-81;

Материал режущей части Р6М5

2. Глубина резания: $t = 1,75$ мм;

3. Подача: $S = 1,75$ мм/зуб.

4. Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (1.39)$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}, \quad (1.40)$$

$$K_{mv} = K_r \cdot (750 / \sigma_b)^{n_v},$$

$C_v = 64,8$; $q=1,2$; $y = 0,5$; $m = 0,9$; $T = 90$ мин.

Принимаем $n_v=1$, $K_{iv}=1$, $K_{nv}=1$, $K_r=1$.

$$K_{mv} = 1 \cdot (750 / 540)^1 = 1,39.$$

$$K_v = 1,39 \cdot 1 \cdot 1 = 1,39.$$

$$V = \frac{64,8 \cdot 12^{1,2}}{90^{0,9} \cdot 1,75^{0,5}} \cdot 1,39 = 23,4 \text{ м/мин.}$$

$$n_{фр} = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D) = 1000 \cdot 23,4 / (3,14 \cdot 12) = 621 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n_{ст}=500$ об/мин.

$$V_{факт} = \pi \cdot d \cdot n_{ст} / 1000 = 3,14 \cdot 12 \cdot 500 / 1000 = 18,8 \text{ м/мин.}$$

5. Крутящий момент

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p, \quad (1.41)$$

$$C_m = 0,027, y=1,5, q=1,4, K_p=0,73.$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,027 \cdot 12^{1,4} \cdot 1,75^{1,5} \cdot 0,73 = 14,8 \text{ Н·м.}$$

6. Мощность резания

$$N_e = \frac{M \cdot n}{9750}, \quad (1.42)$$

$$N_e = \frac{14,8 \cdot 500}{9750} = 0,8 \text{ кВт.}$$

7. Минутная подача:

$$S_M = S \cdot n_{CT} = 1,75 \cdot 500 = 875 \text{ мм/мин.}$$

8. Основное время:

$$t_0 = i \cdot L_{px} / S_M,$$

$$L_{px} = L_{рез} + L_{вр} + L_{пер},$$

$$L_{вр} + L_{пер} = 5 \text{ мм.}$$

$$L_{px} = 16 + 5 = 21 \text{ мм.}$$

$$t_0 = 2 \cdot 21 / 875 = 0,05 \text{ мин.}$$

035 Шлифовальная

Переход 1

Круглошлифовальный станок с ЧПУ ШК324.32

Круг ПВ 63х50х13 25А С2 7 К5 35 м/с А1 ГОСТ 2424-83;

1. Шлифовать внутреннюю поверхность Ø95Н7

2. Предварительное и окончательное шлифование имеет следующие

параметры:

Скорость круга $v_k = 30 \text{ м/с}$;

Скорость заготовки $v_z = 30 \text{ м/с}$.

Глубина шлифования

- предварительное $t = 0,01 \text{ мм}$;

- окончательное $t = 0,008 \text{ мм}$;

Продольная подача

- предварительное $S = 25 \text{ м/мин}$;

- окончательное $S = 15 \text{ м/мин}$;

Определяем мощность

При шлифовании периферией круга с продольной подачей

$$N = C_N \cdot v_z^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q, \quad (1.43)$$

где d – диаметр шлифования;

s – продольная подача;

$$s = s_p \cdot \frac{\pi \cdot d}{1000 \cdot v_3}, \quad (1.44)$$

$$s_{\pi} = 25 \cdot \frac{3,14 \cdot 95}{1000 \cdot 30} = 0,25 \text{ мм/об.}$$

$$s_o = 15 \cdot \frac{3,14 \cdot 95}{1000 \cdot 30} = 0,15 \text{ мм/об.}$$

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q, \quad (1.45)$$

где C_N , r , y , q , z – коэффициент и показатели степени.

Принимаем $C_N=0,27$; $r=0,5$; $x=0,4$; $y=0,4$; $q=0,3$.

$$N = 0,27 \cdot 30^{0,5} \cdot 0,01^{0,4} \cdot 0,25^{0,4} \cdot 95^{0,3} = 0,53 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{ст}} \cdot \eta,$$

$$N_{\text{ст}} = 3 \text{ кВт, } \eta = 0,7.$$

$$N_{\text{шп}} = 3 \cdot 0,7 = 2,1 \text{ кВт.}$$

Условие выполнено.

$$t_0 = L_{\text{px}} / S_M$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,25 \cdot 200 = 50 \text{ мм/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,15 \cdot 200 = 30 \text{ мм/мин.}$$

$$L_{\text{px}} = L_{\text{рез}} + L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}} = 100 + 10 = 180 \text{ мм.}$$

$$t_0 = 2 \cdot 100 / 50 + 1 \cdot 100 / 30 = 7,33 \text{ мин.}$$

Переход 2

Круглошлифовальный станок с ЧПУ ШК324.32

Круг ПП 300x80x76 25A 10 L 7 V32/2 W13 ГОСТ 2424-83;

1. Шлифовать поверхность Ø120_{-0,022}

Расчет аналогичен операции 020

$v_k = 30 \text{ м/с}$; $v_3 = 30 \text{ м/с}$.

Глубина шлифования

- предварительное $t = 0,01 \text{ мм}$;

- окончательное $t = 0,008 \text{ мм}$.

Продольная подача

- предварительное $S=25$ м/мин;

- окончательное $S=15$ м/мин;

$$s_{\Pi}=0,31\text{мм/об.}, s_0=0,19\text{ мм/об.}, N=0,57\text{ кВт.}$$

$$S_M=S_{\Pi}\cdot n=0,31\cdot 200=62\text{ мм/мин.}$$

$$S_M=S_0\cdot n=0,19\cdot 200=38\text{ мм/мин.}$$

$$L_{\text{рх}}=L_{\text{рез}}+L_{\text{вр}}+L_{\text{пер}}=48+5=53\text{ мм.}$$

$$t_0=2\cdot 53/62+1\cdot 53/38=3,1\text{ мин.}$$

Данные расчетов заносим в таблицу 17.

Таблица 17 – Режимы резания

№ Опер./ перех.		t, мм	S, мм/об.	V, м/мин.	n, об/мин.	T _о , мин
1		2	3	4	5	6
005	1	3,0	0,6	95	260	0,13
	2	2,5	1,4	97,5	270	0,07
010	1	3,0	0,3	101	80	2,5
	2	3	1	105,5	80	0,79
	3	0,5	0,6	188,9	160	0,76
015	1	1	0,6	144,4	400	0,13
	2	2,5	0,6	128,6	315	0,95
	3	0,5	0,5	150,7	400	0,65
	4	4	0,3	106,8	315	0,07
	5	2,5	0,6	92	315	0,56
	6	1	0,4	119,3	400	0,66
	7	2,2	0,3	97,9	315	0,07
	8	0,7	2	86,4	250	0,15
020	1	4	3,6	50,2	200	0,15

Продолжение таблицы 17

1		2	3	4	5	6
025	1	2	0,1	7,9	630	1,98
	2	6,5	0,2	10,2	250	3,04
	3	4,75	0,15	9,4	315	3,22
	4	1,125	0,5	9,4	315	0,97
	5.1	0,075	1	11,6	315	0,48
	5.2	0,05	0,7	11,8		0,69
	6	5,1	0,15	10,1	315	0,8
	7	1,75	1,75	9,4	250	0,1
035	1	0,01	25	30	200	4
	2	0,008	15			3,33
040	1	0,01	25	30	200	1,71
	2	0,008	15			1,29

1.4 Конструкторская часть

Для сверления отверстия диаметрами 13Н14, 12Н8 и нарезания резьбы М12 на вертикально-фрезерный обрабатывающий центр ФС130МФ3 необходимо применение специального приспособления. Приспособление разрабатываем для операции 035 в соответствии с принятой схемой базирования. Установку заготовки в приспособление обеспечивает постоянство закрепления в определенном положении заготовок относительно режущего инструмента и позволяет вести обработку с достаточной высокой точностью и меньшими затратами времени, т.к. исключает время на выверку заготовки.

Деталь в данном приспособлении базируется по торцу и установ позиция 5, который крепится к плите позиция 1. Для лучшей установки по торцу к плите прикрепляется кольцо позиция 2, которое крепится к плите винтом позиция 9. Зажим детали осуществляется при помощи Г-образного прихвата позиция 13, шпильки позиция 15 и гайкой позиция 12. Шпилька вкручивается в плиту позиция 1 и контрогается гайкой позиция 11. На шпильке установлены шайба позиция 6 с пружиной позиция 3. Г-образный прихват поворачивается в стойке позиция 4 на

угол 90° . Стойка крепится к плите болтом позиций 8 и шайбой позиция 15. Для ориентации приспособления на станке используется шпонки установочные позиция 7, которые крепятся к плите с помощью винтов позиция 10. Закрепление и раскрепление детали в приспособлении производится с помощью гайка позиция 12. При расслаблении зажима пружина позиция 3 приподымает Г-образный прихват вверх.

Для установки и снятия приспособления со стола с помощью подъемных сооружений используются рым-болты позиция 14.

При расчёте приспособления на точность необходимо определить погрешность установки заготовки в приспособлении, которая определяется как:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_\theta^2 + \varepsilon_{3.0}^2 + \Delta_{np}^2}, \quad (1.48)$$

где ε_θ – погрешность базирования, мм;

$\varepsilon_{3.0}$ – основная погрешность закрепления, мм;

Δ_{np} – погрешность приспособления, мм.

Определяем погрешности базирования.

Для размеров на выполняемое отверстие диаметром 13 и 12Н8 с диаметральным допуском 0,5 мм

Размеры выполняются за одну установку. Технологическая база не совпадает с измерительной $\varepsilon_\theta = 0,0275$ мм.

Погрешность закрепления действует не на продолжительный участок заготовки, следовательно упругими деформациями можно пренебречь $\varepsilon_{3.0}=0$.

Погрешность приспособления

$$\Delta_{np} = \varepsilon_{np} + \varepsilon_{yc} + \varepsilon_u, \quad (1.49)$$

где ε_{np} – погрешность изготовления приспособления по выбранному параметру, зависящая от погрешности изготовления и сборки установочных и др. элементов приспособления;

$\varepsilon_{yc}=0,0045$ мм – погрешность установки приспособления на станке;

$\varepsilon_u=0,05$ мм – погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления. Эта величина зависит от программы выпуска изделий, их конструкции и размеров, материала и массы заготовки,

состояния ее базовой поверхности.

$$\varepsilon_{и}=0,05 \cdot N \quad (1.50)$$

где N – программа выпуска.

$$\varepsilon_{и}=0,05 \cdot 500=25 \text{ мкм.}$$

$\varepsilon_{пр} = 0$, т.к. приспособление плотно прилегает к столу станка и инструмент настраивается на пробной детали.

$$\Delta_{пр} = 0 + 0,0045 + 0,05 = 0,0545 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,0275^2 + 0 + 0,0545^2} = 0,061 \text{ мм.}$$

Приспособление удовлетворяет требованиям точности, т. к. погрешность установки не превышает допуска на выполняемые размеры 0,5 мм.

Зажим приспособления предупреждает перемещение заготовки относительно опоры. Силу закрепления Q определяют из условия равновесия силовых факторов, действующих на заготовку. Максимальное усилие резания возникает при сверлении отверстия диаметром 10,2 мм. Сила зажима и сила подачи действуют в одном направлении, прижимая заготовку к установочной поверхности. Возникающая окружная сила резания P_o создает момент, который стремится повернуть заготовку вокруг собственной оси.

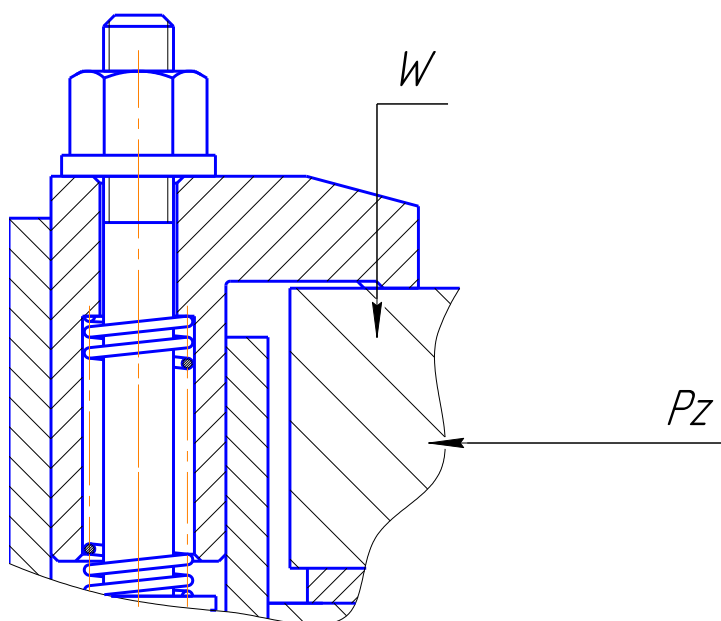


Рисунок 7 – Схема резания и закрепления

$$Q = \frac{k \cdot P}{f_1 + f_2}, \quad (1.51)$$

где P – сила резания;

k – коэффициент запаса и условие равенства сил;

f_1 – коэффициент трения между заготовкой и зажимом;

f_2 – коэффициент трения между заготовкой и установочными элементами.

Принимаем $f_1 = f_2 = 0,15$.

Из расчётов режимов резания $P = 2149$ Н.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (1.52)$$

где $k_0 = 1,5$ – гарантированный коэффициент запаса;

$k_1 = 1,0$ – коэффициент, учитывающий наличие случайных неровностей на поверхности заготовки, вызывающих увеличение сил резания;

$k_2 = 1,2$ – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при затуплении инструмента;

$k_3 = 1,2$ – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании;

$k_4 = 1,2$ – коэффициент, учитывающий постоянство развиваемых сил зажима;

$k_5 = 1,0$ – коэффициент, учитывающий удобство расположения рукояток в ручных зажимных устройствах.

$k_6 = 1,5$ – коэффициент, учитывающий наличие моментов, стремящихся повернуть заготовку.

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,5 = 3,9.$$

$$Q = 2149 \cdot 3,24 / (0,15 + 0,15) = 27937 \text{ Н.}$$

Допустимое усилие зажима по условию прочности для основной метрической резьбы

$$W = 0,5 \cdot d^3 \cdot [\sigma]_p, \quad (1.53)$$

где d – номинальный диаметр резьбы, мм;

$[\sigma]_p = 60$ Мпа – допустимое напряжение при растяжении;

$$d = \sqrt[3]{\frac{W}{0,5 \cdot [\sigma]_p}} = \sqrt[3]{\frac{27937}{0,5 \cdot 60}} = 9,8 \text{ мм.}$$

Принимаем с учетом конструктивных особенностей приспособления $d=20$ мм.

Определяем усилия зажима

$$M = P \cdot \frac{d_2}{2000} \cdot \left[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \frac{D_T}{d_2} \cdot f \right], \quad (1.54)$$

где $f=0,2$ – коэффициент трения на торце гайки;

$d_2=17,752$ мм – средний диаметр болта;

$\alpha = 30^\circ$ – угол наклона метрической резьбы;

$\varphi = 5,5^\circ$ – угол трения в резьбе;

D_T – диаметр трения при сплошном торце.

$$D_T = 1,4 \cdot d,$$

где $d=20$ мм – диаметр резьбы.

$$D_T = 1,4 \cdot 20 = 28 \text{ мм.}$$

$$M = 27937 \cdot \frac{17,752}{20000} \cdot \left[\operatorname{tg}(30 + 5,5) + \frac{28}{17,752} \cdot 0,2 \right] = 175,2 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Максимальное усилие затягивания для резьбы М20 равно 250 Н·м.

1.4.1 Проектирование и вертикально-фрезерного приспособления

Для фрезерования паза шириной 14Н14 выдерживая размер 106h12 на Горизонтально-фрезерный обрабатывающий центр Наас МН-800А необходимо применение специального приспособления. Приспособление разрабатываем для операции 020 в соответствии с принятой схемой базирования. Установку заготовки в приспособление обеспечивает постоянство закрепления в определенном положении заготовок относительно режущего инструмента и позволяет вести обработку с достаточной высокой точностью и меньшими затратами времени, т.к. исключает время на выверку заготовки.

Деталь в данном приспособлении базируется по торцу и пальцу позиция 3, который крепится к основанию позиция 1. Для лучшей установки по торцу к основанию прикрепляется кольцо позиция 2, которое крепится к плите винтом позиция 9. Зажим детали осуществляется при помощи Г-образного прихвата позиция 13, шпильки позиция 15 и гайкой позиция 12. Шпилька вкручивается в основание и контролируется гайкой позиция 11. На шпильке установлены шайба позиция 6 с пружиной позиция 4. Г-образный прихват поворачивается в стойке позиция 5 на угол 90°. Стойка крепится к основанию болтом позиций 8 и шайбой позиция 14. Для ориентации приспособления на станке используется шпонки установочные позиция 7, которые крепятся к плите с помощью винтов позиция 10. Закрепление и раскрепление детали в приспособлении производится с помощью гайка позиция 12. При расслаблении зажима пружина приподнимает Г-образный прихват вверх.

Для установки и снятия приспособления со стола с помощью подъемных сооружений в основании предусмотрены отверстия.

При расчёте приспособления на точность необходимо определить погрешность установки заготовки в приспособлении, которая определяется как:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_{3.0}^2 + \Delta_{np}^2}.$$

Определяем погрешности базирования.

Для размеров на выполняемый паз шириной 14Н14 и выдерживая размер h12 с высотным допуском 0,35 мм

Размеры выполняются за одну установку. Технологическая база не совпадает с измерительной $\varepsilon_6 = 0,0275$ мм.

Погрешность закрепления действует не на продолжительный участок заготовки, следовательно упругими деформациями можно пренебречь $\varepsilon_{3.0}=0$.

Погрешность приспособления

$$\Delta_{np} = \varepsilon_{np} + \varepsilon_{yc} + \varepsilon_u,$$

где ε_{np} – погрешность изготовления приспособления по выбранному параметру, зависящая от погрешности изготовления и сборки установочных и др. элементов приспособления;

$\varepsilon_{yc}=0,0045$ мм – погрешность установки приспособления на станке;

$\varepsilon_{и}=0,05$ мм – погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления. Эта величина зависит от программы выпуска изделий, их конструкции и размеров, материала и массы заготовки, состояния ее базовой поверхности.

$$\varepsilon_{и}=0,05 \cdot N,$$

где N – программа выпуска.

$$\varepsilon_{и}=0,05 \cdot 500=25 \text{ мкм.}$$

$\varepsilon_{пр} = 0$, т.к. приспособление плотно прилегает к столу станка и инструмент настраивается на пробной детали.

$$\Delta_{np} = 0 + 0,0045 + 0,05 = 0,0545 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,0275^2 + 0 + 0,0545^2} = 0,061 \text{ мм.}$$

Приспособление удовлетворяет требованиям точности, т. к. погрешность установки не превышает допуска на выполняемые размеры 0,35 мм.

Зажим приспособления предупреждает перемещение заготовки относительно опоры. Силу закрепления Q определяют из условия равновесия силовых факторов, действующих на заготовку. Максимальное усилие резания возникает при сверлении отверстия диаметром 10,2 мм. Сила зажима и сила подачи действуют в одном направлении, прижимая заготовку к установочной поверхности. Возникающая окружная сила резания P_0 создает момент, который стремится повернуть заготовку вокруг собственной оси рисунок 7.

$$Q = \frac{k \cdot (P + m \cdot q)}{f_1 + f_2},$$

где m – масса детали;

q – коэффициент ускорения свободного падения;

Принимаем $f_1 = f_2 = 0,15$.

Из расчётов режимов резания $P = 1172$ Н.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6,$$

где $k_0 = 1,5$; $k_1 = 1,0$; $k_2 = 1,2$; $k_3 = 1,2$; $k_4 = 1,2$; $k_5 = 1,0$; $k_6 = 1,5$.

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,5 = 3,9.$$

$$Q = 3,9 \cdot (1172 + 19,5 \cdot 9,81) / (0,15 + 0,15) = 17685 \text{ Н.}$$

Допустимое усилие зажима по условию прочности для основной метрической резьбы

$$W = 0,5 \cdot d^3 \cdot [\sigma]_p,$$

где d – номинальный диаметр резьбы, мм;

$[\sigma]_p = 60 \text{ Мпа}$ – допустимое напряжение при растяжении;

$$d = \sqrt[3]{\frac{W}{0,5 \cdot [\sigma]_p}} = \sqrt[3]{\frac{17685}{0,5 \cdot 60}} = 9,4 \text{ мм.}$$

Принимаем с учетом конструктивных особенностей приспособления $d = 20 \text{ мм.}$

Определяем усилия зажима

$$M = P \cdot \frac{d_2}{2000} \cdot \left[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \frac{D_T}{d_2} \cdot f \right],$$

$$f = 0,2; d_2 = 17,752 \text{ мм}; \alpha = 30^\circ; \varphi = 5,5^\circ.$$

$$D_T = 1,4 \cdot d$$

$$D_T = 1,4 \cdot 20 = 28 \text{ мм.}$$

$$M = 17685 \cdot \frac{17,752}{20000} \cdot \left[\operatorname{tg}(30 + 5,5) + \frac{28}{17,752} \cdot 0,2 \right] = 163 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Максимальное усилие затягивания для резьбы М20 равно 250 Н·м.

1.5 Организационная часть

1.5.1 Нормирование технологического процесса механической обработки

Норма времени:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n}, \quad (1.46)$$

где $T_{\text{шт-к}}$ – штучно-калькуляционное время выполнения работ на станках, мин;

$T_{\text{шт}}$ – норма штучного времени, мин;

$T_{\text{п-з}}$ – норма подготовительно-заключительного времени, мин.

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_{в} \cdot K_{ив}) \cdot \left(1 + \frac{A_{обс} + A_{отд}}{100} \right), \quad (1.47)$$

где $T_{ца} = T_0 + T_{мв}$, - время цикла автоматической работы станка по программе, мин.

T_0 – основное время на обработку одной детали, мин;

$T_{мв}$ – машинно-вспомогательное время по программе (на подвод детали или инструмента от исходных точек в зоны обработки и отвод; установку инструмента на размер, смену инструмента, изменение величины и направления подачи, время технологических пауз.), мин;

$T_{в}$ – вспомогательное время, мин;

$K_{ив}$ – поправочный коэффициент вспомогательного времени;

$A_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места, %;

$A_{отд}$ – время на отдых и личные надобности, %.

$$T_{в} = T_{уст} + T_{опер} + T_{изм}, \text{ мин},$$

где $T_{уст}$ – время на установку и снятие детали, мин;

$T_{опер}$ – время, связанное с операцией, мин;

$T_{изм}$ – время на измерение, мин.

$$T_{п-з} = T_{п-31} + T_{п-32} + T_{п-3.обр}, \text{ мин},$$

где $T_{п-31}$ – время на организационную подготовку, мин;

$T_{п-32}$ – время на наладку станка, мин;

$T_{п-3.обр}$ – нормы времени на пробную обработку, мин.

Результаты нормирования рассчитаны на основе литературы и приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Нормы времени на операцию

№	Содержание работы	Источник	Время, мин
1	2	3	4
005	<p>Токарная с ЧПУ</p> <p>1. Основное время</p> <p>2. Вспомогательное время: время, связанное с операцией</p> <p>время на установку и снятие изделия</p> <p>машинно-вспомогательное время по программе</p> <p>Коэффициент на вспомогательное время</p> <p>Суммарное вспомогательное время</p> <p>3. Время на обслуживание рабочего места, время перерывов на отдых и личные надобности</p> <p>5. Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособлений, на дополнительные приёмы</p> <p>Штучное время</p> <p>Штучно-калькуляционное время</p>	<p>Карта 14, поз.1-6</p> <p>Карта 13, поз. 3</p> <p>Карта 16 Поз.39</p> <p>Карта 26,</p>	<p>0,2</p> <p>0,6</p> <p>3,1</p> <p>1,5</p> <p>1,0</p> <p>5,2</p> <p>14%</p> <p>26</p> <p>6,16</p> <p>8,32</p>
010	<p>Токарная с ЧПУ</p> <p>1. Основное время</p> <p>2. Вспомогательное время: время, связанное с операцией</p> <p>время на установку и снятие изделия</p> <p>машинно-вспомогательное время по программе</p> <p>Коэффициент на вспомогательное время</p> <p>Суммарное вспомогательное время</p>	<p>Карта 14, поз.1-6</p> <p>Карта 13, поз. 3</p>	<p>4,05</p> <p>0,9</p> <p>3,1</p> <p>1,5</p> <p>1,0</p> <p>5,5</p>

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4
	<p>3. Время на обслуживание рабочего места, время перерывов на отдых и личные надобности</p> <p>5. Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособлений, на дополнительные приёмы</p> <p>Штучное время</p> <p>Штучно-калькуляционное время</p>	<p>Карта 16</p> <p>Поз.39</p> <p>Карта 26,</p>	<p>14%</p> <p>26</p> <p>10,89</p> <p>13,05</p>
015	<p>Токарная с ЧПУ</p> <p>1. Основное время</p> <p>2. Вспомогательное время:</p> <p>время, связанное с операцией</p> <p>время на установку и снятие изделия</p> <p>машинно-вспомогательное время по программе</p> <p>Коэффициент на вспомогательное время</p> <p>Суммарное вспомогательное время</p> <p>3. Время на обслуживание рабочего места, время перерывов на отдых и личные надобности</p> <p>5. Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособлений, на дополнительные приёмы</p> <p>Штучное время</p> <p>Штучно-калькуляционное время</p>	<p>Карта 14, поз.1-6</p> <p>Карта 13, поз. 3</p> <p>Карта 16</p> <p>Поз.39</p> <p>Карта 26,</p>	<p>3,24</p> <p>3,2</p> <p>3,1</p> <p>1,5</p> <p>1,0</p> <p>7,8</p> <p>14%</p> <p>26</p> <p>12,59</p> <p>14,75</p>
020	<p>Фрезерная с ЧПУ</p> <p>1. Основное время</p> <p>2. Вспомогательное время:</p> <p>на установку и снятие детали</p> <p>время, связанное с переходом</p>	<p>Карта 16, поз.7, 40</p>	<p>0,15</p> <p>0,6</p> <p>0,6</p>

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4
	на измерение Коэффициент на вспомогательное время Суммарное вспомогательное время 3. Время на обслуживание рабочего места 4. Время перерывов на отдых и личные потребности 5. Подготовительно-заключительное время: на наладку станка, инструмента и приспособлений на получение инструмента и приспособлений до начала и сдачу их после окончания обработки 6. Штучное время 7. Штучно-калькуляционное время	Карта 56, поз.16 Карта 86, поз.72 Карта 56, поз.18 Карта 56, поз.20 Карта 56, поз.21	0,8 1 2 8% 4% 28 2,41 4,74
025	Фрезерная с ЧПУ 1. Основное время 2. Вспомогательное время: на установку и снятие детали время, связанное с переходом на измерение Коэффициент на вспомогательное время Суммарное вспомогательное время 3. Время на обслуживание рабочего места 4. Время перерывов на отдых и личные потребности 5. Подготовительно-заключительное время: на наладку станка, инструмента и приспособлений на получение инструмента и приспособлений до начала и сдачу их после окончания обработки	 Карта 16, поз.7, 40 Карта 56, поз.16 Карта 86, поз.72 Карта 56, поз.18 Карта 56, поз.20 Карта 56, поз.21	5,64 2,1 0,6 0,8 1 3,5 8% 4% 28

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4
	6. Штучное время 7. Штучно-калькуляционное время		10,98 13,31
035	Внутришлифовальная 1. Основное время 2. Вспомогательное время: на установку и снятие детали время, связанное с переходом	 Карта 16, поз.7, 40 Карта 56, поз.16	 10,33 3,6 1,2
	на измерение Коэффициент на вспомогательное время Суммарное вспомогательное время 3. Время на обслуживание рабочего места 4. Время перерывов на отдых и личные потребности 5. Подготовительно-заключительное время: на наладку станка, инструмента и приспособлений на получение инструмента и приспособлений до начала и сдачу их после окончания обработки 6. Штучное время 7. Штучно-калькуляционное время	Карта 86, поз.72 Карта 56, поз.18 Карта 56, поз.20 Карта 56, поз.21	1,6 1 6,4 7% 4% 24 7,04 9,04

2 Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение

В экономической части выпускной квалификационной работы производится расчет себестоимости изготовления «Фланец» с заводским кодом КС4372.309.60.047 по разработанному технологическому процессу. При разработке технологического процесса закладывается среднесерийный тип производства, обоснованный параметрами детали и объемом производственной программы (N = 500 шт.). Материал – 35ГЛ ГОСТ 977-88;

Производственная себестоимость изделия охватывает все затраты предприятия на его производство.

2.1 Расчет объема капитальных вложений

2.1.1 Стоимость технологического оборудования

Стоимость технологического оборудования (K_{TO}) представляет собой сумму произведения количества оборудования и его цены по всем операциям технологического процесса:

$$K_{TO} = \sum_{i=1}^m Q_i \cdot C_i, \quad (2.1)$$

где m – количество операций технологического процесса изготовления изделий;

Q_i – принятое количество единиц оборудования, занятого выполнением i -ой операции;

C_i – балансовая стоимость единицы оборудования, занятого выполнением i -ой операции.

Стоимость технологического оборудования приведена в таблице 19.

Таблица 19 – Стоимость технологического оборудования

№ операции	Модель станка	Ц _i , руб.	Q ⁱ , шт.	K _{тоi} , руб.
005, 010, 015	117НТ-1500	4150000	1	4150000
020	МН-800А	7500000	1	7500000
025	ФС130МФ3	7500000	1	7500000
035	ШК324.32	2350000	1	2350000
Всего:				21500000

2.1.2 Стоимость вспомогательного оборудования

К вспомогательному оборудованию отнесем машины и оборудование (генераторы, двигатели, прессы, вычислительная техника, лабораторное оборудование, транспортные средства и т.д.), неучтенное в стоимости основного технологического оборудования п.3.1.1, но принимающее непосредственное участие в технологическом процессе.

Стоимость вспомогательного оборудования (K_{во}) определим приближенно – 30% от стоимости технологического оборудования.

$$K_{\text{во}} = K_{\text{то}} \cdot 0,30, \quad (2.2)$$

$$K_{\text{во}} = 28500000 \cdot 0,3 = 8550000 \text{ руб.}$$

2.1.3 Стоимость инструментов, приспособлений и инвентаря

Стоимость инструментов и инвентаря (K_{ин}) по предприятию устанавливаем приближенно в размере 10–15 % от стоимости технологического оборудования.

В данном случае учитывается стоимость:

- инструментов всех видов (режущие, мерительные) и прикрепляемые к машинам приспособления для обработки изделия (зажимы, тиски и т.д.);
- производственного инвентаря для обеспечения производственных процессов;
- хозяйственного инвентаря;

$$K_{\text{ии}} = K_{\text{то}} \cdot 0,15 \quad (2.3)$$

$$K_{\text{ии}} = 28500000 \cdot 0,15 = 42750000 \text{ руб.}$$

2.1.4 Стоимость эксплуатируемых помещений

Стоимость эксплуатационных помещений рассчитываем при арендованной форме владения, по формуле:

$$C_{\text{п}}^{\text{II}} = (S_{\text{пп}} \cdot A_{\text{пп}} + S_{\text{сп}} \cdot A_{\text{сп}}) \cdot T, \quad (2.4)$$

где $S_{\text{пп}}$, $S_{\text{сп}}$ – соответственно производственная и складская площадь, м^2 ;

$A_{\text{пп}}$, $A_{\text{сп}}$ – арендная плата 1м^2 за месяц, $\text{руб}/\text{м}^2$;

T – отчетный период ($T=12$ мес.).

$$C_{\text{п}}^{\text{II}} = (30 \cdot 100 + 21 \cdot 100) \cdot 12 = 68400 \text{ руб.}$$

2.1.5 Стоимость оборотных средств в производственных запасах, сырье и материалах

Данные средства рассчитываются по формуле:

$$K_{\text{пзм}} = \frac{H_{\text{м}} \cdot N \cdot \Pi_{\text{м}}}{360} \cdot T_{\text{обм}}, \quad (2.5)$$

где $H_{\text{м}}$ – норма расхода материала, $H_{\text{м}} = 19,2 \text{ кг/ед.}$;

N – годовой объем производства продукции, $N = 500 \text{ шт.}$;

$\Pi_{\text{м}}$ – цена материала, $\Pi_{\text{м}} = 340 \text{ руб./кг}$ (Сталь 35УЛ ГОСТ 978-71);

$T_{\text{обм}}$ – продолжительность оборота запаса материалов (квартал, полугодие, определенный период) в днях, $T_{\text{обм}} = 10$ дней.

$$K_{\text{пзм}} = \frac{19,2 \cdot 500 \cdot 340}{360} \cdot 10 = 90666,67 \text{ руб.}$$

2.1.6 Оборотные средства в незавершенном производстве

Стоимость незавершенного производства ($K_{нзп}$) установлена из следующего выражения:

$$K_{нзп} = \frac{N \cdot T_{ц} \cdot C' \cdot \kappa_{Г}}{360}, \quad (2.6)$$

где $T_{ц}$ – длительность производственного цикла, $T_{ц}=77$ дней;

C' – себестоимость единицы готовой продукции на стадии предварительных расчетов, руб.;

$\kappa_{Г}$ – коэффициент готовности.

Себестоимость единицы готовой продукции на стадии предварительных расчетов определяется по формуле:

$$C' = \frac{H_{М} \cdot Ц_{М}}{\kappa_{М}}, \quad (2.7)$$

где $\kappa_{М}$ – коэффициент, учитывающий удельный вес стоимости основных материалов в себестоимости изделия ($\kappa_{М}=0,8 \div 0,85$), принимаем $\kappa_{М}=0,85$.

$$C' = \frac{19,2 \cdot 340}{0,85} = 7680 \text{ руб.}$$

Коэффициент готовности:

$$\kappa_{Г} = (\kappa_{М} + 1) \cdot 0,5, \quad (2.8)$$

$$\kappa_{Г} = (0,85 + 1) \cdot 0,5 = 0,925 \text{ руб.}$$

$$K_{нзп} = \frac{500 \cdot 77 \cdot 7680 \cdot 0,925}{360} = 759733,33 \text{ руб.}$$

2.1.7 Оборотные средства в запасах готовой продукции

Стоимость запаса готовой продукции определяется по формуле:

$$K_{\text{гп}} = \frac{C' \cdot N}{360} \cdot T_{\text{гп}}, \quad (2.9)$$

где $T_{\text{гп}}$ – продолжительность оборота готовой продукции на складе в днях, принимаем $T_{\text{гп}}=7$ дней.

$$K_{\text{гп}} = \frac{7680 \cdot 500}{360} \cdot 7 = 74666,67 \text{ руб.}$$

2.1.8 Оборотные средства в дебиторской задолженности

Дебиторская задолженность определяется по формуле:

$$K_{\text{гп}} = \frac{C' \cdot N}{360} \cdot T_{\text{гп}}, \quad (2.10)$$

где $V_{\text{рп}}$ – выручка от реализации продукции на стадии предварительных расчетов, руб.;

$T_{\text{дз}}$ – продолжительность дебиторской задолженности ($T_{\text{дз}}=7 \div 40$), дней, принимаем $T_{\text{дз}}=20$ дней.

Выручка от реализации продукции на данном этапе расчета устанавливается приближенным путем:

$$V_{\text{рп}} = C' \cdot N \left(1 + \frac{p}{100}\right), \quad (2.11)$$

где p – рентабельность продукции ($p=15 \div 20\%$).

$$V_{\text{рп}} = 7680 \cdot 500 \cdot \left(1 + \frac{20}{100}\right) = 4608000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{дз}} = \frac{4608000}{360} \cdot 20 = 256000 \text{ руб.}$$

2.1.9 Денежные оборотные средства

Для нормального функционирования предприятия необходимо иметь денежные средства на текущие расходы. Сумма денежных средств можно принять приближенно 10% от суммы материальных оборотных средств.

$$C_{\text{ОБС}} = K_{\text{ПЗМ}} \cdot 0,1, \quad (2.12)$$

$$C_{\text{ОБС}} = 90666,67 \cdot 0,1 = 9066,67 \text{ руб.}$$

2.2 Определение сметы затрат на производство и реализацию продукции

2.2.1 Основные материалы за вычетом реализуемых отходов

Затраты на основные материалы (C_M) рассчитываются по формуле:

$$C_M = N \cdot (C_M \cdot H_M \cdot K_{\text{ТЗР}} - C_O \cdot H_O), \quad (2.13)$$

где $K_{\text{ТЗР}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($K_{\text{ТЗР}}=1,04$);

C_O – цена возвратных отходов, руб./кг;

H_O – норма возвратных отходов кг/шт.;

Норма возвратных отходов определяется:

$$H_O = m_3 - m_0, \quad (2.14)$$

где m_3 – масса заготовки, кг;

m_0 – масса изделия, кг.

$$H_O = 25 - 19,2 = 5,8 \text{ кг/шт.}$$

Затраты на основные материалы записываем в таблицу 20.

Таблица 20 – Затраты на основные материалы

№ детали	Затраты на материалы, руб.	Возвратные отходы, руб.	$C_{\text{м}}, \text{ руб.}$
КС4372.309.60.047	340	1,50	6780,42
Всего:			3390210

2.2.2 Расчет заработной платы производственных работников

Основная заработная плата предусматривает оплату труда за проработанное время. Рассчитываем сдельно-премиальную оплату труда.

В соответствии с этой системой заработная плата рассчитывается по формуле:

$$C_{30} = \sum_{i=1}^m \frac{t_{штi} \cdot C_{часi}}{60} \cdot \kappa_n \cdot \kappa_p \cdot N, \quad (2.14)$$

где m – количество операций технологического процесса;

$t_{штi}$ – норма времени на выполнение i -ой операции, мин/ед.;

$C_{часj}$ – часовая ставка j -го разряда, руб./час;

κ_n – коэффициент, учитывающий премии и доплаты ($\kappa_n \approx 1,5$);

κ_p – районный коэффициент ($\kappa_p=1,3$).

Определение фонда заработной платы и численности рабочих приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Расчёт фонда заработной платы

Профессия рабочего	$T_{штi}$, мин	Разряд	Количество	$C_{часj}$, руб.	C_{30i} , руб
Оператор токарных станков с ЧПУ	6,16+10,89+12,59	4	1	33,15	15966,7
Оператор фрезерных станков с ЧПУ	2,41	4	1	33,15	1298,24
Оператор фрезерных станков с ЧПУ	10,98	4	1	33,15	5914,79
Оператор шлифовальных станков	7,04	4	1	33,15	3792,36
Фонд заработной платы всех рабочих					26972,08

2.2.3 Отчисления на социальные нужды по заработной плате основных производственных рабочих

Отчисление на социальные нужды:

$$C_{осо} = C_{30} \cdot (\alpha_1 + \alpha_2), \quad (2.15)$$

где α_1 – обязательные социальные отчисления ($\alpha_1 = 0,26$), руб/год;

α_2 – социально страхование по проф. заболеваниям и несчастным случаям
($\alpha_2=0,03$), руб/год;

$$C_{oco}=26972,08 \cdot (0,26+0,03)=7821,9 \text{ руб.}$$

2.2.4 Расчет амортизации основных фондов

В расчетах определяем годовую норму амортизации каждого оборудования, по следующей схеме используя линейный метод:

$$a_{ni} = \frac{1}{T_o} \cdot 100\%, \quad (2.16)$$

где T_o – срок службы оборудования ($T_o=3 \div 12$ лет).

$$a_{n005,010,015} = \frac{1}{10} \cdot 100\% = 10,0.$$

$$a_{n020} = \frac{1}{10} \cdot 100\% = 10,0.$$

$$a_{n025} = \frac{1}{10} \cdot 100\% = 10,0.$$

$$a_{n035} = \frac{1}{10} \cdot 100\% = 10,0.$$

Списание стоимости происходит равномерно и к концу срока использования достигается нулевая балансовая стоимость.

При небольшом объеме производства и неполной загрузки оборудования необходим расчет амортизационных отчислений, приходящихся на 1 час работы оборудования:

$$A_{ij} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \cdot a_{ni}}{F_d \cdot K_{BPI}}, \quad (2.17)$$

где n – количество оборудования;

K_{BPI} – коэффициент загрузки i -го оборудования по времени;

F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования;

Стоимость амортизационных отчисления записаны в таблице 22.

Таблица 22 – Расчёт амортизационных отчислений

№ операции	Ц _и , руб.	a _{ни} , %	F _{ди} , ч	K _{вpi}	A _{чи} , руб.
005, 010, 015	4150000	10,0	1790	0,168	137873,75
020	7500000	10,0	1790	0,022	3670886,08
025	7500000	10,0	1790	0,062	676183,32
035	2350000	10,0	1790	0,042	311946,9
Амортизационные отчисления для всех станков (A _ч)					2749771,13

Амортизационные отчисления эксплуатируемых площадей, включены в стоимость арендной платы.

2.2.5 Отчисления в ремонтный фонд

Эти затраты включают в себя затраты по всем видам ремонта (капитального, текущего и др.). Затраты на ремонт оборудования определяются по формуле:

$$C_p = (K_{TO} + K_{BO}) \cdot \kappa_{PEM} + C_{II} \cdot \kappa_{3.PEM}, \quad (2.18)$$

где κ_{PEM} , $\kappa_{3.PEM}$ – коэффициенты, учитывающие отчисления в ремонтный фонд, $\kappa_{PEM}=10\%$, $\kappa_{3.PEM}=10\%$.

$$C_p = (22800000 + 457200) \cdot 0,1 + 457200 \cdot 0,1 = 3009720 \text{ руб.}$$

2.2.6 Затраты на вспомогательные материалы на содержание оборудования

Затраты на СОЖ определяются по формуле:

$$C_{COTC} = n \cdot N \cdot g_{OX} \cdot \Pi_{OX}, \quad (2.19)$$

где g_{OX} – средний расход охлаждающей жидкости для одного станка ($g_{OX}=0,03\text{кг/дет}$);

Π_{OX} – средняя стоимость охлаждающей жидкости, ($\Pi_{OX}=26 \text{ руб/кг}$);

n – количество станков.

$$C_{COTC} = 6 \cdot 500 \cdot 0,03 \cdot 26 = 2340 \text{ руб.}$$

Затраты на сжатый воздух рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{возд}} = \frac{g_{\text{возд}} \cdot \Pi_{\text{возд}} \cdot N_{\Gamma}}{60} \cdot \Sigma t_{oi}, \quad (2.20)$$

где $g_{\text{возд}}$ – расход сжатого воздуха, $g_{\text{возд}} = 0,7 \text{ м}^3/\text{ч}$;

$\Pi_{\text{возд}}$ – стоимость сжатого воздуха, $\Pi_{\text{возд}} = 3,4 \text{ руб.}$

$$C_{\text{возд}} = \frac{0,7 \cdot 3,4 \cdot 500}{60} \cdot 63,21 = 626,83 \text{ руб.}$$

2.2.7 Затраты на силовую электроэнергию

Расчёт затрат на электроэнергию:

$$C_{\text{чэ}} = \sum_{i=1}^m N_{yi} \cdot F_{\text{д}} \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{вр}} \cdot K_{\text{од}} \cdot \frac{K_{\omega}}{\eta} \cdot \Pi_{\text{э}}, \quad (2.21)$$

где N_{yi} – установленная мощность электродвигателей оборудования, занятого выполнением i -ой операции, кВт;

$K_{\text{н}}$, $K_{\text{вр}}$ – средние коэффициенты загрузки электродвигателя по мощности и времени, принимаем $K_{\text{н}} = 0,5$; $K_{\text{вр}} = 0,21$;

$K_{\text{од}}$ – средний коэффициент одновременной работы всех электродвигателей, $K_{\text{од}} = 0,6 \div 1,3$, принимаем $K_{\text{од}} = 0,8$;

K_{ω} – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода, принимаем $K_{\omega} = 1,06$;

η – КПД оборудования, принимаем $\eta = 0,7$;

$\Pi_{\text{э}}$ – средняя стоимость электроэнергии собственного производства $\Pi_{\text{э}} = 6,97 \text{ руб./кВтч.}$

Расчет затрат на электроэнергию приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Затраты на электроэнергию технологического процесса

№ операции	N_{yi} , кВт	$C_{\text{чэ}}$, руб.
005. 010, 015	30	41658,37
020	14,9	20690,32
025	47,5	65959,08
035	13	18051,96
Затраты на электроэнергию для всех операций		146359,73

2.2.8 Затраты на инструменты, приспособления и инвентарь

Стоимость инструментов и инвентаря по предприятию установлена приближенно, поэтому их учтем как плановый показатель $K_{ин1}=3420000 \cdot 0,05=171000$ руб. и включим в себестоимость произведенной продукции.

2.2.9 Расчет заработной платы вспомогательных рабочих

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитывается по формуле:

$$C_{ЗВР} = \sum_{j=1}^k C_{ЗМj} \cdot Ч_{ВРj} \cdot 0,3 \cdot \kappa_{nj} \cdot \kappa_{pj}, \quad (2.22)$$

где $k=3$ – количество вспомогательных рабочих;

$Ч_{ВРj}$ – численность рабочих по соответствующей профессии;

$C_{ЗМj}$ – месячная тарифная ставка рабочего соответствующего разряда,
 $C_{ЗМj}=7500$;

κ_{nj} – коэффициент, учитывающий премии и доплат для вспомогательных рабочих ($\kappa_{nj}=1,2 \div 1,3$);

κ_{pj} – районный коэффициент ($\kappa_{pj}=1,3$).

На участке один вспомогательный рабочий: наладчик станков с ЧПУ 6 разряда.

$$C_{ЗВР}=7500 \cdot 3 \cdot 0,3 \cdot 1,3 \cdot 1,3=11407,5 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные цели вспомогательных рабочих:

$$C_{ОВР} = C_{ЗВР} \cdot 0,26 = 11407,5 \cdot 0,26 = 2965,95 \text{ руб.},$$

где $C_{ОВР}$ – сумма отчислений за год, руб./год.

2.2.10 Заработная плата административно-управленческого персонала

$$C_{ЗАУП} = \sum_{j=1}^k C_{ЗАУПj} \cdot Ч_{ЗАУПj} \cdot 0,3 \cdot \kappa_{nj} \cdot \kappa_{ПДj}, \quad (2.23)$$

где $C_{зупj}$ – месячный оклад работника административно-управленческого персонала, $C_{зупj}=13450$ руб.;

$Ч_{аупj}$ – численность работников административно-управленческого персонала должности, $Ч_{аупj}=2$ чел.;

$k_{пдж}$ – коэффициент, учитывающий премии и доплаты административно-управленческого персонала, $k_{пдж}=1,58$.

$$C_{ЗАУП}=13450 \cdot 2 \cdot 0,3 \cdot 1,3 \cdot 1,58=16575,78 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные цели административно-управленческого персонала:

$$C_{ОАУП} = C_{ЗАУП} \cdot 0,26 = 16575,78 \cdot 0,26 = 4309,7 \text{ руб.}$$

2.2.11 Прочие расходы

В прочие затраты входят разнообразные и многочисленные расходы: налоги и сборы, отчисления в специальные фонды, платежи по обязательному страхованию имущества и за выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду, командировочные и представительские расходы, оплата работ по сертификации продукции, спец одежда рабочих, вознаграждения за изобретательства и рационализацию, и др.

Прочие расходы рассчитаем как плановые условно:

$$C_{ПРОЧ} = ПЗ \cdot N \cdot 0,7, \quad (2.24)$$

где ПЗ – прямые затраты единицы продукции, руб.

$$C_{ПРОЧ} = 4795,01 \cdot 500 \cdot 0,7 = 2397502,8 \text{ руб.}$$

Сравнивая, расчетную себестоимость изготовления изделия по разработанному технологическому процессу с себестоимостью изготовления изделия по базовому технологическому процессу находим величину годового экономического эффекта, полученную от внедрения разработанного технологического процесса:

$$\mathcal{E}=(C_1 - C_2) \cdot N, \quad (2.25)$$

где C_1 и C_2 – себестоимостью изготовления изделия по базовому и разработанному технологическому процессу соответственно, руб.

$C_1=40500$ руб. реализационная цена

$$\Xi=(40500 - 31959,45) \cdot 500=9332276,7 \text{ руб.}$$

2.3 Экономическое обоснование технологического проекта

Экономическое обоснование технологического проекта приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Смена затрат по экономическим элементам

Затраты	Сумма, руб./ед	Сумма, руб./год
Прямые затраты:		
основные материалы за вычетом реализуемых отходов	6780,42	3390210
заработная плата производственных рабочих	53,94	26972,08
отчисления на социальные нужды по зарплате производственных рабочих	15,64	7821,9
Косвенные затраты:		
амортизация оборудования предприятия	9593,78	4796890,05
отчисления в ремонтный фонд	7423,68	3711840
вспомогательные материалы на содержание оборудования	5,93	2966,83
затраты на силовую электроэнергию	67,52	33760,71
износ инструмента	3153	1576500
заработная плата вспомогательных рабочих	22,82	11407,5
отчисление на социальные цели вспомогательных рабочих	5,93	2965,95
заработная плата административно-управленческого персонала	33,15	16575,78
отчисление на социальные цели административно-управленческого персонала	8,619	4309,7028
прочие расходы	4795,01	2397502,79
Итого:	31959,45	15979723,31

Вывод: в ходе выполнения работы по разделу ФМРиР был выполнен расчет прямых и косвенных затрат за год, заработной платы работников предприятия с их социальными доходами. Кроме того были проведены расчеты амортизации основных фондов а также получены значения затрат на основные и вспомогательные материалы.

3 Социальная ответственность

3.1 Характеристика объекта исследования

Реальные производственные условия характеризуются, как правило, наличием некоторых опасных и вредных факторов.

При проектировании технологического процесса изготовления детали Фланца КС-4372.309.60.047 применяются следующие станки: горизонтальный фрезерно-, токарный, сверлильный, шлифовальный.

Следовательно, деталь подвергается сверлильной, токарной и фрезерной обработке.

Обрабатываемый материал – 35ГЛ ГОСТ 977-88.

Выполнение рассматриваемого технологического процесса сопровождается вредными и опасными факторами.

Опасные факторы – это движущиеся части производственного оборудования; стружка обрабатываемого материала; обломки инструментов; высокая температура поверхности обрабатываемой детали и инструмента; возможное появление электрического тока, при котором может произойти замыкание через тело человека.

При обработке стального литья 25ГЛ образуется металлическая стружка, имеющая высокую температуру и представляющая серьезную опасность не только для работающих на станке, но и для лиц, находящихся вблизи станка. Опасность для глаз представляет не только отлетающая стружка, но и пылевые частицы обрабатываемого материала, осколки режущего инструмента. Также следует отметить что режимы обработки выбранные в ходе разработки технологического процесса таковы что скорость вращения заготовки на станке не высока ввиду больших размеров заготовки, однако увеличены величины глубины резания соразмерно с подачами станка. Из этого следует, что главную опасность представляет отлетающая стружка, которая имеет большую толщину и очень раскалена.

Вредные факторы – повышенная запыленность воздуха в разработанном технологическом процессе отсутствуют, т.к. из технологического процесса

исключены операции шлифования и сварочные работы для сварки технологических плотиков. Благодаря тому что данные операции были ликвидированы или заменены на другие мы добились того что вредных для человека факторов стало меньше. Вредные факторы при запыленности следующие: для неядовитой пыли характерно раздражение и даже ранение пылинками слизистых оболочек дыхательных путей, приводящее к их воспалению, а при проникновении в легкие – к возникновению специфических заболеваний. Образование этой пыли имеет место при металлообработке и прокатке. При сварке образуется пыль содержащая марганец, хром, фтор, которая является ядовитой. В результате действия ядовитых веществ у человека возникает болезненное состояние – отравление, опасность которого зависит от продолжительности действия, концентрации (кг/м^3) и вида яда. Сварочная пыль и пыль, образуемая при шлифовании, могут явиться причиной заболевания пневмокониозом.

3.2 Выявление и анализ вредных производственных факторов

Шум.

Шум – любой нежелательный звук, воспринимаемый органом слуха человека. Представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной интенсивности и частоты. В соответствии с классификацией шумов, установленной СН 2.2.4/2.1.8.562-96, шумы бывают: широкополосные; тональные; постоянные; непостоянные; прерывистые; колеблющиеся; импульсные.

Источником шума на участке являются металлорежущее оборудование, электродвигатели, краны и т.п.

Шум на производстве наносит большой ущерб, вредно действуя на организм человека и снижая производительность труда. Утомление рабочих из-за шума увеличивает число ошибок на работе, способствует возникновению травм. Предельно допустимый уровень шума на рабочих местах установлен СН

2.2.4/2.1.8.562-96 и составляет 85 Дб.

В борьбе с производственным шумом применяются методы:

- уменьшение шума (совершенствование технологических операций и применяемого оборудования);
- ослабление на пути следования шума (проводится акустическая обработка помещений, основанная на явлении поглощения звука волокнисто-пористыми материалами);

Предельно допустимый уровень шума на рабочих местах установлен СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и составляет 85 дБ. Шум большинства металлорежущих станков лежит в средне- и высокочастотной областях – 500–8000 Гц с допустимыми уровнями звукового давления 83–74 дБ.

Недостаточное освещение

Свет (видимое излучение) представляет собой излучение, непосредственно вызывающее зрительное ощущение. В производственных помещениях используется три вида освещения:

- естественное (источником является солнце);
- искусственное (используются лампы накаливания, газоразрядные);
- смешанное (естественное + искусственное).

Различают следующие виды искусственного освещения: общее (равномерное или локализованное), местное (стационарное или переносное); и комбинированное (общее + местное).

Недостаточное освещение может ухудшить зрение человека, а также косвенно влияет на безопасность труда и качество продукции. Кроме того, недостаточное освещение часто является причиной несчастных случаев и заболеваний зрительных органов.

Нормальные условия работы в производственных помещениях могут быть обеспечены лишь при достаточном освещении рабочих зон, проходов, проездов. Естественное и искусственное освещение должно соответствовать требованиям СНиП 23–05–95. Величина коэффициента естественного освещения (КЕО) для различных помещений лежит в пределах 0,1–12 %,

$$KEO = \frac{E}{E_0} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

где E – освещённость на рабочем месте, Лк;

E_0 – освещённость на улице (при среднем состоянии облачности), Лк.

Для местного освещения применяются светильники, устанавливаемые на металлорежущих станках, и отрегулированы так, чтобы освещённость была не ниже значений, установленных санитарными нормами. Качество выпускаемой продукции в значительной степени зависят от качества освещения помещений и рабочих мест. Кроме того, недостаточное освещение часто является причиной несчастных случаев и заболеваний зрительных органов.

На участке, где происходит технологический процесс изготовления детали, естественное освещение осуществляется верхним светом через световые призмы – фонари. Так как освещенность, создаваемая естественным светом, изменяется в зависимости от времени дня, года, метеорологических факторов, то для поддержания постоянного уровня освещенности применяется комбинированное освещение – естественное и искусственное. Искусственное общее освещение – лампы накаливания располагаются в верхней зоне помещения и на колоннах.

Для освещения общего надзора за эксплуатацией оборудования применяются ртутные лампы СЗ-4-ДРЛ. Для местного освещения применяются люминесцентные лампы ЛБ.

Рассчитаем требуемое количество светильников.

Расчет общего равномерного искусственного освещения рабочей поверхности выполняется методом коэффициента использования светового потока. Применяя этот метод, можно определить световой поток ламп, необходимый для создания заданной освещенности поверхности с учетом света, отраженного стеклами и потолком. Методика расчета изложена в [12].

Величина светового потока лампы:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{n \cdot \eta} \quad (3.2)$$

где $E = 390$ лк – минимальная освещенность;

$k = 1,8$ – коэффициент запаса;

$S = 400 \text{ м}^2$ – площадь освещаемого помещения;

$Z = 0,9$ – коэффициент неравномерности освещения;

$N = 18$ – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока (в долях единицы).

В данном случае величина общей освещенности составляет 300 лк и 3000 лк всего, которая корректируется с учетом коэффициента запаса 1,3, т.к. со временем за счет загрязнения светильников и уменьшения светового потока ламп снижается освещенность.

$$E = 300 \cdot 1,3 = 390 \text{ лк.}$$

Для равномерного общего освещения светильники располагаются рядами параллельно стенам с окнами. Наивыгоднейшее относительное расстояние между светильниками: $\lambda = 1,4 \text{ м}$; $L = 5,6$; $L/3 = 1,86$.

По таблице 4.8 для помещений со средним выделением пыли коэффициент запаса $K = 1$.

Наименьшая высота подвеса светильников над полом находится по таблице 4.7 [11] для светильников СЗ-4 ДРЛ равна 4 м.

Индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (3.3)$$

где $h = 6 \text{ м}$ – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью;

A, B – стороны помещения, м^2 ;

$$i = \frac{400}{6 \cdot (20 + 20)} = 1,66.$$

По таблице 12 [11] $\eta = 41\%$.

$$\Phi = \frac{390 \cdot 1,8 \cdot 400 \cdot 0,9}{18 \cdot 0,41} = 34243 \text{ лм.}$$

По таблице 2 [11] для общего освещения используются лампы с мощностью 125 Вт, напряжением в сети 220 В, напряжением на лампе 120 В, током лампы 1,25 А, световой поток 5500 лм. Лампа ЛБ.

Таким образом система общего освещения участка цеха состоит из 18 двухламповых светильников типа ОД с люминисцентными лампами ЛБ мощностью 125 Вт встроенных в 4 ряда по 4, 5 светильников.

Вибрации.

Вибрация – механические колебания упругих тел или колебательные движения механических систем. По характеру действия на организм человека вибрацию подразделяют на общую (действует на всё тело) и местную (действует только на руки рабочего).

Вибрация, может привести к развитию виброболезни. Вибрации ухудшают самочувствие работающего и снижают производительность труда, часто приводят к тяжелому профессиональному заболеванию – виброболезни. Причиной возникновения вибраций являются возникающие при работе оборудования неуравновешенные силовые действия.

Для уменьшения уровня вибрации применяют виброизоляцию. Между источником и объектом помещаются упругие элементы – амортизаторы.

Предельно допустимая норма вибраций (уровень виброскорости) по СН 2.2.4/2.1.8.566-96 или ГОСТ12.1.012-78:

общая – 92 дБ, для средней частоты октавных полос – 16; 31,5; 63 Гц;

общая – 93 дБ, для средней частоты октавной полосы – 8 Гц;

общая – 99 дБ, для средней частоты октавной полосы – 4 Гц;

общая – 108 дБ, для средней частоты октавной полосы – 2 Гц;

местная – 124 дБ.

Также необходимо отметить, что особо опасной является вибрация с частотой 6–9 Гц, которая близка к собственной частоте колебаний внутренних органов человека; при её воздействии возникает резонанс, который увеличивает колебания внутренних органов, расширяя их или сужая, что весьма вредно. Чем больше амплитуда колебаний, тем больше энергия колебательных движений и тем сильнее на них реакция человека.

Смазывающе-охлаждающие технологические средства (СОТС).

В виду возникновения при обработке резанием большого количества тепла

возникает необходимость применения СОТС (в частности, в данной работе СОЖ – смазывающе-охлаждающая жидкость). СОТС (СОЖ) может привести при попадании на кожу к развитию кожных заболеваний.

Допустимая концентрация вредных веществ для здоровья человека соответствует ГОСТ 12.0.004-79. Периодичность замены СОТС устанавливается по результатам контроля не реже одного раза в месяц, эмульсий – одного раза в неделю, полусинтетических жидкостей – одного раза в две недели. Не реже одного раза в неделю должен производиться анализ СОТС на отсутствие микробов, вызывающих кожные заболевания. Дополнительно контроль может проводиться при появлении запаха или раздражении кожи.

Хранить и транспортировать СОТС необходимо в чистых стальных резервуарах, изготавливаемых из белой жести, оцинкованного листа или пластмасс. СОТС хранится в соответствии с требованиями СНиП 11–106-72.

В нашей работе СОТС выбрана с учетом разрешения министерства здравоохранения РФ в соответствии с ГОСТ 12.3.025-80:

МР–3 (ТУ 38.201254-76) – маловязкое минеральное масло;

ВЕЛС–I (ТУ 38.00145843017-94) – полусинтетическая эмульсия.

3.3 Выявление и анализ опасных производственных факторов

Движущиеся рабочие органы станков.

Движущиеся рабочие органы станков могут нанести травму работнику.

На станках с ЧПУ такие движения как подвод – отвод инструмента, его смена выполняется с высокой скоростью. Эти перемещения выполняются согласно программе и момент их совершения трудно предсказуем. Это увеличивает степень риска травмирования станочника. Данный фактор требует повышенного внимания рабочего и соблюдения инструкций по управлению станка. Кроме того, т. к. обработка ведётся на станках с ЧПУ, существует вероятность получения травмы при смене инструмента, т. к. смена инструмента производится с большой скоростью и может быть для рабочего неожиданной.

С целью защиты все двигающиеся части: зубчатые колеса, валы, вращающиеся детали и т.д, представляющие собой опасность для рабочих, сблокированы концевыми выключателями так, чтобы при незакрепленном ограждении станок не выключался или во время работы станка при снятии или отключении ограждения – станок отключался. В данном случае на всех станках рабочая зона закрыта кожухами.

Не допускается работать на станках в расстёгнутой одежде. Рабочие, имеющие длинные волосы должны убирать их под головной убор.

Электрический ток.

В связи с тем, что приходится иметь дело с оборудованием, подключенному к электросети, возникает вероятность поражения электрическим током.

Поражение электрическим током может привести к серьёзным травмам и даже к смерти человека;

Для защиты от данного вредного фактора все станки должны быть заземлены. Все электрошкафы снабжены концевыми выключателями для исключения случайного попадания человека в зону действия электрического тока. Также помогает деревянная решетка под ногами рабочего.

В качестве примера произведем расчёт заземления.

Защитное заземление является простым, эффективным и широко распространённым способом защиты человека от поражения электрическим током. Обеспечивается это снижением напряжения оборудования, оказавшегося под напряжением и землей до безопасной величины.

Конструктивными элементами защитного заземления являются заземлители – металлические проводники, находящиеся в земле, и заземляющие проводники, соединяющие заземляемое оборудование с заземлителем.

На участке применяются искусственные заземлители – вертикальные стальные трубы длиной 2,5 метров и диаметром 40 мм.

Соппротивление заземляющего устройства для электроустановок мощностью до 100 кВт и напряжением до 1000В должно быть не более 10 Ом.

На проектируемом участке применено контурное заземляющее устройство, которое характеризуется тем, что его одиночные заземлители размещают по контуру площадки на котором находится заземляемое оборудование.

Для связи вертикальных электродов используем полосовую сталь сечением 4×40 мм. В качестве заземляющих проводников, предназначенных для соединения заземляющих частей с заземлителями, применяют, как правило, полосовую сталь.

Сущность расчёта защитного сопротивления сводится к определению числа вертикальных заземлителей и длины соединительной полосы.

Глубина заземления составляет 0,8 м, почва - суглинок.

Сопротивление одиночного заземлителя R_3 , Ом, вертикально установленного в землю, определяется по формуле:

$$R_3 = \frac{\rho_3}{2 \cdot \pi \cdot l_m} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot h_m}{d}\right), \quad (3.4)$$

где d – диаметр трубы-заземлителя, $d = 4$ см;

ρ_3 – удельное сопротивление грунта, $\rho_3 = 10^4$ Ом·см;

l_m – длина трубы, $l_m = 250$ см;

h_m – глубина погружения трубы в землю, равная расстоянию от поверхности земли до середины трубы, $h_m = 205$ см.

Определим сопротивление одиночного заземлителя, вертикально установленного в землю:

$$R_3 = \frac{10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 250} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot 205}{4}\right) = 34 \text{ Ом.}$$

Определяется требуемое число заземлителей Π , шт. по формуле:

$$\Pi = \frac{R_3}{R \cdot \eta}, \quad (3.5)$$

где η – коэффициент использования группового заземлителя, $\eta = 0,8$.

$$\Pi = \frac{34}{5 \cdot 0,8} = 8,5 \Rightarrow 9 \text{ шт.}$$

Длина соединительной полосы определяется по формуле:

$$l_n = 1,05 \cdot a \cdot (\Pi - 1), \quad (3.6)$$

где a – расстояние между заземлителями, м.

$$l_n = 1,05 \cdot 5 \cdot (9 - 1) = 42 \text{ м.}$$

Сопротивление соединительной полосы определяется по формуле:

$$R_n = \frac{\rho_n}{2 \cdot \pi \cdot l_n} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot l_n^2}{h_n \cdot b}\right), \quad (3.7)$$

где b – ширина полосы, $b = 1,2$ см;

l_n – длина полосы, $l_n = 4200$ см;

ρ_n – удельное сопротивление грунта, $\rho_n = 10^4$ Ом·см;

h_n – глубина погружения трубы в землю, $h_n = 80$ см

$$R_n = \frac{10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 4200} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot 4200^2}{80 \cdot 1,2}\right) = 4,8 \text{ Ом.}$$

Результирующее сопротивление по всей системе с учётом соединительной полосы и коэффициентов использования определяется по формуле:

$$R_c = \frac{R_3 \cdot R_n}{R_3 \cdot \eta_n + R_n + \eta_3 \cdot \Pi}, \quad (3.8)$$

где η_3 – коэффициент использования труб контура, $\eta_3 = 0,8$;

η_n – коэффициент использования полосы, $\eta_n = 0,7$.

$$R_c = \frac{34 \cdot 4,8}{34 \cdot 0,7 + 4,8 + 0,8 \cdot 9} = 4,6 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом.}$$

Предельно допустимое значение заземляющего устройства зависит от характеристики электроустановки и заземляющего объекта, а также от удельного сопротивления грунта ρ .

Размещается заземление по контуру и соединяется между собой соединительной полосой.

Стружка.

При обработке металлов резанием образуется стружка, которая подразделяется на стружку скалывания и сливную. Стружка скалывания образуется при операциях фрезерования. Сливная стружка образуется при точении, растачивании, сверлении. Она сходит в виде непрерывной ленты и может острыми краями нанести работнику тяжелую травму в виде порезов и попадания в глаза.

Защитой от стружки скалывания приены экраны и щитки, предохраняющие работающего. Станки снабжены пылестружкоотсасывающими системами. При помощи мощной насосной станции отсасывается пыль и стружка из зоны резания и транспортируется по трубопроводу в циклон. Циклон устанавливается на подставке. Между станками поставлены ограждения от летящей стружки.

Рабочие станочники в качестве индивидуальных средств защиты от летящей стружки используют очки. Уборка стружки руками запрещена. Если не механизирована уборка стружки, то применяют крючки, щетки-сметки. Также под ноги рабочего уложена деревянная решетка, чтобы стружка проваливалась через нее. Рабочему выдается специальная обувь на толстой подошве.

3.4 Обеспечение оптимальных параметров микроклимата рабочего места.

Вентиляция

Микроклимат на рабочем месте в производственных помещениях определяется температурой воздуха, относительной влажностью, скоростью движения воздуха, барометрическим давлением.

Температура воздуха поддерживается постоянной зимой – за счёт отопительных систем, летом – за счёт вентиляции.

Вентиляция – это организованный воздухообмен в помещениях. По способу перемещения воздуха подразделяются на естественную (аэрация, проветривание), механическую (приточная, приточно-вытяжная).

По характеру охвата помещений различают на общеобменную и местную.

По времени действия на постоянно действующая и аварийная.

Работа вентиляционной системы создаёт на постоянных рабочих местах метеорологические условия и чистоту воздушной среды, соответствующие действующим санитарным нормам СанПиН 2.2.4.5480-96.

Применяется приточно-вытяжная вентиляция, т. к. при технологическом процессе обработки идёт малое выделение вредных веществ. У ворот цеха

предусмотрена воздушная тепловая завеса, которая образуется при помощи специальной установки путём создания струй воздуха.

По периметру располагают воздуховод, имеющий приточный вентилятор. В нижней части воздуховода имеется щель, под которой на полу располагается решетка канала вытяжки. Струя приточного воздуха, выходя из щели со скоростью не более 25 м/с, пронизывает всё воздушное пространство до решетки, где захватывается потоком воздуха вытяжного канала.

Воздушная тепловая завеса используется в холодное время года (ниже - 15С) и препятствует проникновению холодного воздуха

Микроклимат производственного помещения обработки материалов резанием соответствует СанПиН 2.2.4.5480-96 и ГОСТ 12.1.005-88.

Основные параметры микроклимата приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Параметры микроклимата

Параметр	Величина параметра	
	оптимальная	допустимая
Температура воздуха, С	16. ..18	13. ..19
Относительная влажность воздуха, %	40. ..60	Не более 75
Скорость движения воздуха, м/с	Не более 0,3	Не более 0,5

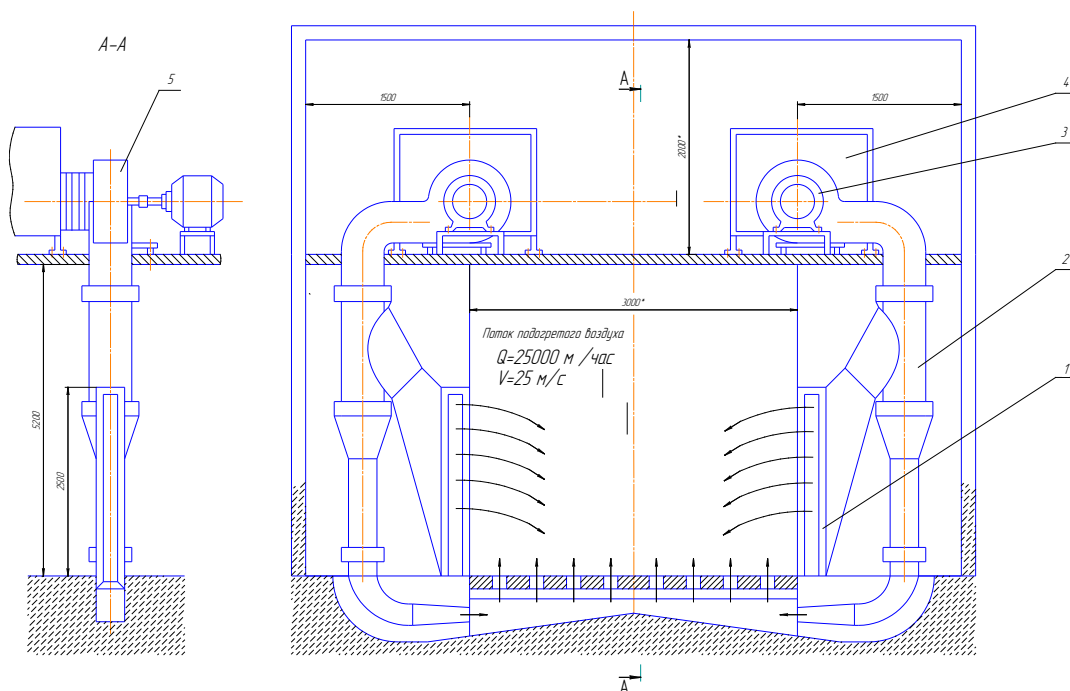
Предельно допустимый уровень интенсивности теплового излучения при интенсивности облучения поверхности тела:

50 % и более – 35 Вт/м²;
от 25 до 50 % – 70 Вт/м²;
не более 25 % – 100 Вт/м².

Фактические значения параметров микроклимата устанавливаются в результате замеров на участке и равны:

- температура - от 14 С зимой до 24 С летом;
- относительная влажность - от 50 % зимой до 80 % летом;
- скорость движения воздуха -0,15м/с;

Уровень интенсивности теплового излучения при интенсивности облучения поверхности тела от 25 до 50 % – 65Вт/м



1, 2 – воздуховод, 3 – калорифер, 4 – двигатель, 5 – вентилятор

Рисунок 10 – Тепловая завеса

Вывод: параметры микроклимата участка механической обработки не превышают или близки к основным допустимым параметрам микроклимата. Следовательно, со стороны микроклимата производственного помещения, на участников технологического процесса, вредное воздействие не оказывается.

3.5 Охрана окружающей среды

Проблема защиты окружающей среды одна из важнейших задач современности. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу, водоёмы достигают больших размеров.

Данное производство, т. е. разработанный технологический процесс обработки, не является вредным, нет значительных выбросов вредных веществ, пыли в атмосферу. Выбросы соответствуют допустимым по ГОСТ 17.2.302-78, поэтому их очистка не предусмотрена.

В процессе производства образуется большое количество отходов, которые при соответствующей обработке могут быть использованы, как сырьё для промышленной продукции. Отработанные СОЖ необходимо собирать в специальные ёмкости. Водную и масляную фазу можно использовать в качестве компонентов для приготовления эмульсий. Масляная фаза эмульсий может поступать на регенерацию или сжигаться. Концентрация нефтепродуктов в сточных водах при сбросе их в канализацию должна соответствовать требованиям СнИП п -32-74. Водную фазу СОЖ очищают до ПДК или разбавляют до допустимого содержания нефтепродуктов и сливают в канализацию. Масляная мелкая стружка и пыль сплава по мере накопления подлежат сжиганию или захоронению на специальных площадках. Крупная стружка вывозится в специальное помещение, проходит термообработку и прессуется в брикеты для дальнейшей отправки на металлургический завод.

3.6 Защита в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

Потенциальными источниками чрезвычайных ситуаций на данной территории являются:

Природные:

- ураганный ветер, ливневые дожди, которые могут привести к замыканию электропроводки. В этом случае происходит эвакуация людей в безопасное место, отключение электроэнергии.

- при резком повышении или понижении температуры применяются дополнительные источники подогрева, охлаждения, предусмотрены перерывы.

Техногенные: утечка хлора или аммиака.

Если произошла утечка хлора, необходимо подняться наверх, т.к. хлор оседает на нижнем уровне (на земле) и воспользоваться защитными средствами.

В случае утечки аммиака, необходимо укрыться в убежище, т.к. аммиак поднимается в верхние слои атмосферы, и так же воспользоваться защитными средствами.

Пожарная безопасность

Пожары на машиностроительных предприятиях представляют большую опасность для работающих и могут причинить огромный материальный ущерб.

Причинами возникновения пожаров в ходе обработки данной детали могут явиться:

- неисправность электрооборудования (короткое замыкание, перегрузки и большие переходные сопротивления);
- самовозгорание промасленной ветоши и других материалов, склонных к самовозгоранию;
- износ и коррозия оборудования.

В соответствии с этим производство можно отнести к категории В – пожароопасные.

Мероприятия по пожарной профилактике:

- организационные – правильная эксплуатация машин, правильное содержание зданий, территории, противопожарный инструктаж рабочих и служащих;
- технические – соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- режимные – запрещение курения в неустановленных местах, производства электросварочных работ в пожароопасных помещениях;
- эксплуатационные – своевременные профилактические осмотры, ремонты, и испытания.

Тушение пожара производится водяными стволами (ручными и лафетными). Для подачи воды используются устанавливаемые на предприятиях и

в населенных пунктах водопроводы. Для того чтобы обеспечить тушение пожара в начальной стадии его возгорания, на водопроводной сети установлены внутренние пожарные краны.

Участок оснащен автоматическим средством обнаружения пожара – пожарной сигнализацией. Пожарная сигнализация должна быстро и точно сообщать о пожаре с указанием места его возникновения.

Для эвакуации людей при пожаре на участке имеется два эвакуационных выхода. Удаление дыма из горящего помещения производится через оконные проемы, а также с помощью специальных дымовых люков.

Общие требования к пожарной безопасности – по ГОСТ 12.1.004-85.

Степень стойкости здания, а так же конструктивная и функциональная пожарная опасность регламентирует СНиП 21-01-97.

Требования к системам противопожарного водоснабжения – по СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

Также на данном участке и цехе предусмотрены ящики с песком, щит с противопожарным инструментом, пенные огнетушители и др.

3.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Специальными нормами при механообработке являются расстояния между оборудованием, чистота проходов и проездов, расположение заготовок и оснастки.

В качестве организационных мероприятий предусмотрено следующее.

Технологические планировки на проектируемом участке обработки резанием должны быть согласованы с территориальными органами государственного санитарного и пожарного надзора. Проходы и проезды на участке обозначены разграничительными линиями белого цвета шириной не менее 100мм. На территории участка проходы, проезды, люки колодцев должны быть свободными, не загромождаться материалами, заготовками, полуфабрикатами, деталями, отходами производства и тарой.

Заготовки, детали у рабочих мест укладываются на стеллажи и в ящики способом, обеспечивающим их устойчивость и удобство захвата при использовании грузоподъёмных механизмов. Высоту штабелей заготовок на рабочем месте следует выбирать исходя из условий их устойчивости и удобства снятия с них деталей, но не выше 1 м; ширина между штабелями должна быть не менее 0,8 м. Освобождающуюся тару и упаковочные материалы необходимо своевременно удалять с рабочих мест в специально отведённые места.

Выводы

В данном разделе были рассмотрены опасные и вредные факторы, влияющие на здоровье, самочувствие работающего и безопасность труда. Были разработаны мероприятия по защите от них, а именно:

- от поражения электрическим током, произведён расчёт и конструирование контурного заземляющего устройства.
- приведены параметры микроклимата, которые должны поддерживаться в помещении при производстве работ.
- для улучшения освещённости рабочих мест, произведён расчёт и установка светильников «Универсаль».
- от механических повреждений стружкой станки оборудованы стружкопылеприёмниками с вытяжной вентиляцией.

В целом же можно сказать, что условия труда на рассматриваемом участке являются достаточно комфортными и безопасными, что способствует снижению показателей травматизма, а также благоприятствует повышению производительности труда.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы произведена работа по изучению и анализу действующего технологического процесса на изготовление Фланца КС-4372.309.60.047 для мелкосерийного производства на основе реально существующего технологического процесса механической обработки данной детали.

При разработке данного техпроцесса был проведен сравнительный анализ способов получения заготовки литье в песчаные формы и литье в кокиль. Анализ был проведен по технологической себестоимости заготовки:

$$S_1=9954,4 \text{ руб.}, K_{\text{ИМ}1}=0,63.$$

$$S_2=9045,7 \text{ руб.}, K_{\text{ИМ}2}=0,77.$$

При выполнении курсового проекта технологичность изделия была повышена. Применен более производительный метод получения заготовки, уменьшены припуски на механическую обработку (увеличен $K_{\text{и.м}}$), более рационально построен маршрут обработки детали для условий мелкосерийного производства, с применением более производительного оборудования, оснастки и инструмента, а также применен метод концентрации операций:

- базовый ТП – 13 операций;
- спроектированный ТП – 9 операций.

Концентрация операций позволила сократить время на изготовление детали:

- спроектированный $\sum T_{\text{шт-к}} = 85,2$ мин;
- базовый ТП – $\sum T_{\text{шт-к}} = 114,6$ мин.

В конструкторской части спроектировано фрезерное приспособления, которое предназначено для фрезерных операций на вертикально-фрезерном обрабатывающем центре ФС130МФ3 на операции 035. Спроектированные приспособления обеспечивают необходимую точность установки заготовки.

Предложенный спроектированный технологический процесс отличается от базового. Отличие заключается в применении нового оборудования,

приспособлений, инструмента, а также в новом подходе к разработке самого технологического процесса.

Применение оптимального способа получения заготовки, высокопроизводительного металлорежущего оборудования, режущего инструмента и специальных приспособлений позволило снизить себестоимость изготовления по сравнению с базовым технологическим процессом на 908,7 руб.

Список используемых источников

1. Краткий справочник технолога-машиностроителя//Балабанов А.Н.– М.: Издательство стандартов, 1992. – 464 с.
2. ГОСТ Р 53464-2009 «Отливки из металлов и сплавов».
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т1/ Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т2/ Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
5. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова. - М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
6. Экономическое обоснование дипломных проектов//Гамрат - Курек Л.И.: Учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов. 4-ое издание, перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1985. - 159 с.
7. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др. // Под общ. ред. А.А. Панова. - М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
8. Металлорежущие инструменты // Кожевников Д.В., Кирсанов С.В.: Учебник. – Томск: Том. К58 ун-та, 2003. – 392с.
9. Оснастка для станков с ЧПУ // Кузнецов Ю.И. и др.. Справочник 2-ое изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение 1990. - 510 с.
10. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т2/ Под ред. Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского. - М.: Машиностроение, 1984. – 656 с.
11. Общемашиностроительные нормативы резания для технического нормирования на металлорежущих станках. - М.: Машиностроение, 1967. – 412 с.
12. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и поготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. - М.: Машиностроение, 1967. – 410

13. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник // Горошкин А.К. - М.: Машиностроение, 1971. – 384 с.
14. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т1/ Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. - М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.
15. Приспособления для металлорежущих станков // Ансеров М.А.. – Л.: Машгиз, 1960. – 624 с.
16. Проектирование машиностроительных заводов и цехов: Справочник. В 6 - ти томах. Т4./ Под общ.ред. Е.С. Ямпольского. - М.: Машиностроение. 1975.- 326с.
17. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. Учебник для вузов 2-е изд., переработанное и дополненное Москва, Машиностроение, 1983 г., 277 с., ил.
18. Расчет экономической эффективности новой техники. Справочник/ Под ред. К.М. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1990. – 448 с.
19. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие (краткий курс лекций)/В.М. Гришагин, В.Я. Фарберов. Томск: Изд. ТПУ, 2002г.-126с.
20. Методические указания по выполнению экономической части выпускной квалифицированной работы для студентов механико-машиностроительного факультета. – Юрга: ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2006. – 24 с.
21. Технология машиностроения: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2019. – 242 с.
22. Основы обеспечения безопасности жизнедеятельности на машиностроительных предприятиях: Учеб. пособ. / Г.Н. Яговкин; Самар. гос. техн. ун-т. Самара, 2015. – 215 с.
23. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение часть ВКР: методические указания по выполнению экономической части выпускной квалифицированной работы для студентов специальности 120100 «Технология машиностроения» и направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение» - ЮТИ ТПУ, 2014. – 24 с.

Приложение А

Спецификация на вертикально-фрезерно-сверление приспособление

Изм. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм. №	Взам. изд. №	Изд. №	Подп. и дата	Стр. №	Перл. примен.	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
															Документация		
														ФЮРА.10А61.051.004.000ПЗ	Пояснительная записка	1	
														ФЮРА.10А61.051.004.000СБ	Сборочный чертеж	1	
															Сборочные единицы		
									1					ФЮРА.10А61.051.014.000	Плита	1	
															Детали		
									2					ФЮРА.10А61.051.004.001	Кольцо	1	
									3					ФЮРА.10А61.051.004.002	Пружина	4	
									4					ФЮРА.10А61.051.004.003	Стойка	4	
									5					ФЮРА.10А61.051.004.004	Установ	1	
									6					ФЮРА.10А61.051.004.005	Шайба	1	
									7					ФЮРА.10А61.051.004.006	Шпонка установочная	2	
															Стандартные изделия		
									3						Болт М8-6d×22	12	
															ГОСТ 7796-70		
									9						Винт с потайной головкой	3	
															М6×16 ГОСТ Р ИСО 7046-2		
									10						Винт с цилиндрической головкой	2	
															М8×20 ГОСТ Р ИСО 14579-2009		
									11						Гайка М20×1,5 ГОСТ 15520-70	4	
									12						Гайка М20×1,5 ГОСТ	4	
ФЮРА.10А61.051.004.000																	
Изм. Лист																	
Разраб. Давлатзод																	
Проб. Петрушин С.Г.																	
Н.контр. Петрушин С.И.																	
Утв.																	
Приспособление																	
сверлильно-вертикально-фрезерный																	
Лит. Лист Листов																	
1 1 2																	
ЮТИ ТПУ																	
гр.10А61																	

Перед. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документация		
					ФЮРА.10А61.051.004.000ПЗ	Пояснительная записка	1	
					ФЮРА.10А61.051.004.000СБ	Сборочный чертеж	1	
						Сборочные единицы		
Справ. №				1	ФЮРА.10А61.051.014.000	Основание	1	
						Детали		
				2	ФЮРА.10А61.051.004.001	Кольцо	1	
				3	ФЮРА.10А61.051.004.002	Палец	1	
				4	ФЮРА.10А61.051.004.003	Пружина	2	
				5	ФЮРА.10А61.051.004.004	Стойка	2	
				6	ФЮРА.10А61.051.004.005	Шайба	2	
				7	ФЮРА.10А61.051.004.006	Шпонка установочная	2	
						Стандартные изделия		
				3		Болт М8-6g×22 ГОСТ 7796-70	6	
				9		Винт с потайной головкой М6×16 ГОСТ Р ИСО 7046-2	3	
				10		Винт с цилиндрической головкой М8×20 ГОСТ Р ИСО 14579-2009	2	
				11		Гайка М20×1,5 ГОСТ 15520-70	4	
				12		Гайка М20×1,5 ГОСТ	4	
					ФЮРА.10А61.051.004.000			
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
		Разраб.	Давлатзада					
		Проб.	Петрушин.С.И					
		Н.контр.	Петрушин.С.И					
		Утв.						
		Приспособление					Лист	Лист
		горизонтально-фрезерный					1	2
							ЮТИ ТПУ	
							гр.10А61	

Answer: A

[illegible]

Приложение Б

Спецификация на горизонтальный-фрезерно приспособление

[illegible]

