

**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,  
Профиль «Технология, оборудование и автоматизации машиностроительных  
производств»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

Тема работы
Разработка технологического процесса изготовления корпуса КС-4372.212.11.001

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А61	Кузнецова Даниэлла Андреевна		

УДК: 621.873.1-21.002

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
к.т.н., доцент	Сапрыкина Наталья Анатольевна	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
к.т.н., доцент	Сапрыкина Наталья Анатольевна	к.т.н.		

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; четко 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 нефте- газодобывающей 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 расчеты 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 учетом 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 науки и высшего образования 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.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
10А61	Кузнецовой Даниэлле Андреевне

Тема работы:

Разработка технологического процесса изготовления корпуса КС-4372.212.11.001	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 8/с от 31.01.2020г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
------------------------------------------	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><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"><li>1. Рабочий чертеж корпуса КС-4372.212.11.001</li><li>2. Служебное назначение.</li><li>3. Программа выпуска 1000 деталей в год.</li></ol>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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"> <li>1. Аналитический обзор по теме ВКР.</li> <li>2. Разработка технологического процесса изготовления корпуса КС-4372.212.11.001</li> <li>3. Конструирование приспособления. Расчет требуемого количества оборудования и рабочих.</li> <li>4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение проекта.</li> <li>5. Социальная ответственность.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чертеж детали и заготовки (1 лист А1).</li> <li>2. Карты технологических наладок (5 листов А1).</li> <li>3. Приспособление (1 лист А1).</li> <li>4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение проекта (1 лист А1).</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p><b>Лизунков В.Г.</b></p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p><b>Солодский С.А.</b></p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Реферат</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Сапрыкина Н.А.	К.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А61	Кузнецова Даниэлла Андреевна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
10А61	Кузнецовой Даниэллы Андреевны

Институт	ЮТИ ТПУ	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»
Уровень образования	Бакалавр		

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

1. Стоимость ресурсов инженерного решения (ИР) / научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	- перечень и характеристика основных фондов и оборотных средств, необходимых для реализации инженерных решений - расчет потребности в рабочей силе
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- нормы использования необходимых материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих ресурсов

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Объем капитальных вложений
2. Расчет прямых и косвенных затрат
3. Определение себестоимости продукции
4. Расчет прибыли, технико-экономическое обоснование и экономическая оценка проекта

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)**

1. Основные технико-экономические показатели

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	06.02.2020
------------------------------------------------------	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Лизунков В.Г.	к.пед.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А61	Кузнецова Даниэлла Андреевна		06.02.2020

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
10А61	Кузнецова Даниэлла Андреевна

Институт	Юргинский технологический институт		
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования)</i>	<i>Технологический процесс механической обработки детали, выполняемый на фрезерных станках. Применяемые режущие инструменты – лезвийные режущие инструменты. Также в технологическом процессе есть слесарные операции. Заготовки в цехе перемещаются в таре с помощью мостового крана.</i>
<i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i>	<p><i>ГОСТ 12.1.005-88 Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.</i></p> <p><i>ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.</i></p> <p><i>ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.</i></p> <p><i>ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.</i></p> <p><i>ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.</i></p> <p><i>ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.</i></p> <p><i>ГОСТ 12.1.010-76 Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования.</i></p> <p><i>ГОСТ 12.1.018-93 Система стандартов</i></p>

	<p><i>безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования.</i></p> <p><i>ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.</i></p> <p><i>ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.</i></p> <p><i>ГОСТ 12.2.007.1-75 Система стандартов безопасности труда. Машины электрические вращающиеся. Требования безопасности.</i></p> <p><i>СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95</i></p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><i>2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>- действие фактора на организм человека;</li> <li>- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>- предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>
<p><i>3. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>- термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты);</li> <li>- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>
<p><i>4. Охрана окружающей среды:</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- защита селитебной зоны;</li> <li>- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на гидросферу</li> </ul>

	<p>(сбросы);</p> <p>- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</p> <p>- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p>
5. Защита в чрезвычайных ситуациях:	<p>- перечень возможных ЧС на объекте;</p> <p>- выбор наиболее типичной ЧС;</p> <p>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</p> <p>- разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</p> <p>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</p>
6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<p>- специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</p>
<b>Перечень графического материала:</b>	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	-

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
-------------------------------------------------------------	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Солодский С.А.	К.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А61	Кузнецова Даниэлла Андреевна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит: 104 страницы текста, 21 таблицу, 7 иллюстраций, 19 источников литературы, 3 приложения 8 листов графической части.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, КОРПУС, ДЕТАЛЬ, ЗАГОТОВКА, БАЗА, БАЗИРОВАНИЕ, РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ, МЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, БЕЗОПАСНОСТЬ, СЕБЕСТОИМОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ.

Тема выпускной квалификационной работы «Разработка технологического процесса изготовления корпуса КС-4372.212.11.001»

Годовая программа выпуска 1000 штук.

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.

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены опасные и вредные производственные факторы, возникающие при изготовлении детали, и мероприятия по улучшению условий труда.

В раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» произведен расчет себестоимости изготовления детали.

Текстовая часть ВКР выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016, графический материал с помощью программы КОМПАС-3D V16. Работа представлена на CD-R диске (в конверте на обороте обложки).

## ABSTRACT

The final qualifying work consists of 104 pages, 7 figures, 21 tables, 19 source, 3 applications, 8 sheets of graphic material.

Key words: TECHNOLOGICAL PROCESS, BODY, 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 technological process of manufacturing of the body of the KS-4372.212.11.001».

Annual production program of 1000 piieces.

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 2016, graphic material using the program COMPASS-3D V16. The work is presented on a CD-R disk (in an envelope on the back cover).

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Введение	13
1	Объект и методы исследования	14
2	Расчёты и аналитика	15
2.1	Технологическая часть	15
2.1.1	Служебное назначение изделия	15
2.1.2	Производственная программа и определение типа производства	16
2.1.3	Анализ действующего технологического процесса	17
2.1.4	Отработка конструкции изделия на технологичность	20
2.1.5	Выбор заготовки и метода её изготовления	23
2.1.6	Составление технологического маршрута обработки	26
2.1.7	Выбор технологических баз	30
2.1.8	Выбор средств технологического оснащения	32
2.1.9	Расчёт припусков под обработку	36
2.1.10	Расчёт режимов резания	40
2.2	Конструкторская часть	49
2.2.1	Обоснование и описание конструкции	49
2.2.2	Расчет приспособления на точность	49
2.2.3	Расчет силы зажима изделия	50
3	Результаты проведенной разработки	53
3.1	Организационная часть	53
3.1.1	Нормирование технологического процесса	53
3.1.2	Расчёт потребного количества оборудования и коэффициентов его загрузки	56
3.1.3	Расчёт состава работающих	56
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	59
4.1	Расчёт объёма капитальных вложений	59
4.1.1	Стоимость технологического оборудования	59
4.1.2	Стоимость вспомогательного оборудования	60
4.1.3	Стоимость инструментов, приспособлений и инвентаря	60
4.1.4	Стоимость эксплуатируемых помещений	60
4.1.5	Стоимость оборотных средств в производственных запасах, сырье и материалах	61
4.1.6	Стоимость оборотных средств в незавершенном производстве	61
4.1.7	Стоимость оборотных средств в запасах готовой продукции	61
4.1.8	Стоимость оборотных средств в дебиторской задолженности	62
4.1.9	Сумма денежных оборотных средств	62
4.1.10	Сумма капитальных вложений	62
4.2	Определение сметы затрат на производство и реализацию продукции	62
4.2.1	Основные материалы за вычетом реализуемых отходов	62

4.2.2	Расчёт заработной платы производственных работников	63
4.2.3	Отчисления на социальные нужды по заработной плате основных производственных рабочих	63
4.2.4	Расчёт амортизации основных фондов	64
4.2.4.1	Расчет амортизации оборудования	64
4.2.4.2	Расчет амортизационных отчислений зданий	64
4.2.5	Отчисления в ремонтный фонд	65
4.2.6	Затраты на вспомогательные материалы на содержание оборудования	65
4.2.6.1	Затраты на СОЖ	65
4.2.6.2	Затраты на сжатый воздух	66
4.2.7	Затраты на силовую энергию	66
4.2.8	Затраты на инструмент, приспособления и инвентарь	67
4.2.9	Расчёт заработной платы вспомогательных рабочих	67
4.2.10	Заработная плата административно-управленческого персонала	68
4.2.11	Прочие расходы	68
4.3	Экономическое обоснование технологического процесса	69
	Выводы	70
5	Социальная ответственность	71
5.1	Описание рабочего места	71
5.2	Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	71
5.2.1	Освещение	72
5.2.2	Шум	73
5.2.3	Вибрация	74
5.2.4	СОЖ	74
5.2.5	Микроклимат	75
5.3	Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды	76
5.3.1	Электрический ток	76
5.3.2	Движущие органы станков	77
5.3.3	Стружка	78
5.4	Охрана окружающей среды	78
5.5	Защита в чрезвычайных ситуациях	79
5.6	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	80
5.7	Вывод	81
	Заключение	82
	Список использованных источников	83
	Приложение А	85
	Приложение Б	88
	Приложение В	102

## Введение

Машиностроение – одна из ведущих отраслей промышленности. Его продукция – машины всевозможного назначения поставляются всем сферам человеческой деятельности.

Инженеры-технологи сталкиваются с задачей дальнейшего улучшения качества машин, снижения трудоемкости, стоимости и материалоемкости их изготовления; внедрения методов непрерывной работы, механизации и автоматизации производства.

Основным направлением развития технологического процесса является создание принципиально новых технологических процессов и замена существующих процессов более точными и экономичными.

Основное внимание уделяется снижению сроков подготовки производства и повышению качества машиностроительной продукции. При этом качество, технико-экономические показатели продукции во многом зависят от подготовки производства, важной частью которого является проектирование технологических процессов.

Технологический процесс в машиностроении характеризуется не только совершенствованием конструкции машин, но и постоянным совершенствованием технологии их производства. Важно производить машину качественно, дешево и в срок, с минимальными затратами, с использованием высокопроизводительного оборудования, технологической оснастки, средствами механизации и автоматизации производства. Надежность производимых машин, а также эффективность их работы во многом зависят от принятой технологии обработки.

## 1 Объект и методы исследования

В ходе технологического процесса обрабатывается корпус КС-4372.212.11.001.

Материал детали является АК7ч-Т5 ГОСТ 1583-89, масса заготовки – 1,7 кг. На предприятиях в соответствии с ГОСТ 12.3.020-80 перемещение грузов массой более 20 кг в технологическом процессе должно производиться с помощью средств механизации или подъёмно-транспортных устройств. Следовательно, для установки заготовки на станок не требуются подъёмно-транспортные устройства.

На предприятии применяется преимущественно универсальное оборудование, универсальный рабочий и мерительный инструмент. Детали обрабатывают методом пробных рабочих ходов и промеров.

При изготовлении применяют различные универсальные станки, инструменты, приспособления, схемы базирования. Это значительно увеличивает сроки технологической подготовки производства, увеличивает сложность, снижает производительность труда. Эти недостатки могут быть устранены путем разработки технологического процесса с использованием станков с ЧПУ, специального инструмента и специальных приспособлений.

2. Расчет и аналитика  
2.1 Технологическая часть  
2.1.1 Служебное назначение

Корпус КС–4372.212.11.001 является частью гидравлического оснащения нижней рамы стрелового самоходного короткобазового крана КС –4372, собираемого на базовом предприятии в цехе 43.

Стреловой самоходный короткобазовый кран КС–4372 грузоподъемностью 20 тонн с телескопической стрелой предназначен для выполнения строительных, монтажных, а также грузоподъемных работ. Преимущество данного крана: грузовая лебедка с планетарным редуктором обеспечивает быстрый подъем и опускание груза по сравнению с лебедками предшествующих кранов.

Проектируемый корпус 212.11.001 имеет сложную конструкцию, которая укомплектовывается различными заглушками, золотниками, поршнями, уплотнительными кольцами, переходниками, толкателями. Для этого в корпусе предусмотрено необходимое количество точно обрабатываемых отверстий.

Укомплектованный корпус входит в блок клапанов 4372.212.150.000, который в свою очередь является составной частью механизма переключения передач крана. Шесть клапанов блока обеспечивают подачу воздуха в соответствующие полости цилиндров для включения необходимой передачи, а два клапана управляют сцеплением.

Материал для корпуса КС-4372.212.11.001 – алюминиевый сплав АК7ч-Т5 ГОСТ 1583-89. Сплав имеет низкую плотность, высокую тепло- и электропроводность, хорошую коррозионную стойкость во многих средах за счет образования на поверхности металла плотной оксидной пленки. Алюминий легко обрабатывается давлением и высокопластичный, но при обработке резанием появляются трудности, одной из причин которых является налипание металла на инструмент. Из этого сплава получают детали сложной конфигурации, а также детали, отличающиеся повышенной коррозионной стойкостью, герметичностью.

АК7ч-Т5 ГОСТ 1583-89 - это сплав на основе системы алюминий-кремний-магний. Данный сплав позволяет получить тонкостенные и сложные по форме отливки из-за хороших литейных свойств и высокой жидкотекучести. Сплав имеет низкую температуру плавления: 550 – 650°С.

Таблица 2.1 – Химический состав сплава АК7ч-Т5

Химический состав, %							
Pb	Zn	Cu	Mn	Mg	Si	Al	Примеси
0,05	0,3	0,2	0,5	0,2-0,4	6-8	остальное	<1

Таблица 2.2 – Свойство сплава АК7ч-Т5

Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Предел прочности $\sigma_B$ , МПа	Временное сопротивление разрыву $S_B$ , Мпа	Ударная вязкость $\alpha_n$ , кг*м/см	Относительное удлинение $S$ , %	Твердость по Бринеллю НВ, кг/мм <sup>2</sup>
120	210	206	0,3	2	60

Технологические свойства данного сплава:

1. Температураковки, °С: 470-475;
2. Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка.
3. Обрабатываемость резанием – в горячекатаном состоянии, при НВ 60 и  $\sigma_B=360$ МПа,  $K_{vб.ст.}=1,1$ . Улучшается добавлением меди, цинка, магния.
4. Жидкотекучесть - высокая.
5. Литейная усадка - малая, 1,0%.
6. Герметичность - высокая.
7. Коррозионная стойкость - повышенная.
8. Жаропрочность - низкая.
9. Уровень рабочих температур, не более - 200°С.
10. Склонность к газонасыщению - высокая.
11. Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.
12. Флокеночувствительность – не чувствительна.

### 2.1.2 Производственная программа выпуска изделия и определение

типа производства

В соответствии с выданным заданием годовая программа выпуска корпуса Корпус КС–4372.212.11.001 составляет 1000 штук.

Тип производства для механической обработки деталей уточняется по таблице 4 [1]. Полученные данные соответствуют среднесерийному типу производства.

Далее по формуле определяем размер партии запуска [1]:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (2.1)$$

где F - число рабочих дней в году;

N – годовая программа, шт;

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

В соответствии с производственным календарем 2020 года в текущем году F= 248 дней. Периодичность запуска принимаем 24 дня.

$$n = \frac{1000 \cdot 6}{248} \approx 24шт.$$

Таблица 2.3 – Подетальная годовая производственная программа

Наименование детали	Марка материала	Число деталей на изделие	Процент на запасные части	Число деталей			Масса, т	
				на основную программу	на запасные части	всего	детали	на программу с запасными частями
Корпус КС- 4372.212.11.001	АК7ч-Т5 ГОСТ 1583-89	1	5	1000	50	1050	0,0017	1,785

### 2.1.3 Анализ действующего технологического процесса

Заготовка - литьё в кокиль

Технологический процесс, который используется на ООО «Юргинский машзавод» представлен в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Технологический процесс механической обработки

Наименование и содержание операции	Оборудование, приспособление, режущий и измерительный инструмент
1	2
005 Слесарная -снять заусенцы, притупить острые кромки, зачистить плоскость	Верстак; Напильник 2820-0025 ГОСТ 1465-80
010 Фрезерная - фрезеровать поверхность в размер 60±1, - фрезеровать поверхность в размер 60±1, - фрезеровать боковой торец в размер 260,5 <sup>+1</sup> .	Станок ГФ2171С3; Тиски 314-481; Фреза 50 2223-1087 ГОСТ 16225-81; Фреза 125 051-1697; Фреза 125 051-1361 ШЦ-3-0-400-0,1 ГОСТ 166-80; Угломер УН-0-180° ГОСТ 5378-66; Набор щупов 2 кл.2 ТУ2-034-225-87
015 Слесарная -снять заусенцы, притупить острые кромки фаской 0,5×45°	Верстак; Напильник 2820-0025 ГОСТ 1465-80;

Продолжение таблицы 2.4

<p>020 Фрезерная - Фрезеровать поверхность в размер 70h12</p>	<p>Станок ГФ2171С3; Фреза 125 051-1697 ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-80;</p>
<p>025 Слесарная -снять заусенцы, притупить острые кромки фаской 0,5×45°</p>	<p>Верстак; Напильник 2820-0025 ГОСТ 1465-80</p>
<p>030 Фрезерная Фрезеровать поверхность в размер 70<sub>-0,3</sub>; фрезеровать поверхность в размер 32; сверлить 4 отверстия в размер Ø20 Н12 на проход; рассверлить 4 отверстия в размер Ø21,5 на проход; зенкеровать 4 отверстия в размер Ø 23Н12 на глубине 45; зенкеровать 4 отверстия в размер Ø26,7 на длине 30<sup>+0,14</sup>; развернуть 4 отверстия в размер Ø27 Н9 на длине 30<sup>+0,14</sup>; зенкеровать 4 отверстия в размер Ø30,7 на длине 10±0,3; развернуть 4 отверстия в размер Ø31Н12 на длине 10±0,3; фрезеровать отверстие в размер Ø40 Н11 на длине 2,2<sup>+0,1</sup>; сверлить 16 отверстий в размер Ø5 на проход; сверлить 6 отверстий в размер Ø5 на глубине 12<sup>+2</sup>; сверлить 16 отверстий на глубину 1 с образованием фаски 120°<sub>-10°</sub></p>	<p>Станок ГФ2171С3; Тиски 314-481; Прибор 160-3774 Фреза 125 051-1697; Фреза 32 2223-0015 ГОСТ 17026-71; Сверло 20 СТП 406-1234-754; Сверло 21,5 2301-0075 ГОСТ 10909-77; Зенкер 23 СТП 406-1240-80; Зенкер 26,7 020-984; Развёртка 27А3 030-1436; Зенкер 30,7&lt;30° 023-968; Развёртка 31А5,&lt;30° 033-539; Фреза 40 СТП 406-1413-78; Сверло 5 2300-6173 ГОСТ 10902-77; Сверло 12×120° СТП 406-1201-73. ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-80; ШЦ-2-250-0,05 ГОСТ 166-80; ШЦ-3-400-0,1 ГОСТ 166-80; Пробка п/р М6-7Н СТП 406-4307-82; Пробка 40 Н11 СТП 406-4307-82; Пробка 27 Н9 СТП 406-4307-82; Пробка 23 Н12 СТП 406-4307-82; Калибр 115-1571; Контркалибр 115-1571; Пробка 31н12 СТП 406-4307-82.</p>
<p>035 Слесарная -снять заусенцы, притупить острые кромки фаской 0,5×45°</p>	<p>Верстак; Напильник 2820-0025 ГОСТ 1465-80; Шабер 240 СТП 406-1813-84.</p>

Продолжение таблицы 2.4

Наименование и содержание операции	Оборудование, приспособление, режущий и измерительный инструмент
1	2
<p>040 Фрезерная Сверлить 3 отв. в размер Ø20Н12 на глубине 30<sup>+0,14</sup>; зенкеровать 4 отв. в размер Ø26,7 на глубине 30<sup>+0,14</sup>; развернуть 4 отв. в размер Ø27Н9 на глубине 30<sup>+0,14</sup>; зенкеровать 4 отв. в размер Ø30,7 на глубине 10±0,3; развернуть 4 отв. в размер Ø31Н12 на глубине 10±0,3; фрезеровать отв. в размер Ø40 Н11 на глубине 2,2<sup>+0,1</sup>; сверлить 8 отв. в размер Ø5 на проход; сверлить 8 отв. в размер Ø5 на глубине 14<sup>+2</sup>; сверлить 16 отв. на глубине 1 с получением фаски 120°-10°.</p>	<p>Станок ГФ2171С3; Приспособление 319-965; Сверло 20 СТП 406-1234-754; Зенкер 26,7 020-984; Развёртка 27А3 030-1436; Зенкер 30,7&lt;30° 023-968; Развёртка 31А 5,&lt;30° 033-539; Фреза 40 СТП 406-1413-78; Сверло 5 2300-6173 ГОСТ 10902-77; Сверло 12×120° СТП 406-1201-73 ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-80; ШЦ-2-250-0,05 ГОСТ 166-80; Пробка п/р М6-7Н СТП 406-4307-82; Пробка 40 Н11 СТП 406-4307-82; Пробка 27 Н9 СТП 406-4307-82; Пробка 31 Н12 СТП 406-4307-82.</p>
<p>045 Фрезерная Сверлить отв. в размер Ø20; сверлить 6 отв. в размер Ø11Н14 на проход; сверлить отв. в размер Ø10,7<sup>+1</sup> на глубине 14<sup>+1</sup>; сверлить 15 отв. в размер Ø5,5 Н14 на глубине 18; сверлить 3 отв. в размер Ø5,5Н14 на глубине 9<sup>+1,5</sup>; сверлить отв. в размер Ø4,8Н16; фрезеровать 6 пазов в размер 4,8Н16 на глубину 6<sup>+1,5</sup>; фрезеровать паз в размер 4,8Н16/6<sup>+1,5</sup> на длину 216±0,3; фрезеровать паз в размер 4,8Н16/6<sup>+1,5</sup> на длину 35±0,3; фрезеровать паз в размер 4,8Н16 на длину 10; фрезеровать паз в размер 4,8 Н16/6<sup>+1,5</sup></p>	<p>Станок ГФ2171С3; Приспособление 319-965; Сверло 20 СТП 406-1234-754; Сверло 11 СТП 406-1201-73; Сверло 5,5 2300-6185 ГОСТ 10902-77; Фреза 5 2220-0005 ГОСТ 17025-71 ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-80; ШЦ-2-250-0,05 ГОСТ 166-80; Пробка 5,5 Н14 СТП 406-4307-82; Пробка 11 Н14 СТП 406-4307-82; Калибр 150-2168; Калибр 150-2169.</p>

Подолжение таблицы 2.4

050 Слесарная -снять заусенцы, притупить острые кромки фаской 0,5×45°	Верстак; Напильник 2820-0025 ГОСТ 1465-80; Шабер 240 СТП 406-1813-84.
055 Сверлильная Цековать 6 отв. в размер Ø16Н16 на глубине 5	Станок 2А554; Зенковка 16×6 СТП 406-1221-76; ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-80.
060 Сверлильная Сверлить 2 отв. в размер Ø11,1 <sup>+0,24</sup> на глубине 20 <sup>+1</sup> ; сверлить отв. в размер Ø11,1 <sup>+0,24</sup> на глубине 20 <sup>+1</sup> ; сверлить отв. в размер Ø5,5Н14 на глубине 10 <sup>+1,5</sup> ; сверлить 2 отв. в размер Ø0,7 на глубине 10; зенковать 2 фаски в размер 2×45°	Станок 2А554; Кондуктор 325-3935; Сверло 11,2 2301-0035 ГОСТ 10903-77; Зенковка 20 2353—134 ГОСТ 14953-80 Пробка 11,2 Н11 СТП 406-4307-82; Шаблон 5 СТП 406-4340-75.
065 Сверлильная Сверлить отв. в размер Ø11,1 <sup>+0,24</sup> ; зенковать фаску в размер 2×45°; притереть R0,2 4 места.	Станок 2А554; Кондуктор 325-3935; Сверло 11,2 2301-0035 ГОСТ 10903-77; Зенковка 20 2353-134 ГОСТ 14953-80; Притир R0,2 093-733 Пробка 11,2 Н11 СТП 406-4307-82; Шаблон 5 СТП 406-4340-75.
075 Слесарная - сверлить отв. Ø0,7; снять заусенцы, притупить острые кромки фаской 0,5×45°; снять заусенцы на выходе отв.Ø5Н14, Ø10,7+1 и резьбы М6-7Н; сверлить 2 отв. Ø0,7+0,16	Верстак,2М112; Сверло 0,7 010-213; Шабер 093-277; Пробка 0,7+0,16 100-3090; Метчик М6-7Н 2620-3153-3 ГОСТ 17932-72; Метчик М6-7Н 2620-3153-3 ГОСТ 17932-72; Пробка НЕ 8221-0030 7Н ГОСТ 17757-72; Пробка ПР 8221-0030; Фреза ВК8 2844-0623 ГОСТ 18936-73
080 Контрольная	

Технологический процесс, представленный в таблице 2.4, дифференцирован, т.е. рассчитан на отдельные операции. При изготовлении детали Корпус КС–4372.212.11.001 применяются: разнообразные станки (от универсальных до станков с ЧПУ), универсальные приспособления, в основном стандартный режущий инструмент.

#### 2.1.4 Отработка конструкции изделия на технологичность

Технологичность конструкции деталей определяется (по ГОСТ 14.201–83; 14.202–83):

- рациональным выбором исходных заготовок и материалов;

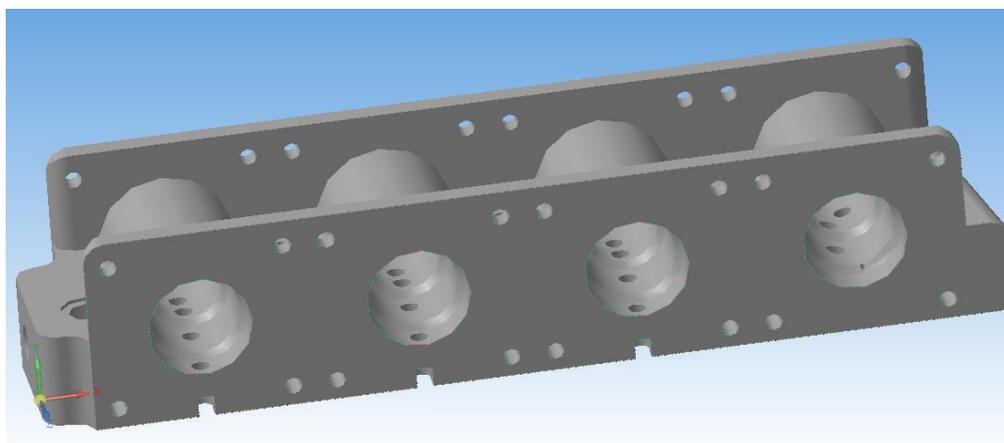
- простой формы детали;
- рациональной простановкой размеров;
- назначением оптимальной точности размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, параметров шероховатости и технических требований.

Технологичность детали оценивается с точки зрения возможности использования простых инструментов, методов обработки и измерения, удобства и надежности базирования детали для обработки.

Технологичность – понятие комплексное, которое состоит из качественной и количественной оценки.

Чертеж имеет несколько видов детали, а также сечения и выносные элементы. Размеры на чертеже полностью определяют геометрическую форму и пространственное положение обрабатываемых поверхностей. Деталь не содержит замкнутых размерных цепей. Шероховатость, точность и допуски пространственных отклонений поверхностей определены в соответствии с их предполагаемым использованием.

Деталь корпус КС-4372.212.00.001 представлена на рис. 2.1. Качественная оценка технологичности детали показывает, что большинство конструктивных элементов деталей позволяет вести их обработку на проход; конструкция детали обеспечивает свободный доступ к обрабатываемым поверхностям; деталь жесткая и не ограничивает режимы резания; в корпусе отсутствует внутренняя резьба большого диаметра; в конструкции детали имеются базовые поверхности, достаточные по размерам и расстоянию.



*Рисунок 2.1 Деталь корпус КС-4372.212.00.001*

К недостаткам при качественном рассмотрении технологичности детали можно отнести следующие моменты:

- корпус имеет глухие резьбовые отверстия и резьбовые отверстия под углом;
- боковая поверхность под углом 10°;
- комбинированные отверстия на проход диаметрами 23Н12, 27Н9 и 31Н12.

Исходя из вышеуказанного можно сделать вывод, что с точки зрения качественной оценки данная деталь достаточно технологична. Способ получения заготовки – литьё в кокиль. Допускаемые погрешности по ГОСТ 26645-85. В целом отливка технологична по качественным показателям литых деталей, что обеспечивает жесткость и прочность детали.

Далее выполняем количественную оценку технологичности изделия. Для оценки по количественным показателям технологичности детали необходимо составить таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Поверхности детали

Наименование Поверхности	Количество поверхностей, Qэ	Количество унифицированных элементов, Qu.э	Квалитет точности	Параметр Ошибка!, мкм
ø11Н14	6	6	14	12,5
ø16Н16	6	6	16	12,5
ø5Н14	1	1	14	12,5
ø5,5Н14	19	19	14	12,5
ø0,7	19	19	13	2,5
ø40Н11	2	2	11	2,5
ø23Н12	8	-	12	12,5
ø27Н9	8	-	9	2,5
ø31Н12	8	-	12	2,5
Фаска 1x45°	8	8	14	2,5
Фаска 1,6x45°	1	-	14	2,5
Канавка 32	1	1	15	12,5
Канавка 14	1	1	15	12,5
Канавка 42	1	1	15	12,5
Канавка 15	2	2	15	12,5
Канавка 4,8Н16	6	6	16	12,5
М6-7Н	32	32	7	2,5
Боковые поверхности	6	6	14	6,3
Паз4,8Н16	6	6	16	12,5
Торец 261x60	1	1	14	6,3
Резьбовое отверстие К1/4"	3	3	14	12,5
Радиус R20	8	8	14	12,5
ИТОГО:	153	128		

Используют несколько коэффициентов, для определения количественной оценки технологичности детали.

Коэффициент унификации конструктивных элементов детали (должен быть больше 0,6):

$$K_y = \frac{Q_{y.э}}{Q_э}, \quad (2.2)$$

где  $Q_{y.э}$  – количество унифицированных элементов;  
 $Q_э$  – количество поверхностей.

$$K_y = \frac{128}{153} = 0,8$$

Полученное значение коэффициента технологичности унификации конструктивных элементов детали показывает, что деталь является технологичной.

Коэффициент точности обработки определяется по формуле:

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} \geq 0,8, \quad (2.3)$$

где  $A_{cp}$  – средний квалитет точности.

$$A_{cp} = \frac{n_1 + 2 \cdot n_2 + 3 \cdot n_3 + \dots + 19 \cdot n_{19}}{\sum_{i=1}^{19} n_i}, \quad (2.4)$$

В этой формуле  $n_i$  – число поверхностей детали точностью соответственно по 1...19-му квалитетам.

$$A_{cp} = \frac{11 \cdot 2 + 7 \cdot 32 + 13 \cdot 19 + 12 \cdot 16 + 14 \cdot 53 + 16 \cdot 18 + 9 \cdot 8 + 15 \cdot 4}{153} = 12,07 \text{ мкм}$$

$$K_{m.ч.} = 1 - \frac{1}{12,07} = 0,92.$$

По этому показателю деталь является технологична, так как  $K_{т.ч} > 0,8$ .

Коэффициент шероховатости определяется по следующей формуле:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} \leq 0,32, \quad (2.5)$$

где  $B_{cp}$  – средний класс шероховатости и равен:

$$B_{cp} = \frac{\sum B \cdot n_{ш}}{\sum n_{ш}} = \frac{1 \cdot n_1 + 2 \cdot n_2 + \dots + 14 \cdot n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{14}}, \quad (2.6)$$

где  $n_1$ ;  $n_2$ ; ...  $n_{14}$  – количество поверхностей, имеющих шероховатость, соответствующую данному числовому значению параметра  $R_a$ .

$$B_{cp} = \frac{2,5 \cdot 78 + 6,3 \cdot 8 + 12,5 \cdot 74}{153} = 7,6 \text{ мкм};$$

$$K_{ш} = \frac{1}{7,6} = 0,13.$$

Поскольку  $K_{ш} < 0,32$ , по этому показателю деталь технологична.

## 2.1.5 Выбор заготовки и метода ее изготовления

Способ получения заготовок для деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, серийностью производства, экономичностью изготовления, размерами, материалом, а также возможностями заготовительных цехов предприятия. Исходя из конструкции детали, серийности производства, назначения детали заготовку для рассматриваемой детали должна быть получена литьем. Алюминиевые сплавы, в основном благодаря хорошим литейным свойствам, получают двумя способами, при заданной программе выпуска: литье под давлением и литье в кокиль.

На основе экономического расчета, произведем сравнение вариантов выбора заготовки по формуле технологической себестоимости детали.

Если при смене заготовки объем последующей механической обработки изменяется несущественно, варианты сравниваются по стоимости заготовки:

$$C_{заяi} = a_i \cdot Q_3 \cdot m_6, \quad (2.7)$$

где  $Q_3$  – масса материала заготовки, получаемый выбранным способом, кг.;

$m_6$  – стоимость одного килограмма заготовки, изготовленной базовым способом, руб.;

$a_i$  – коэффициент относительной 1 кг заготовки, изготовленной выбранным способом.

Для отливок:

$$a_i = k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II}, \quad (2.8)$$

где  $k_T$  – от группы сложности;

$k_C$  – от группы сложности;

$k_B$  – от массы заготовки;

$k_M$  – от марки материала;

$k_{II}$  – от объема производства.

Величина  $Q_3$  оценивается по формуле:

$$Q_3 = \frac{Q_d}{K_{им}}, \quad (2.9)$$

где  $Q_d$  – масса детали по рабочему чертежу.

Сравниваем методы изготовления заготовки на основе экономического расчета по формуле технологической себестоимости детали:

$$S_T = \frac{m_d}{K_{им}} \cdot [C_{зая} + C_c \cdot (1 - K_{им})], \quad (2.10)$$

где  $K_{им}$  – проектный коэффициент использования материала заготовки и рассчитывается по формуле 2.11.

$C_{заг.} = 280$  руб/кг – стоимость 1 кг материала отливки, полученной литьем в кокиль;

$C_{заг.} = 474,7$  руб/кг – стоимость 1 кг материала отливки, полученной литьем под давлением, [1];

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

$m_d$  - масса детали, кг.

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

Расчет заготовки, получаемый литьем под давлением

Используя графический пакет «Компас 16.1», считаем массу заготовки.

Масса заготовки –  $m_3 = 2,2$  кг.

Класс размерной точности отливки – 8.

Степень коробления элементов отливки – 6.

Степень точности поверхности отливки – 8.

Класс точности массы отливки – 6.

Точность отливки 8-6-8-6.

Ряд припусков – 3.

Размеры отливки заносим в таблицу 2.6.

Таблица 2.6 – Размеры отливки

Размер детали, мм	Шероховатость поверхности, мкм	Припуск на сторону, мм	Размер заготовки, мм	Допуск на размер заготовки, мм
1	2	3	4	5
70h12	Ra12,5	1,4	72,8	$\pm 0,55$
60 $\pm$ 1	Ra12,5	1,4	61,4	$\pm 0,5$
261 $\pm$ 1	Ra12,5	1,6	262,6	$\pm 0,7$

Формовочные уклоны назначаем по ГОСТ 3112-80 - тип 1.

Радиусы наружных углов не более 3 мм, внутренних – не более 8 мм.

Коэффициент использования материала, находится по формуле:

$$K_{им} = \frac{m_d}{m_3} \geq 0,7, \quad (2.11)$$

где  $m_d$  – масса детали, кг;

$m_3$  – масса заготовки, кг;

$$K_{им} = \frac{1,7}{2,2} = 0,77.$$

По этому показателю деталь нетехнологична, так как современный средний уровень для производства равен  $0,78 \leq K_{им} \leq 0,9$ .

Технологическая себестоимость детали:

$$S'_T = \frac{1,7}{0,77} \cdot [474,7 + 99 \cdot (1 - 0,77)] = 1098 \text{ руб.}$$

Расчет заготовки, получаемый литьем в кокиль

Используя графический пакет «Компас 16.1», считаем массу заготовки.

Масса заготовки –  $m_3 = 2,35$  кг.

Класс размерной точности отливки – 9.

Степень коробления элементов отливки – 6.  
 Степень точности поверхности отливки – 9.  
 Класс точности массы отливки – 6.  
 Точность отливки 9-6-9-6.  
 Ряд припусков – 4.  
 Размеры отливки заносим в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 – Размеры отливки

Размер детали, мм	Шероховатость поверхности, мкм	Припуск на сторону, мм	Размер заготовки, мм	Допуск на размер заготовки, мм
70h12	Ra12,5	1,9	73,8	2,4
60±1	Ra12,5	2,7	62,7	2,0
261±1	Ra12,5	2,5	263,5	3,6
Ø31H12	Ra12,5	1,6	Ø27,8	2,0
Ø27H9	Ra12,5	2,6	Ø21,8	2,0
Ø23H12	Ra12,5	1,5	Ø20	1,6

Коэффициент использования материала:

$$K_{\text{им}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{з}}} = \frac{1,7}{2,35} = 0,72$$

Технологическая себестоимость детали:

$$S_{\text{т}}'' = \frac{1,7}{0,72} \cdot [280 + 99 \cdot (1 - 0,72)] = 726,5 \text{ руб.}$$

Экономический эффект:

$$\mathcal{E} = (S_{\text{т}}' - S_{\text{т}}'') \cdot N \tag{2.12}$$

$$\mathcal{E} = (1098 - 726,5) \cdot 1000 = 371500 \text{ руб.}$$

Припуски на заготовку, полученную литьем под давлением, меньше, но из-за сложности оборудования для этого способа, высокой стоимости ее изготовления и возможности образования газовой раковины принимаем в качестве метода получения заготовки литье в кокиль.

### 2.1.6 Составление технологического маршрута

На основании действующего технологического процесса обработки в условиях ООО «Юргинский машзавод», а также с учетом принятой годовой производственной программой и выбранного способа получения заготовки составляет маршрутный технологический процесс изготовления детали корпус КС-4372.212.00.001 (табл. 2.8).

Таблица 2.8 – Технологический маршрут обработки

№ Операции	Наименование и содержание операции	Оборудование
1	2	3
005	<p>Вертикально – фрезерная</p> <p>Фрезеровать поверхность выдерживая размер 62,7±1мм.</p> <p>Фрезеровать поверхность выдерживая размер 60±1мм.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Центровать 27 отверстий.</li> <li>- Сверлить 19 отверстий в размер Ø5,5H14 на глубину 17<sup>+2</sup>мм.</li> <li>- Сверлить отверстие в размер Ø5,5H14 на глубину 9<sup>+1,5</sup>мм.</li> <li>- Сверлить отверстие в размер Ø1,5<sup>+0,16</sup> на глубину 8<sup>+1,5</sup>мм.</li> <li>- Сверлить отверстие в размер Ø10,7<sup>+1</sup> на глубину 15<sup>+2</sup>мм.</li> <li>- Сверлить 5 отверстия в размер Ø11H14 на глубину 29±0,3мм.</li> <li>- Фрезеровать 13 пазов выдерживая размер 4,8H16<sup>(+0,75)</sup> мм на глубину 6<sup>+1,5</sup>мм.</li> </ul>	Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр Naas VF-1
010	<p>Слесарная</p> <p>Снять заусенцы, острые кромки притупить.</p>	Верстак
015	<p>Вертикально – фрезерная</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Цековать 6 отверстий диаметром 16H16 в размер 28<sub>-1</sub> мм.</li> </ul>	Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр Naas VF-1
020	<p>Слесарная</p> <p>Снять заусенцы, острые кромки притупить.</p>	Верстак
025	<p>Горизонтально-фрезерная</p> <p>Позиция 1</p> <p>Фрезеровать поверхность выдерживая размер 10±0,5 мм.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Зенкеровать 4 отверстия Ø23H12 на проход.</li> <li>- Зенкеровать 4 отв. Ø26,8H12 на</li> </ul>	Горизонтально-фрезерный обрабатывающий центр FEELER модели EH-320

Продолжение табл. 2.8

№ Операции	Наименование и содержание операции	Оборудование
1	2	3
	<p>глубину 30 мм, с образованием фасок 1 х45°.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Зенкеровать 4 отв. Ø31Н12 на глубину 10мм, с образованием фасок 1х30°.</li> <li>- Развернуть 4 отверстия Ø27Н9 на глубину 30 мм.</li> <li>- Цековать отверстие Ø40Н11 на длину 2,2<sup>+0,1</sup>мм.</li> <li>- Центровать 16 отверстий.</li> <li>- Сверлить 16 отверстий в размер Ø5 мм на глубину 14<sup>+2</sup>мм.</li> <li>- Нарезать резьбу М6-7Н на длину 10<sup>+1,5</sup>мм.</li> </ul> <p>Позиция 2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Фрезеровать поверхность выдерживая размер 70h12</li> <li>- Зенкеровать 4 отв. Ø26,8Н12 на глубину 30мм с образованием фасок 1х45°.</li> <li>- Зенкеровать 4 отв. Ø31Н12 на глубину 10 мм с образованием фасок 1х30°</li> <li>- Развернуть 4 отверстия Ø27Н9 на глубину 30 мм.</li> <li>- Цековать отверстие Ø40Н11 на длину 2,2 мм.</li> <li>- Центровать 16 отверстий.</li> <li>- Сверлить 16 отверстий в размер Ø5 мм на глубину 14<sup>+2</sup>мм.</li> <li>- Нарезать резьбу М6-7Н на длину 10<sup>+1,5</sup>мм.</li> </ul>	
030	<p>Слесарная</p> <p>Скруглить радиус R = 0,2мм.</p> <p>Снять заусенцы, острые кромки притупить.</p>	Верстак

Продолжение табл. 2.8

№ Операции	Наименование и содержание операции	Оборудование
1	2	3
035	<p>Горизонтально-фрезерная Позиция 1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Фрезеровать уступ выдерживая размеры <math>9 \pm 0,3</math> мм и <math>10^{+1}</math> мм.</li> <li>- Центровать отверстие <math>\varnothing 5,5H14^{(+0,3)}</math>.</li> <li>- Сверлить отверстия в размер <math>\varnothing 5,5H14^{(+0,3)}</math> на глубину <math>10^{+1,5}</math> мм.</li> <li>- Сверлить отверстия в размер <math>\varnothing 1,5^{+0,16}</math> на проход.</li> </ul> <p>Позиция 2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Центровать отверстие.</li> <li>- Сверлить отверстие <math>\varnothing 10,7^{+1}</math> мм на глубину <math>25^{+2}</math> мм.</li> <li>- Зенковать фаску в размер <math>1,6 \times 45^\circ</math>.</li> <li>- Развернуть отверстие выдерживая размер <math>\varnothing 10,7^{+1}</math> (К 1/4 “ГОСТ6111-52).</li> </ul>	<p>Горизонтально-фрезерный обрабатывающий центр FEELER модели EH-320</p>
040	<p>Слесарная</p> <p>Скруглить радиус <math>R = 0,2</math> мм.</p> <p>Снять заусенцы, острые кромки притупить.</p>	<p>Верстак</p>
045	<p>Вертикально – фрезерная</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Фрезеровать поверхность выдерживая размер <math>70H12^{(+0,31)}</math> под углом <math>10^\circ</math>.</li> <li>- Центровать 2 отверстия <math>\varnothing 10</math> с углом конуса <math>90^\circ</math>.</li> <li>- Сверлить 2 отверстия в размер <math>\varnothing 10,7</math> мм на глубину <math>20^{+2}</math> мм.</li> <li>- Сверлить отверстие в размер <math>\varnothing 5H14^{(+0,3)}</math> на проход.</li> <li>- Зенковать 2 фаски в размер <math>1,6 \times 45^\circ</math>.</li> <li>- Развернуть 2 отверстия в размер К 1/4 “ГОСТ6111-52.</li> </ul>	<p>Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр Haas VF-1</p>
050	<p>Слесарная</p> <p>Снять заусенцы, острые кромки притупить.</p>	<p>Верстак</p>
055	<p>Слесарная</p> <p>Нарезать резьбу К1/4” ГОСТ 6111-52 в трех отверстиях</p>	<p>Верстак</p>

Продолжение табл. 2.8

№ Операции	Наименование и содержание операции	Оборудование
1	2	3
060	Покрытие АН.Окс.хр	
065	Контрольная Контроль размеров по техпроцессу и чертежу.	Плита контрольная

2.1.7 Выбор технологических баз

Операция 005 Вертикально – фрезерная.

Заготовка устанавливается в специальное приспособление с упором во внутреннюю поверхность. Базируется на плавающую призму и пластины. Измерительная база совпадает с технологической, погрешность базирования на выполняемые размеры равна 0.

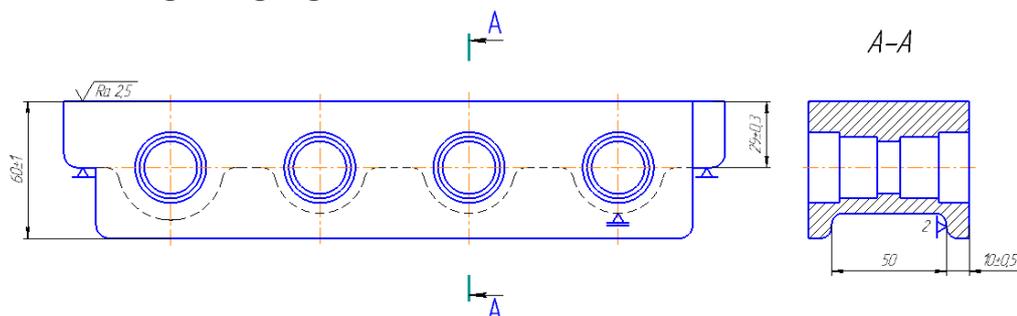


Рисунок 2.2 Схема базирования для операции 005

Операция 015 Вертикально – фрезерная

Заготовка базируется в специальном приспособлении. Схема базирования – на плоскость и два установочных пальца: цилиндрический и ромбический.

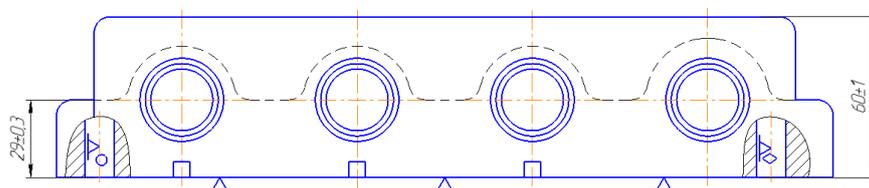


Рисунок 2.3 Схема базирования для операции 015

Операция 025 Горизонтально – фрезерная.

Заготовка базируется в специальном приспособлении. Схема базирования – на плоскость и два установочных пальца: цилиндрический и ромбический. Обработка ведется за две позиции. Так как отверстия

обрабатываются мерным инструментом, погрешность базирования на диаметральные размеры равна нулю.

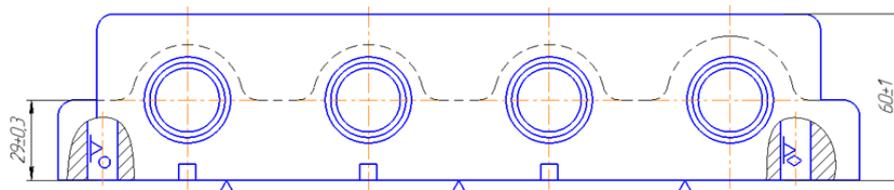


Рисунок 2.4 Схема базирования для операции 025

Операция 035 Горизонтально – фрезерная.

Заготовка базируется в специальном приспособлении. Схема базирования – на плоскость и два установочных пальца: цилиндрический и ромбический. Обработка ведется за две позиции. Измерительная база совпадает с технологической, погрешность базирования на выполняемые размеры равна 0.

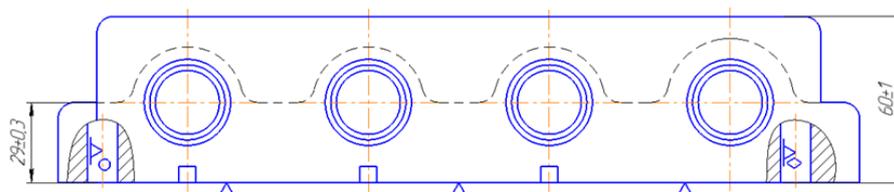


Рисунок 2.5 Схема базирования для операции 35

Операция 045 Вертикально – фрезерная.

Заготовка базируется на плоскость под углом 80° и на два пальца: цилиндрический и ромбический. Погрешность базирования на выполняемые размеры равна 0.

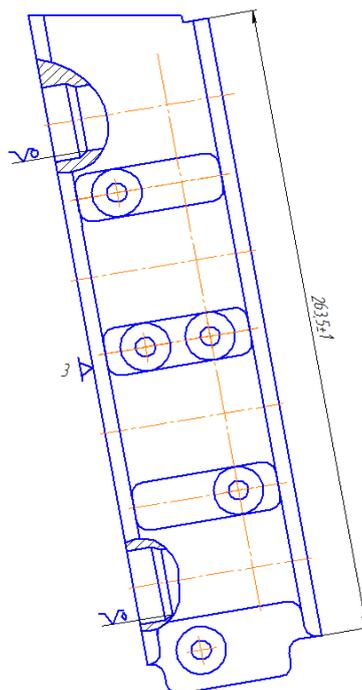


Рисунок 2.6 Схема базирования для операции 045

## 2.1.8 Выбор средств технологического оснащения

Операция 005 Вертикально - фрезерная.

### 1. Оборудование

Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр	Haas	VF-1
Технические характеристики станка		
Макс. перемещение по оси X, мм		508
Макс. перемещение по оси Y, мм		406
Макс. перемещение по оси Z, мм		508
Максимальное расстояние от стола до торца шпинделя, мм		610
Минимальное расстояние от стола до торца шпинделя, мм		102
Длина стола, мм		660
Ширина стола, мм		356
Макс. нагрузка на стол (равном. распределенная), кг		1361
Ширина Т-образных пазов, мм		16
Расстояние между Т-образными пазами, мм		125
Размер конуса шпинделя		40
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин		8100
Макс. мощность шпинделя, кВт		22,4
Макс. крутящий момент, кН		122
Макс. осевое усилие, кН		18,7
Макс. скорость холостых подач, м/мин		25,4
Макс. рабочие подачи по осям XYZ, м/мин		16,5
Кол-во позиций в автоматическом сменщике инструмента, шт		20
Макс. диаметр инструмента (при занятых соседних позициях), мм		89
Макс. масса инструмента, кг		5,4
Время смены инструмента( среднее), сек		4,2
Точность позиционирования, мм		±0,0050
Повторяемость, мм		±0,0025
Объем бака СОЖ, л		208

### 2. Средства технологического оснащения.

Торцевая фреза HOF D080-06-27-R06

Пластина OECR 060405AER-P (сплав)

Торцевая фреза HOF D063-04-22-R07

Пластина OFCR 07T3-AEN-P

Патроны для насадных фрез COMBI с хвостовиками BT40 SEMC 22X53

Концевая фреза Ø4,8 ECA-B-3 04-12C06-57( Монолитный инструмент)

Пружинные цанги ER DIN 6499 с покрытием HARD TOUCH,

Цанговые патроны с термозажимом и с хвостовиками BT MAS-403 форма AD, BT40 FC SRKIN 6X90.

Сверло Ø5,5 SCD 055-020-060 ACP3N

Гидравлические патроны с хвостовиками MAS-BT форма ADB. BT40 HYDRO6 X90

Сверло Ø1,5 BT40 SRK 3x50

Термопатроны с хвостовиками BT MAS-403 тип A/B для твердосплавных инструментов. BT40 SRK 3X50

Сверло Ø10,7 SCD 107-040-120 AP3N

Укороченные гидравлические патроны для тяжело нагруженной обработки с хвостовиками BT форма ADB. BT40 HYDRO12 X58 HD

Сверло Ø11H14 DCN 110-033-16R-3D

Пластина ICN 110

Оправка BT40 HYDRO 16X72.5 HD

Центровочное сверло Ø8 P6M5;

Цанговый патрон DIN 69871S40ER16H70

Цанга ER16D08

Мерительные инструменты.

Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80

Очки 0 ГОСТ 12.4.013-85

Тара 505-190

Пробка 5,5H14 СТП 406-4307-82

Пробка 1,5<sup>+0,16</sup> СТП 406-4307-82

Пробка 10,7<sup>+1</sup> СТП 406-4307-82

Пробка 11 H14 406-4307-82

СОЖ Керосин

Операция 015 Вертикально - фрезерная.

1. Оборудование

Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр Haas VF-1

2. Средства технического оснащения

Цековка Ø16H16

Патрон с коническим хвостовиков BT40 SRKIN 16X 90.

Мерительные инструменты.

Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-80

СОЖ Керосин

Очки 0 ГОСТ 12.4.013-85

Тара 505-190

Операция 025 Горизонтально - фрезерная

1. Оборудование

Горизонтально-фрезерный обрабатывающий центр модели EN-320

Технические характеристики станка

Перемещение по оси X/Y/Z, мм	300/320/270
Поворот стола( ось B), град.	360 <sup>0</sup>
Расстояние от оси шпинделя до плоскости стола, мм	50-320
Расстояние от плоскости поверхности стола до пола, мм	1160
Расстояние от торца шпинделя до центра стола, мм	120-390
Стол	

Размеры стола, мм	Ø350
Дискретность поворота, град.	90°
Максимально допустимая нагрузка на стол( горизонтально), кг	300
Подачи по осям	
Скорость быстрых перемещений по осям X/Y/Z , м/мин.	48/48/48
Скорость рабочей подачи по осям X/Y/Z , м/мин.	20
Шпиндель	
Мощность, кВт (пост./ при 30 мин.),	5,5/7,5
Число оборотов, об/мин,	1000 (опц. 12000)
Конус отверстия шпинделя, мм,	BT-40
Автоматическая система смены инструмента	
Количество инструментальных позиций, шт.	16 (опц. 24 / 30 / 32)
Время смены инструмента, сек.	2
Максимальная длина инструмента, мм	220
Максимальный диаметр инструмента, мм (при свободной соседней позиции Ø120)	Ø70
Максимальный вес инструмента, кг	8
Прочие характеристики	
Общая потребляемая мощность, кВА,	40
Рабочее давление воздуха, бар,	6-8
Занимаемая площадь и масса	
Длина x Ширина x Высота, мм	1600 x 2900 x 2500
Масса станка, кг	4000

## 2. Средства технического оснащения

Торцевая фреза HOF D080-06-27-R06

Пластина OECR 060405AER-P Сплав IS28

Патроны для насадных фрез COMBI с хвостовиками BT MAS-403 тип

## AD

Зенкер Ø23 мм

Зенкер Ø26,8 H12 мм

Зенкер Ø31 мм

Развертка Ø27 мм P6M5 ГОСТ 11175-80

Цековка Ø40 мм

Сверло Ø5 SCD 050-020-060 ACP3N

Оправка BT40 HYDRO6 X90

Центровочное сверло Ø8 2φ 90° P6M5

Цанговый патрон DIN 69871540ER 16H70

Цанга ER 16D08

Метчик ES13KM16X1.5, Цанга 393.15-20 12, Переходник A1B14-40 20

## 070

Фреза HOF D040-04-22-R06

Пластина OECR060405 AER-P

Оправка BT40 SEMC 22X53

Сверло Ø5,5 SCD 055-020-060 ACP3N

Гидравлический патрон с хвостовиком MAS-BT форма ADB. BT40 HYDRO6 X90

Сверло Ø1,5 BT40 SRK 3x50

Термопатрон с хвостовиком BT MAS-403 тип A/B для твердосплавных инструментов. BT40 SRK 3X50

Сверло Ø10,7 SCD 107-040-120 AP3N

Патрон BT50 HYDRO12 X110

Развертка коническая п/р К 1/4 "ГОСТ 6111-52

Зенковка 45°

Мерительные инструменты

Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-80

Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80

Пробка 23H12 СТП 406-4307-82

Пробка 31H12 406-4307-82

Пробка 27H9 406-4307-82

Пробка 10,7<sup>+1</sup> СТП 406-4307-82

Пробка 5,5H14 СТП 406-430782

Пробка 1,5<sup>+0,16</sup> СТП 406-4307-82

Калибр-пробка п/р К1/4 ГОСТ 17756-80

Калибр-пробка резьбовая ПР, HE M6x1-74 СТП-4201-82

Калибр-соосности

Очки 0 ГОСТ 12.4.013-85

Тара 505-190

Операция 035 Вертикально - фрезерная.

1. Оборудование

Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр Haas VF-1

2. Средства технического оснащения

Торцевая фреза HOF D040-04-22-R06

Пластина OECR 060405AER-P (сплав)

Патроны для насадных фрез COMBI с хвостовиками BT40 SEMC

22X53

Центровочное сверло Ø8 P6M5

Цанговый патрон DIN 69871540ER 16H70

Цанга ER 16D08

Сверло Ø10,7 SCD 107-040-120 AP3N

Патрон BT40 HYDRO 6X90

Сверло Ø5 SCD 050-048-060 ACP8N

Патрон BT50 HYDRO 6X110

Развертка коническая п/р К/1 "ГОСТ 6111-52

Зенковка 45°

Мерительные инструменты

Штангенциркуль ШЦ II-250-0,05 ГОСТ 16680;

Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80

Пробка 10,7<sup>+1</sup> СТП 406-4307-82;

Пробка 5Н14 СТП 406-4307-82  
Калибр-пробка п/р К1/4 ГОСТ 17756-80  
Очки 0 ГОСТ 12.4.013-85  
Тара 505-190.

### 2.1.9 Расчет припусков под обработку

Расчёт припусков производится по аналитическому методу. Этот метод основан на определении минимального припуска, который определяется по формуле [2].

Для односторонней обработки:

$$z_{\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \quad (2.13)$$

Для двухсторонней обработки:

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.14)$$

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

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

$\varepsilon_i$  – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

Для удобства расчета данным методом предусмотрено заполнение специальной таблицы 2.10.

Последовательность заполнения таблицы:

- заполняем первый столбец таблицы, где указываем технологические переходы в принятой последовательности;
- для каждого перехода находим значения каждой составляющей формулы;
- по формулам (2.13) или (2.14) находим  $Z_{\min}$  для всех переходов;
- для конечного перехода записываем наименьший предельный размер по чертежу;
- для предшествующих переходов определяем расчетный размер, прибавляя к нему  $Z_{\min}$ ;
- записываем минимальные предельные размеры по всем переходам, округляя их увеличением до знака допуска;
- определяем максимальные предельные размеры, прибавляя допуск на соответствующий размер;
- определяем  $Z_{\max}$  как разность максимальных размеров,  $Z_{\min}$  как разность минимальных размеров;
- определяем общий максимальный и минимальный припуск;
- проверяем правильность расчета по правилу: разница допусков должна быть равна разнице припусков.

Рассчитаем припуск на обработку поверхности  $\varnothing 23$  Н9 (таблица 2.9).

Таблица 2.9 – Припуск на поверхность  $\varnothing 23H9$

Поверхность детали	Чистота поверхности, квалитет	Допуск на размер, мкм	Элементы припуска, мкм	
			Rz	h
Заготовка	-	-	200	100
Зенкерование черновое	12	350	50	70
Зенкерование чистовое	11	217	32	30
Развертывание	9	52	2,5	10

Суммарные отклонения определяем по формуле.

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma k}^2 + \Delta_{\Delta}^2}, \quad (2.15)$$

где  $\Delta_k$  – общее отклонение оси от прямолинейности.

Для корпусных деталей полученных литьем в металлические формы  $\Delta_k = 0$ .

$\Delta_{\Delta}$  – смещение оси заготовки в результате погрешности центрирования определяется как допуск на наибольший размер от оси отверстия.

$$\Delta_{\Delta} = 1000 \text{ мкм}$$

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{0^2 + 1000^2} = 1000 \text{ мкм}$$

Погрешность установки заготовки в приспособлении [2]:

$$E_i = \sqrt{(\Delta E_{\delta})^2 + (\Delta E_z)^2 + (\Delta E_{np})^2}, \quad (2.16)$$

где  $E_{\delta}$  – погрешность базирования,  $E_{\delta} = 0,6$  мм;

$E_z$  – погрешность закрепления,  $E_z = 0$  мм;

$E_{np}$  – погрешность изготовления и износа опорных поверхностей приспособления ( $E_{np} = 0,06$  мм);

$$E = \sqrt{600^2 + 0^2 + 60^2} = 602 \text{ мкм}$$

Остаточная величина пространственного отклонения после предварительной обработки определяется по формуле:

$$\Delta_i = K_y \Delta_{i-1}, \quad (2.17)$$

где  $K_y = 0,05$  – коэффициент уточнения формы при обработке осевым инструментом.

$$\Delta_1 = K_{y1} \cdot \Delta_3 = 0,05 \cdot 1000 = 50 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_2 = K_{y2} \cdot \Delta_1 = 0,05 \cdot 50 = 2,5 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_3 = K_{y3} \cdot \Delta_2 = 0 \text{ мкм.}$$

$$E_1 = K_{y1} \cdot E = 0,05 \cdot 602 = 30,1 \text{ мкм}$$

$$E_2 = K_{y2} \cdot E_1 = 0,05 \cdot 30,1 = 1 \text{ мкм}$$

$$E_3 = 0$$

Далее производится расчёт минимальных значений межоперационных припусков по формуле (2.13).

Минимальный припуск под черновое зенкерование.

$$2z_{\min} = 2 \cdot ((200 + 100) + \sqrt{1000^2 + 602^2}) = 2 \cdot 1467 = 2934 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск под чистовое зенкерование.

$$2z_{\min} = 2 \cdot ((40 + 40) + \sqrt{50^2 + 30,1^2}) = 2 \cdot 138 = 276 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск под развертывание:

$$2z_{\min} = 2 \cdot ((32 + 30) + \sqrt{2,5^2 + 1,5^2}) = 2 \cdot 64 = 128 \text{ мкм}$$

Графа «расчётный размер» ( $d_p$ ) заполняется, начиная с конечного, в данном случае чертёжного размера, последовательным прибавлением расчётного минимального припуска каждого технологического перехода.

$d_p = 27,052$  мм – для развертывания;

$d_p = 27,052 - 0,128 = 26,924$  мм – для чистового зенкерования;

$d_p = 26,924 - 0,276 = 26,648$  мм – для чернового зенкерования;

$d_p = 26,648 - 2,934 = 23,714$  мм – для заготовки.

Определяем максимальный предельный размер суммой минимального размера и допуска  $T_d$ :

$d_{\min} = 27,052 - 0,052 = 27,0$  мм – для развертывания;

$d_{\min} = 26,924 - 0,084 = 26,84$  мм – для чистового зенкерования;

$d_{\min} = 26,648 - 0,13 = 26,518$  мм – для чернового зенкерования;

$d_{\min} = 23,714 - 0,21 = 23,504$  мм – для заготовки.

Полученные предельные припуски:

$2 \cdot Z_{\min} = 26,648 - 23,713 = 2,935$  мм – для развертывания;

$2 \cdot Z_{\min} = 26,924 - 26,648 = 0,276$  мм – для чистового зенкерования;

$2 \cdot Z_{\min} = 27,052 - 26,924 = 0,128$  мм – для чернового зенкерования.

$2 \cdot Z_{\max} = 26,518 - 23,503 = 3,015$  мм – для развертывания;

$2 \cdot Z_{\max} = 26,84 - 26,518 = 0,322$  мм – для чистового зенкерования;

$2 \cdot Z_{\max} = 27 - 26,84 = 0,16$  мм – для чернового зенкерования.

Расчёт общих припусков:

$Z_o \max = 3,015 + 0,322 + 0,16 = 3,497$  мм – общий максимальный припуск;

$Z_o \min = 2,935 + 0,276 + 0,128 = 3,339$  мм – общий минимальный припуск.

Проверка правильности расчётов:

$$Z_o \max - Z_o \min = T_{d\text{заг}} - T_{d\text{дет}} \quad (2.18)$$

$$3,497 - 3,339 = 0,21 - 0,052$$

$0,158 = 0,158$ , следовательно расчёт припусков произведён верно.

Аналогичные расчеты произвели для 70h12 и данные занесем в таблицу.

Таблица 2.10 – Расчет припусков

Технологический переход обработки	Элементы припуска, мкм				Мин. припуск $2Z_{\min p}$ , мкм	Расчетный максимальный размер $d_p$ , мм	Допуск $T_d$ , мм	Принятые размеры по переходам, мм		Полученные предельные припуски, мм	
	Rz	h	$\Delta$	E				$d_{\max}$	$d_{\min}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Ø27H9. Заготовка	200	100	-	-	-	23,714	0,21	23,713	23,503	-	-
Зенкерование черновое	40	40	1000	602	2964	26,648	0,13	26,648	26,518	3,015	2,935
Зенкерование чистовое	32	30	50	301	276	26,924	0,084	26,924	26,844	0,322	0,276
Развертывание	10	20	2,5	1,5	128	27,052	0,052	27,052	27	0,16	0,128
70h12(-0,3). Заготовка	200	100	-	-	-	73,79	0,74	77,76	74,02	-	-
Фрезерование черновое	50	50	1000	602	2934	74,856	0,46	73,27	70,81	3,49	3,21
Фрезерование чистовое	20	20	50	30,1	316,7	70,54	0,3	70,36	70,06	0,91	0,75

## 2.1.10 Расчет режимов резания

1. Центровать 27 отверстий [3].

Центровочное сверло Ø8.

Материал режущей части: Р6М5.

Глубина сверления:  $t=2$  мм.

Подача:

$$S = \frac{S_{\text{табл. max}} + S_{\text{табл. min}}}{2} \quad (2.19)$$

$$S = \frac{0,36 + 0,27}{2} = 0,315 \text{ мм / об.}$$

Назначаем  $S_{\text{ст}}=0,32$  мм/об.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D_{\text{сп}}^q}{T_s^m \cdot S_{\text{сп}}^y} \cdot K_v, \quad (2.20)$$

где  $C_v=40,7$ ;  $q=0,25$ ;  $y=0,40$ ;  $m=0,125$ ;  $K_v=1$ ;  $T=35$  мин.

$$V = \frac{40,7 \cdot 8^{0,25}}{35^{0,125} \cdot 0,32^{0,40}} \cdot 1 = 69 \text{ м / мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 69}{3,14 \cdot 8} = 2746 \text{ об / мин} \quad (2.21)$$

Принимает  $n_{\text{ст}}=2500$  об/мин.

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\phi} \cdot n_{\text{ст}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 2500}{1000} = 63 \text{ м / мин} \quad (2.22)$$

Осевая сила резания:

$$P_0 = 10C_P \cdot D_{\text{св}}^q \cdot S_{\text{ст}}^y \cdot K_{\text{мр}} = 10 \cdot 9,8 \cdot 8^1 \cdot 0,32^{0,7} \cdot 1 = 353 \text{ Н} \quad (2.23)$$

Крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = 10C_M \cdot D_{\text{св}}^q \cdot S_{\text{ст}}^y \cdot K_{\text{мр}} = 10 \cdot 0,005 \cdot 8^2 \cdot 0,32^{0,8} \cdot 1 = 1,28 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.24)$$

Эффективная мощность:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n_{\text{ст}}}{9750} = \frac{1,28 \cdot 2500}{9750} = 0,32 \text{ кВт} \quad (2.25)$$

$$N \leq N_{\text{дв}} \cdot n_{\text{ст}}$$

$$0,32 \leq 19,04$$

Условие выполняется.

Основное время:

$$T_0 = \frac{L}{n_{\text{ст}} \cdot S_{\text{ст}}} = \frac{2}{2500 \cdot 0,32} = 0,003 \text{ мин} \quad (2.26)$$

2. Зенкеровать 4 отверстия Ø23Н12 на проход.

Инструмент: Зенкер Ø23 мм

Глубина сверления:

$$t = \frac{D_z \cdot D_{\text{св}}}{2} = \frac{23 - 20}{2} = 1,5 \text{ мм} \quad (2.27)$$

Подача:

$$S = \frac{S_{\text{табл. max}} + S_{\text{табл. min}}}{2} = \frac{1,3 + 1,0}{2} = 1,15 \text{ мм / об.}$$

Назначаем  $S_{\text{ст}} = 1,15$  мм/об.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D_{\text{сп}}^q}{T_y^m \cdot t^x \cdot S_{\text{сп}}^y} \cdot K_v,$$

где  $C_v = 80$ ;  $q = 0,3$ ;  $y = 0,5$ ;  $m = 0,3$ ;  $x = 0,2$ ;  $K_v = 1$ ;  $T = 40$  мин.

$$V = \frac{80 \cdot 23^{0,3}}{40^{0,3} \cdot 1,5^{0,2} \cdot 1,15^{0,5}} \cdot 1 = 58 \text{ м / мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 58}{3,14 \cdot 23} = 803 \text{ об / мин}$$

Принимает  $n_{\text{ст}} = 800$  об/мин.

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\phi} \cdot n_{\text{ст}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 23 \cdot 800}{1000} = 57 \text{ м / мин}$$

Осевая сила резания:

$$P_0 = 10 C_P \cdot t^x \cdot S_{\text{ст}}^y \cdot K_{\text{мп}} = 10 \cdot 17,2 \cdot 1,5^1 \cdot 1,15^{0,4} \cdot 1 = 273 \text{ Н}$$

Крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = 10 C_M \cdot D_{\text{св}}^q \cdot S_{\text{ст}}^y \cdot K_{\text{мп}} = 10 \cdot 0,031 \cdot 23^{0,85} \cdot 1,5 \cdot 1,15^{0,8} \cdot 1 = 7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Эффективная мощность:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n_{\text{ст}}}{9750} = \frac{7 \cdot 800}{9750} = 0,57 \text{ кВт}$$

$N \leq N_{\text{дв}} \cdot n_{\text{ст}}$  - условие выполняется.  
 $0,57 \leq 4,6$

Основное время:

$$T_0 = \frac{L}{n_{\text{ст}} \cdot S_{\text{ст}}} \cdot i = \frac{76}{800 \cdot 1,15} \cdot 4 = 0,33 \text{ мин}$$

$$L = l_1 + l_2 + l_3,$$

$i = 4$  (отверстия),

$$L = 70 + 6 = 76.$$

3. Развернуть 4 отверстия  $\text{Ø}27\text{H}9$  на глубину 30 мм.

Инструмент: Развертка  $\text{Ø}27$  мм

$$\text{Глубина сверления: } t = \frac{D_3 \cdot D_{\text{св}}}{2} = \frac{27 - 26,8}{2} = 0,1 \text{ мм.}$$

Подача:

$$S = \frac{S_{\text{табл. max}} + S_{\text{табл. min}}}{2} = \frac{3,1 + 1,9}{2} = 2,5 \text{ мм / об.}$$

Назначаем  $S_{\text{ст}} = 2,5$  мм/об.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D_{\text{сп}}^q}{T_y^m \cdot t^x \cdot S_{\text{сп}}^y} \cdot K_v,$$

где  $C_v = 23$ ;  $q = 0,2$ ;  $y = 0,5$ ;  $m = 0,3$ ;  $x = 0,1$ ;  $K_v = 1$ ;  $T = 120$  мин.

$$V = \frac{23,2 \cdot 27^{0,2}}{120^{0,3} \cdot 0,1^{0,1} \cdot 2,5^{0,5}} \cdot 1 = 8 \text{ м / мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 8}{3,14 \cdot 27} = 94 \text{ об / мин}$$

Принимает  $n_{ст} = 90$  об/мин.

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\phi} \cdot n_{ст}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 27 \cdot 90}{1000} = 7 \text{ м / мин}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{C_P \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100} = \frac{40 \cdot 0,1^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 27 \cdot 8}{2 \cdot 100} = 1,53 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Эффективная мощность:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n_{ст}}{9750} = \frac{1,53 \cdot 90}{9750} = 0,01 \text{ кВт}$$

$N \leq N_{ов} \cdot n_{ст}$  - условие выполняется.  
 $0,01 \leq 4,6$

Основное время:

$$T_0 = \frac{L}{n_{ст} \cdot S_{ст}} \cdot i = \frac{22}{90 \cdot 2,5} \cdot 4 = 0,391 \text{ мин}$$

$$L = l_1 + l_2 + l_3,$$

$i = 4$  (отверстия),

$$L = 20 + 2 = 22.$$

Таблица 2.11 – Результаты расчета режимов резания

Наименование перехода	t, мм	S, мм/об	S <sub>z</sub> , мм/зуб	S <sub>м</sub> , мм/мин	V м/мин	n, об/мин	P, кВт	T <sub>0</sub> , мин
Операция 005								
Фрезеровать поверхность выдерживая размер 62,7±1мм	2.2	-	0.16	2441.6	599	3815	4.571	0.23 1
Фрезеровать поверхность выдерживая размер 60±1мм	0.5	-	0.1	1208.4	598	3021	0.592	0.46 6
Центровать 27 отверстий	2	0.32	-	-	69	2500	0.32	0.06 7

Продолжение табл. 2.11

Наименование перехода	t, мм	S, мм/об	S <sub>z</sub> , мм/зуб	S <sub>m</sub> , мм/мин	V м/мин	n, об/мин	P, кВт	T <sub>0</sub> , мин
Операция 005								
Сверлить 19 отверстий в размер Ø5,5H4 на глубину 17 <sup>+2</sup> мм.	2.75	0.3	-	-	140	400 0	1.21	0.3
Сверлить отверстие в размер Ø5,5H14 на глубину 9 <sup>+1,5</sup> мм.	2.75	0.3	-	-	140	400 0	1.21	0.01
Сверлить отверстие в размер Ø1,5 <sup>+0,16</sup> на глубину 8 <sup>+1,5</sup> мм.	0.75	0.065	-	-	38.2	810 0	0.03	0.02
Сверлить отверстие в размер Ø10,7 <sup>+1</sup> на глубину 15 <sup>+2</sup> мм.	5.35	0.42	-	-	80.7	240 0	1.75	0.01
Сверлить 5 отверстий в размер Ø11H14 на глубину 29±0,3мм.	5.5	0.42	-	-	185	535 3	4.11	0.07
Фрезеровать 12 пазов выдерживая размер 4,8H16 <sup>(+0,75)</sup> мм на глубину 6 <sup>+1,5</sup> мм.	6	-	0.03	729	102	810 0	0.527	2.02

Продолжение табл. 2.11

Наименование перехода	t, мм	S, мм/об	S <sub>z</sub> , мм/зуб	S <sub>м</sub> , мм/мин	V м/мин	n, об/мин	P, кВт	T <sub>0</sub> , мин
Операция 015								
Цековать 6 отверстий диаметром 16Н16 в размер 28. <sub>1</sub> мм.	2,5	0,2	-	-	18,8	250	-	0.24
Операция 025, Позиция 1								
Фрезеровать поверхность выдерживая размер 10 <sup>+1</sup> мм.	1.9	-	0.18	2558	588	355 3	6.5	0.15
Зенкеровать 4 отверстия Ø23Н12 на проход.	1.5	1.15	-	-	57	800	0.57	0.33
Зенкеровать 4 отв. Ø26,8Н12 на глубину 30 мм и с образованием фасок 1 х 45°.	2.5	1.15	-	-	55	650	0.93	0.17
Зенкеровать 4 отв. Ø31Н12 на глубину 10 мм с образованием фасок 1 х 30°.	1.6	1.3	-	-	53	550	0.62	0.07
Развернуть 4 отверстия Ø27Н9 на глубину 30 мм.	0.1	2.5	-	-	7	90	0.01	0.39

Продолжение табл. 2.11

Наименование Перехода	t, мм	S, мм/об	S <sub>z</sub> , мм/зуб	S <sub>м</sub> , мм/мин	V м/мин	n, об/ мин	P, кВт	T <sub>0</sub> , мин
Операция 025, Позиция 1								
Цековать отверстие Ø40Н11 на длину 2,2 <sub>+0,1</sub> мм	4	0.1	-	-	15.7	125	-	0.1 5
Центровать 16 отверстий.	2	0.32	-	-	63	250 0	0.32	0.0 4
Сверлить 16 отверстий в размер Ø5мм на глубину 14 <sup>+2</sup> мм.	2.5	0.21	-	-	185	117 00	1.11	0.1 6
Нарезать резьбу М6-7Н на длину 10 <sup>+1,5</sup> мм.	0.5	1	-	-	3	150	0.008	2.5 6
Операция 025 Позиция 2								
Фрезеровать поверхность выдерживая размер 70h12.	1.9	-	0.18	2558	588	355 3	6.5	0.1 5
Зенкеровать 4 отв. Ø26,8Н12 на глубину 30мм и с образованием фасок 1x45°.	2.5	1.15	-	-	55	650	0.93	0.1 7
Зенкеровать 4 отв. Ø31Н12 на глубину 10мм с образованием фасок 1x30°.	1.6	1.3	-	-	53	550	0.62	0.0 7
Развернуть 4 отверстия Ø27 Н9 на глубину 30 мм.	0.1	2.5	-	-	7	90	0.01	0.3 9

Продолжение табл. 2.11

Наименование Перехода	t, мм	S, мм/об	S <sub>z</sub> , мм/зуб	S <sub>м</sub> , мм/мин	V м/мин	n, об/ мин	P, кВт	T <sub>0</sub> , мин
Операция 025 Позиция 2								
Цековать отверстие Ø40 H11 на длину 2,2 <sup>+0,1</sup> мм	4	0.1	-	-	15.7	125	-	0.15
Центровать 16 отверстий.	2	0.32	-	-	63	250 0	0.32	0.04
Сверлить 16 отверстий в размер Ø5 мм на глубину 14 <sup>+2</sup> мм.	2.5	0.21	-	-	185	117 00	1.11	0.16
Нарезать резьбу М6-7Н на длину 10 <sup>+1,5</sup> мм.	0.5	1	-	-	3	150	0.008	2.56
Операция 035, Позиция 1								
Фрезеровать уступ выдерживая размеры 9±0,3 мм и 10 <sup>+1</sup> мм.	2.5	-	0.16	3085	606	482 1	2.06	0.00 3
Центровать отверстие Ø5,5H14 <sup>(+0,3)</sup> .	2	0.32	-	-	63	250 0	0.32	0.00 2
Сверлить отверстия в размер Ø5,5H14 <sup>(+0,3)</sup> на глубину 10 <sup>+1,5</sup> мм.	2.75	0.3	-	-	185	100 00	1.6	0.00 4
Сверлить отверстия в размер Ø1,5 <sup>+0,15</sup> на проход.	0.75	0.07	-	-	23.6	500 0	-	0.1

Продолжение табл. 2.11

Наименование Перехода	t, мм	S, мм/об	S <sub>z</sub> , мм/зуб	S <sub>m</sub> , мм/мин	V м/ми н	n, об/мин	P, кВт	T <sub>0</sub> , мин
Операция 035 Позиция 2								
Центровать отверстие.	2	0.32	-	-	63	2500	0.32	0.00 2
Сверлить отверстие Ø10,7 <sup>+1</sup> мм на глубину 25 <sup>+2</sup> мм.	5.3 5	0.42	-	-	185	5503	4	0.01
Зенковать фаску в размер 1,6 x 45°	1.6	0.8	-	-	15.7	250	-	0.01
Развернуть коническое отверстие в размеры Ø11,3, 37,14	1	0.8	-	-	5.2	150	-	0.12
Операция 045								
Фрезеровать поверхность выдерживая размер 70Н 12 <sup>(+0,31)</sup> под углом 10°.	1.5	-	0.19	3543	586	4662	3.63	0.016
Центровать 2 отверстия Ø10 с углом конуса 90°.	2	0.32	-	-	63	2500	0.32	0.004
Сверлить 2 отверстия в размер Ø10,7 мм на глубину 20 <sup>+2</sup> мм.	5.3 5	0.42	-	-	185	5503	4	0.02
Сверлить отверстие в размер Ø5Н 14 <sup>(+0,3)</sup> на проход.	2.5	0.175	-	-	127.2	8100	0.67	0.03

Продолжение табл. 2.11

Наименование Перехода	t, мм	S, мм/об	S <sub>z</sub> , мм/зуб	S <sub>m</sub> , мм/мин	V м/мин	n, об/м ин	P, кВт	T <sub>0</sub> , мин
Операция 045								
Зенковать 2 фаски в размер 1,6x45°.	1.6	0.8	-	-	15.7	250	-	0.01
Развернуть 2 конических отверстия в размер 16±0,5	1	0.8	-	-	5.2	160	-	0.12

## 2.2 Конструкторская часть

### 2.2.1 Обоснование и описание конструкции

В конструкторской части выпускной квалификационной работы спроектировано сверлильно-фрезерное приспособление, предназначенное для фрезерования и сверления заготовки на операции 005 вертикально-фрезерной. Обработка корпуса в данном приспособление ведется, с одной стороны. Приспособление устанавливается на стол станка. Закрепление приспособления на столе станка выполняется с помощью болтов, устанавливаемых в Т-образные пазы, и пазов размером 15x28 в плите поз.1 приспособления. Заготовка устанавливается на пластины поз. 5 и плавающую призму поз.6, с упором во внутреннюю поверхность поз.9. Закрепление заготовки выполняется двумя прихватами поз. 4 с помощью гаек поз. 19. Для установки и снятия заготовки, прихваты обеспечивают отвод и подвод с помощью паза.

### 2.2.2 Расчет приспособления на точность

Заготовки устанавливаются на призмы, следовательно, погрешность установки будет составлять:

$$\varepsilon_v = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (2.28)$$

Погрешность базирования  $\varepsilon_6$  на размер при обработке плоской поверхности или паза:

$$\varepsilon_6 = 0,5 \cdot TD \left( \frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right), \quad (2.29)$$

где TD – допуск на наружный диаметр заготовки,  
 $\alpha$  – половина угла призмы.

$$\varepsilon_6 = 0,5 \cdot 740 \cdot \left( \frac{1}{\sin 45^\circ} - 1 \right) = 153 \text{ мкм}$$

Находим погрешность закрепления детали в призме:

$$\varepsilon_3 = \left[ \left( K_{Rz} \cdot R_z + \frac{K_{HB}}{HB} \right) + C_1 \right] \cdot \left( \frac{Q}{19,6 \cdot 1} \right)^n, \quad (2.30)$$

$K_{Rz} = 0,005$ ,  $R_z = 20$  мкм,  $HB = 60$ ,  $K_{HB} = 15$ ,  $C_1 = 0,206$ ,  $Q = 18000$  Н,  $n = 0,7$ .

$$\varepsilon_3 = \left[ \left( 0,005 \cdot 20 + \frac{15}{60} \right) + 0,206 \right] \cdot \left( \frac{18000}{19,6 \cdot 1} \right)^{0,7} = 65,9 \text{ мкм}$$

Погрешность установки:

$$\varepsilon_v = \sqrt{153^2 + 65,9^2} = 166 \text{ мкм}$$

Допуск на размер согласно чертежу, составляет 1000 мкм. Следовательно, разработанное приспособление удовлетворяет точности обработки детали на данной операции.

## 2.2.2 Расчет силы зажима изделия

Упрощенная схема для силового расчета приспособления представлена на рисунке 2.7. Исходя из анализа выполняемых технологических переходов на операции 005 наибольшее усилие, возникающее при резании, это осевая сила при фрезеровании, которая направлена под  $90^\circ$  (в нашем случае  $R=3901$  Н) [13].

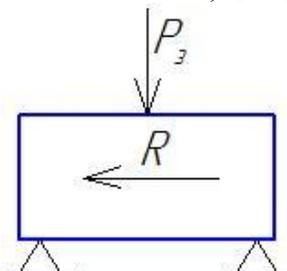


Рисунок 2.7 Схема для силового расчета приспособления

Сила, необходимая для зажима:

$$P_з = K \cdot \frac{R}{f_{оп} + f_{зм}} \quad (2.31)$$

где  $f_{оп}$  и  $f_{зм} = 0,18-0,3$  – коэффициенты трения между поверхностями заготовки и установочными и зажимными элементами приспособления;

$K$  – коэффициент запаса, учитывающий нестабильность силовых воздействий на заготовку, который рассчитывается по формуле:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (2.32)$$

где  $K_0=1,5$  – коэффициент гарантированного запаса,

$K_1 = 1,2$  - коэффициент неровностей;

$K_2 = 1,3$  – характеризует увеличение сил резания из-за затупления инструмента;

$K_3 = 1,0$  – характеризует увеличение сил резания при прерывистом резании;

$K_4 = 1,3$  – т. к. зажим ручной;

$K_5 = 1,0$  – коэффициент, характеризующий эргономику приспособления;

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 3,04.$$

$$P_з = K \cdot \frac{R}{f_{оп} + f_{зм}} = 3,04 \cdot \frac{3901}{0,24 + 0,24} = 24706 \text{ Н}$$

Силы, действующие на прихват, изображены на рис 2.8.

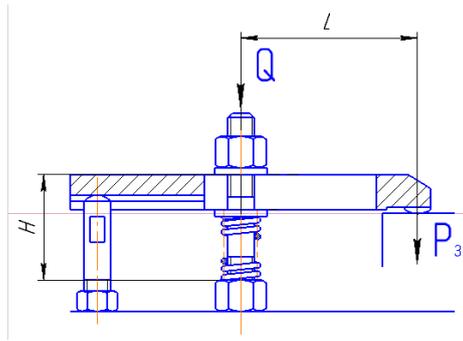


Рисунок 2.8 Действующие на прихват силы

Сила, действующая на гайке, определяется по формуле [23]:

$$Q = \frac{P_3}{1 - 3 \cdot f \cdot L/H}, \quad (2.33)$$

где  $f$  – коэффициент трения на торце гайки ( $f=0,1-0,15$ );

$L$  и  $H$  – конструктивные элементы прихвата ( $L=53\text{мм}$ ,  $H=32\text{мм}$ ).

$$Q = \frac{24706/2}{1 - 3 \cdot 0,12 \cdot 53/32} = 29766H$$

При известной силе  $Q$  вычисляют номинальный диаметр винта по формуле:

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{Q}{\sigma_p}}, \quad (2.34)$$

где  $\sigma_p$  – напряжение материала винта, для алюминия  $\sigma_p = 360$  МПа;

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{29766}{360}} = 12,73\text{мм}$$

Принимаем  $d = 16\text{мм}$ .

Определяем необходимые параметры резьбы: резьба М6, шаг резьбы  $P=0,75$  мм,  $d_1=D_1=5,188$  мм,  $d_2=D_2=5,513$  мм.

Момент затяжки:

$$M = 0,5 \cdot Q \cdot \left\{ d_2 \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + f \cdot (D_{н.т.}^3 - d_{н.т.}^3) / [3 \cdot (D_{н.т.}^2 - d_{н.т.}^2)] \right\}, \quad (2.35)$$

где  $d_2$  – средний диаметр резьбы;

$\alpha = \text{arctg}\left(\frac{t}{\pi \cdot d_2}\right)$  – угол подъёма резьбы;

$t$  – шаг резьбы;

$\varphi_{np}$  – приведённый коэффициент трения для заданного профиля резьбы, определяется по формуле:

$$\varphi_{np} = \text{arctg}\left(\frac{f}{\cos \beta}\right), \quad (2.36)$$

$\beta$  – половина угла при вершине профиля витка резьбы;

$D_{н.т.}$ ,  $d_{н.т.}$  – наружный и внутренний диаметры опорного торца гайки ( $D_{н.т.}=9,50$  мм,  $d_{н.т.}=4,91$  мм).

Для треугольной резьбы (ГОСТ 9150–59)  $\beta=30$ .

$$\alpha = \text{arctg}\left(\frac{2}{3,14 \cdot 5,51}\right) = 6,59^\circ$$

$$\phi_{np} = \arctg\left(\frac{0,12}{\cos 30}\right) = 7,88^\circ$$

$$M = 0,5 \cdot 29766 \cdot 10^{-3} \left\{ \begin{array}{l} 5,513 \cdot \operatorname{tg}(6,59 + 7,88) + \\ + 0,12 \cdot (9,50^3 - 4,91^3) / [3 \cdot (9,50^2 - 4,91^2)] \end{array} \right\} = 21,8 \text{ Нм}$$

Длина гаечного ключа  $L=150$ мм. При данной длине ключа усилие, развиваемое на рукоятке равно 101 Н. Максимально допустимая сила зажима на рукоятке для приспособлений с ручным зажимом 250Н, поэтому для данного приспособления можно использовать ручной зажим.

### 3 Результаты проведенной разработки

#### 3.1 Организационная часть

##### 3.1.1 Нормирование технологического процесса

Норма времени [6]:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-3}}{n}, \quad (3.1)$$

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

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

$T_{п-3}$  – норма подготовительно-заключительного времени, мин.

Для станков с ЧПУ:

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_B \cdot K_{тв}) \cdot \left(1 + \frac{A_{обс} + A_{отд}}{100}\right), \quad (3.2)$$

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;

$T_B$  – вспомогательное время, мин;

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

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

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

$$T_B = T_{уст} + T_{опер} + T_{изм}, \quad (3.3)$$

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

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

$T_{изм}$  – время на измерение, мин.

$$T_{п-3} = T_{п-31} + T_{п-32} + T_{п-3.обр}, \quad (3.4)$$

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.

Для универсальных станков:

$$T_{шт} = (T_0 + T_B \cdot K_{тв}) \cdot \left(1 + \frac{A_{обс} + A_{отд}}{100}\right), \quad (3.5)$$

где  $T_0$  – основное время на обработку одной детали, мин;

$T_B$  – вспомогательное время, мин;

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

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

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

$$T_{п-3} = T_{п-31} + T_{п-32} + T_{п-3.обр}, \quad (3.6)$$

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

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

Т<sub>П-3.ОБР</sub> – нормы времени на пробную обработку, мин.

Результаты нормирования рассчитаны на основе литературы [6] и приведены в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Нормирование операций

№ опер.	Содержание работы	Источник	Время, мин
1	2	3	4
005	Вертикально-фрезерная		
	1. Основное время		3,194
	2. Вспомогательное время:	Карта 27,	
	время, связанное с операцией	лист 7	0,32
	время на установку и снятие изделия	Карта 18,	2,8
	Коэффициент на вспомогательное время	лист 1	1,0
	Суммарное вспомогательное время		3,12
	3. Время перерывов на отдых и личные надобности, %	Карта 43	4%
	4.Время на обслуживание рабочего места, %	Карта 45	4%
Штучное время		6,82	
Суммарное подготовительно-заключительное время	Карта 54	27	
Штучно-калькуляционное время		16,22	
015	Вертикально - фрезерная		
	1. Основное время		0,169
	2. Вспомогательное время:	Карта 25	
	время, связанное с операцией	лист 1	0,15
	время на установку и снятие изделия	Карта 18,	0,53
	Коэффициент на вспомогательное время	лист 1	1,0
	Суммарное вспомогательное время		0,68
	3.Время на обслуживание рабочего места,%	Карта 45	4%
	4.Время перерывов на отдых и личные надобности,%	Карта 43	4%
Штучное время		0,916	
Суммарное подготовительно-заключительное время	Карта 52	18	
Штучно-калькуляционное время		3,916	
025	Горизонтально-фрезерная		
	1. Основное время		7,71
	2. Вспомогательное время:	Карта 25,	
время, связанное с операцией	лист 1	0,62	
время на установку и снятие изделия	Карта 18	1,06	

Продолжение табл. 3.1

№ опер.	Содержание работы	Источник	Время, мин
1	2	3	4
	Коэффициент на вспомогательное время	лист 1	1,0
	Суммарное вспомогательное время		1,68
	3. Время на обслуживание рабочего места	Карта 45	4%
	4.Время перерывов на отдых и личные надобности	Карта 46	4%
	Суммарное подготовительно-заключительное время	Карта 54	25
	Штучное время		10,14
	Штучно-калькуляционное время		11,18
035	Горизонтально-фрезерная		
	1. Основное время		0,241
	2. Вспомогательное время:	Карта 25	
	время, связанное с операцией	лист 1	1,69
	время на установку и снятие изделия	Карта 18	1,06
	Коэффициент на вспомогательное время	лист 1	1,0
	Суммарное вспомогательное время		3,75
	3. Время на обслуживание рабочего места	Карта 45	4%
	4.Время перерывов на отдых и личные надобности	Карта 46	4%
	Суммарное подготовительно-заключительное время	Карта 54	21
	Штучное время		4,31
	Штучно-калькуляционное время		5,185
045	Вертикально - фрезерная		
	1. Основное время		0,2
	2. Вспомогательное время:	Карта 27,	
	связанное с операцией	лист 7	1,3
	на установку и снятие детали	Карта 18,	2,1
	на измерение	лист 1	0,6
	Коэффициент на вспомогательное время	Карта 45	1,0
	Суммарное вспомогательное время		4,0
	3. Время на обслуживание рабочего места		4%
	4. Время перерывов на отдых и личные потребности	Карта 46	4%
	5. Суммарное подготовительно-заключительное время	Карта 54	14,3
	6. Штучное время		4,53
	7. Штучно-калькуляционное время		6,91

### 3.1.2 Расчет потребного количества оборудования и коэффициент его

загрузки

Расчетное количество металлорежущих станков на каждой операции для обработки годовой программы  $N$  (1000 шт.) определяется по формуле:

$$C_p = \frac{T_{шт-к} \cdot N}{60 \cdot F_d}, \quad (3.7)$$

где  $C_p$  – расчётное количество станков данного типа, шт;

$F_d$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования, час:

$$F_d = F_n \cdot K_n, \quad (3.8)$$

где  $F_n$  – номинальный годовой фонд времени работы оборудования, час (в 2020 году составляет 2020 час при 40 часовой рабочей неделе);

$K_n = 0,97$  – коэффициент, учитывающий потери времени при ремонте оборудования.

Коэффициент загрузки оборудования:

$$K_{зо} = \frac{C_p}{C_{п}} \cdot 100, \quad (3.9)$$

где  $C_{п}$  – принятое число станков.

Результаты расчёта приведены в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Определение необходимого количества оборудования и коэффициентов его загрузки

№ операции	$T_{шт-к}$ , мин	$C_p$	$C_{п}$	$K_{зо}$ , %
005	16,22	0,137	1	13,7
015	3,916	0,033	1	3,3
025	11,18	0,092	1	9,2
035	5,185	0,043	1	4,3
045	6,91	0,058	1	5,8

Средний коэффициент загрузки  $K_{зо. ср.} = 8,85\% = 0,0885$ .

Коэффициент загрузки должен быть в пределах  $0,65 \leq K_{зо} \leq 1,00$ , а средний  $K_{зо} = 0,75 - 0,95$ . Эти условия не выполняются, значит необходимо либо синхронизировать операции, заменив оборудования на более или менее производительное, либо ужесточить режимы обработки, либо догрузить оборудование другими деталями, или провести другие мероприятия, повышающие коэффициент загрузки.

### 3.1.3 Расчет состава работающих

Количество производственных рабочих рассчитывается на основе общей трудоемкости изготовления изделий по формуле:

$$P = \frac{N \cdot \sum T_{шт.-к.i}}{60 \cdot F_{др} \cdot K_M}, \quad (3.10)$$

где  $F_{др}$  – действительный годовой фонд времени рабочих в часах, принимаемый по таблице 13[7].

$K_M$  – коэффициент многостаночного обслуживания. Для среднесерийного – 1,3-1,5.

$$P = \frac{1000 \cdot \sum 43,411}{60 \cdot 1860 \cdot 1,3} = 0,29 \approx 1$$

Расчеты заносим в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Общая трудоемкость изготовления изделий

Операция	$T_{шт.к.}$	$P_{осн.расч.}$	$P_{осн.прин.}$
005 Вертикально-фрезерная	16,22	0,11	1
015 Вертикально-фрезерная	3,916	0,02	1
025 Горизонтально-фрезерная	11,18	0,08	1
035 Горизонтально-фрезерная	5,185	0,04	1
045 Вертикально-фрезерная	6,91	0,04	1

На операциях 005, 015, 045 примем 1 рабочего. На операциях 025 и 035 примем 1 рабочего. Всего для выполнения технологического процесса требуется 2 основных сотрудника.

Число вспомогательных рабочих составляет (18 – 25)% от количества производственных рабочих. Численность вспомогательных рабочих принимаем равной 1 чел.

Численность инженерно технических работников составляет (11 – 13)% от общего количества производственных и вспомогательных рабочих. Численность инженерно технических работников принимаем равной 1 чел.

Численность служащих – (4 – 5)%; принимаем равной 1 чел.

Численность младшего обслуживающего персонала – (2 – 3)% принимаем равной 1 чел.

Сводная ведомость округленной до целого числа численности персонала работающих в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Сводная ведомость работающих

Наименование профессий	Количество работающих
Производственные рабочие	2
Вспомогательные рабочие	1
Инженерно-технические работники	1

Продолжение табл. 3.4

Наименование профессий	Количество работающих
Служащие	1
Младший обслуживающий персонал	1
Итого работающих	6

#### 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела ВКР является расчет себестоимости детали (корпус КС-4372.212.11.001) при заданном объеме производства 1000 штук и капитальных вложений в предлагаемый инженерный проект.

Норма расхода материала – 2,2 кг;

Чистый вес – 1,7 кг;

Материал – АК7ч-Т5 ГОСТ 1583-89;

Годовой объем выпуска – 1000 шт.

Расчет экономической части производим по методике [17].

##### 4.1 Расчет объема капитальных вложений

Объем капитальных вложений включает в себя:

- затраты на технологическое оборудование;
- расходы на вспомогательное оборудование;
- стоимость инструментов и инвентаря;
- стоимость эксплуатируемых помещений;
- стоимость оборотных средств в дебиторской задолженности;
- сумма денежных оборотных средств.

##### 4.1.1 Стоимость технологического оборудования

Стоимость технологического оборудования ( $K_{то}$ ) представляет собой сумму произведения количества оборудования и его цены на все операции технологического процесса:

$$K_{то} = \sum_{i=1}^m Q_i \cdot C_i, \quad (4.1)$$

где  $m$  – количество операций технологического процесса изготовления изделия;

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

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

Расчет сводим в таблицу 4.1

Таблица 4.1 – Стоимость технологического оборудования

№ операции	Модель станка	$C_i$ , руб.	$Q_i$ , шт.	$K_{тоi}$ , руб.
005, 015, 045	Haas VF-1	4654975	1	4654975

Продолжение табл. 4.1

№ операции	Модель станка	Ц <sub>i</sub> , руб.	Q <sub>i</sub> , шт.	K <sub>тоi</sub> , руб.
025, 035	FEELER EH-320	4000000	1	4000000
Всего				8654975

#### 4.1.2 Стоимость вспомогательного оборудования

Вспомогательное оборудование включает в себя машины и оборудование (генераторы, прессы, вычислительная техника, двигатели, транспортные средства, лабораторное оборудование, и т.д.), которое не учитывается в стоимости основного технологического оборудования, но непосредственно участвуют в технологическом процессе.

Стоимость вспомогательного оборудования определяем приближенно – 30 процентов стоимости технологического оборудования:

$$K_{\text{во}} = K_{\text{то}} \cdot 0,30, \quad (4.2)$$

где K<sub>во</sub> – стоимость вспомогательного оборудования, руб.;

K<sub>то</sub> – стоимость технологического оборудования, руб.

$$K_{\text{во}} = 8654975 \cdot 0,30 = 2596492 \text{ руб.}$$

#### 4.1.3 Стоимость инструментов, приспособлений и инвентаря

Стоимость инструментов и инвентаря по предприятию может быть установлена примерно в 10 – 15 % от стоимости технологического оборудования.

В данном случае учитывается стоимость:

1. Инструментов всех видов( фрезы, сверла, штангенциркуль, шаблоны и т.д.) и прикрепляемые к машинам приспособления для обработки изделия( приспособления для крепления заготовок на станках, тески, зажимы и т.д.);

2. Производственного инвентаря для обеспечения производственных процессов (рабочие столы, верстаки, инвентарь для хранения жестких и сыпучих тел, охраны труда и т.д.);

3. Хозяйственного инвентаря (шкафы, столы, инвентарь конторского назначения и т.д.).

$$K_{\text{ин}} = K_{\text{то}} \cdot 0,15, \quad (4.3)$$

где K<sub>ин</sub> – стоимость инструментов и инвентаря, руб.;

K<sub>то</sub> – стоимость технологического оборудования, руб.

$$K_{\text{ин}} = 8654975 \cdot 0,15 = 1298246 \text{ руб.}$$

#### 4.1.4 Стоимость эксплуатируемых помещений

$$C_{\text{п}}^{\text{II}} = (S_{\text{III}} \cdot A_{\text{III}} + S_{\text{СП}} \cdot A_{\text{III}}) \cdot T, \quad (4.4)$$

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

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

$T$  – отчетный период ( $T=12$  мес.).

$$C_{II}^{\text{II}} = (45 \cdot 200 + 20 \cdot 200) \cdot 12 = 156000 \text{ руб.}$$

4.1.5 Стоимость оборотных средств в производственных запасах, сырье и материалах

Данные средства рассчитываются по формуле:

$$K_{\text{изм}} = \frac{H_{\text{м}} \cdot N \cdot C_{\text{м}}}{360} \cdot T_{\text{обм}} = \frac{2,2 \cdot 1000 \cdot 190}{360} \cdot 30 = 34833 \text{ руб.} \quad (4.5)$$

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

$N=1000$  шт. – годовой объем производства продукции, шт.;

$C_{\text{м}}=190$  руб./кг – цена материала;

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

4.1.6 Оборотные средства в незавершенном производстве

Стоимость незавершенного производства ( $K_{\text{нзп}}$ ) определяется по следующей формуле:

$$K_{\text{нзп}} = \frac{N \cdot T_{\text{ц}} \cdot C' \cdot k_{\text{з}}}{360} = \frac{1000 \cdot 5 \cdot 503,6 \cdot 0,915}{360} = 6340 \text{ руб.}, \quad (4.6)$$

где  $T_{\text{ц}}$  – длительность производственного цикла, дни;

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

$k_{\text{з}}$  – коэффициент готовности.

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

$$C' = \frac{H_{\text{м}} \cdot C_{\text{м}}}{k_{\text{м}}} = \frac{2,2 \cdot 190}{0,83} = 503,6 \text{ руб.}, \quad (4.7)$$

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

Коэффициент готовности:

$$k_{\text{з}} = (k_{\text{м}} + 1) \cdot 0,5 = (0,83 + 1) \cdot 0,5 = 0,915 \quad (4.8)$$

4.1.7 Оборотные средства в запасах готовой продукции

Стоимость запаса готовой продукции определяется по формуле:

$$K_{\text{зн}} = \frac{C' \cdot N}{360} \cdot T_{\text{зн}} = \frac{503,6 \cdot 1000}{360} \cdot 7 = 9792 \text{ руб.}, \quad (4.9)$$

где  $T_{en}$  – продолжительность оборота готовой продукции на складе в днях.

#### 4.1.8 Оборотные средства в дебиторской задолженности

Дебиторская задолженность определяется по формуле:

$$K_{оз} = \frac{B_{pn}}{360} \cdot T_{оз} = \frac{579140}{360} \cdot 20 = 32174 \text{ руб.}, \quad (4.10)$$

где  $B_{pn}$  – выручка от реализации продукции на стадии предварительных расчетов, руб.;

$T_{оз}$  – продолжительность дебиторской задолженности ( $T_{дз}=7 \div 40$ ), дней

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

$$B_{pn} = C' \cdot N(1 + p / 100), \text{ руб.}, \quad (4.11)$$

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

$$B_{pn} = 503,6 \cdot 1000(1 + 15 / 100) = 579140 \text{ руб.}$$

#### 4.1.9 Денежные оборотные средства

Для нормальной работы предприятия необходимо иметь денежные средства на текущие расходы. Сумма денежных средств составляет примерно 10% от суммы материальных оборотных средств.

$$C_{обс} = K_{нзм} \cdot 0,10 = 6340 \cdot 0,10 = 634 \text{ руб.} \quad (4.12)$$

#### 4.1.10 Сумма капитальных вложений

Сумма капитальных вложений определяется по формуле:

$$C_{к.в.} = K_{то} + K_{во} + K_{ши} + C_n + K_{пзн} + K_{нзн} + C_{обс} \quad (4.13)$$

$$C_{к.в.} = 8654975 + 2596492 + 1298246 + 156000 + 34833 + 6340 + 634 = 12747520$$

### 4.2 Определение сметы затрат на производство и реализацию продукции

#### 4.2.1 Основные материалы за вычетом реализуемых отходов

Основные материалы за вычетом реализуемых отходов.

Затраты на основные материалы ( $C_M$ ) рассчитываются по формуле:

$$C_M = N \cdot (C_M \cdot H_M \cdot K_{тзр} - C_o \cdot H_o), \quad (4.14)$$

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

$C_o$  – цена возвратных отходов,  $C_o = 2,6$  руб/кг;

$H_o$  – норма возвратных отходов кг/шт;

Норма возвратных отходов определяется:

$$H_0 = m_3 - m_0 = 2,2 - 1,7 = 0,5 \text{ кг/шт}, \quad (4.15)$$

где  $m_3$  – масса заготовки, кг;

$m_0$  – масса изделия, кг.

$$C_m = 1000 \cdot (190 \cdot 2,2 \cdot 1,04 - 45 \cdot 0,5) = 412220 \text{ руб.}$$

Расчет сводим в таблицу 4.2

Таблица 4.2 – Основные материалы за вычетом реализуемых отходов

№ детали	Затраты на материалы, руб.	Возвратные отходы, руб.	$C_m$ , руб.
Деталь-представитель	434720	22500	412220
Всего:			412220

#### 4.2.2 Расчёт заработной платы производственных работников

Заработная плата рассчитывается по формуле:

$$C_{zo} = \sum_{i=1}^m \frac{t_{umi} \cdot C_{часj}}{60} \cdot k_n \cdot k_p \cdot N, \quad (4.16)$$

где  $m$  – количество операций технологического процесса;

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

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

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

$k_p$  – районный коэффициент ( $k_p=1,3$ ).

Таблица 4.3 – Расчёт заработной платы производственных работников

Профессия рабочего	$t_{umi}$ , мин	Разряд	Количество	$C_{часj}$ , руб.	$C_{zoi}$ , руб
Оператор станков с ЧПУ	12,266	3	1	29,65	35456,5
Оператор станков с ЧПУ	14,45	4	1	33,15	31136,1
Фонд заработной платы всех рабочих					66592,6

#### 4.2.3 Отчисления на социальные нужды по заработной плате

основных производственных рабочих

Отчисления на социальные нужды:

$$C_{осо} = C_{зо} \cdot (\alpha_1 + \alpha_2), \quad (4.17)$$

где  $C_{осо}$  – отчисления на социальные нужды, руб.;

$C_{зо}$  – основная заработная плата, руб.;

$\alpha_1$  – обязательные социальные отчисления,  $\alpha_1 = 0,3$  руб./год;

$\alpha_2$  – социальное страхование по профессиональным заболеваниям и несчастным случаям,  $\alpha_2 = (0,03 \div 0,017)$  руб./год.

$$C_{oco} = 66592,6 \cdot (0,3 + 0,007) = 20444 \text{ руб.}$$

#### 4.2.4 Расчет амортизации основных фондов

Амортизация основных фондов – это перенос части стоимости основных фондов на вновь созданный продукт для последующего воспроизводства основных фондов к времени полного износа.

Годовые амортизационные отчисления начисляются линейным или нелинейным методом.

##### 4.2.4.1 Расчет амортизации оборудования

При крупном масштабе производства, при полной загрузки оборудования сумма амортизационных начислений равномерно распределяется на каждую единицу продукции.

В расчетах ВКР целесообразно определить годовую норму амортизации каждого оборудования, по следующей схеме используя линейный метод:

$$a_{ni} = \frac{1}{T_0} \cdot 100\% , \quad (4.18)$$

где  $a_{ni}$  – годовая норма амортизации каждого оборудования, руб.;

$T_0$  – срок службы оборудования,  $T_0 = (3 \div 12)$  лет.

$$a_{ni} = \frac{1}{12} \cdot 100\% = 8,33\%$$

Сумма амортизации определяется:

$$A = \sum_{i=1}^n C_i \cdot a_{ni} , \quad (4.19)$$

где  $A$  – сумма амортизации, руб.;

$n$  – количество оборудования, шт.;

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

$a_{ni}$  – годовая норма амортизации каждого оборудования.

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

##### 4.2.4.2 Расчет амортизационных отчислений зданий

При небольшом объеме производства и не полной загрузки оборудования (оборудование загружено еще производством других видов продукции) необходимо рассчитать амортизационные отчисления, приходящихся на один час работы оборудования:

$$A_q = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \cdot a_{ni}}{F_0 \cdot K_{epi}}, \quad (4.20)$$

где  $A_q$  – сумма амортизации, руб.;

$n$  – количество оборудования, шт.;

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

$a_{ni}$  – годовая норма амортизации каждого оборудования, руб.;

$F_0$  – действительный годовой фонд рабочего времени работы оборудования,  $F_0 = 2020$  часов;

$K_{epi}$  – коэффициент загрузки  $i$ -го оборудования по времени.

Таблица 4.4 – Расчет амортизационных отчислений

№ операции	$C_i$ , руб.	$a_{ni}$ ,	$F_{0i}$ , час.	$A_{qi}$ , руб.
005	4654975	8,3	2020	1396
015	4654975	8,3	2020	5796
025	4000000	8,3	2020	1786
035	4000000	8,3	2020	3822
045	4654975	8,3	2020	3297
Амортизационные отчисления для всех станков ( $A_{qi}$ )				16097

Амортизационные отчисления эксплуатируемых площадей, включены в стоимость арендной платы.  $A_{3i} = C_{II}^{II} = 156000$  руб.

#### 4.2.5 Отчисления в ремонтный фонд

Отчисления в ремонтный фонд рассчитываются по формуле:

$$C_p = (K_{mo} + K_{oo}) \cdot k_{рем} + C_n \cdot k_{з.рем}, \quad (4.21)$$

$$C_p = (8654975 + 2596492) \cdot 0,001 + 156000 \cdot 0,005 = 12031 \text{ руб.}$$

#### 4.2.6 Затраты на вспомогательные материалы на содержание оборудования

##### 4.2.6.1 Затраты на СОЖ

Затраты на СОЖ определяем по формуле:

$$C_{СОЖ} = n \cdot N \cdot g_{ox} \cdot u_{ox}, \quad (4.22)$$

где  $C_{СОЖ}$  – затраты на СОЖ, руб.;

$n$  – количество станков, шт.;

$N$  – годовой объем производства продукции, шт.;

$g_{ox}$  – средний расход, охлаждающий жидкости для одного станка  
,  $g_{ox} = 0,03$  кг/дет.;

$u_{ox}$  – средняя стоимость охлаждающей жидкости, руб./кг.

$$C_{COЖ} = 2 \cdot 1000 \cdot 0,03 \cdot 94,71 = 5682 \text{ руб.}$$

#### 4.2.6.2 Затраты на сжатый воздух

Затраты на сжатый воздух определяем по формуле:

$$C_{возд} = \frac{g_{возд} \cdot Ц_{возд} \cdot N}{60} \sum t_{oi}, \quad (4.23)$$

где  $C_{возд}$  – затраты на сжатый воздух, руб.;

$g_{возд}$  – расход сжатого воздуха,  $g_{возд} = 0,7$  м<sup>3</sup>/ч;

$Ц_{возд}$  – стоимость сжатого воздуха, руб.;

$N$  – годовой объем производства продукции, шт.;

$t_{oi}$  – основное время на каждой операции, мин.

$$C_{возд} = \frac{0,7 \cdot 65,30 \cdot 1000}{60} \cdot 11,854 = 8772 \text{ руб.}$$

#### 4.2.7 Затраты на силовую электроэнергию

Расчет затрат на электроэнергию:

$$C_{чЭ} = \sum_{i=1}^m N_{yi} \cdot F_{\partial} \cdot K_N \cdot K_{ep} \cdot K_{од} \cdot \frac{K_{\omega}}{\eta} \cdot Ц_{Э}, \quad (4.24)$$

где  $C_{чЭ}$  – затраты на электроэнергию, руб.;

$m$  – количество операций технологического процесса изготовления изделия;

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

$F_{\partial}$  – действительный годовой фонд рабочего времени работы оборудования,  $F_{\partial} = 2020$  часов;

$K_N$  – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности,  $K_N = 0,5$ ;

$K_{ep}$  – средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени,  $K_{ep} = 0,3$

$K_{од}$  – средний коэффициент одновременной работы всех электродвигателей,  $K_{од} = 0,6 \div 1,3$ , принимаем  $K_{од} = 0,7$  ;

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

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

$C_{\text{э}}$  – средняя стоимость электроэнергии по данным городской электросети)  $C_{\text{э}} = 3.94$  руб.

Таблица 4.5 – Затраты на электроэнергию технологического процесса

№ операции	$N_{yi}$ , кВт	$Q_i$ , шт.	$C_{\text{чэi}}$ , руб.
005	22,4	1	28346
015	22,4	1	28346
025	5,5	1	6960
035	5,5	1	6960
045	22,4	1	28346
Затраты на электроэнергию для всех операций			105918

#### 4.2.8 Затраты на инструмент приспособление и инвентарь

Стоимость инструмента для изготовления данной детали ( $K_{\text{ин1}} = K_{\text{ин}} \cdot 0,05 = 1298246 \cdot 0,05 = 64912$  руб.) по предприятию установлена приблизительно, поэтому их учет как плановые показатели включим в себестоимость произведенной продукции. На предприятии затраты такого плана рассчитываются по факту приобретения и учитываются в себестоимости с учетом срока износа.

#### 4.2.9 Расчет заработной платы вспомогательных рабочих

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{зэр}} = \sum_{i=1}^k C_{\text{зМj}} \cdot Ч_{\text{эpj}} \cdot 12 \cdot k_{\text{nj}} \cdot k_{\text{pj}} \cdot k_{\text{y}}, \quad (4.25)$$

где  $C_{\text{зэр}}$  – заработная плата вспомогательных рабочих, руб.;

$k$  – количество вспомогательных рабочих;

$C_{\text{зМj}}$  – месячная тарифная ставка рабочего соответствующего разряда;

$Ч_{\text{эpj}}$  – численность рабочих по соответствующей профессии, чел.;

$k_{\text{nj}}$  – коэффициент, учитывающий премии и доплаты для вспомогательных рабочих,  $k_{\text{nj}} = (1,2 \div 1,3)$ ;

$k_{\text{pj}}$  – районный коэффициент,  $k_{\text{pj}} = 1,3$  ;

$k_{\text{y}}$  – коэффициент участия работника в изготовлении детали,  $k_{\text{y}} = 0,08$ .

$$C_{\text{зэрВСП}} = 7500 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 1,3 \cdot 1,3 \cdot 0,08 = 12168$$

Отчисления на социальные цели вспомогательных рабочих:

$$C_{\text{оэп}} = C_{\text{зэр}} \cdot 0,26, \quad (4.26)$$

где  $C_{\text{оэп}}$  – сумма отчислений за год, руб./год;

$C_{\text{зэр}}$  – заработная плата вспомогательных рабочих, руб.

$$C_{\text{оэп}} = 12168 \cdot 0,26 = 3163 \text{ руб.}$$

#### 4.2.10 Заработная плата административно-управленческого персонала

Заработная плата административно-управленческого персонала определяется по формуле:

$$C_{\text{зауп}} = \sum_{i=1}^k C_{\text{зауп}i} \cdot \text{Ч}_{\text{ауп}i} \cdot 12 \cdot k_{\text{р}i} \cdot k_{\text{н}i} \cdot k_{\text{у}}, \quad (4.27)$$

где  $C_{\text{зауп}}$  – заработная плата административно-управленческого персонала;

$k$  – количество административно-управленческого персонала;

$C_{\text{зауп}i}$  – месячный оклад работника административно-управленческого персонала, руб.;

$\text{Ч}_{\text{ауп}i}$  – численность работников административно-управленческого персонала, чел.;

$k_{\text{р}i}$  – районный коэффициент,  $k_{\text{р}i} = 1,3$ ;

$k_{\text{у}}$  – коэффициент участия работника в изготовлении детали,  $k_{\text{у}} = 0,02$ .

$k_{\text{н}i}$  – коэффициент, учитывающий премии и доплаты административно-управленческого персонала.

$$C_{\text{заупРУК}} = 13700 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 1,3 \cdot 1,3 = 277836 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{заупСПЕЦ}} = 11350 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 1,3 \cdot 1,3 = 230178 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{зауп}} = (277836 + 230178) \cdot 0,02 = 10160 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные цели административно-управленческого персонала:

$$C_{\text{оауп}} = C_{\text{зауп}} \cdot (0,26 + 0,02), \quad (4.28)$$

где  $C_{\text{оауп}}$  – сумма отчислений за год, руб./год;

$C_{\text{зауп}}$  – заработная плата административно-управленческого персонала, руб.

$$C_{\text{оауп}} = 10160 \cdot (0,3 + 0,02) = 3251 \text{ руб.}$$

#### 4.2.11 Прочие расходы

В прочие расходы входят: налоги и сборы, командировочные и представительские расходы, отчисления на социальные фонды, оплата работ по сертификации продукции, платежи по обязательству страхованию имущества и за выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду, специальной одежды вознаграждения за изобретательства и рационализации, и др.

Прочие расходы рассчитываются как плановые, условно:

$$C_{\text{проч}} = ПЗ \cdot N \cdot 0,1, \quad (4.29)$$

где  $C_{\text{проч}}$  – прочие расходы, руб.;

$ПЗ$  – прямые затраты единицы продукции, руб.;

$N$  – годовой объем производства продукции, шт.

$$C_{\text{проч}} = 499,22 \cdot 1000 \cdot 0,1 = 49922 \text{ руб.}$$

#### 4.3 Экономическое обоснование технологического проекта

При данной годовой программе выпуска (1000 шт.) изделия КС 4372.212.11.001 и разработанном производственном процессе: себестоимость изделия составляет 937 при ее реализации по цене 1200 руб., предполагаемая прибыль составит  $(650 - 503,6) \cdot 1000 = 263000$  руб.

Таблица 4.6 – Смета затрат по экономическим элементам

Затраты	Сумма, руб./ед.	Сумма, руб./год
Прямые затраты:	499,22	499256,6
основные материалы за вычетом реализуемых отходов	412,22	412220
заработная плата производственных рабочих	66,56	66592,6
отчисления на социальные нужды по зарплате производственных рабочих	20,44	20444
Косвенные затраты:	438,11	448076
амортизации оборудования предприятия	16,09	16097
арендная плата или амортизация помещений	156	156000
отчисления в ремонтный фонд	12,03	12031
вспомогательные материалы на содержание оборудования	14,45	14454
затраты на силовую электроэнергию	105,98	105918
износ инструмента	64,91	64912
заработная плата вспомогательных рабочих	12,16	12168
отчисление на социальные цели вспомогательных рабочих	3,163	3163
заработная плата административно-управленческого персонала	10,16	10160
отчисления на социальные цели административно-управленческого персонала	3,25	3251
прочие расходы	49,92	49922
Итого	937,33	947332,6

## Выводы

В данной работе был произведен расчет себестоимости изделия КС-4372.212.11.001. Расчет капитальных вложений в проект, которые составили 12747520 рублей. В том числе была определена смета затрат на производство и реализацию продукции. Прямые затраты (стоимость основных материалов, заработная плата основных работников и социальные отчисления с зарплаты) составили 499256,6 рублей в год. Косвенные затраты (амортизация оборудования, помещений; отчисления в ремонтный фонд; затраты на силовую электроэнергию и др.) составили 448076 рублей в год.

## 5 Социальная ответственность

### 5.1 Описание рабочего места( рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования)

Материалом корпуса является алюминиевый сплав АК7ч-Т5 ГОСТ 1583-93, масса заготовки– 1,7 кг, следовательно, для установки её на станок не требуются подъёмно-транспортные устройства.

Обработка ведётся на фрезерных станках с ЧПУ, которые расположены таким образом, чтобы на участке максимально уменьшить встречный и перекрещивающийся грузопотоки деталей. У станков полностью закрытое герметичное защитное ограждение. Рабочие на станках в качестве индивидуальных средств защиты от летящей стружки используют очки 0 ГОСТ 12.4.013-85. Уборка стружки во время работы осуществляется шнеком и пневмопистолетом. Два шнека расположены в рабочей зоне с обеих сторон рабочего стола. Стружка со шнеков поступает на скребковый стружечный конвейер и транспортируется в бак для сбора стружки. Форсунки подачи СОЖ в рабочей зоне станка способствуют эффективному стружкоудалению. Станки оснащены функцией автоматического отключения станка. На станках с ЧПУ такие движения как например, подвод и отвод инструмента, его смена, выполняется с высокой скоростью. Эти движения выполняются в соответствии с программой и момент их осуществления трудно предсказать. Что увеличивает риск травмирования станочника. Этот фактор требует повышенного внимания работника и соблюдения инструкций по эксплуатации станка.

Проходы и проезды на участке обозначены белыми разделительными линиями шириной не менее 100мм. На территории участка все проходы, проезды, люки колодцев свободные, не переполнены материалами, заготовками, полуфабрикатами, деталями, отходами производства и тарой.

Заготовки, детали на рабочем месте укладываются на стеллажи и в ящики способом, обеспечивающим их устойчивость и удобство захвата при использовании грузоподъёмных механизмов. Высота штабелей заготовок на рабочем месте должна выбираться исходя из условий их устойчивости и удобства снятия с них деталей, но не выше 1м; ширина между штабелями должна быть не менее 0,8м. Освобождающуюся тару и упаковочные материалы должны быть своевременно удалены из рабочих мест в специально отведённые места.

### 5.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

В процессе обработки корпуса на работника могут влиять следующие вредные производственные факторы, которые влияют на здоровье и самочувствие человека:

- недостаточное освещение может ухудшить зрение человека, а также косвенно повлиять на безопасность труда и качество продукции;

- шум, ослабляет внимание человека, увеличивает расход энергии, замедляет скорость психических реакций и, как следствие, увеличивает вероятность несчастных случаев;

- вибрации, могут привести к развитию виброболезни. Вибрация ухудшает самочувствие работника и снижают производительность труда, часто приводят к серьезным профессиональным заболеваниям.

- СОТС (СОЖ). В данном технологическом процессе используется в качестве СОЖ - керосин. Результате тонкого разбрызгивания при использовании на металлорежущих станках образуется своего рода туман, представляющий собой аэрозоль керосина. В результате вдыхания паров керосина возможно развитие случаев как острого, так и хронического отравления работающих.

### 5.2.1 Освещение

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

$$КЕО = \frac{E}{E_0} \times 100\% \quad (5.1)$$

где  $E$  – освещённость на рабочем месте, Лк;

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

В цехе, где происходит технологический процесс изготовления детали, естественное освещение осуществляется верхним светом через световые призмы – фонари. Для поддержания постоянного уровня освещенности применяется комбинированное освещение – естественное и искусственное. Искусственное общее освещение – лампы накаливания располагаются в верхней зоне помещения и на колоннах.

Ртутные лампы СЗ-4-ДРЛ используются для освещения общего надзора за работой устройства. Люминесцентные лампы ЛБ используются для местного освещения.

Рассчитываем требуемое количество светильников

Расчет общего равномерного искусственного освещения рабочей поверхности производится методом коэффициента использования светового потока. Используя этот метод, можно определить световой поток ламп,

необходимый для создания заданного поверхностного освещения, с учетом света, отраженного стеклами и потолком.

Величина светового потока лампы:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{n \cdot \eta}, \quad (5.2)$$

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;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока (в долях единицы).

В данном случае общая освещенность 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 расположены рядами параллельно стенам с окнами. Наиболее предпочтительное относительное расстояние между светильниками:  $\lambda = 1,4 \text{ м}$ ;  $L = 5,6$ ;  $L/3 = 1,86$ .

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

Минимальная высота подвеса светильников над полом находится по таблице 4.7: для светильников СЗ-4 ДРЛ равна 4 м.

Индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (5.3)$$

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

$A, B$  – стороны помещения, м2;

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

По таблице 12 [14]  $\eta = 41\%$ .

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

По таблице 2 [19] для общего освещения используются лампы с мощностью 125Вт, напряжением в сети 220В, напряжением на лампе 120В, током лампы 1,25А, световой поток 5500лм. Лампа ЛБ.

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

### 5.2.2 Шум

Шум на рабочем месте наносит большой ущерб, вредно воздействует на организм человека и снижает производительность труда. Усталость рабочих из-за шума увеличивает количество ошибок на работе и способствует несчастным случаям. Источником шума является металлорежущее оборудование. Нормирование шума осуществляется нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданиях и на территории жилой застройки»

В борьбе с производственным шумом были выбраны оптимальные режимы резания, а в качестве индивидуальной защиты для рабочих принимаются беруши.

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.

### 5.2.3 Вибрация

Причиной возникновения вибраций являются возникающие при работе оборудования неуравновешенные силовые действия.

Нормативные документы:

- ГОСТ 12.1.012-90« ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования»;
- СН 2.2.4/2.1.8.566-96« Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий»;
- ГОСТ 12.1.046-78.« ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация».

Документы устанавливают: классификацию вибраций, методы гигиенической оценки, стандартизированные параметры и их допустимые значения, режимы труда лиц виброопасных профессий, подвергающихся воздействию локальной вибрации, требования по обеспечению вибробезопасности и к вибрационным характеристикам машин.

Для уменьшения уровня вибрации металлорежущие станки устанавливаются на виброопоры; около каждого станка для рабочих расположены поддоны по всей длине рабочей зоны, а по ширине – не менее 0,6 м от выступающих частей станка.

### 5.2.4 СОЖ

Основные санитарно-гигиенические требования, направленные на создание допустимых условий труда при работе с СОЖ, отражены в СанПин "Санитарноэпидемиологические требования для организаций, осуществляющих механическую обработку металлов".

Для защиты от попадания СОЖ на работников предусматривается спецодежда. Для предотвращения разбрызгивания и загрязнения рабочей

зоны от СОЖ, используются специальные конструкции сопел, а также применяются защитные экраны и щитки. Отработанная СОЖ собирается в специальные емкости для ее последующей обработки. Для защиты кожного покрова от воздействия СОЖ применяются различные дерматологические средства, а также рабочие участки снабжаются чистыми обтирочными материалами. Не допускается применение одной и той же ветоши для протирки рук, и станков.

К средствам защиты органов дыхания предусмотрены ватно-марлевые повязки и противопыльные тканевые маски (ПТМ.-1). Глаза защищают противопылевыми очками.

### 5.2.5 Микроклимат

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 воздушного потока вентиляция делится на естественную (аэрация, проветривание) и механическую (приточная, приточно-вытяжная). В зависимости от характера охвата помещений различают общеобменную и местную вентиляцию. По времени действия: постоянно действующая и аварийная.

Работа вентиляционной системы создаёт метеорологические условия и чистую воздушную среду на постоянных рабочих местах, которые соответствуют действующим санитарным нормам СанПиН 2.2.4.548096.

В данном проекте применяется воздушно-отопительный агрегат, который обеспечивает, подогрев воздуха, подаваемого в производственные помещения в холодный период года – это пластинчатый калорифер. Тонкие стальные трубки, расположены вертикально в несколько рядов, соединенных между собой металлическими пластинками, которые расположены по всей своей длине на небольших расстояниях друг от друга. Концы трубок закреплены в коробках, имеющих патрубки для подсоединения к тепловой сети. Горячая вода или пар, проходящие через трубки, нагревают их и металлические пластины, в которые они помещены. Воздух, создаваемый вентилятором, проходя через зазоры между металлическими пластинами и трубками, отбирает от них тепло и нагревается до желаемой температуры, которая может регулироваться в определенных пределах.

Микроклимат производственного помещения обработки материалов резанием соответствует СанПиН 2.2.4.548096 и ГОСТ 12.1.005-88.

### 5.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

В процессе обработки корпуса на рабочем могут действовать следующие вредные производственные факторы, влияющие на здоровье и самочувствие человека:

- электрический ток, поражение электрическим током может привести к серьёзным травмам и смерти человека;

- движущиеся органы станков, могут нанести травму работнику. Кроме того, при обработке на станках с ЧПУ существует вероятность травмирования при смене инструмента, поскольку смена инструмента выполняется с высокой скоростью и может быть неожиданной для рабочего;

- стружка, может привести к травме в виде порезов, особенно опасна сливная стружка.

#### 5.3.1 Электрический ток

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:

$$R_3 = \frac{\rho_3}{2 \cdot \pi \cdot l_m} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot h_m}{d}\right) \quad (5.4)$$

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

$\rho_3$  – 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  $\Pi$ , шт. по формуле:

$$\Pi = \frac{R_3}{R \cdot \eta} \quad (5.5)$$

где  $\eta$  – 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:

$$l_n = 1,05 \cdot a \cdot (\Pi - 1) \quad (5.6)$$

где  $a$  – расстояние между заземлителями, м

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

Сопротивление соединительной полосы определяется по формуле:

$$R_n = \frac{\rho_n}{2 \cdot \pi \cdot l_n} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot l_n^2}{h_n \cdot b}\right) \quad (5.7)$$

где  $b$  – ширина полосы,  $b = 1,2 \text{ см}$ ;

$l_n$  – длина полосы,  $l_n = 4200 \text{ см}$ ;

$\rho_n$  – удельное сопротивление грунта,  $\rho_n = 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ ;

$h_n$  – глубина погружения трубы в землю,  $h_n = 80 \text{ см}$

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

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

$$R_c = \frac{R_3 \cdot R_n}{R_3 \cdot \eta_n + R_n + \eta_3 \cdot \Pi} \quad (5.8)$$

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

$\eta_n$  – 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  $\rho$ .

При работе станков создаётся опасность поражения человека электрическим током. Для защиты от данного вредного фактора все станки должны быть заземлены.

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

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

На проектируемом участке используется контурное заземляющее устройство, которое характеризуется тем, что его отдельные заземлители расположены по контуру площадки, где находится заземляемое оборудование.

Для связи вертикальных электродов используем полосовую сталь сечением 4×40 мм. Как правило, в качестве заземляющих проводников, используется полосовая сталь, предназначенная для соединения заземляющих частей с заземлителями.

Все электрошкафы оснащены концевыми выключателями, которые предотвращают случайное попадание человека в зону электрического тока.

### 5.3.2 Движущиеся органы станков

Движущиеся органы станков могут нанести травму рабочему, поэтому на станках предусмотрены ограждения с концевыми выключателями, которые не позволяют начать обработку при убранном ограждении. Не допускается работать на станках в расстёгнутой одежде. Рабочие с длинными волосами должны убирать их под головной убор.

### 5.3.3 Стружка

В России существует стандартная классификация средств защиты от факторов механического повреждения: ГОСТ 12.4.125 "Средства защиты от механических травмоопасных факторов".

При обработке АК7ч-Т5 образуется металлическая стружка, которая имеет высокую температуру и представляет серьезную опасность не только для работающих на станке, но и для лиц, находящихся рядом со станком. Опасность для глаз представляет не только отлетающая стружка, но и пылевые частицы обрабатываемого материала, осколки режущего инструмента. Следует отметить, что режимы обработки, выбранные в ходе разработки технологического процесса, таковы, что скорость вращения инструмента не высока ввиду больших размеров инструмента и выбранного инструментального материала, однако увеличены величины глубины резания соразмерно с подачами станка. Из этого следует, что главную опасность представляет отлетающая стружка, которая имеет большую толщину и достаточно раскалена.

Для безопасной эксплуатации станка и защиты обслуживающего персонала предусмотрены защитные устройства. Зона резания имеет защитное устройство, включающее в себя щиток со смотровым окном из прочного стекла, защищающего человека от вылета стружки.

Для профилактики травматизма применяются средства индивидуальной защиты: спецодежда, спецобувь, перчатки, щитки, маски, очки и др.

Для уборки металлической стружки применяется шнек и пневмопистолет. Два шнека расположены в рабочей зоне с обеих сторон рабочего стола. Стружка со шнеков поступает на скребковый стружечный конвейер и транспортируется в бак для сбора стружки. Форсунки подачи СОЖ в рабочей зоне станка способствуют эффективному стружкоудалению.

Металлическая стружка с рабочих мест и от станков должна храниться в контейнерах на специально отведенных местах.

## 5.4 Охрана окружающей среды

Проблема охраны окружающей среды является одной из важнейших задач нашего времени. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу, водоёмы достигают больших размеров.

Данное производство, т. е. разработанный технологический процесс обработки, не является вредным, отсутствуют значительные выбросы вредных веществ, пыли в атмосферу. Выбросы соответствуют допустимым по ГОСТ 17.2.302–78, поэтому они не очищаются.

В процессе производства образуется большое количество отходов, которые можно использовать в качестве сырья для промышленной продукции. Отработанные СОЖ необходимо собирать в специальные ёмкости. Водная и масляная фазы могут быть использованы в качестве компонентов для приготовления эмульсий. Масляная фаза эмульсий может быть регенерирована или сожжена. Концентрация нефтепродуктов в сточных водах при сбросе в канализацию должна соответствовать требованиям СНИП-32-74 «Канализация. Наружные сети и сооружения». 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 в специальные места. Крупная стружка вывозится в специальное помещение, проходит термообработку и прессуется в брикеты для дальнейшей отправки на металлургический завод.

## 5.5 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.

Возможные источники чрезвычайных ситуаций на данной территории являются:

Природные:

1 Ураганный ветер, сильный дождь, который может привести к замыканию электропроводки. В этом случае люди эвакуируются в безопасное место, отключение электроэнергии.

2 При резком повышении или понижении температуры применяются дополнительные источники подогрева, охлаждения, предусмотрены перерывы.

Техногенные: утечка хлора или аммиака.

Если произошла утечка хлора, нужно подняться вверх, 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 использовать защитные средства.

Пожарная безопасность

Пожары на машиностроительных предприятиях представляют большую опасность для рабочих и могут нанести огромный материальный ущерб.

Причинами возникновения пожаров при обработки данной детали могут быть:

- 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:

1 Организационные – правильная эксплуатация машин, правильное содержание зданий, территории, противопожарный инструктаж рабочих и служащих.

2 Технические – соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения.

3 Режимные – запрещение курения в неустановленных местах, производства электросварочных работ в пожароопасных помещениях.

4 Эксплуатационные – своевременные профилактические осмотры, ремонты, и испытания.

Тушение пожара осуществляется водяными стволами (ручными и лафетными). Вода подается по водопроводам, которые установлены на предприятиях и в населенных пунктах. 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.

В случае пожара на участке есть 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 также конструктивная и функциональная пожарная опасность регламентирует СНиП 21-01-97.

Требования к противопожарным системам водоснабжения – по СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

Также на данном участке и цехе имеются ящики с песком, щит с противопожарным инструментом, пенные огнетушители и др.

## 5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В Трудовом кодексе РФ устанавливаются правила, процедуры и критерии, направленные на сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности.

Государственные нормативные требования охраны труда обязательны для исполнения при производстве машин, механизмов и другого оборудования, разработке технологических процессов, организации производства и труда. Статья 215 ТК РФ определяет соответствие производственных объектов и продукции государственным нормативным требованиям охраны труда.

В соответствии со ст. 225 Трудового кодекса РФ для всех поступающих на работу лиц, а также для лиц, переводимых на другую работу, работодатель обязан проводить инструктаж по охране труда. По характеру и времени проведения инструктажи подразделяется на: вводный; первичный на рабочем месте; повторный; внеплановый; целевой.

В системе обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе их трудовой деятельности основная роль принадлежит нормативным правовым актам по охране труда.

## 5.7 Выводы

В этом разделе были рассмотрены опасные и вредные факторы, которые влияют на здоровье, самочувствие и безопасность труда работников. 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 снижения общей вибрации станки установлены на виброизолирующих опорах.

Большинство опасных и вредных факторов удалось устранить или значительно снизить их негативное влияние. В целом можно сказать, что условия труда на рассматриваемом участке являются относительно комфортными и безопасными, что способствует снижению количества травм, а также способствует повышению производительности труда.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы произведена работа по изучению и анализу действующего технологического процесса на изготовление корпуса КС-4372.212.11.001, и разработан новый технологический процесс, для условий среднесерийного производства с годовой программой выпуска 1000 шт.

При разработке технологического маршрута были выполнены следующие задачи:

- выбор и обоснование метода получения заготовки;
- выбор технологических баз;
- выбор средств технологического оснащения;
- расчёт промежуточных припусков и размеров одной из поверхностей штока;
- расчёт режимов резания.

Оборудование, инструменты и приспособления применены с учётом технической характеристики корпуса, вида производства, точности, экономичности.

При выполнении данной работы составлен маршрут обработки детали с применением более современного и производительного оборудования, оснастки и инструмента. Применён метод концентрации операций, который позволил сократить количество операций и время на изготовления детали.

В конструкторской части было спроектировано сверлильно-фрезерное приспособление для обработки детали. Спроектированное приспособление обеспечивает необходимую силу зажима и соответствует требованиям точности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 14.201–83. Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделия. – Взамен ГОСТ 14.201-74 //М.: Изд-во стандартов. – 1983.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т1/ Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т2/ Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
4. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога машиностроения. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 464 с.
5. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1975. – 656 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для нормирования станочных работ. – М.: Машиностроение, 1984. – 472 с.
7. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – Взамен ГОСТ 1855-55 //М.: Издательство стандартов, 1996.
8. ГОСТ 3212-92. Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров. – Взамен ГОСТ 3212-80 //М.: Издательство стандартов, 2004.
9. ГОСТ 9.306-85 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Обозначения (с Изменениями N 1, 2, 3) //М.: Изд-во стандартов. – 1985.
10. ISCAR Cutting Tools - Metal Working Tools: [Электронный ресурс] // ООО «ISCAR Cutting Tools - Metal Working Tools», 2007-2020. URL: <https://www.iscar.ru/index.aspx/countryid/33#>. (Дата обращения: 05.03.2020).
11. 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.
12. Малов А.Н. Краткий справочник металлиста. – М.: Издательство 2-е М., «Машиностроение» 1971.
13. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.2. – М.: Машиностроение, 1978. – 559 с
14. Справочник металлиста. В 5-и т. Т. 3. Под ред. С74 А.Н. Малова. М., «Машиностроение», 1977.
15. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т1/ Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. - М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.
16. Расчет экономической эффективности новой техники. Справочник/ Под ред. К.М. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1990. – 448 с.
17. Методические указания по выполнению экономической части выпускной квалифицированной работы для студентов механико-машиностроительного факультета. – Юрга: ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2006. – 24 с.

18. Гришагин В.М., Фарберов В.Я. Безопасность жизнедеятельности. - Томск: ТПУ.- 126с.

19. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства. В 2-х томах. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение,1983.









Р	Содержание перехода	ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
Р 01		2	60	288	0,5	1	0,1	3020	598
02									
О 03	4. Центровать 27 отверстий								
Т 04	РИ Центровочное сверло Ø8 Р6М5; СИ ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80								
Р 05		3	8	2	2	1		2500	69
06									
О 07	5. Сверлить 19 отверстий в размер Ø5,5H14 на глубину 17 <sup>+2</sup> мм.								
Т 08	РИ Сверло Ø5,5 SCD 055-020-060 АСР3N; СИ Пробка 5,5H14 СТП 406-4307-82								
Р 09		4	5,5	19	2,75	1	0,3	4000	140
10									
О 11	6. Сверлить отверстие в размер Ø5,5H14 на глубину 9 <sup>+1,5</sup> мм.								
Т 12	РИ Сверло Ø5,5 SCD 055-020-060 АСР3N; СИ Пробка 5,5H14 СТП 406-4307-82								
Р 13		4	5,5	11	2,75	1	0,3	4000	140
14									
О 15	7. Сверлить отверстие в размер Ø1,5 <sup>+0,16</sup> на глубину 8 <sup>+1,5</sup> мм.								
Т 16	РИ Сверло Ø1,5 BT40 SRK 3x50; СИ Пробка 1,5+0,16 СТП 406-4307-82								
Р 17		5	1,5	10	0,75	1	0,065	8100	38,2
18									
ОК	Операционная карта								

Р	Содержание перехода	ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
О 01	8. Сверлить отверстие в размер $\varnothing 10,7^{+1}$ на глубину $15^{+2}$ мм								
Т 02	ПИ Сверло $\varnothing 10,7$ SCD 107-040-120 AP3N; СИ Пробка 10,7+1 СТП 406-4307-82								
Р 03		6	10,7	19	5,35	1	0,42	2400	80,7
04									
О 05	9.Сверлить 5 отверстия в размер $\varnothing 11H14$ на глубину $29 \pm 0,3$ мм.								
Т 06	ПИ Сверло $\varnothing 11H14$ DCN 110-033-16R-3D; СИ Пробка 11H14 406-4307-82								
Р 07		7	11	35	5,5	1	0,42	5353	185
08									
О 09	10. Фрезеровать 13 пазов выдерживая размер $4,8H16^{(+0,75)}$ мм на глубину $6^{+1,5}$ мм.								
Т 10	ПИ Концевая фреза $\varnothing 4,8$ ECA-B-3 04-12C06-57; СИ ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80								
Р 11		8	4,8	6	6	1	0,03	8100	102
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
ОК	Операционная карта								

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
											Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата				
														2	91				
Разраб.	Кузнецова Д.А.					ЮТИ ТПУ		ФЮРА А61076.002											
Провер.	Сапрыкина Н.А.																		
Принял																			
Утвердил																	КП		015
Н.контр.																			
Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль, разм., заготовка			МЗ	КОИД							
Вертикально-фрезерная		АК7ч-Т5 ГОСТ 1583-89			60	166	1,7	Отливка			2,2								
Оборудование; устройство ЧПУ		Обозначение программы			То`	Тв	Тпз	Тшт	Сож										
HAAS VF-1					0,24	0,68	18	0,916	Керосин										
Р	Содержание перехода				ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V							
01																			
0 02	1. Установить и закрепить заготовку																		
Т 03	Специальное приспособление																		
04																			
0 05	2. Цековать 6 отверстий диаметром 16Н16 в размер 28.1 мм.																		
Т 06	РИ Цековка Ø6 мм; СИ ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80																		
Р 07		1	16	3	2,5	1	0,2	250	18,8										
08																			
09																			
10																			
ОК	Операционная карта																		



Р	Содержание перехода	ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
Р 01		2	23	76	1,5	1	1,15	800	57
02									
О 03	4. Зенкеровать 4 отв. Ø26,8H12 на глубину 30мм и с образованием фасок 1x45°.								
Т 04	РИ Зенкер Ø26,8H12 мм; СИ ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80								
Р 05		3	26,7	32	2,5	1	1.15	650	55
06									
О 07	5. Зенкеровать 4 отв. Ø31H12 на глубину 10мм с образованием фасок 1x45°.								
Т 08	РИ Зенкер Ø31 мм; СИ ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80, Пробка 31H12 406-4307-82								
Р 09		4	31	13	1,6	1	1,3	550	53
10									
О 11	6. Развернуть 4 отверстия Ø27H9 на глубину 30 мм.								
Т 12	РИ Развертка Ø27 мм Р6М5 ГОСТ 11175-80; СИ ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80, Пробка 27H9 406-4307-82, Калибр-соосности.								
Р 13		5	27	22	0,1	1	2,5	90	7
14									
О 15	7. Цековать отверстие Ø40H11 на длину 2,2+0,1мм								
Т 16	РИ Цековка Ø40 мм; СИ ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80								
Р 17		6	40	5,2	4	1	0,1	125	15,7
18									
ОК	Операционная карта								

Р	Содержание перехода	ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
О 01	8. Центровать 16 отверстий.								
Т 02	ПИ Центровочное сверло Ø8 P6M5; СИ ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80								
Р 03		7	8	2	2	1	0,32	2500	63
04									
О 05	9. Сверлить 16 отверстий в размер Ø5мм на глубину 14 <sup>+2</sup> мм.								
Т 06	ПИ Сверло Ø5 SCD 050-020-060 АСРЗН; СИ ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80								
Р 07		8	5	16	2,5	1	2,5	11700	185
08									
О 09	10. Нарезать резьбу М6-7Н на длину 10 <sup>+1,5</sup> мм.								
Т 10	ПИ Метчик ES13KM16X1.5; СИ Калибр-пробка резьбовая ПР, HE М6x1-74 СТП-4201-82								
Р 11		9	0,5	12	0,5	1	1	150	3
12									
О 13	11. Фрезеровать поверхность выдерживая размер 10 <sup>+1</sup> мм.								
Т 14	ПИ Торцевая фреза HOF D080-06-27-R06; СИ ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-80								
Р 15		1	60	276	1,9	1	0,18	3535	588
16									
О 17	12. Зенкеровать 4 отв. Ø26,8H12 на глубину 30мм и с образованием фасок 1x45°.								
Т 18	ПИ Зенкер Ø26,8H12 мм; СИ ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80								
ОК	Операционная карта								

Р	Содержание перехода	ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
Р 01		3	26,7	32	2,5	1	1,15	650	55
02									
О 03	13. Зенкеровать 4 отв. Ø31H12 на глубину 10мм с образованием фасок 1x45°.								
Т 04	РИ Зенкер Ø31 мм; СИ ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80, Пробка 31H12 406-4307-82								
Р 05		4	31	13	1,6	1	1,3	550	53
06									
О 07	14. Развернуть 4 отверстия Ø27H9 на глубину 30 мм.								
Т 08	РИ Развертка Ø27 мм Р6М5 ГОСТ 11175-80; СИ ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80, Пробка 27H9 406-4307-82, Калибр-соосности.								
Р 09		5	27	22	0,1	1	2,5	90	7
10									
О 11	15. Цековать отверстие Ø40H11 на длину 2,2+0,1мм								
Т 12	РИ Цековка Ø40 мм; СИ ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80								
Р 13		6	40	5,2	4	1	0,1	125	15,7
14									
О 15	16. Центровать 16 отверстий.								
Т 16	РИ Центровочное сверло Ø8 Р6М5; СИ ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80								
Р 17		7	8	2	2	1	0,32	2500	63
18									
ОК	Операционная карта								

Р	Содержание перехода	ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
О 01	17. Сверлить 16 отверстий в размер Ø5мм на глубину 14 <sup>+2</sup> мм.								
Т 02	РИ Сверло Ø5 SCD 050-020-060 АСРЗН; СИ ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80								
Р 03		8	5	16	2,5	1	2,5	11700	185
04									
О 05	18. Нарезать резьбу М6-7Н на длину 10 <sup>+1,5</sup> мм.								
Т 06	РИ Метчик ES13KM16X1.5; СИ Калибр-пробка резьбовая ПР, HE М6x1-74 СТП-4201-82								
Р 07		9	0,5	12	0,5	1	1	150	3
08									
09									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
ОК	Операционная карта								



Р	Содержание перехода	ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
Р 01		7	8	2	2	1	0,32	2500	63
02									
О 03	4. Сверлить отверстия в размер $\varnothing 5,5H14^{(+0,3)}$ на глубину $10^{+1,5}$ мм.								
Т 04	РИ Сверло $\varnothing 5,5$ SCD 055-020-060 АСРЗН; СИ ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80, Пробка 5,5H14 СТП 406-430782								
Р 05		11	5,5	12	2,75	1	0,3	10000	185
06									
О 07	5. Сверлить отверстия в размер $\varnothing 1,5^{+0,16}$ на проход.								
Т 08	РИ Сверло $\varnothing 1,5$ ВТ40 SRK 3x50; СИ Пробка 1,5+0,16 СТП 406-4307-82								
Р 09		12	1,5	27	0,75	1	0,07	5000	23,6
10									
О 11	6. Центровать отверстие.								
Т 12	РИ Центровочное сверло $\varnothing 8$ Р6М5; СИ ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80								
Р 13		7	8	2	2	1	0,32	2500	63
14									
О 15	7. Сверлить отверстие $\varnothing 10,7^{+1}$ мм на глубину $25^{+2}$ мм.								
Т 16	РИ Сверло $\varnothing 10,7$ SCD 107-040-120 АРЗН; СИ ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80, Пробка 10,7+1 СТП 406-4307-82								
Р 17		13	10,7	29	5,35	1	0,42	5503	185
18									
ОК	Операционная карта								

Р	Содержание перехода	ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
О 01	8. Зенковать фаску в размер 1,6x45°								
Т 02	РИ Зенковка 45°								
Р 03		14	10,7	1,6	1,6	1	0,8	250	15,7
04									
О 05	9. Развернуть коническое отверстие в размеры Ø11,3, 37,14								
Т 06	РИ Развертка коническая п/р К 1/4 "ГОСТ 6111-52; СИ Калибр-пробка п/р К1/4 ГОСТ 17756-80								
Р 07		15	11,3	14	1	1	0,8	150	5,2
08									
09									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
ОК	Операционная карта								



Р	Содержание перехода	ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
Р 01		2	8	2	2	1	0,32	2500	63
02									
О 03	4. Сверлить 2 отверстия в размер Ø10,7мм на глубину 20 <sup>+2</sup> мм.								
Т 04	РИ Сверло Ø10,7 SCD 107-040-120 AP3N; СИ ШЦ-I-125-0,1 Гост 166-80.								
Р 05		3	10,7	24	5.35	1	0.42	5503	185
06									
О 07	5.Сверлить отверстие в размер Ø5H14 <sup>(+0,3)</sup> на проход.								
Т 08	РИ Сверло Ø5 SCD 050-048-060 ACP8N; СИ Пробка 5H14 СТП 406-4307-82								
Р 09		4	5	40	2,5	1	0,175	8100	127,2
10									
О 11	6. Зенковать 2 фаски в размер 1,6x45°.								
Т 12	РИ Зенковка 45°								
Р 13		5	10,7	1,6	1,6	1	0,8	250	15,7
14									
О 15	7. Развернуть 2 конических отверстия в размер 16±0,5								
Т 16	РИ Развертка коническая п/р К/1 "ГОСТ 6111-52								
Р 17		6	11,3	12	1	1	0,8	160	5,2
18									
ОК	Операционная карта								





Дубл.									
Взам.									
Подл.							Изм	Лист	№ докум
									Подпись
									Дата
									1 1

Разработ	Кузнецова Д.А.			ЮТИ ТПУ	ФЮРА А61076.005				
Проверил	Сапрыкина Н.А.								
Принял									
Утвердил									
Н контр.								КП	045

