

Министерство образования и науки 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»**

Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»  
Кафедра «Технология машиностроения»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
на соискание квалификации «бакалавр»**

Тема работы
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЕНЦА КС4871.328.100.018

Индекс УДК 621.81-226.1.002

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А41	Бомуллоев Шервон Зарифович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	В.Л. Бибик	к.т.н, доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Д.Н. Нестерук			

По разделу «Социальная ответственность»

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

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	В.Л. Бибик	к.т.н, доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	А.А. Моховиков	к.т.н, доцент		

Юрга – 2018 г

*Планируемые результаты обучения по ООП «Машиностроение»*

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	<b>Общекультурные компетенции</b>
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.
	<b>Профессиональные компетенции</b>
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

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	Общекультурные компетенции
	при изготовлении изделий машиностроения, иных металлоконструкций и узлов.
Р12	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.
Р13	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.
Р14	Непрерывно самостоятельно повышать собственную квалификацию, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.

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

ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
Федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»  
Кафедра «Технология машиностроения»

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной**

**работы В форме:**

Бакалаврской работы

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

Группа	ФИО
10А41	Бомуллоев Шервон Зарифович

Тема работы:

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЕНЦА КС4871.328.100.018	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	«31» января 2018г.
Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2018 г.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <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>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Чертеж детали</li><li>2. Производственная программа выпуска детали-300 шт.</li></ol>
--	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> (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).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расчеты и аналитика</li> <li>2. Раздел «Социальная ответственность»</li> <li>3. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чертежи детали и заготовки – 2 листа</li> <li>2. Карты наладок – 3 листа</li> <li>3. Чертеж приспособлений - 2 листа</li> <li>4. Социальная ответственность – 1 лист</li> <li>5. Чертеж режущего инструмента – 0,5 лист</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)</p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p><b>Нестерук Д.Н</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> </p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>01.06.18</p>
--	-----------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	<b>Бибик В.Л</b>	к.т.н, доцент		05.06.18

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А41	Бомуллоев Ш.З		05.06.18

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
10А41	Бомуллоев Шервон Зарифович

Институт	Юргинский технологический институт	Кафедра	ТМС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машиностроение

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

<p>1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- вредных проявлений факторов производственной среды;</li> <li>- опасных проявлений факторов производственной среды;</li> <li>- негативного воздействия на окружающую среду;</li> <li>- чрезвычайных ситуаций.</li> </ul>
<p><i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i></p>	<p>ГОСТ 12.3.020-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности (с Изменением N 1).</p> <p>Межотраслевые правила по охране труда (ПОТ РМ), межотраслевые типовые инструкции по охране труда (ТИ РМ). Правила безопасности (ПБ), правила устройства и безопасной эксплуатации (ПУБЭ), инструкции по безопасности (ИБ).</p>

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

<p>2. <i>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; приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>- предлагаемые средства защиты.</li> </ul>
<p>3. <i>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.</li> </ul>
<p>4. <i>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 (сбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> </ul>

	<i>разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</i>
<i>5. Защита в чрезвычайных ситуациях:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>- выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>
<i>6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>
<b>Перечень графического материала:</b>	
<i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i>	-

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	12.04.2018
---	------------

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А41	Бомуллоев Ш.З		

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

Студенту:

Группа	ФИО
10А41	Бомуллоев Шервон Зарифович

Институт	ЮТИ ТПУ	Кафедра	ТМС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машиностроение

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

<i>1. Стоимость ресурсов инженерного решения (ИР) / научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Годовая программа выпуска 300 штук. Масса детали 36,9кг. Материал 38ХМ.</i>
--	--

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

- 1. Краткое описание исходных технико-экономических характеристик объекта ИР / НИ*
- 2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР / НИ; составление бюджета ИР / НИ; краткое описание основных рисков проекта*
- 3. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР / НИ; расчет вложений в основные и оборотные фонды*
- 4. Планирование показателей по труду и заработной плате (расчет штатного расписания, производительности труда, фонда заработной платы)*
- 5. Проектирование себестоимости продукции; обоснование цены на продукцию*
- 6. Расчет прибыли, технико-экономическое обоснование и экономическая оценка проекта*
- 7. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР / НИ*

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

- 1. График разработки и внедрения ИР / НИ*
- 2. Основные показатели эффективности ИР (технико-экономические показатели проекта)*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.04.2018
--	------------

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Нестерук Д.Н	-		

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А41	Бомуллоев Ш.З		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 87с., 8 рисунков, 19 таблиц, 18 источников, 9 листов графической части.

Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка технологического процесса изготовления венца КС-4871.328.100.018».

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ДЕТАЛЬ, ЗАГОТОВКА, РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, МЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.

Цель данной выпускной квалификационной работы – подведение итогов о полученных инженерных навыках на протяжении всего срока обучения, разработка оптимального технологического процесса механической обработки корпуса в условиях мелкосерийного производства, с учетом важнейших направлений развития технологии механической обработки в машиностроении.

В аналитической части работы приводится описание: служебного назначения изделия, действующего технологического процесса механической обработки, отработки конструкции детали на технологичность.

В технологической части работы решены вопросы выбора заготовки и метода ее получения, составления маршрута механической обработки, выбора средств технологического оснащения, расчет режимов резания и припуска на механическую обработку, нормирование механической обработки.

В конструкторской части содержится описание конструкции разработанного приспособления, конструкции режущего и мерительного инструмента.

В организационной части приводится расчет требуемого количества оборудования и коэффициентов его загрузки, расчет числа работающих.

В разделе «Социальная ответственность» разработан необходимый комплекс мероприятий по технике безопасности, охране труда и защите окружающей среды.

В экономической части выполнены соответствующие расчеты, определена себестоимость детали и ожидаемая годовая прибыль от реализации.

## ABSTRACT

Graduation thesis 87p., 8 drawings, tables 19, 18 sources, 9 sheets graphic part.

The theme of the final qualifying work: "Development of technological process of manufacturing the crown of KS-4871.328.100.018".

Key words: TECHNOLOGICAL PROCESS, PART, WORKPIECE, CUTTING TOOL, MEASURING TOOL, EQUIPMENT.

The purpose of this final qualifying work – summing up the results of the engineering skills obtained throughout the training period, the development of the optimal technological process of machining the body in small-scale production, taking into account the most important areas of development of machining technology in engineering.

In the analytical part of the work is a description of the service of the product, the current technological process of mechanical processing, testing of the design of the part for manufacturability.

In the technological part of the work, the issues of selection of the workpiece and the method of its production, drawing up the route of machining, selection of technological equipment, calculation of cutting conditions and allowance for machining, normalization of machining.

The design part contains a description of the design of the developed device, the design of the cutting and measuring tool.

In the organizational part is the calculation of the required amount of equipment and its load factors, the calculation of the number of workers.

In the section "Social responsibility" the necessary complex of measures on safety, health and environment protection is developed.

In the economic part of the relevant calculations are made, determined the cost of parts and the expected annual profit from sales.

## Оглавление:

Введение.....	12
1 Расчеты и аналитика .....	13
1.1 Аналитическая часть.....	14
1.1.2 Служебное назначение изделия.....	14
1.1.3 Производственная программа выпуска изделий. Определение типа производства.....	15
1.1.4 Анализ действующего технологического процесса.....	16
1.2 Анализ технологичности изделия .....	17
1.2.1 Качественная оценка технологичности изделия.....	18
1.2.2 Количественная оценка технологичности изделия .....	18
1.3 Технологическая часть .....	19
1.3.1 Выбор заготовки и метода ее получения.....	19
1.3.2 Составление технологического маршрута обработки.....	20
1.4 Выбор баз .....	23
1.5 Выбор оборудования.....	27
1.6 Выбор средств технологического оснащения .....	29
1.7 Расчет припусков .....	30
1.8 Расчет режимов резания .....	34
1.9 Нормирование технологического процесса .....	42
1.10 Конструкторская часть .....	46
1.10.1 Обоснование и описание конструкции приспособления.....	46
1.10.2 Расчет на точность .....	47
1.10.3 Силовой расчет и выбор параметров привода .....	48
1.11 Проектирование и расчет измерительного приспособления.....	49
1.11.1 Обоснование и описание конструкции приспособления.....	49
1.11.2 Расчет на точность .....	49
1.12 Расчет долбяка.....	50
1.13 Организационный часть .....	59
2 Социальная ответственность.....	61
2.1 Характеристика объекта исследования.....	62
2.2 Выявление и анализ вредных и опасных производственных факторов.....	63
2.3 Обеспечение требуемого освещения на рабочем месте.....	64
2.4 Обеспечение оптимальных параметров микроклимата рабочего места.....	65
2.5 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов.....	66
2.6 Психофизиологические особенности поведения человека при его участии в производстве работ на данном рабочем месте.....	70
2.7 Разработка мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.....	71

					<i>ФЮРА.А4 1052.000 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Бомцллоев Ш.З</i>			<i>Технологический процесс изготовления венца</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Бидик В.Л</i>				1	3	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бидик В.Л</i>			<i>ЮТИ ТПУ гр. 10А41</i>			
<i>Утверд.</i>								

2.8 Обеспечение экологической безопасности и охраны окружающей среды.....	72
2.9 Заключение БЖД.....	72
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	74
3.1 Расчет объема капитальных вложений .....	75
3.1.1 Стоимость технологического оборудования .....	75
3.1.2 Стоимость вспомогательного оборудования .....	75
3.1.3 Стоимость инструментов, приспособлений и инвентаря .....	75
3.1.4 Стоимость эксплуатируемых помещений .....	76
3.1.5 Стоимость оборотных средств в производственных запасах, сырье и материалах .....	76
3.1.6 Оборотные средства в незавершенном производстве.....	76
3.1.7 Оборотные средства в запасах готовой продукции .....	77
3.1.8 Оборотные средства в дебиторской задолженности .....	77
3.1.9 Денежные оборотные средства .....	78
3.2 Расчет сметы затрат на производство и реализацию продукции.....	78
3.2.1 Основные материалы за вычетом реализуемых отходов.....	78
3.2.2 Расчет заработной платы производственных работников.....	78
3.2.3 Отчисления на социальные нужды по заработной плате основных производственных рабочих.....	79
3.2.4 Расчет амортизации основных фондов.....	79
3.2.5 Отчисления в ремонтный фонд .....	80
3.2.6 Затраты на вспомогательные материалы на содержание оборудования.....	80
3.2.7 Затраты на силовую электроэнергию .....	81
3.2.8 Затраты на инструменты, приспособления и инвентарь .....	81
3.2.9 Расчет заработной платы вспомогательных рабочих .....	81
3.2.10 Заработная плата административно-управленческого персонала ..	82
3.2.11 Прочие расходы .....	82
Заключение.....	85
Список использованных источников.....	86
Приложение А ФЮРА.052.000.006 Приспособление зубодолбежное спецификация	
Приложение Б ФЮРА.052.000.007 Приспособление для измерение соосности спецификация	
Приложение В ФЮРА.А41052.000 Комплект документов на технологический процесс	
Графический материал	на отдельных листах
ФЮРА.052.000.001 Венец (лист 1)	
ФЮРА.052.000.002 Венец (лист 2)	

ФЮРА.052.000.003 Карта наладки (лист 3)  
 ФЮРА.052.000.004 Карта наладки (лист 4)  
 ФЮРА.052.000.005 Карта наладки (лист 5)  
 ФЮРА.052.000.006 Приспособление фрезерное (лист 6)  
 ФЮРА.052.000.007 Приспособление для измерение соосности (лист 7)  
 ФЮРА.052.000.008 Социальная ответственность (лист 8)  
 ФЮРА.052.000.009 Долбьяк (лист 9)  
 Диск CD-R в конверте на обороте обложки  
 Файл Пояснительная записка в формате Документ Word  
 Файл ФЮРА.052.000.001 Венец в формате Компас-чертежи «CDW»  
 Файл ФЮРА.052.000.002 Карты наладки в формате Компас-чертежи «CDW»  
 Файл ФЮРА.052.000.003 Карты наладки в формате Компас-чертежи «CDW»  
 Файл ФЮРА.052.000.004 Карты наладки в формате Компас-чертежи «CDW»  
 Файл ФЮРА.052.000.006 Приспособление зубодолбежное Компас-чертежи «CDW»  
 Файл ФЮРА.052.000.007 Приспособление для измерение соосности Компас-чертежи «CDW»  
 Файл ФЮРА.052.000.008 Социальная ответственность в формате Компас-чертежи «CDW»  
 Файл ФЮРА.052.000.009 Долбьяк в формате Компас-чертежи «CDW»

					<i>ФЮРА.А4 1052.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		3

## Введение

Машиностроение определяет состояние производственного потенциала Российской Федерации, обеспечивает устойчивое функционирование жизненно важных комплексов отраслей промышленности и секторов экономики, а также строительной индустрии и наполнения потребительского рынка. От уровня развития машиностроения напрямую зависят важнейшие удельные показатели валового внутреннего продукта страны, уровень экологической безопасности промышленного производства, производительность труда.

Развитый машиностроительный комплекс, высокий уровень его технологий, конкурентоспособность выпускаемых машин и механизмов являются неременным условием динамического развития экономики.

Задача машиностроения заключается в создании совершенных конструкций машин и передовой технологии её изготовления. Основное направление в развитии технологического процесса - это создание принципиально новых технологических процессов и замена существующих процессов более точными и экономичными.

Главное внимание уделяется вопросам сокращения сроков подготовки производства и повышению качества продукции машиностроения. В значительной степени качество и технико-экономические показатели выпускаемой продукции зависят от подготовки производства, важной составной частью которой является проектирование технологического процесса.

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается проектирование технологического процесса механической обработки детали «Венец», с заводским номером КС-4871.328.100.018 выпускаемого на предприятии ООО «Юргинский машиностроительный завод».

Целью разработки ВКР является сокращение сроков технологической подготовки производства, снижение трудоемкости изготовления детали, рост производительности труда, разработки оптимального технологического процесса для данного типа производства.

Проектируемый технологический процесс должен являться оптимальным вариантом решения проектной задачи. Предлагается применить технологический процесс, который даёт возможность использовать высокопроизводительное оборудование и инструмент, обеспечивающие стабильность качества, применить приспособления, спроектированные для данной детали. Проектирование технологического процесса позволит повысить коэффициент загрузки оборудования без его переналадки, повысить производительность и снизить себестоимость изделия.

## 1 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

Студент гр. 10А41	_____	<u>Ш.З. Бомуллоев</u>
	(Подпись)	
	_____	
	(Дата)	
Руководитель	_____	<u>В.Л. Бибик</u>
к.т.н., доцент. кафедры	(Подпись)	
ТМС	_____	
	(Дата)	
Нормоконтроль,	_____	<u>В.Л. Бибик</u>
к.т.н., доцент. кафедры	(Подпись)	
ТМС	_____	
	(Дата)	

## 1.1 Аналитическая часть

### 1.1.2 Служебное назначение изделия

Служебное назначение и техническая характеристика узла и деталей

Деталь «Венец» КС-4871.328.100.018 изготавливается на ООО «Юргинском машзаводе» в цехе №41. Данная деталь входит в сборку КС-4871.328.100.000СБ «Редуктор вращения». «Венец» является основной деталью для сборки. К нему крепятся основные детали редуктора.

«Венец» изготавливается из марки стали 38ХМ ГОСТ 4543-71.

Класс: Сталь конструкционная легированная (хромомолибденовая)

Хромомолибденовая сталь широко применяется при изготовлении деталей, если планируется их эксплуатация с возможным нагревом до четырехсот градусов Цельсия. Обычно это детали различных турбин и некоторых двигателей. Благодаря наличию в составе сплава присадок хрома и молибдена изделия из этого вида стали имеют очень невысокие показатели деформации изменения первоначальных свойств при нагреве в указанных интервалах. Сталь 38ХМ является одной из самых востребованных и часто применяемых марок сплавов подобного типа.

Химический состав, свойства и характеристики и механические свойства стали 38ХМ приведены в таблицах 1, 2 и 3.

Таблица 1 – Химический состав стали 38ХМ

C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Mo, %	P не более, %	S не более, %	Ni не более, %
0,35÷0,42	0,17÷0,37	0,35÷0,65	0,9÷1,3	0,2÷0,3	0,035	0,035	0,30

Таблица 2 - Механические свойства стали 38ХМ

Состояние поставки, режим термообработки	Сечение, мм	$\sigma_T$ (МПа)	$\sigma_B$ (МПа)	$\delta_s$ (%)	$\Psi$ %	КСУ (Дж / см <sup>2</sup> )
		не менее				
1-й закалки или нормализация 850°C, среда охлаждения – масло. Отпуск 580°C, среда охлаждения - воздух	25	885	980	11	45	69

Таблица 3 – Свойства и характеристики стали 38ХМ

Свойства	Характеристики
Твердость после отжига	НВ 10 <sup>-1</sup> =241 МПа

### 1.1.3 Производственная программа выпуска изделий. Определение типа производства.

Исходя из массы детали и годовой программы выпуска, находим тип производства. Масса детали и годовая программа выпуска приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Годовая программа выпуска изделий

Наименование изделия	Характеристика, модель	Число изделий на программу	Масса, т	
			изделия	на годовую программу
Стакан	КС-4871.328.100.018	300	0,0369	11,07

Тип производства при изготовлении деталей - мелкосерийное

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

Тип производства зависит от двух факторов, а именно: заданной программы и трудоемкости изготовления изделия. На основании заданной программы рассчитывается такт выпуска изделия  $t_b$ , а трудоемкость определяется средним штучным временем  $T_{шт}$  по операциям действующего на производстве или аналогичного технологического процесса. Отношение этих величин принято называть коэффициентом серийности:

$$k_c = \frac{t_b}{T_{шт}},$$

(1)

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

для массового производства  $k_c = 1$ ;

для крупносерийного  $k_c = 2 - 10$ ;

для среднесерийного  $k_c = 10 - 20$ ;

для мелкосерийного  $k_c > 20$ .

По заводской технологии  $T_{шт}=5,4$  ч/см.

Величина такта выпуска рассчитывается по формуле:

$$t_b = \frac{60 \cdot F_d}{N}, \quad (2)$$

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

оборудования;

$N$  – годовая программа выпуска деталей, шт.

Программа в штуках вычисляется по формуле:

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

(3)

где  $N_1 = 289$  шт. – годовая программа выпуска изделий;

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

$\beta = 4\%$  – количество деталей, которое необходимо изготовить дополнительно в качестве запасных частей, заданное в процентах от годовой программы.

$$N = 289 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{4}{100}\right) = 300 \text{ шт.},$$

$$t_b = \frac{60 \cdot 2000}{300} = 400 \text{ мин/шт.},$$

$$k_c = \frac{400}{5,4} = 74,1.$$

По коэффициенту серийности тип производства мелкосерийное.

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

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (4)$$

где  $F = 250$  – число рабочих дней в году;

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

$$n = \frac{300 \cdot 3}{250} = 3,6 \text{ шт. Принимаем } n = 4 \text{ шт.}$$

#### 1.1.4 Анализ действующего технологического процесса.

Базовый технологический процесс изготовления стакана разработан для мелкосерийного производства и имеет структуру, представленную в таблице 5.

Таблица 5 – Базовый технологический процесс

Операция	Наименование операции	Оборудование, приспособления, режущий и измерительный инструмент	$T_{шт}$ , мин
1	2	3	4
005	Токарная	1М63 Кулачки расточенные на партию деталей	0,9

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
010	Токарная	1М63 Кулачки расточенные на партию деталей	8
015	Токарная	1740РФ3 Кулачки расточенные на партию деталей Штанген-нутромер 101-1286	5,0
017	Шлифовальная	3Л722	0,16
020	Токарная	1740РФ3 Приспособление 303-3444 Штанген-нутромер 101-1286	4,5
025	Зубодолбежная	5М150П Приспособление УСП Штихмасс 125-1855 Штихмасс 125-1856	5
030	Зубодолбежная	5М150П Приспособление УСП Штихмасс 125-1853 Штихмасс 125-1854	5
035	Сверлильная	2А554 Кондуктор 320-8745	2,35
036	Сверлильная	2А554 Кондуктор 320-8745	4,32
040	Резьбонарезная	2А554	4,66
045	Слесарная	Верстак	
050	Контрольная		

## 1.2 Анализ технологичности изделия

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

Технологичность конструкции обуславливается рациональным выбором исходных заготовок, технологичностью формы детали, рациональной

постановкой размеров, назначением оптимальной точности размеров, форм и взаимного расположения поверхностей, параметров шероховатости и технических требований.

Технологичность конструкции оценивается качественно и количественно.

### 1.2.1 Качественная оценка технологичности изделия

В качестве заготовки принята штампованная поковка, полученная на кривошипном горячештамповочном прессе. Этот вид заготовки является оптимальным для данной конструкции деталей и серийности производства – мелкосерийного.

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

Из чертежа видно, два точных отверстия диаметром 150Н7, самая точная шероховатость Ra2,5. Обрабатываемые поверхности детали являются достаточно открытыми для свободного доступа инструмента для обработки поверхностей.

Шероховатость на чертеже часть указана по Ra.

Имеются отверстия диаметром 223,2Н11 и 221,5Н11. Ось отверстия параллельна поверхности обработки.

Имеются внутренняя канавка шириной 30 мм глубиной 8,4 мм выполненная перпендикулярно поверхности обработки.

Все эти поверхности являются технологичными.

Ось отверстия перпендикулярна поверхности обработки.

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

### 1.2.2 Количественная оценка технологичности изделия

Количественную оценку технологичности изделия производим по следующим показателям:

По коэффициенту унификации конструктивных элементов детали:

$$K_{yэ} = \frac{Q_{yэ}}{Q_э}, \quad (5)$$

где  $Q_э$  – количество элементов детали,  $Q_э = 64$ ;

$Q_{yэ}$  – количество унифицированных элементов детали,  $Q_{yэ} = 58$ ;

$$K_{yэ} = \frac{58}{64} = 0,906.$$

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

По коэффициенту использования материала:

$$K_{ИМ} = \frac{m_{дет}}{m_{заг}}, \quad (6)$$

где  $m_{дет}$  – масса готовой детали;

$m_{заг}$  – масса заготовки;

$$K_{И.М.} = 36,9/45 = 0,82.$$

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

Таким образом, делаем вывод что, деталь является технологичной.

Для улучшения технологичности необходимо провести следующие мероприятия:

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

### 1.3 Технологическая часть

#### 1.3.1 Выбор заготовки и метода ее получения

Метод получения заготовки, а также метод ее получения определяется назначением и конструкцией детали, ее материалом, техническими требованиями, типом производства, а также экономичностью изготовления.

Венец

Материал – сталь 38ХМ ГОСТ 4543-71

Масса детали – 36,9 кг.

Производство мелкосерийное.

Сравним два метода получения заготовки из сортового проката и штамповка в открытых штампах на КГШП

Согласно формулы масса заготовки из проката равна

$$G_з = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot \rho, \quad (7)$$

где  $D$  – диаметр заготовки;  $L$  – длина заготовки;  $\rho$  – плотность.

$$G_з = \frac{3,14}{4} \cdot (28,9^2 - 20,9^2) \cdot 21,2 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} = 51,7 \text{ кг.}$$

$$K_{И.М.} = 36,9/51,7 = 0,714.$$

Стоимость заготовки определяем по формуле:

$$S_з = G_г \cdot S_{заг} - S_{отх} \cdot (G_{заг} - G_г), \quad (8)$$

где  $G_{заг}$  – масса заготовки, кг.;

$G_г$  – масса детали, кг.;

$S_{\text{заг}}$  - стоимость 1кг материала заготовки, руб.;

$S_{\text{отх}}$  - стоимость 1кг стружки, руб.;

$$S_3 = 51,7 \cdot 186 - 1,5 \cdot (51,7 - 36,9) = 9594 \text{ руб.}$$

Штамповка в открытых штампах

Оборудование – КГШП.

Нагрев заготовок – индукционный.

Масса детали 36,9 кг.

Заготовку проектируем по ГОСТ 7505-89.

Определяем группу стали она соответствует группе М1.

Класс точности – Т3.

Масса поковки

$$m_{\text{п}} = m_{\text{д}} \cdot K_{\text{р}}, \quad (9)$$

где  $K_{\text{р}} = 1,4$ .

$$m_{\text{п}} = 36,9 \cdot 1,4 = 51,7 \text{ кг.}$$

Степень сложности поковки определяются по показателю:  $G_{\text{п}} / G_{\text{ф}}$ ,

Диаметр 29,4 ( $28 \cdot 1,05$ )

Высота 21,5 ( $20,5 \cdot 1,05$ )

Масса описывающей фигуры

$$G_3 = \frac{3,14}{4} \cdot 29,4^2 \cdot 21,5 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} = 113,8 \text{ кг.}$$

$$G_{\text{п}} / G_{\text{ф}} = 36,9 / 113,8 = 0,324.$$

Принимаем С2.

Конфигурация поверхности разъема штампа П (плоская).

Исходный индекс – 13.

Находим основные припуски на размеры поковки.

Таблица 6

Размер поверхности, мм	Шероховатость поверхности Ra, мкм	Основной припуск, на сторону, мм
Ø280h14	6,3	2,5
Ø221,5H11	3,2	2,2
205±0,5	12,5	1,9

Находим дополнительные припуски:

Припуск на смещение поверхности штампов –  $T = 0,4$  мм;

Припуск на изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности –  $T = 0,5$  мм.

Рассчитываем размеры поковки и назначаем допуски:

$$280 + 2 \cdot (2,5 + 0,4) = 285,8; \text{ принимаем } \text{Ø} 286_{-1,2}^{+2,4};$$

$$221,5 - 2 \cdot (2,2 + 0,4) = 216,3; \text{ принимаем } 216,5_{-1,1}^{+2,1};$$

$$205 + 2 \cdot (1,9 + 0,4) = 209,6; \text{ принимаем } 210_{-1,1}^{+2,1};$$

Штамповочные уклоны наружной поверхности –  $5^0$ .

Штамповочные уклоны внутренней поверхности –  $7^0$ .

Масса заготовки:

$$G_3 = \frac{3,14}{4} \cdot (28,6^2 - 21,65^2) \cdot 21 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} = 45 \text{ кг} \cdot \text{см}^3.$$

Коэффициент использования материала:  $K_{и.м} = 36,9/45 = 0,82$ .

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

$$S_T^I = (C_{заг} \cdot Q \cdot k_t \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_m \cdot k_{п}) - (Q - q) \cdot S_{отх}, \quad (10)$$

где  $C_{заг}$  – стоимость 1 кг материала заготовки, руб;

$Q$  – масса заготовки, кг;  $q$  – масса готовой детали, кг;

$k_t, k_c, k_b, k_m, k_{п}$  – коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства;

$Q = 45$  кг,  $q = 36,9$  кг,  $C_{заг} = 260$  руб,  $k_t = 0,9$ ,  $k_c = 0,9$ ,  $k_b = 0,75$ ,  $k_m = 1,98$ ,  $k_{п} = 1$ .

$$S_T^I = (210 \cdot 45 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 1,98 \cdot 1) - (45 - 36,9) \cdot 1,5 = 11354,8 \text{ руб}.$$

Примерную экономическую прибыль определяем по формуле:

$$S = (S_T^I - S_T^{II}) \cdot N, \quad (11)$$

где  $N = 300$  – годовая программа выпуска, шт.

$$S = (11354,8 - 9594) \cdot 300 = 528240 \text{ руб}.$$

Сравнивая два метода получения заготовок делаем вывод.

Заготовка из трубы более проста в изготовлении по сравнению со штамповкой, но конфигурация заготовки, получаемая вторым способом позволяет уменьшить затраты на механическую обработку.

Окончательно принимаем метод получения заготовки из трубы 299×50 ГОСТ 8131-87

### 1.3.2 Составление технологического маршрута обработки

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

В основе выбора технологических баз лежат следующие принципы:

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

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

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

- Желательно совмещать технологические базы с конструкторскими.

Проектируемый маршрут обработки детали приведен в таблице 16.

Таблица 7 – Маршрут обработки детали

Номер операции	Содержание операции	Оборудование
1	2	3
005	<p>Токарная операция А установить заготовку</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подрезать торец в размер <math>209\pm 0,5</math></li> <li>2. Точить поверхность в размер <math>\varnothing 280h14</math> выдерживая размер <math>50\pm 1</math></li> <li>3. Расточить отверстие на <math>\varnothing 221,45H11</math>, <math>\varnothing 239H11</math>, фаски под углом <math>30^\circ\pm 1^\circ</math> и <math>1,6\times 45^\circ</math>.</li> <li>4. Расточить отверстие <math>\varnothing 240,5H9</math> выдерживая размер <math>16\pm 0,5</math>, фаски <math>\varnothing 241</math> под углом <math>30^\circ\pm 1^\circ</math> и <math>\varnothing 220</math> под углом <math>45^\circ\pm 1^\circ</math></li> <li>5. Центровать 12 отверстий</li> <li>6. Сверлить 12 отверстий <math>\varnothing 10,8/14</math> на глубинной <math>30^{+3}</math></li> <li>7. Нарезать 12 резьбовых отверстий <math>M12\times 1,75-7H</math> глубиной <math>23 \text{ min}</math></li> </ol> <p>Б Снять заготовку</p>	<p>Токарный обрабатывающий центр Okuma LB 3000 EX</p>
010	<p>Токарная операция А установить заготовку</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подрезать торец в размер <math>206\pm 0,5</math></li> <li>2. Точить поверхность в размер <math>\varnothing 280h14</math> выдерживая размер <math>38\pm 1</math></li> <li>3. Расточить отверстие на <math>\varnothing 221,45H11</math>, <math>\varnothing 239H11</math>, фаски под углом <math>30^\circ\pm 1^\circ</math> и <math>1,6\times 45^\circ</math>.</li> <li>4. Расточить отверстие <math>\varnothing 240,5H9</math></li> <li>5. Точить канавку в размер <math>\varnothing 240\pm 0,5</math> выдерживая размер <math>30\pm 0,5</math></li> <li>6. Центровать 6 отверстий</li> <li>7. Сверлить 6 отверстий <math>\varnothing 10,8/14</math> на глубинной <math>30+3</math></li> <li>8. Нарезать 6 резьбовых отверстий <math>M12\times 1,75-7H</math> глубиной <math>23 \text{ min}</math></li> </ol> <p>Б Снять заготовку</p>	<p>Токарный обрабатывающий центр Okuma LB 3000 EX</p>

1	2	3
015	Внутришлифовальная операция А установить заготовку 1. Шлифовать внутреннюю поверхность $\varnothing 240H7$ и торец в размер $205,5 \pm 0,5$ мм. Б Снять заготовку	Внутришлифовальный станок модели ИГ-300
020	Внутришлифовальная операция А установить заготовку 1. Шлифовать внутреннюю поверхность $\varnothing 240H7$ и торец в размер $205 \pm 0,5$ мм. Б Снять заготовку	Внутришлифовальный станок модели ИГ-300
025	Зубодолбежная операция А установить заготовку 1. Долбить внутренние зубья $m=2,5$ и $z=88$ Б Снять заготовку	Полуавтомат зубодолбежный вертикальный 5M150П
030	Зубодолбежная операция А установить заготовку Долбить внутренние зубья $m=3$ и $z=76$ Б Снять заготовку	Полуавтомат зубодолбежный вертикальный 5M150П
035	Контрольная операция	

#### 1.4 Выбор баз

##### 005 Токарная операция:

Базирование осуществляется по необработанному торцу в трех кулачковом патроне.

Погрешность базирования для размера  $209 \pm 0,5$  и диаметры  $\varepsilon_6=0$ , на остальные размеры  $\varepsilon_6=1$  мм.

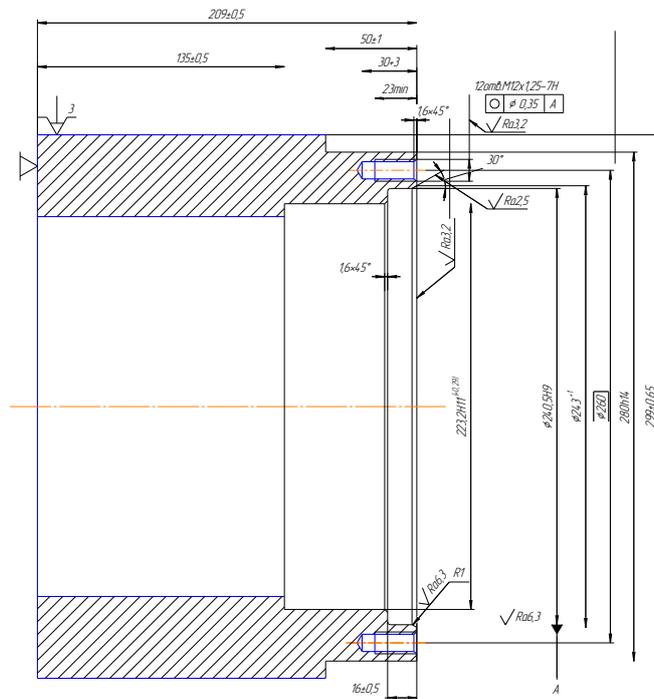


Рисунок 1

010 Токарная операция:

Базирование осуществляется по обработанному торцу в трех кулачковом патроне.

Погрешность базирования для размера  $206 \pm 0,5$  и диаметры  $\epsilon_6 = 0$ , на остальные размеры  $\epsilon_6 = 1$  мм.

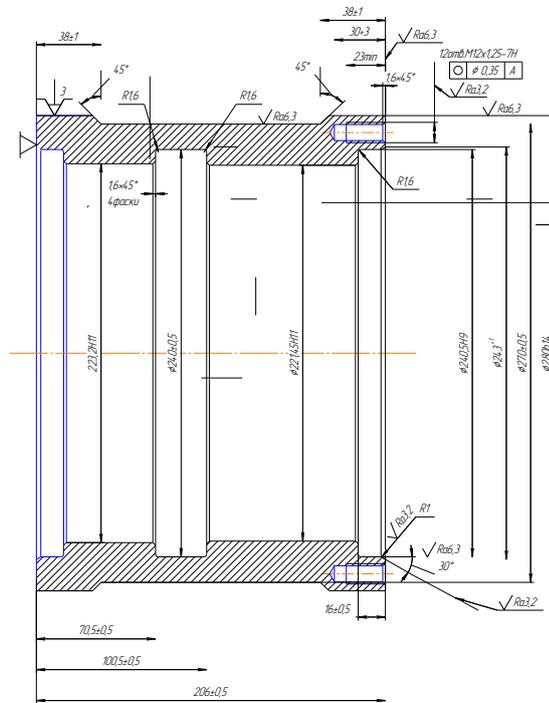


Рисунок 2

015 Внутришлифовальная операция:  
Базирование осуществляется по обработанному торцу и в трех кулачковом патроне предварительно расточенном.

Погрешность базирования для размера 240H7,  $\epsilon_6=0$  мм.

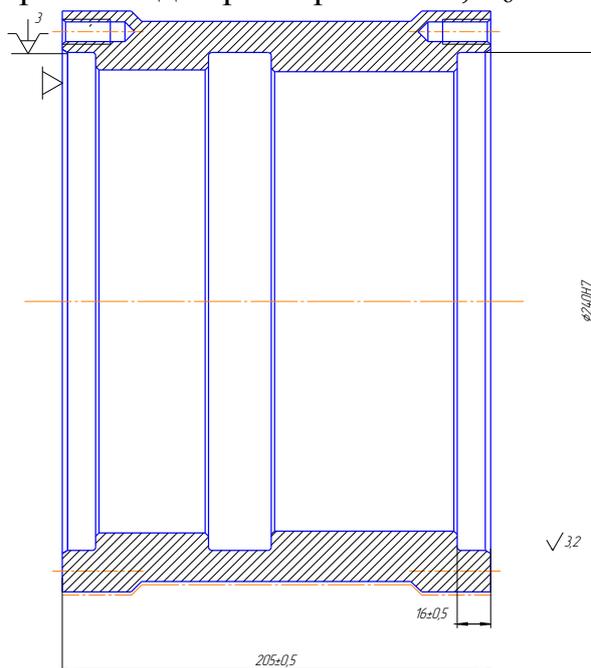


Рисунок 3

020 Внутришлифовальная операция:  
Базирование осуществляется по обработанному торцу и в трех кулачковом патроне предварительно расточенном.

Погрешность базирования для размера 240H7,  $\epsilon_6=0$  мм.

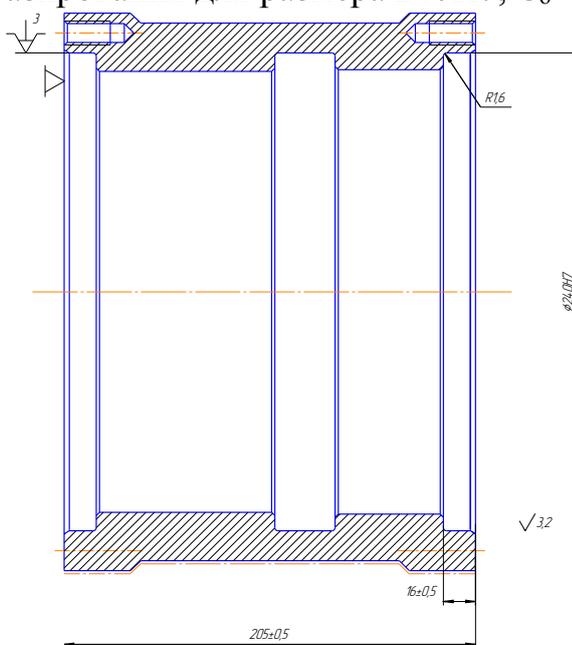


Рисунок 4

025 Зубодолбежная операция:

Базирование осуществляется по обработанному торцу и пальцу в специальном приспособлении.

Погрешность базирования для размера  $220,255^{+0,666}_{-0,402}$  мм

$\epsilon_6 = T_D + T_d = 0,046 + 0,072 = 0,118$  мм ( $\text{Ø}240\text{H}7^{(+0,046)}$ ,  $\text{Ø}240\text{h}8^{(+0,072)}$ ).

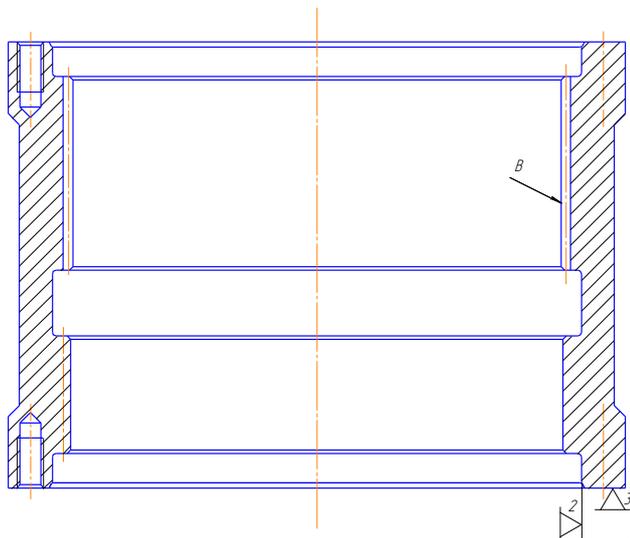


Рисунок 5

Зубчатый венец	-	B
Модуль	m	2,5
Число зубьев	z	88
Нормальный исходный контур	-	ГОСТ 13755-81
Коэффициент смещения	x	1,090
Степень точности по ГОСТ 1643-81	-	8-B
Длина общей нормали	w	$75,056^{+0,002}_{-0,002}$
Диаметр ролика	φr	4,0
Размер по роликам	Mφ	$220,255^{+0,666}_{-0,402}$
Делительный диаметр	d	220

040 Зубодолбежная операция:

Базирование осуществляется по обработанному торцу и пальцу в специальном приспособлении.

Погрешность базирования для размера  $223,289^{+0,759}_{-0,465}$  мм

$\epsilon_6 = T_D + T_d = 0,046 + 0,072 = 0,118$  мм ( $\text{Ø}240\text{H}7^{(+0,046)}$ ,  $\text{Ø}240\text{h}8^{(+0,072)}$ ).

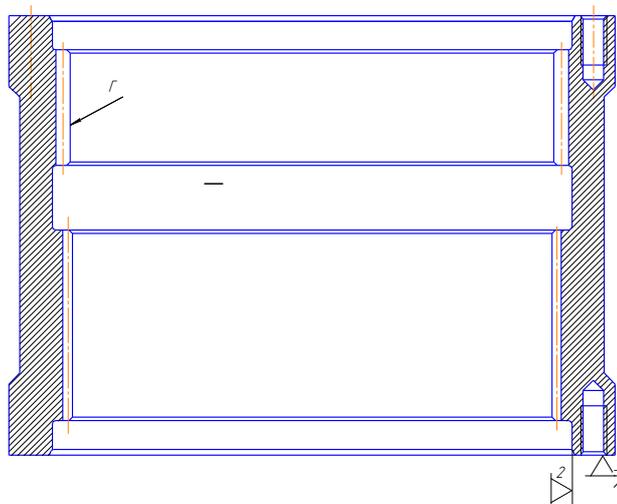


Рисунок 6

Зубчатый венец	-	r
Модуль	m	3
Число зубьев	z	76
Нормальный исходный контур	-	ГОСТ 13755-81
Коэффициент смещения	x	0
Степень точности по ГОСТ 1643-81	-	8-B
Длина общей нормали	w	$78,473^{+0,002}_{-0,002}$
Диаметр ролика	φr	4,5
Размер по роликам	Mφ	$223,289^{+0,759}_{-0,465}$
Делительный диаметр	d	228,7

## 1.5 Выбор оборудования

В таблице 8 приведены применяемое в технологических процессах оборудование и его технические характеристики

Таблица 8– Параметры оборудования

Технические характеристики	Параметры
1	2
<b>Токарный обрабатывающий центр Okuma LB 3000 EX</b>	
Максимальный диаметр обработки над станиной, мм	580
Максимальный диаметр над суппортом, мм	470
Максимальный диаметр обработки, мм	LO410/ MO340
Максимальная длина обработки, мм	500/1000
Перемещение	
Перемещение Ось Y, мм	120
Перемещение Ось Z, мм	565
Перемещение Ось W, мм	595/895
Шпиндель	
Скорость шпинделя, мин <sup>-1</sup>	45 – 5000
Торец шпинделя	JIS A2-6 (JIS A2-8)
Диаметр отверстия шпинделя, мм	80
Диаметр переднего подшипника, мм	120
Револьверная головка	
Тип	V12
Сечение резца, мм	25/O40
Время индексации, сек	0,15
Присоединительный размер борштанги, мм	20
Скорость вращения приводного инструмента, мин <sup>-1</sup>	45- 6000
Задняя бабка	
Отверстие вращающего центра	MT5
Отверстие встроенного центра	MT4
Диаметр пиноли, мм	90
Ход задней бабки, мм	515/1015
Вспомогательный шпиндель	
Торец шпинделя	Ø140/плоский
Диаметр подшипника, мм	62/100
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	50 - 6000
Быстрое перемещение X/Y/Z, м/мин	25, 30, 12,5
Двигатели	
Главный шпиндель, кВт	22/15 [30/22]
Инструментальный шпиндель, кВт	7,1/4,1 (25мин/пост)
Вспомогательный шпиндель, кВт	11/7,5
Мощность осевых приводов, кВт X/Y/Z:	2,8, 2,8, 3,5
Мощность мотора привода помпы (сбоку/сзади), кВт	0,25/0,8

1	2
Габариты	
Высота, мм	1839/1950
Занимаемая площадь, мм	500: 2200*1734 1000: 3310*1895
Вес, кг	4400/5900
<b>Внутришлифовальный станок модели ИГ-300</b>	
Диаметр внутреннего шлифования, мм	20 - 300
Максимальная длина внутреннего шлифования, мм	300
Максимальный диаметр устанавливаемой детали, мм	480
Скорость вращения шпинделя, об/мин	10-1000
Максимальное расстояние между передней и шлифовальной бабки, мм	650
Угол поворота передней бабки, град	-7/+8
Минимальная поперечная подача ось «X», мм	0,001
Минимальная продольная подача ось «Z», мм	0,001
Ускоренное перемещение по оси «X» (шВП), м/мин	0,001
Ускоренное перемещение по оси «Z», м/мин	8
Мощность, кВт	15,5
Габариты, мм	4400×2200×1800
Масса, кг	6700
<b>Полуавтомат зубодолбежный вертикальный 5M150П</b>	
Диаметр наибольший устанавливаемый, мм	800
Диаметр рабочей поверхности стола, мм	800
Ход шпинделя наибольший, мм	200
Наибольший модуль нарезаемых зубчатых колес, мм	12
Наибольший номинальный делительный диаметр долбяка, мм	200
Число двойных ходов шпинделя min/max	33-212
Конус отверстия в шпинделе	Морзе 5
Мощность двигателя главного движения, кВт	10
Пределы круговых подач при диаметре инструмента d 100, мм/дв.х.	0,2-1,5
Подача стола радиальная, мм.мин.	0,5-5,0
Расстояние между верхней плоскостью стола и торцом шпинделя	155-355
Расстояние от оси стола до оси шпинделя, мм	0-700
Скорость ускоренного перемещения стола, мм/мин.	205
Частота вращения стола, об/мин.	1,7

1	2
Расстояние от нижней плоскости основания станка до рабочей поверхности стола, мм	870
Частота вращения шпинделя инструмента, об/мин.	3
Длина* Ширина* Высота, мм	3150*1780*3300
Масса станка, кг	10450

## 1.6 Выбор средств технологического оснащения

## 005 Токарная с ЧПУ

Sandvik державка PSKNP 3225 P12 пластина SNMG 12.24.24;

Sandvik державка PCLNR 3225 P12 пластина CNMG 12.24.24;

Sandvik державка A25 T- 3225 PCLNR пластина CNMG 12.24.24;

Sandvik державка A25 T- 3225 PCLNR пластина CNMG 12.04.08;

Резцедержатель для расточных резцов ID-H40-S;

Державка для продольного точения, левая SH 25;

Переходная втулка для расточных резцов BS 32-H40;

Головка угловая сверлильно-фрезерная с цанговым патроном ER DIN 6499;

Цанга ER32;

Сверло Ø4;

Сверло 10,8/14;

Метчик M12×1,25-7H 2621-1497ГОСТ 3266-81;

Патрон 6162-4003-20 ТУ РБ 00223728.001-98;

Штангенциркуль ШЦ-II-300<sub>0,5</sub> ГОСТ 166-89;

Нутромер НИ 160-250 ГОСТ 868-82;

Штангенглубомер ШГ-250-0,05 ГОСТ162-80;

Пробка ПР 1221-0044.7H ГОСТ 17756-72;

Пробка НЕ 8221-1044.7H ГОСТ 17757-72;

Шаблон 30°

Тара;

Очки О. ГОСТ 12.4.013-85.

## 010 Токарная с ЧПУ

Sandvik державка PSKNP 3225 P12 пластина SNMG 12.24.24;

Sandvik державка PCLNR 3225 P12 пластина CNMG 12.24.24;

Sandvik державка A25 T- 3225 PCLNR пластина CNMG 12.24.24;

Sandvik державка A25 T- 3225 PCLNR пластина CNMG 12.04.08;

Резец канавочный внутренний 40×40×315 a=12 мм, m=12 мм DIN263;

Резцедержатель для расточных резцов ID-H40-S;

Державка для продольного точения, левая SH 25;

Переходная втулка для расточных резцов BS 32-H40;

Головка угловая сверлильно-фрезерная с цанговым патроном ER DIN 6499;

Цанга ER32;

Патрон 6162-4003-20 ТУ РБ 00223728.001-98;

Штангенциркуль ШЦ-II-300<sub>0,5</sub> ГОСТ 166-89;

Штангенциркуль ШЦ-II-250<sub>0,5</sub> ГОСТ 166-89;

Нутромер НИ 160-250 ГОСТ 868-82;

Штангенглубомер ШГ-250-0,05 ГОСТ 162-80

Пробка ПР 1221-0044.7Н ГОСТ 17756-72;

Пробка НЕ 8221-1044.7Н ГОСТ 17757-72;

Шаблон 30°

Тара;

Очки О. ГОСТ 12.4.013-85.

015 Внутришлифовальная

Круг ПВ 100x50x20 25А С2 7 К5 35 м/с А1 ГОСТ 2424-83;

Калибр-пробка 8141-0051 Н7 ГОСТ 14826 – 69;

Тара;

Очки О. ГОСТ 12.4.013-85.

020 Внутришлифовальная

Круг ПВ 100x50x20 25А 60 С2 7 К5 35 м/с А1 ГОСТ 2424-83;

Калибр-пробка 8141-0051 Н7 ГОСТ 14826 – 69;

Тара;

Очки О. ГОСТ 12.4.013-85.

025 Долбежная

Долбяк 2530-0208 А ГОСТ 9323 – 79;

Оправка;

Ролик 4;

Приспособление долбежное;

Тара;

Очки О. ГОСТ 12.4.013-85.

030 Долбежная

Долбяк 2530-0213 А ГОСТ 9323 – 79;

Оправка;

Ролик 4,5;

Приспособление долбежное;

Тара;

Очки О. ГОСТ 12.4.013-85.

## 1.7 Расчет припусков

Расчёт припусков на механическую обработку поверхности Ø240Н7

Выбираем следующие технологические переходы:

- растачивание черновое;
- растачивание полукистовое;

- растачивание чистовое;
- шлифование чистовое.

Заготовка прокат (труба)

Шероховатость поверхности – Rz = 320 мкм.

Глубина дефектного слоя – h = 400 мкм.

Суммарное отклонение расположения при обработке отверстий в отливке при базировании на плоскость

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2} \quad (12)$$

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

$$\rho_{кор} = \frac{\Delta_k \cdot l}{\Delta_k^2 + 0,25} \quad (13)$$

где  $\Delta_k$  – отклонение оси детали от прямолинейности при консольном закреплении;

$l$  – длина детали;

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

$$\rho_{ц} = 0,25 \cdot \sqrt{T^2 + 1} \quad (14)$$

где  $T$  – допуск на диаметральный размер базы заготовки, используемый при центрировании, мм.

$\Delta_k = 1,5$  мм,  $l = 0,209$  мм.

$$\rho_{кор} = \frac{1,5 \cdot 0,209}{1,5^2 + 0,25} = 0,125 \text{ мм.}$$

$T = 3$  мм.

$$\rho_{ц} = 0,25 \cdot \sqrt{3^2 + 1} = 0,79 \text{ мм.}$$

$$\rho_3 = \sqrt{0,125^2 + 0,79^2} = 0,8 \text{ мм.}$$

Растачивание черновое выполняем по 13-му качеству.

Шероховатость поверхности – Rz = 100 мкм

Глубина дефектного слоя – h = 50 мкм

Суммарные отклонения формы и расположения поверхностей:

$$\Delta_{\Sigma i} = K_y \cdot \Delta_{\Sigma i-1}, \quad (15)$$

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

$K_y = 0,06$  – коэффициент уточнения.

$$\Delta_{\Sigma i} = 0,06 \cdot 800 = 48 \text{ мкм.}$$

Растачивание полустачивание выполняем по 11-му качеству.

Шероховатость поверхности – Rz = 50 мкм

Глубина дефектного слоя – h = 30 мкм

$$K_y = 0,04$$

$$\Delta_{\Sigma i} = 0,04 \cdot 800 = 32 \text{ мкм.}$$

Шлифование предварительное выполняем по 9-му качеству.

Шероховатость поверхности –  $R_z = 25$  мкм

Глубина дефектного слоя –  $h = 20$  мкм

$K_y = 0,02$

$\Delta_{\Sigma i} = 0,02 \cdot 800 = 16$  мкм.

Растачивание чистовое выполняем по 7-му качеству.

Шероховатость поверхности –  $R_z = 10$  мкм

Глубина дефектного слоя –  $h = 10$  мкм

$K_y = 0$

$\Delta_{\Sigma i} = 0 \cdot 800 = 0$  мкм.

Находим минимальны припуск :

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot \left[ (R_z + h) + \sqrt{\Delta_{\Sigma i}^2 + \epsilon_i^2} \right], \quad (16)$$

$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot [320 + 400 + 800] = 2 \cdot 1520$  мкм – для растачивание черногого,

$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot [100 + 50 + 48] = 2 \cdot 198$  мкм – для растачивание получистовогого,

го,

$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot [50 + 30 + 32] = 2 \cdot 112$  мкм – для шлифования предварительногого,

ного,

$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot [25 + 20 + 16] = 2 \cdot 61$  мкм – для шлифования чистовогого.

За расчетный размер принимаем минимальный предельный размер обрабатываемой поверхности:  $240 + 0,046 = 240,046$  мм.

Определяем максимальный предельный размер для каждого перехода:

$$d_{\max - i} = d_{\max i} - 2 \cdot Z_{\min i}, \quad (17)$$

$d_{\max} = 240,046 - 0,122 = 239,924$  мм – максимальный предельный размер для шлифования предварительногого.

$d_{\max} = 239,924 - 0,224 = 239,7$  мм – максимальный предельный размер для растачивания получистовогого.

$d_{\max} = 239,7 - 0,396 = 239,3$  мм – максимальный предельный размер для растачивания черногого.

$d_{\max} = 239,3 - 3,04 = 236,26$  мм – максимальный предельный размер для заготовки.

Определяем минимальный предельный размер для каждого перехода:

$$d_{\min - i} = d_{i \max i} - T d_{i-1}, \quad (18)$$

$d_{\min} = 239,924 - 0,115 = 239,81$  мм – минимальный предельный размер для шлифования предварительногого.

$d_{\min} = 239,7 - 0,29 = 239,41$  мм – минимальный предельный размер для обтачивания получистовогого.

$d_{\min} = 239,3 - 0,72 = 238,24$  мм – минимальный предельный размер для растачивания черногого.

$d_{\min} = 236,26 - 3 = 233,26$  мм – минимальный предельный размер для заготовки.

Определяем предельные значения припусков:

Шлифование чистовое

$$2 \cdot Z_{\min} = 240,46 - 239,924 = 0,122 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{\max} = 240 - 239,809 = 0,22 \text{ мм.}$$

Шлифование предварительное

$$2 \cdot Z_{\min} = 239,924 - 239,7 = 0,224 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{\max} = 239,809 - 239,41 = 0,399 \text{ мм.}$$

Растачивание получистовое

$$2 \cdot Z_{\min} = 239,7 - 239,3 = 0,4 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{\max} = 239,41 - 238,58 = 0,83 \text{ мм.}$$

Растачивание получистовое

$$2 \cdot Z_{\min} = 239,3 - 236,26 = 3,04 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{\max} = 238,58 - 233,26 = 5,32 \text{ мм.}$$

Определяем общий минимальный и максимальный припуски:

$$2Z_{\min} = 3,04 + 0,4 + 0,224 + 0,122 = 3,786 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max} = 5,32 + 0,83 + 0,399 + 0,191 = 6,74 \text{ мм}$$

Проверка правильности расчета:

$$2 \cdot Z_{\max} - 2 \cdot Z_{\min} = Td_{\text{заг}} - Td_{\text{дет}},$$

$$4,25 - 3,29 = 3,0 - 0,046.$$

$$2,954 = 2,954 .$$

Условие выполняется

Все полученные расчеты приведены в таблице 9.

Таблица 9– Расчет припусков

Маршрут	Элементы припуска, мкм			Расчетный припуск $2Z_{\min}$ , мкм	Минимальный размер, мкм	Допуск на изготовление, мкм	Принятые размеры по переходам, мм		Полученные предельные припуски, мкм	
	Rz	h	$\rho$				$D_{\max}$	$D_{\min}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка Н16	320	400	800		125,75	3000	236,26	233,26		
Растачивание черновое Н13	100	50	48	2·1520	129,55	720	239,3	238,58	3040	5320
Растачивание получистовое Н11	50	30	32	2·198	129,78	290	239,7	239,41	400	830
Растачивание чистовое Н9	25	20	16	2·112	130	115	239,924	239,809	224	399
Шлифование чистовое Н7	10	10	0	2·61	240	46	240,046	240	122	191

## 1.8 Расчет режимов резания

Операция 005 Токарная с ЧПУ

Токарный обрабатывающий центр Okuma LB 3000 EX

Переход 1: Подрезать торец в размер  $209 \pm 0,5$ .

Материал режущей части Т5К10

1 Глубина резания:  $t=3$  мм.

2 Подача:  $S=0,6$  мм/об.

3 Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (19)$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV}, \quad (20)$$

где  $K_{ПV}$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности;

$K_{ИV}$  – коэффициент, учитывающий материал инструмента;

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

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

$$K_{MV} = K_r \cdot (750 / \sigma_b)^{n_v}, \quad (21)$$

Принимаем  $n_v=1$ ,  $K_{ПV}=0,9$ ,  $K_{ИV}=0,65$ ,  $K_r=1$ .

$$K_{MV} = 1 \cdot (750 / 670)^1 = 1,12.$$

$$K_v = 1,12 \cdot 0,9 \cdot 0,65 = 0,65.$$

$$V = \frac{340}{50^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,6^{0,45}} \cdot 0,65 = 109 \text{ м/мин};$$

Частота вращения шпинделя:

$$n_p = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D) = 1000 \cdot 109 / (3,14 \cdot 289) = 120 \text{ об/мин}; \quad (22)$$

Принимаем  $n_{ст}=120$  об/мин.

5 Крутящий момент и осевая сила

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (23)$$

где  $K_p$  – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки.

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{фp} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (24)$$

$$K_{MP} = (\sigma_b / 750)^{n_v}, \quad (25)$$

где  $n_v=0,75$

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

$K_{фp}=0,89$ ,  $K_{\gamma p}=1,1$ ,  $K_{\lambda p}=1$ ,  $K_{rp}=0,93$ .

$$K_p = 0,92 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,84.$$

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

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 109^{-0,15} \cdot 0,84 = 2540 \text{ Н}.$$

6 Мощность резания

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (26)$$

$$N_e = \frac{2540 \cdot 109}{1020 \cdot 60} = 4,52 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}}$$

$$N_{\text{шп}} = 10 \cdot 0,8 = 8,0 \text{ кВт} > N_e = 4,52 \text{ кВт.}$$

7 Минутная подача:

$$S_M = S \cdot n_{\text{ст}}, \quad (27)$$

$$S_M = 0,6 \cdot 120 = 72 \text{ мм/мин.}$$

8 Основное время:

$$t_0 = i \cdot L_{\text{рх}} / S_M, \quad (28)$$

$$L_{\text{рх}} = L_{\text{рез}} + L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}}, \quad (29)$$

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

$$L_{\text{рх}} = 50 + 5 = 55 \text{ мм.}$$

$$t_0 = 55 / 72 = 0,76 \text{ мин.}$$

Переход 2: Точить поверхность в размер  $\varnothing 280$  выдерживая размеры  $50 \pm 1$

1. Материал режущей части Т5К10

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

Расчет аналогичен операции 005 переход 1

$S = 1,0 \text{ мм/об}$ ,  $n_{\text{ст}} = 100 \text{ об/мин}$ ,  $V_{\text{факт}} = 89 \text{ м/мин}$ ,  $P_z = 3120 \text{ Н}$ ,  $N_e = 5,38 \text{ кВт}$ ,  $S_M = 100 \text{ мм/мин}$ ,  $t_0 = 2,2 \text{ мин.}$

Переход 3: Расточить отверстие на  $\varnothing 223,2\text{H}11$ ,  $\varnothing 239\text{H}11$ , фаски под углом  $30^\circ \pm 1^\circ$  и  $1,6 \times 45^\circ$ .

1. Материал режущей части Т5К10

2. Глубина резания:  $t = 3 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 005 переход 1.

$S = 0,6 \text{ мм/об}$ ,  $n_{\text{ст}} = 145 \text{ об/мин}$ ,  $V_{\text{факт}} = 109 \text{ м/мин}$ ,  $P_z = 2540 \text{ Н}$ ,  $N_e = 4,52 \text{ кВт}$ ,  $S_M = 87 \text{ мм/мин}$ ,  $t_0 = 3,66 \text{ мин.}$

Переход 4: Расточить отверстие на  $\varnothing 240,5\text{H}9$

1. Материал режущей части Т15К6

2. Глубина резания:  $t = 1 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 005 переход 1.

$S = 0,5 \text{ мм/об}$ ,  $n_{\text{ст}} = 315 \text{ об/мин}$ ,  $V_{\text{факт}} = 238 \text{ м/мин}$ ,  $P_z = 657 \text{ Н}$ ,  $N_e = 2,56 \text{ кВт}$ ,  $S_M = 157,5 \text{ мм/мин}$ ,  $t_0 = 0,13 \text{ мин.}$

Переход 5: Центровать отверстие  $\varnothing 4$

1. Сверло  $\varnothing 4$

Материал режущей части Р6М5

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

3 Подача:  $S = 0,1 \text{ мм/об.}$

4 Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (30)$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{LV} \cdot K_{IV}, \quad (31)$$

где  $K_{LV}$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления;

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

$T = 25$  мин. - период стойкости инструмента;

$$K_{MV} = K_r \cdot (750 / \sigma_b)^{n_v}, \quad (32)$$

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

$$K_{MV} = 1 \cdot (750 / 670)^1 = 1,12.$$

$$K_v = 1,12 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,12.$$

$$V = \frac{7 \cdot 4^{0,4}}{25^{0,25} \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,12 = 36 \text{ м/мин};$$

Частота вращения шпинделя:

$$n_{\text{фр}} = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D) = 1000 \cdot 36 / (3,14 \cdot 4) = 2860 \text{ об/мин};$$

Принимаем  $n_{\text{ст}} = 630$  об/мин.

$$V_{\text{факт}} = \pi \cdot d \cdot n_{\text{ст}} / 1000 = 3,14 \cdot 4 \cdot 630 / 1000 = 7,9 \text{ м/мин}.$$

5. Крутящий момент и осевая сила

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (33)$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p,$$

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

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

где  $n_v = 0,75$

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

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

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

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

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

6. Мощность резания

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

$$N_e = \frac{0,8 \cdot 630}{9750} = 0,05 \text{ кВт}.$$

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}},$$

$$N_{\text{шт}} = 15 \cdot 0,8 = 12 \text{ кВт} > N_e = 0,05 \text{ кВт}.$$

7. Минутная подача:

$$S_M = S \cdot n_{ст} = 0,1 \cdot 630 = 63 \text{ мм/мин.}$$

8. Основное время:

$$t_0 = i \cdot L_{рх} / S_M,$$

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

$$L_{вр} + L_{пер} = 5 \text{ мм.}$$

$$L_{рх} = 2 + 5 = 7 \text{ мм.}$$

$$t_0 = 12 \cdot 7 / 63 = 1,71 \text{ мин.}$$

Переход 6: Сверлить отверстие Ø10,8/14 глубиной 30<sup>+3</sup>

1. Сверло ø10,2/14

Материал режущей части Р6М5

2. Глубина сверления:  $t = 7 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 015 переход 1.

$$S = 0,2 \text{ мм/об, } n_{ст} = 400 \text{ об/мин, } V_{факт} = 17,6 \text{ м/мин, } P_o = 2835 \text{ Н, } M_{кр} = 17,2$$

$$\text{Н·м, } N_e = 0,7 \text{ кВт, } S_M = 80 \text{ мм/мин., } t_0 = 5,25 \text{ мин.}$$

Переход 7: Нарезать резьбу М12×1,25-7Н глубиной 23 min

1. Инструмент: Метчик М12×1,25 ГОСТ 3266-81

Материал режущей части Р6М5

2. Глубина резания:  $t = 0,63 \text{ мм;}$

3. Подача:  $S = 1,25 \text{ мм/зуб.}$

4. Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (34)$$

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

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

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

$$\text{Принимаем } n_v = 1, K_{iv} = 0,8, K_{mv} = 0,65, K_r = 1.$$

$$K_{mv} = 1 \cdot (750 / 670)^1 = 1,12.$$

$$K_v = 1,12 \cdot 1 \cdot 1 = 1,12.$$

$$V = \frac{64,8 \cdot 12^{1,2}}{90^{0,9} \cdot 1,75^{0,5}} \cdot 1,12 = 22,3 \text{ м/мин.}$$

$$n_{фр} = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D) = 1000 \cdot 22,3 / (3,14 \cdot 12) = 592 \text{ об/мин;}$$

Принимаем  $n_{ст} = 200 \text{ об/мин.}$

$$V_{факт} = \pi \cdot d \cdot n_{ст} / 1000 = 3,14 \cdot 12 \cdot 200 / 1000 = 7,5 \text{ м/мин.}$$

5. Крутящий момент

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p, \quad (35)$$

$$C_m = 0,027, y = 1,5, q = 1,4, K_p = 1,3.$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,027 \cdot 12^{1,4} \cdot 1,25^{1,5} \cdot 1,3 = 15,9 \text{ Н·м.}$$

6. Мощность резания

$$N_e = \frac{M \cdot n}{9750},$$

$$N_e = \frac{15,9 \cdot 200}{9750} = 0,33 \text{ кВт.}$$

0,33 кВт < 1,76 кВт.

7. Минутная подача:

$$S_M = S \cdot n_{ст} = 1,25 \cdot 200 = 250 \text{ мм/мин.}$$

8. Основное время:

$$t_0 = i \cdot L_{рх} / S_M,$$

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

$$L_{вр} + L_{пер} = 5 \text{ мм.}$$

$$L_{рх} = 23 + 5 = 28 \text{ мм.}$$

$$t_0 = 12 \cdot 28 / 250 = 1,34 \text{ мин.}$$

Операция 010 Токарная с ЧПУ

Токарный обрабатывающий центр Okuma LB 3000 EX

Переход 1: Подрезать торец в размер  $206 \pm 0,5$ .

Материал режущей части Т5К10

Глубина резания:  $t = 3 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 005 переход 1

$$S = 0,6 \text{ мм/об, } n_{ст} = 120 \text{ об/мин, } V_{факт} = 109 \text{ м/мин, } P_z = 2540 \text{ Н, } N_e = 4,52$$

кВт,  $S_M = 72 \text{ мм/мин, } t_0 = 0,76 \text{ мин.}$

Переход 2: Точить поверхность в размер  $\varnothing 280$  выдерживая размеры

$38 \pm 1$

1 Материал режущей части Т5К10

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

Расчет аналогичен операции 005 переход 1

$$S = 1,0 \text{ мм/об, } n_{ст} = 100 \text{ об/мин, } V_{факт} = 89 \text{ м/мин, } P_z = 3120 \text{ Н, } N_e = 5,38$$

кВт,  $S_M = 100 \text{ мм/мин, } t_0 = 2,2 \text{ мин.}$

Переход 3: Расточить отверстие на  $\varnothing 221,45 \text{ Н}11, \varnothing 239 \text{ Н}11$ , фаски под углом  $30^\circ \pm 1^\circ$  и  $1,6 \times 45^\circ$ .

1 Материал режущей части Т5К10

2 Глубина резания:  $t = 3 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 005 переход 1.

$$S = 0,6 \text{ мм/об, } n_{ст} = 145 \text{ об/мин, } V_{факт} = 109 \text{ м/мин, } P_z = 2540 \text{ Н, } N_e = 4,52$$

кВт,  $S_M = 87 \text{ мм/мин, } t_0 = 3,83 \text{ мин.}$

Переход 4: Расточить отверстие на  $\varnothing 240,5 \text{ Н}9$

1 Материал режущей части Т15К6

2 Глубина резания:  $t = 1 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 005 переход 1.

$$S = 0,5 \text{ мм/об, } n_{ст} = 315 \text{ об/мин, } V_{факт} = 238 \text{ м/мин, } P_z = 657 \text{ Н, } N_e = 2,56$$

кВт,  $S_M = 157,5 \text{ мм/мин, } t_0 = 0,13 \text{ мин.}$

Переход 5: Точить канавку в размер  $\varnothing 240 \pm 0,5$  выдерживая размер  $30 \pm 0,5$

1 Материал режущей части Т5К10

2 Глубина резания:  $t=12$  мм.

Расчет аналогичен операции 005 переход 1.

$S=0,04$  мм/об,  $n_{ст}=272$  об/мин,  $V_{факт}=205$  м/мин,  $P_z = 1212$  Н,  $N_e = 4,1$  кВт,  $S_M = 10,9$  мм/мин,  $t_0=4,14$  мин.

Переход 6: Центровать отверстие  $\varnothing 4$

1. Сверло  $\varnothing 4$

Материал режущей части Р6М5

2. Глубина сверления:  $t=2$  мм.

Расчет аналогичен операции 005 переход 5.

$S=0,1$  мм/об.,  $n_{ст}=630$  об/мин.,  $V_{факт}=7,9$  м/мин.,  $M_{кр}=0,8$  Н·м,  $P_o=499$  Н,  $N_e=0,05$  кВт,  $S_M = 63$  мм/мин.,  $t_0=0,86$  мин.

Переход 7: Сверлить отверстие  $\varnothing 10,8/14$  глубиной  $30^{+3}$

1. Сверло  $\varnothing 10,2/14$

Материал режущей части Р6М5

2. Глубина сверления:  $t=7$  мм.

Расчет аналогичен операции 005 переход 5.

$S=0,2$  мм/об,  $n_{ст}=400$  об/мин,  $V_{факт}=17,6$  м/мин,  $P_o = 2835$  Н,  $M_{кр}= 17,2$  Н·м,  $N_e = 0,7$  кВт,  $S_M = 80$  мм/мин.,  $t_0=2,63$  мин.

Переход 8: Нарезать резьбу М12×1,25-7Н глубиной 23 мм

1. Инструмент: Метчик М12×1,25 ГОСТ 3266-81

Материал режущей части Р6М5

2. Глубина резания:  $t=0,63$  мм.

Расчет аналогичен операции 005 переход 7.

$S= 1,25$  мм/зуб.,  $n_{ст}=200$  об/мин.,  $V_{факт}= 7,5$  м/мин.,  $M_{кр}=15,9$  Н·м.,  $N_e = 0,33$  кВт,  $S_M = 250$  мм/мин.,  $t_0=0,67$  мин.

Операция 015 Внутришлифовальная

Внутришлифовальный станок модели ИГ-300

Шлифовать внутреннюю поверхность на проход  $\varnothing 240H7$  и торец в размер  $205,5 \pm 0,5$  мм.

1. Круг ПВ 100x50x20 25А 60 С2 7 К5 35 м/с А1

2. Предварительное и окончательное шлифование имеет следующие параметры:

Скорость круга  $v_k=30$  м/с;

Скорость заготовки  $v_z=30$  м/с;

Глубина шлифования

- предварительное  $t=0,01$  мм;

- окончательное  $t=0,008$  мм;

Продольная подача

- предварительное  $S=25$  м/мин;

- окончательное  $S=15$  м/мин;

Определяем мощность

При шлифовании периферией круга с продольной подачей

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q, \quad (36)$$

где  $d$  – диаметр шлифования;

$s$  – продольная подача;

$$s = s_p \cdot \frac{\pi \cdot d}{1000 \cdot v_3}, \quad (37)$$

$$s_{\pi} = 25 \cdot \frac{3,14 \cdot 240}{1000 \cdot 30} = 0,63 \text{ мм/об.}$$

$$s_o = 15 \cdot \frac{3,14 \cdot 240}{1000 \cdot 30} = 0,38 \text{ мм/об.}$$

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q, \quad (38)$$

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

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

$$N = 0,27 \cdot 30^{0,5} \cdot 0,01^{0,4} \cdot 0,63^{0,4} \cdot 240^{0,3} = 1 \text{ кВт.}$$

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

$$N_{\text{ст}} = 4,4 \text{ кВт, } \eta = 0,7.$$

$$N_{\text{шт}} = 4,4 \cdot 0,7 = 3,08 \text{ кВт.}$$

Условие выполнено.

$$t_0 = L_{\text{рх}} / S_M$$

$$S_M = S_o \cdot n = 0,63 \cdot 200 = 126 \text{ мм/мин.}$$

$$S_M = S_o \cdot n = 0,38 \cdot 200 = 76 \text{ мм/мин.}$$

$$L_{\text{рх}} = L_{\text{рез}} + L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}} = 16 + 5 = 21 \text{ мм.}$$

$$t_0 = 2 \cdot 21 / 126 + 1 \cdot 21 / 76 = 0,61 \text{ мин.}$$

Операция 020 Внутришлифовальная

Внутришлифовальный станок модели ИГ-300

Шлифовать внутреннюю поверхность на проход  $\varnothing 240\text{H7}$  и торец в размер  $205 \pm 0,5$  мм.

1. Круг ПВ 100x50x20 25А 60 С2 7 К5 35 м/с А1

2. -предварительное  $t=0,01$  мм;

- окончательное  $t=0,008$  мм.

Расчет аналогичен операции 025

$$v_k = 30 \text{ м/с, } v_3 = 30 \text{ м/с, } s_{\pi} = 0,63 \text{ мм/об., } s_o = 0,38 \text{ мм/об., } N = 1 \text{ кВт,}$$

$$S_{\text{мп}} = 126 \text{ мм/мин, } S_{\text{мо}} = 76 \text{ мм/мин, } t_0 = 0,61 \text{ мин.}$$

Операция 025 Долбежная

Полуавтомат зубодолбежный вертикальный модели 5М150П

Долбить зубчатые колесо  $z=88$ ,  $m=2,5$  мм.

1. Круговая подача  $S=0,25$  мм/дв.ход

2. Радиальная подача  $S_p = (0,1 \dots 0,3) \cdot S$

$$S_p = (0,1 \dots 0,3) \cdot 0,25 = 0,025 \dots 0,0075 \text{ мм/дв.ход.}$$

С учетом паспортных данных станка принимаем  $S_p=0,036$  мм/дв.ход.

3.  $T=240$  мин.

Скорость резанья

$V=20,5$  м/мин.

Число двойных ходов долбяка в минуту

$$n = \frac{1000 \cdot V}{2 \cdot L} \quad (39)$$

где  $L$  - величина хода долбяка, мм

$L=b+l_1$

где  $b$  – длина венца, мм

$l_1=11$  мм – перебеж долбяка на две стороны, мм

$L=89+11=100$  мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 20,5}{2 \cdot 100} = 102,5 \text{ дв.ход/мин}$$

Принимаем  $K=100$  дв.ход/мин

$$V_\phi = \frac{2 \cdot L \cdot K}{1000} = \frac{2 \cdot 100 \cdot 100}{1000} = 20 \text{ м/мин.} \quad (40)$$

При чистовой обработке по сплошному металлу для данных условий обработки  $P_z=4478$  Н,  $N=1,5$  кВт

Мощность на шпинделе станка

$N_{ш}=10 \cdot 0,65=6,5$  кВт.

4. Основное время

$$t_o = \frac{\pi \cdot m \cdot z}{K \cdot S} \cdot i + \frac{h}{K \cdot S_p} \quad (41)$$

$$t_o = \frac{3,14 \cdot 2,5 \cdot 88}{100 \cdot 0,25} \cdot 2 + \frac{2,2 \cdot 2,5}{100 \cdot 0,036} = 56,79 \text{ мин.}$$

Операция 030 Долбежная

Полуавтомат зубодолбежный вертикальный модели 5М150П

Долбить зубчатые колесо  $z=76$ ,  $m=3$  мм.

Расчет аналогичен операции 025

$S=0,25$  мм/дв.ход,  $S_p=0,036$  мм/дв.ход.,  $T=240$  мин,  $n=150$  дв.ход/мин

$V=19,5$  м/мин,  $P_z=5814$  Н,  $N=1,9$  кВт,  $t_o=58,8$  мин.

Результаты расчета заносим в таблицу 10.

Таблица 10– Режимы резания

№ Опер./ перех.		t, мм	S, мм/об.	V, м/мин.	n, об/мин.	T <sub>о</sub> , мин
005	1	3,0	0,6	109	120	0,76
	2	2,5	1,0	89	100	2,2
	3	3	0,6	109	145	3,66
	4	1	0,5	238	315	0,13
	5	2	0,1	7,9	630	1,71
	6	7	0,2	17,6	400	5,25
	7	1,25	0,63	7,5	200	1,34
010	1	3,0	0,6	109	120	0,76
	2	2,5	1,0	89	100	2,2
	3	3	0,6	109	145	3,83
	4	1	0,5	238	315	0,13
	5	12	0,04	205	272	4,14
	6	2	0,1	7,9	630	0,86
	7	7	0,2	17,6	400	2,63
	8	1,25	0,63	7,5	200	0,67
015	1	0,01	0,63	30	200	0,33
	2	0,008	0,38		200	0,28
020	1	0,015	0,63	30	200	0,33
	2	0,1	0,38		200	0,28
№ Опер./ перех.	S <sub>кр</sub> , мм/об.	S <sub>р</sub> , мм/дв.ход	V, м/мин.	n, дв.ход/мин	m, мм	T <sub>о</sub> , мин
025	0,25	0,036	20	100	2,5	56,76
030	0,25	0,036	19,5	150	3	58,8

### 1.9 Нормирование технологического процесса

Норма времени:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n}, \quad (42)$$

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

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

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

Для станков с ЧПУ:

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{ца}} + T_{\text{в}} \cdot K_{\text{цв}}) \cdot \left( 1 + \frac{A_{\text{обс}} + A_{\text{отд}}}{100} \right), \quad (43)$$

где  $T_{\text{ца}} = T_{\text{о}} + T_{\text{мв}}$ , - время цикла автоматической работы станка по про-

грамме, мин.

$T_O$  – основное время на обработку одной детали, мин;

$T_{MB}$  – 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;

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

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

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

$T_B = T_{уст} + T_{опер} + T_{изм}$ , мин, где

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

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

$T_{изм}$  – время на измерение, мин.

Результаты нормирования рассчитаны на основе литературы и приведены в табл. 11.

Таблица 11– Нормы времени на операцию

№	Содержание работы	Источник	Время, мин
1	2	3	4
005	Токарно - сверлильная с ЧПУ		
	1. Основное время		15,05
	2. Вспомогательное время:		
	время, связанное с операцией	Карта 14, поз.1-6	1,0
	время на установку и снятие изделия	Карта 13, поз. 3	3,1
	машинно-вспомогательное время по программе		1,5
	Коэффициент на вспомогательное время		1,0
	Суммарное вспомогательное время		5,6
	3. Время на обслуживание рабочего места, время перерывов на отдых и личные надобности	Карта 16 Поз.39	14%
	5. Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособлений, на дополнительные приёмы	Карта 26,	26
	Штучное время		23,54
	Штучно-калькуляционное время		30,04

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4
010	<p>Токарная с ЧПУ</p> <p>1. Основное время</p> <p>2. Вспомогательное время:</p> <p>время, связанное с операцией</p> <p>время на установку и снятие изделия</p> <p>машинно-вспомогательное время по программе</p> <p>Коэффициент на вспомогательное время</p> <p>Суммарное вспомогательное время</p> <p>3. Время на обслуживание рабочего места, время перерывов на отдых и личные потребности</p> <p>5. Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособлений, на дополнительные приёмы</p> <p>Штучное время</p> <p>Штучно-калькуляционное время</p>	<p>Карта 14, поз.1-6</p> <p>Карта 13, поз. 3</p> <p>Карта 16 Поз.39</p> <p>Карта 26,</p>	<p>15,22</p> <p>1,0</p> <p>3,1</p> <p>1,5</p> <p>1,0</p> <p>5,6</p> <p>14%</p> <p>26</p> <p>23,73</p> <p>30,23</p>
015	<p>Шлифовальная</p> <p>1. Основное время</p> <p>2. Вспомогательное время:</p> <p>на установку и снятие детали</p> <p>время, связанное с переходом</p> <p>на измерение</p> <p>Коэффициент на вспомогательное время</p> <p>Суммарное вспомогательное время</p> <p>3. Время на обслуживание рабочего места</p> <p>4. Время перерывов на отдых и личные потребности</p> <p>5. Подготовительно-заключительное время: на наладку станка, инструмента и приспособлений на получение инструмента и приспособлений до начала и сдачу их после окончания обработки</p>	<p>Карта 16, поз.7, 40</p> <p>Карта 56, поз.16</p> <p>Карта 86, поз.72</p> <p>Карта 56, поз.18</p> <p>Карта 56, поз.20</p> <p>Карта 56, поз.21</p>	<p>0,61</p> <p>3,5</p> <p>0,6</p> <p>0,8</p> <p>1</p> <p>4,9</p> <p>7%</p> <p>4%</p> <p>24</p>

1	2	3	4
	6. Штучное время 7. Штучно-калькуляционное время		6,12 12,12
020	Шлифовальная 1. Основное время 2. Вспомогательное время: на установку и снятие детали время, связанное с переходом  на измерение  Коэффициент на вспомогательное время Суммарное вспомогательное время 3. Время на обслуживание рабочего места  4. Время перерывов на отдых и личные потребности 5. Подготовительно-заключительное время: на наладку станка, инструмента и приспособлений на получение инструмента и приспособлений до начала и сдачу их после окончания обработки 6. Штучное время 7. Штучно-калькуляционное время	Карта 16, поз.7, 40 Карта 56, поз.16 Карта 86, поз.72  Карта 56, поз.18 Карта 56, поз.20 Карта 56, поз.21	0,61 3,5 0,6 0,8 1 4,9 7% 4% 24 6,12 12,12
025	Долбежная 1. Основное время 2. Вспомогательное время: на установку и снятие детали время, связанное с переходом  на измерение  Коэффициент на вспомогательное время Суммарное вспомогательное время 3. Время на обслуживание рабочего места 4. Время перерывов на отдых и личные потребности 5. Подготовительно-заключительное время: на наладку станка, инструмента и приспособлений на получение инструмента и приспособлений до начала и сдачу их после окончания обработки	Карта 24, поз.8 Карта 61, поз.12 Карта 86, поз.72  Карта 56, поз.18 Карта 56, поз.20 Карта 56, поз.21	56,79 4,5 0,8 1,6 1 6,9 8% 4% 24

1	2	3	4
	6. Штучное время		63,69
	7. Штучно-калькуляционное время		69,69
030	Долбежная		58,8
	1. Основное время		
	2. Вспомогательное время: на установку и снятие детали	Карта 24, поз.8	4,5
	время, связанное с переходом	Карта 61, поз.12	0,8
	на измерение	Карта 86, поз.72	1,6
	Коэффициент на вспомогательное время		1
	Суммарное вспомогательное время	Карта 56, поз.18	6,9
	3. Время на обслуживание рабочего места	Карта 56, поз.20	8%
	4. Время перерывов на отдых и личные потребности	Карта 56, поз.21	4%
	5. Подготовительно-заключительное время: на наладку станка, инструмента и приспособлений на получение инструмента и приспособлений до начала и сдачу их после окончания обработки		24
	6. Штучное время		65,7
	7. Штучно-калькуляционное время		71,7

## 1.10 Конструкторская часть

### 1.10.1 Обоснование и описание конструкции приспособления

Для нарезания зубчатого венца на полуавтомате зубодолбежном вертикальном 5М150П необходимо применение специального приспособления. Приспособление разрабатываем для операций 020, 025 в соответствии с принятой схемой базирования. Установку заготовки в приспособление обеспечивает постоянство закрепления в определенном положении заготовок относительно режущего инструмента и позволяет вести обработку с достаточной высокой точностью и меньшими затратами времени, т.к. исключает время на выверку заготовки.

Деталь в данном приспособлении базируется по торцу и упору позиция 4, которая крепится к плите позиция 1 с помощью винтов позиция 9. Для лучшей установки по торцу к упору прикрепляется шайба позиция 6, которая крепится вместе с упором к плите. Зажим детали осуществляется при помощи Г-образного прихвата позиция 12, шпильки позиция 16 и гайкой позиция

11. Шпилька вкручивается в плиту позиция 1 и кон трогается гайкой позиция 10. На шпильке установлены шайба позиция 15 с пружиной позиция 2. Г-образный прихват вращается в стойке позиция 3, которая крепится к плите болтом позиций 7 и шайбой позиция 14. Для ориентации приспособления на станке используется установочная позиция 5, который крепится к плите с помощью винтов позиция 8. Закрепление и раскрепление детали в приспособлении производится с помощью гайка позиция 11. При расслаблении зажима пружина позиция 2 приподнимает Г-образный прихват вверх.

Для установки и снятия приспособления со стола с помощью подъемных сооружений используются рым-болты позиция 13.

### 1.10.2 Расчет на точность

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

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{3.0}^2 + \Delta_{np}^2}, \quad (44)$$

где  $\varepsilon_{\delta}$  – погрешность базирования, мм;

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

$\Delta_{np}$  – погрешность приспособления, мм.

Определяем погрешности базирования.

Для размеров на выполняемое отверстие M12×1,25 глубиной 23 min и отверстию диаметром 10,8 мм глубиной 30<sup>+3</sup>

Размеры выполняются за одну установку. Технологическая база не совпадает с измерительной  $\varepsilon_{\delta} = 1,0$  мм.

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

Погрешность приспособления

$$\Delta_{np} = \varepsilon_{np} + \varepsilon_{yc} + \varepsilon_u, \quad (45)$$

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

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

$\varepsilon_u$  – погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления. Эта величина зависит от программы выпуска изделий, их конструкции и размеров, материала и массы заготовки, состояния ее базовой поверхности.

$$\varepsilon_u = 0,05 \cdot N, \quad (46)$$

где N – программа выпуска.

$\varepsilon_u = 0,05 \cdot 300 = 15$  мкм.

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

$$\Delta_{np} = 0 + 0,0045 + 0,050 = 0,055 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{1^2 + 0 + 0,055^2} = 1,002 \text{ мм.}$$

Приспособление удовлетворяет требованиям точности, т. к. погрешность установки не превышает допуска на выполняемые размеры 3 мм.

### 1.10.3 Силовой расчет и выбор параметров привода

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

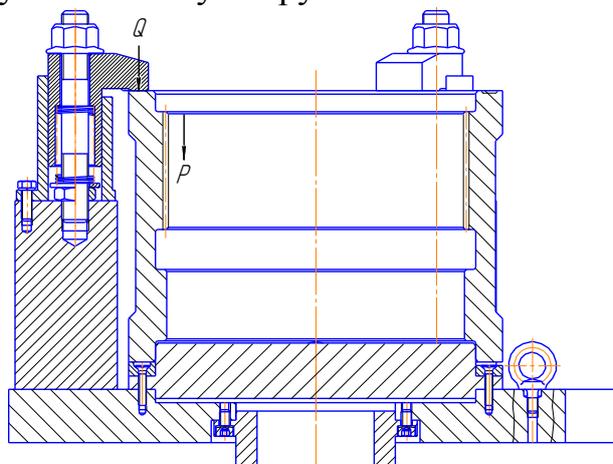


Рисунок 7- Схема резания и закрепления

$$Q = \frac{k \cdot P}{f_1 + f_2}, \quad (47)$$

где  $P$  – сила резания;

$k$  – коэффициент запаса и условие равенства сил;

$f_1$  – коэффициент трения между заготовкой и зажимом;

$f_2$  – коэффициент трения между заготовкой и установочными элементами.

Принимаем  $f_1 = f_2 = 0,15$ .

Из расчётов режимов резания  $P = 5814 \text{ Н}$ .

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (48)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$Q = 5814 \cdot 3,24 / (0,15 + 0,15) = 62791 \text{ Н.}$$

Допустимое усилие зажима по условию прочности для основной метрической резьбы

$$W = 0,5 \cdot d^3 \cdot [\sigma]_p, \quad (49)$$

где  $d$  – номинальный диаметр резьбы, мм;

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

$$d = \sqrt[3]{\frac{W}{0,5 \cdot [\sigma]_p}} = \sqrt[3]{\frac{62791}{0,5 \cdot 60}} = 12,8 \text{ мм.}$$

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

## 1.11 Проектирование и расчет измерительного приспособления

### 1.11.1 Обоснование и описание конструкции приспособления

Для измерения соосности необходимо применение специального приспособления. Приспособление разрабатываем для операций 020, 025 в соответствии с принятой схемой базирования. Установку заготовки в приспособление обеспечивает в определенном положении относительно мерительного инструмента и позволяет вести измерение с достаточной высокой точностью и меньшими затратами времени, т.к. исключает время на выверку.

Деталь в данном приспособлении базируется по торцу и опоре позиция 4, которая устанавливается на плите позиция 5 с помощью втулки позиция 2 и крышки позиция 3. Крышка крепится к опоре с помощью винтов позиция 8. Для лучшей установки по торцу к упору прикрепляется шайба позиция 6, которая крепится вместе с упором к плите винтами позиция 8. Для вращения детали на опоре установлен упорный подшипник позиция 11.

Для измерения точности используется индикаторная головка 1МИГ позиция 9. Индикатор устанавливается на индикаторной стойке позиция 1. Индикаторная стойка крепится к плите болтами позиция 7 с шайбами позиция 12. После выставки индикатора, деталь вращается и определяем соосность.

Для установки и снятия приспособления со стола с помощью подъемных сооружений используются рым-болты позиция 10.

### 1.11.2 Расчет на точность

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

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{3.0}^2 + \Delta_{np}^2},$$

где  $\varepsilon_{\delta}$  – погрешность базирования, мм;

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

$\Delta_{np}$  – погрешность приспособления, мм.

Определяем погрешности базирования.

Для изсераения соосности равной 0,04 мм.

Размеры выполняются за одну установку. Технологическая база не совпадает с измерительной  $\varepsilon_{\delta} = 0$  мм.

Погрешность закрепления не действует, следовательно упругими деформаций нет  $\varepsilon_{3.0}=0$ .

Погрешность приспособления

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

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

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

$\varepsilon_u$  – погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления. Эта величина зависит от программы выпуска изделий, их конструкции и размеров, материала и массы заготовки, состояния ее базовой поверхности.

$$\varepsilon_u = 0,05 \cdot N,$$

где N – программа выпуска.

$$\varepsilon_u = 0,05 \cdot 300 = 15 \text{ мкм.}$$

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

$$\Delta_{np} = 0 + 0 + 0,015 = 0,015 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 0 + 0,015^2} = 0,015 \text{ мм.}$$

Приспособление удовлетворяет требованиям точности.

## 1.12 Расчет долбяка

Исходные данные для расчета:

Номинальный диаметр делительной окружности долбяка  $d'_0=100$  мм;

Профильный угол  $\alpha_n=20^\circ$ ;

Номинальный модуль колеса  $m=2,5$  мм;

Число зубьев колеса  $z_1=40$ ;

Число зубьев колеса  $z_2=88$ ;

Степень точности зубчатых колес – AA;

Тип долбяка – чашечный.

Исходные данные, необходимые для расчета долбяка, и зависимости для их определения:

Диаметр делительных окружностей колес:

$$\begin{aligned}d_1 &= z_1 \cdot m \\d_2 &= z_2 \cdot m,\end{aligned}\tag{50}$$

$$d_1 = 40 \cdot 2,5 = 100 \text{ мм},$$

$$d_2 = 88 \cdot 2,5 = 220 \text{ мм}.$$

Угол профиля и модуль по торцу:

$$\alpha_t = \alpha = 20^\circ,$$

$$m_t = m = 2,5 \text{ мм}.$$

Диаметры основных окружностей:

$$d_{b1} = d_1 \cdot \cos \alpha,\tag{51}$$

$$d_{b2} = d_2 \cdot \cos \alpha,$$

$$d_{b1} = 100 \cdot \cos 20^\circ = 93,97 \text{ мм},$$

$$d_{b2} = 220 \cdot \cos 20^\circ = 206,73 \text{ мм}.$$

При незаданном межосевом расстоянии для некоррегированной передачи:

$$x_1 = x_2 = \Delta y = 0$$

$$\alpha_{tw} = \alpha_w = 20^\circ \text{ для прямозубых колес}$$

$$\text{inv} \alpha_{tw} = \text{inv} \alpha = 0,0149.$$

Высота головки вершин зубьев колес:

$$h_{a1} = (h_a^* + x_1 - \Delta y) \cdot m,\tag{52}$$

$$h_{a1} = h_{a2} = (1 + 0 - 0) \cdot 2,5 = 2,5 \text{ мм}.$$

Диаметры вершин зубьев колес:

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot (h_a^* + x_1 - \Delta y) \cdot m,\tag{53}$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot (h_a^* + x_2 - \Delta y) \cdot m,$$

$$d_{a1} = 100 + 2 \cdot (1 + 0 - 0) \cdot 2,5 = 105 \text{ мм},$$

$$d_{a2} = 220 + 2 \cdot (1 + 0 - 0) \cdot 2,5 = 225 \text{ мм}.$$

Высота зубьев колес:

$$h = (2 \cdot h_a^* + C^* - \Delta y) \cdot m, \quad (54)$$

$$h = (2 \cdot 1 + 0,25 - 0) \cdot 2,5 = 5,625 \text{ мм}.$$

Высота ножки зубьев колес:

$$h_{f1} = h - h_{a1}, \quad (55)$$

$$h_{f2} = h - h_{a2},$$

$$h_{f1} = h_{f2} = 5,625 - 2,5 = 3,125 \text{ мм}.$$

Диаметр впадин зубьев колес:

$$d_{f1} = d_{a1} - 2 \cdot h, \quad (56)$$

$$d_{f2} = d_{a2} - 2 \cdot h,$$

$$d_{f1} = 105 - 2 \cdot 5,625 = 93,75 \text{ мм},$$

$$d_{f2} = 225 - 2 \cdot 5,625 = 213,75 \text{ мм}.$$

Толщина зуба нарезаемого и сопряженного колеса на делительном диаметре:

$$S_{n1} = 0,5 \cdot \pi \cdot m + 2 \cdot x_{1m} \cdot \operatorname{tg} \alpha - E_{cs1}, \quad (57)$$

$$S_{n2} = 0,5 \cdot \pi \cdot m + 2 \cdot x_{2m} \cdot \operatorname{tg} \alpha - E_{cs2},$$

где  $E_{CS1}$  и  $E_{CS2}$  – наименьшее отклонения толщины зуба колеса;

Принимаем по таблице 4.1  $E_{CS1} = 0,08$  мм,  $E_{CS2} = 0,09$  мм.

$$S_{n1} = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 2,5 + 2 \cdot 0 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ - 0,08 = 3,845 \text{ мм}.$$

$$S_{n2} = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 2,5 + 2 \cdot 0 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ - 0,09 = 3,835 \text{ мм}.$$

Наибольший радиус кривизны профиля зуба нарезаемого колеса:

$$p_a = 0,5 \cdot \sqrt{d_{a1}^2 - d_{b1}^2}, \quad (58)$$

$$p_a = 0,5 \cdot \sqrt{105^2 - 93,97^2} = 23,42 \text{ мм.}$$

Радиус кривизны в точке канала активной части профиля зуба нарезаемого колеса:

$$p_{pa} = \alpha_w \cdot \sin \alpha_{tw} \cdot 0,5 \cdot \sqrt{d_{a1}^2 - d_{b1}^2}, \quad (59)$$

$$p_{pa} = 160 \cdot \sin 20^\circ \cdot 0,5 \cdot \sqrt{105^2 - 93,97^2} = 1281,85 \text{ мм.}$$

Длина активной части линии зацепления:

$$L = 0,5 \cdot (\sqrt{d_{a1}^2 - d_{b1}^2} + \sqrt{d_{a2}^2 - d_{b2}^2}) - a_w \cdot \sin \alpha_{tw}, \quad (60)$$

$$L = 0,5 \cdot (\sqrt{105^2 - 93,97^2} + \sqrt{225^2 - 206,73^2}) - 160 \cdot \sin 20^\circ = 13,1 \text{ мм.}$$

Определяем число зубьев долбяка

$$z_0 = \frac{d'_0}{m}, \quad (61)$$

$$z_0 = \frac{100}{2,5} = 40.$$

Принимаем  $z_0=40$ .

Уточним диаметр делительной окружности долбяка в исходном сечении

$$d_0 = m \cdot z_0, \quad (62)$$

$$d_0 = 2,5 \cdot 40 = 100 \text{ мм.}$$

Диаметр основной окружности долбяка и торцевой профильный угол нарезаемого колеса

$$d_{bo} = d_o \cdot \cos \alpha, \quad (63)$$

$$d_{bo} = 100 \cdot \cos 20^\circ = 93,97 \text{ мм.}$$

Для прямозубых передач  $\alpha=\alpha_t=20^\circ$ .

Диаметр основной окружности копира принимаем  $D_k=101,6$  мм.

Угол установки салазок зубошлифовального станка

$$\alpha_{yem} = ar \cos \frac{d_{bo}}{D_k}, \quad (64)$$

$$\alpha_{yem} = ar \cos \frac{93,97}{101,6} = 22,35^\circ.$$

Полученное значение диаметра делительной окружности будем использовать во всех остальных расчетах.

Диаметр наружной окружности в исходном сечении:

$$d_{a0}^1 = d_1 + d_0 - d_{f1}, \quad (65)$$

$$d_{a0}^1 = 100 + 100 - 93,75 = 106,25 \text{ мм.}$$

Толщина зуба по нормали в исходном сечении на делительной окружности:

$$S_{n0}^1 = \pi \cdot m - S_{n1}, \quad (66)$$

$$S_{n0}^1 = 3,14 \cdot 2,5 - 3,845 = 4 \text{ мм.}$$

Торцевой профильный угол на окружности вершин:

$$\alpha_{at0}^1 = \arccos \frac{d_{b0}}{d_{a0}^1}, \quad (67)$$

$$\alpha_{at0}^1 = \arccos \frac{93,97}{106,25} = 27,82^\circ.$$

Толщина зуба на вершине в исходном сечении по торцу:

$$S_{at0}^1 = d_{a0}^1 \left( \frac{S_{n0}^1}{d_0 \cos \beta} + \text{inv} \alpha_t - \text{inv} \alpha_{at0}^1 \right),$$

$$S_{at0}^1 = 106,25 \cdot \left( \frac{4}{100 \cdot \cos 0} + 0,0149 - 0,0421 \right) = 1,36 \text{ мм.}$$

Минимально допустимую толщину зуба при вершине у нового долбяка принимаем равной:

$$S_{at0\min} = (0,31 \dots 0,4) \cdot m, \quad (68)$$

$$S_{ar0min} = (0,31...0,4) \cdot 2,5 = 0,775...1,0 \text{ мм.}$$

Принимаем  $S_{ar0min} = 0,89 \text{ мм.}$

Принимаем следующие значения заднего угла при вершине долбяка  $\alpha_B = 6^\circ$  и передний угол  $\gamma_B = 5^\circ$ .

Проверяем достаточность заднего угла в нормальной плоскости:

$$\alpha_n = \text{arctg}(\text{tg}\alpha_a \cdot \sin \alpha), \quad (69)$$

$$\alpha_n = \text{arctg}(\text{tg}6 \cdot \sin 20) = 2,06^\circ.$$

Условие  $\alpha_n > 2^030'$  не выполнено. Принимаем  $\alpha_n = 2^030'$ .

$$\alpha_a = \text{arctg}(\text{tg}\alpha_n / \sin \alpha) = \text{arctg}(\text{tg}2,5 / \sin 20) = 7,27^\circ.$$

Наружный диаметр долбяка, определяемый коэффициентом смещения

$$d_{a0}^{11} = d_{a0}^1 + 2 \cdot x_0^1 \cdot m, \quad (70)$$

$$d_{a0}^{11} = 106,25 - 2 \cdot 0,8 \cdot 2,5 = 110,25 \text{ мм.}$$

где  $x_0^1$  - коэффициент смещения исходного контура, соответствующий минимально допустимой толщине зуба при вершине долбяка.

Торцовый угол на окружности вершин, соответствующий коэффициенту  $x_0^1$ :

$$\alpha_{ar0}^{11} = \arccos\left(\frac{d_{b0}}{d_{a0}^{11}}\right), \quad (71)$$

$$\alpha_{ar0}^{11} = \arccos\left(\frac{d_{b0}}{d_{a0}^{11}}\right) = \arccos\left(\frac{93,97}{110,25}\right) = 0,8523,$$

$$\alpha_{ar0}^{11} = 31,53^\circ.$$

Толщина зуба на вершине в сечении, соответствующем коэффициенту  $x_0^1$ :

$$S_{ar0}^{11} = d_{a0}^{11} \cdot \left( \frac{S_{n0}^1 - 2x_0^1 \text{tg}\alpha}{d_0 \text{tg}\beta} + (\text{tg}\alpha_t - \alpha_t) - (\text{tg}\alpha_{ar0}^{11} - \alpha_{ar0}^{11}) \right), \quad (72)$$

Приравняв  $S_{ar0}^{11} = S_{ar0min}$  можно определить значение  $x_0^1$ . Так как уравнение:

$$S_{ar0min} = d_{a0}^{11} \cdot \left( \frac{S_{n0}^1 - 2x_0^1 \text{tg}\alpha}{d_0 \text{tg}\beta} + (\text{tg}\alpha_t - \alpha_t) - (\text{tg}\alpha_{ar0}^{11} - \alpha_{ar0}^{11}) \right) =$$

$$= 0,899 \text{ мм.}$$

трансцендентное, то решаем его методом итерации. Изменяя  $x_0^1$  в пределах  $\pm 2$ .

Подставив текущее значение  $x_0^1$  сравниваем значение  $S_{at0min}$  и  $S_{at0}^{11}$  определим значение  $x_0^1$  с точностью  $(S_{at0}^{11} - S_{at0min}) = -0,0012 \leq 0,01 \text{ мм}$ .

Решив трансцендентное уравнение получим:  $x_0^1 = 0,8$ .

Исходное расстояние, лимитируемое заострением зуба долбяка:

$$a_H' = \frac{(S_{ato}' - S_{ato\min} / \cos \alpha) \cdot d_{ao}'}{2 \cdot (d_{ao}' \cdot \text{tg} \alpha_{ato}' - S_{ato}') \cdot \text{tg} \alpha_{\epsilon} - (d_{ao}')^2 \cdot C / d_o}, \quad (73)$$

где  $C$  – вспомогательная величина,

$$\text{Т.к. } \beta = 0 \text{ то } C = 2 \cdot \text{tg} \left( \text{arctg} \frac{\text{tg} \alpha_b \cdot \text{tg} \alpha}{1 - \text{tg} \gamma_b \cdot \text{tg} \alpha_b} \right) = 0,094.$$

$$a_H' = \frac{(1,36 - 0,9 / \cos 20) \cdot 106,25}{2 \cdot (106,25 \cdot \text{tg} 27,82^\circ - 1,36) \cdot \text{tg} 2,5^\circ - (106,25)^2 \cdot 0,094 / 100} = 14,65^\circ.$$

Станочный угол зацепления нового долбяка, определяющий обработку рабочей части профиля зуба нарезаемого колеса:

$$\alpha_{tw}^{11} = \arccos \frac{2(d_{b1} + d_{b0})(d_{f1} - 2p_a \sin \alpha_t)}{(d_{b1} + d_{b0})^2 + d_{f1}^2 - d_{b0}^2 - 4p_a^2},$$

$$\alpha_{tw}^{11} = \arccos \frac{2 \cdot (93,97 + 93,97) \cdot (93,75 - 2 \cdot 23,42 \cdot \sin 20^\circ)}{(93,97 + 93,97)^2 + 93,75^2 - 93,97^2 - 4 \cdot 23,42^2} = 0,883,$$

$$\alpha_{tw}^{11} = 28^\circ.$$

Положительное исходное расстояние, определяющее полную обработку части профиля зуба колеса:

$$\alpha_H^{11} = \frac{(\text{inv} \alpha_{tw}^{11} - \text{inv} \alpha_t) \cdot (d_1 + d_0)}{C}, \quad (74)$$

$$\alpha_H^{11} = \frac{(0,043 - 0,0149) \cdot (100 + 100)}{0,094} = 59,65^\circ.$$

Принимаем  $\alpha_H = 14,65^\circ$ .

Станочный угол зацепления переточенного долбяка:

$$\alpha_{tw}^{111} = \text{arctg} \frac{2(p_a + p_{10})}{d_{b1} + d_{b0}}, \quad (75)$$

где  $p_{10}$  – минимально допустимый радиус кривизны профиля зуба долбяка,

Принимаем  $p_{10} = 3$  при  $d = 100$  мм.

$$\alpha_{tw}^{111} = \text{arctg} \frac{2 \cdot (23,42 + 3)}{93,97 + 93,97} = 15,7^\circ.$$

Отрицательное исходное расстояние:

$$\alpha_c = \frac{(\operatorname{inv}\alpha_{tw} - \operatorname{inv}\alpha_t)(d_1 + d_0)}{C}, \quad (76)$$

$$\alpha_c = \frac{(0,00708 - 0,0149) \cdot (100 + 100)}{0,094} = -16,64.$$

Максимально возможная величина стачивания:

$$H = a_c - a_H, \quad (77)$$

$$H = 16,64 - 14,64 = 2 \text{ мм.}$$

Принимаем по табл.4.2  $B_p = 10$  мм.

При  $H < B_p$ , то принимаем  $B_p = H$ ,  $A = \alpha_H$ .

$B_p = 2$  мм,  $A = 14,6$  мм.

Определение чертежных размеров долбяка:

Станочный угол зацепления по торцу нового долбяка и колеса:

$$\operatorname{inv}\alpha_{twH} = \operatorname{inv}\alpha_t + \frac{2 \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot (x_1 + x_0)}{z_1 + z_0}, \quad (78)$$

где  $x_0 = \frac{A \cdot \operatorname{tg}\alpha_b}{m \cos \beta},$

$$x_0 = \frac{14,6 \cdot \operatorname{tg}7,27}{2,5 \cdot \cos 0} = 0,75.$$

$$\operatorname{inv}\alpha_{twH} = 0,0149 + \frac{2 \cdot \operatorname{tg}20 \cdot (0 + 0,75)}{40 + 40} = 0,0217,$$

$$\alpha_{twH} = 22,57^\circ.$$

Станочный угол зацепления по торцу станочного долбяка и колеса:

$$\operatorname{inv}\alpha_{twc\phi} = \operatorname{inv}\alpha_t + \frac{2 \operatorname{tg}\alpha \cdot (x_1 + x_{0C})}{z_1 + z_0},$$

где  $x_{0C} = \frac{(A - B'_p) \cdot \operatorname{tg}\alpha_b}{m \cos \beta},$

При  $H < B_p$ , то  $B'_p = H$

$$x_{0C} = \frac{(14,6 - 2) \cdot \operatorname{tg}7,27}{2,5 \cdot \cos 0} = 0,646.$$

$$\operatorname{inv}\alpha_{twc\phi} = 0,0149 + \frac{2 \cdot \operatorname{tg}20 \cdot (0 - 0,646)}{40 + 40} = 0,02078.$$

Принимаем  $B_{\text{взн.}} = 5$  мм.

Толщина зуба на делительной окружности по нормали к направлению зуба:

$$S_{n0} = S_{n0}^1 + A \cdot C \cdot \cos \beta, \quad (79)$$

$$S_{n0} = 4 + 14,6 \cdot 0,094 \cdot \cos 0 = 5,38 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр нового долбяка:

$$d_{a0} = \frac{d_{b1} + d_{b0}}{\cos \alpha_{twH}} - d_{f1}, \quad (80)$$

$$d_{a0} = \frac{93,97 + 93,97}{\cos 22,57^\circ} - 93,75 = 109,78 \text{ мм.}$$

Толщина зуба по верху долбяка:

$$S_{an0} = d_{a0} \cdot \left( \frac{S_{n0}}{d_0 \cos \beta} + \text{inv} \alpha_t - \text{inv} \alpha_{at0} \right) \cdot \cos \left( \arctg \frac{d_{a0} \cdot \text{tg} \beta}{d_0} \right),$$

где  $\alpha_{at0} = \arccos \left( \frac{d_0 \cos \alpha_t}{d_{a0}} \right),$

$$\alpha_{at0} = \arccos \left( \frac{100 \cdot \cos 20^\circ}{109,78} \right) = 31,1^\circ.$$

$$S_{an0} = 109,78 \cdot \left( \frac{5,38}{100 \cdot \cos 0} + 0,0149 - 0,0606 \right) = 0,89 \text{ мм.}$$

Высота головки зуба долбяка по передней поверхности:

$$h_{a0} = \frac{d_{a0} - d_0}{2 \cos \gamma_b}, \quad (81)$$

$$h_{a0} = \frac{109,78 - 100}{2 \cdot \cos 5^\circ} = 4,9 \text{ мм.}$$

Полная высота зуба долбяка:

$$h_0 = h + 0,3 \cdot m, \quad (82)$$

$$h_0 = 5,625 + 0,3 \cdot 2,5 = 6,375 \text{ мм.}$$

Боковой задний угол на делительном цилиндре:

$$\alpha_{бок} = \arctg \frac{\text{tg} \alpha_b \cdot \text{tg} \alpha}{1 - \text{tg} \gamma_b \cdot \text{tg} \alpha_b}, \quad (83)$$

$$\alpha_{бок} = \arctg \frac{\text{tg} 7,27^\circ \cdot \text{tg} 20^\circ}{1 - \text{tg} 5^\circ \cdot \text{tg} 7,27^\circ} = 2,56^\circ.$$

Корригированный торцевой профильный угол долбяка при шлифовании его зубьев:

Для прямозубого долбяка

$$\alpha_u = \arctg (\text{tg} \alpha + \text{tg} \gamma_b \cdot \text{tg} \alpha_{бок}), \quad (84)$$

$$\alpha_u = \arctg (\text{tg} 20^\circ + \text{tg} 5^\circ \cdot \text{tg} 2,56^\circ) = 20,2^\circ.$$

Диаметры основных окружностей долбяка при шлифовании профиля его зубьев:

$$d_{b0} = d_0 \cdot \cos \alpha_u, \quad (85)$$

$$d_{b0} = 100 \cdot \cos 20,2^\circ = 93,85 \text{ мм.}$$

Угол профиля в граничной точке профиля зуба долбяка и радиус кривизны профиля в этой точке:

$$\alpha_{10} = \operatorname{arctg} \left( \operatorname{tg} \alpha_t - \frac{4(h_l^* - h_a^* - x_0) \cdot \cos \beta}{z_0 \cdot \sin 2\alpha_t} \right), \quad (86)$$

$$p_{10} = 0,5 \cdot d_0 \cdot \sin \alpha_t - \frac{(h_l^* - h_a^* - x_0) \cdot m}{\sin 2\alpha_t}, \quad (87)$$

где  $h_l^* = 2$  – коэффициент граничной высоты зуба колеса,

$$\alpha_{10} = \operatorname{arctg} \left( \operatorname{tg} 20^\circ - \frac{4 \cdot (2 - 1 - 0,75) \cdot \cos 0}{40 \cdot \sin(2 \cdot 20^\circ)} \right) = 18^\circ.$$

$$p_{10} = 0,5 \cdot 100 \cdot \sin 20^\circ - \frac{(2 - 1 - 0,75)}{\sin(2 \cdot 20^\circ)} \cdot 2,5 = 16,1 \text{ мм.}$$

Угол развернутости в граничной точке профиля:

$$u_{10} = (\operatorname{inv} \alpha_{10} + \alpha_{10}) \cdot 180^\circ / \pi, \quad (89)$$

$$u_{10} = (0,01075 + 0,314) \cdot 180^\circ / 3,14 = 18,6^\circ.$$

Исходное расстояние вдоль зуба косозубого долбяка:

$$A^1 = \frac{A}{\cos \beta}, \quad (90)$$

$$A^1 = \frac{14,6}{\cos 0} = 14,6 \text{ мм}$$

Задний угол в нормальном сечении:

$$\alpha_n = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} \alpha_b \cdot \sin \alpha_u), \quad (91)$$

$$\alpha_n = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} 7,27^\circ \cdot \sin 20,2^\circ) = 2,52^\circ.$$

Общие конструктивные размеры, толщина долбяка, посадочного отверстия и другое принимаем в соответствии с ГОСТ9323–79.

Материал долбяка Сталь Р6М5.

### 1.13 Организационный часть

Расчетное количество станков для обработки годовой программы деталей определяется по формуле:

$$C_p = \frac{T_{\text{шт-к}} \cdot N}{60 \cdot F_d}, \quad (92)$$

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

$N = 300$  шт - годовая программа выпуска продукции;

$F_d = 1765$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования,

час:

Коэффициент загрузки оборудования:

$$K_{з.о.} = C_p / C_{п}, \quad (93)$$

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

Результаты расчёта приведены в следующей таблице:

Определение необходимого количества оборудования и коэффициентов его загрузки. Результаты заносим в таблицу 21.

Таблица 12 – Количество оборудования

№ операции	$F_d$	$C_p$	$C_{п}$	$K_{30}, \%$
005, 010	1765	0,171	1	17,1
010, 015	1765	0,069	1	6,9
025, 030	1765	0,218	1	21,8

Средний коэффициент загрузки  $K_{30,ср} = 11,56\%$ .

Уточняем серийность производства по коэффициенту закрепления операций:

$$K_{30} = F_d \cdot 60 / N \cdot T_{шт-к-ср} = 1765 \cdot 60 / (300 \cdot 40,39) = 8,74 \quad (93)$$

$K_{30} < 10$ , что соответствует единичному типу производства.

Оборудование не до загружено, необходимо до загрузить.

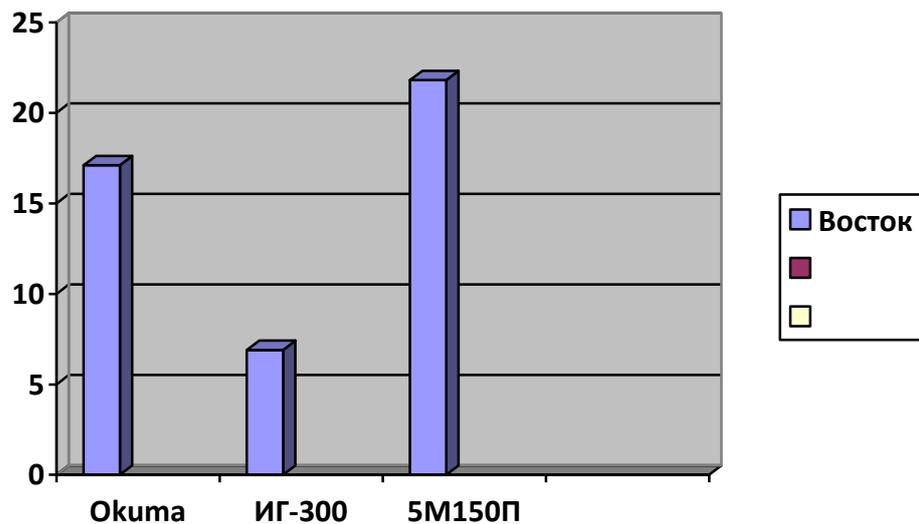


Рисунок 8 - График загрузки оборудования

## 2 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Студент гр. 10А41

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

Ш.З. Бомуллоев

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Консультант,  
к.т.н., доцент. кафедры  
БЖД

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

С.А. Солодский

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Нормоконтроль,  
к.т.н., доцент. кафедры  
ТМС

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

В.Л. Бибик

\_\_\_\_\_  
(Дата)

## 2.1 Характеристика объекта исследования

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

В ходе технологического процесса обрабатывается «Венец» КС-4871.328.100.018.

Материалом «Венец» является сталь 38ХМ ГОСТ 977—88, масса заготовки – 36,9 кг. На предприятиях в соответствии с ГОСТ12.3.020-80 перемещение грузов массой более 20 кг в технологическом процессе должно производиться с помощью подъёмно - транспортных устройств или средств механизации. Для женщин введены нормы предельно допустимых масс грузов при подъёме и перемещении тяжестей или вручную: при подъёме и перемещении тяжестей постоянно в течении смены – 10 кг. Т. о. женщин для обработки данных деталей не привлекаем. Следовательно для установки заготовки на станок требуются подъёмно-транспортные устройства.

Венец изготавливается на зубодолбежном, шлифовальной и токарном оборудовании. Данные операции характеризуются большим выделением:

- стружки, поэтому необходимо предусмотреть мероприятия по удалению стружки из рабочей зоны станков;
- тепла особенно на операциях с большим числом оборотов шпинделя станка, поэтому возникает необходимость применения СОЖ, во избежании перегрева и преждевременного износа инструмента.

Обработка в основном ведётся на станках с ЧПУ, которые расположены таким образом, чтобы на участке около 35 м<sup>2</sup> максимально уменьшить встречный и перекрещивающийся грузопотоки деталей. Между станками поставлены ограждения от летящей стружки. Рабочие станочники в качестве индивидуальных средств защиты от летящей стружки должны пользоваться очками. Уборка стружки руками запрещена. Если не механизирована уборка стружки, то применяют крючки, щетки. Все движущиеся части: зубчатые колеса, валы, вращающиеся детали и т.д, представляющие собой опасность для рабочих, должны быть заблокированы с концевыми выключателями так, чтобы при незакрепленном ограждении станок не выключался или во время работы станка при снятии или отключении ограждения - станок отключается. На станках с ЧПУ такие движения как подвод - отвод инструмента, его смена выполняется с высокой скоростью. Эти перемещения выполняются согласно программе и момент их совершения трудно предсказуем. Это увеличивает степень риска поражений. Данный фактор требует повышенного внимания рабочего и соблюдения инструкций по управлению станка.

Технологические планировки на проектируемом участке обработки резанием должны быть согласованы с территориальными органами государственного санитарного и пожарного надзора. Проходы и проезды на участке должны обозначаться разграничительными линиями белого цвета шириной не менее 100 мм. На территории участка проходы, проезды, люки колодцев

должны быть свободными, не загромождаться материалами, заготовками, полуфабрикатами, деталями, отходами производства и тарой.

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

Основой для разработки комплекса мероприятий по охране труда на рабочем месте на участке, являются данные, характеризующие состояние условий труда. К ним относятся данные о соответствии требованиям норм уровней вредных производственных факторов на рабочих местах, данные о выполнении требований СН 245-71 к производственным помещениям, особенно по размерам площади и объёма, приходящимся на одного работающего, данные об обеспечении работающих, санитарно - бытовыми помещениями и устройствами в соответствии со СНИП II - 92 -76, данные о контингенте работающих, в том числе обслуживающих технологические процессы с вредными и неблагоприятными условиями труда, а также занятых тяжёлым физическим трудом.

## 2.2 Выявление и анализ вредных и опасных производственных факторов

В процессе обработки водила на рабочего действуют следующие вредные и опасные производственные факторы, влияющие на здоровье и самочувствие человека:

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

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

- движущиеся органы станков могут нанести травму, работающему, 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, имеющие длинные волосы должны убирать их под головной убор. Кроме того, т. к. обработка ведётся на станках с ЧПУ, существует вероятность получения травмы при смене инструмента, т. к. смена инструмента производится с большой скоростью и может быть для рабочего неожиданной;

- шум ослабляет внимание человека, увеличивает расход энергии, замедляет скорость психических реакций, в результате повышается вероятность несчастных случаев.

Шум - любой нежелательный звук, воспринимаемый органом слуха человека. Представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной интенсивности и частоты. Предельно допустимый уровень шума на рабочих местах установлен СН2.2.4/2.1.8.562-96 и составляет 85 Дб.

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

Источником шума и вибрации является металлорежущее оборудование, электродвигатели, краны и т.д.

СОТС может привести к развитию кожных заболеваний, так как в зоне резания, при высокой температуре образуются вредные вещества.

### 2.3 Обеспечение требуемого освещения на рабочем месте

Свет (видимое излучение) представляет собой излучение, непосредственно вызывающее зрительное ощущение. В производственных помещениях используется три вида освещения на естественное (источником является солнце), искусственное (используются лампы накаливания, газоразрядные) и смешанное (естественное + искусственное).

Различают виды искусственного освещения:

- общее (равномерное или локализованное);
- местное (стационарное или переносное);
- комбинированное (общее + местное).

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

$$KEO = \frac{E}{E_0} \cdot 100\%, \quad (94)$$

где  $E$  - освещённость на рабочем месте, лк;

$E_0$  - освещённость на улице (при среднем состоянии облачности), лк.

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

В цехе 41, где происходит технологический процесс изготовления детали, естественное освещение осуществляется верхним светом через световые призмы - фонари. Так как освещённость, создаваемая естественным светом, изменяет-

ся в зависимости от времени дня, года, метеорологических факторов, то для поддержания постоянного уровня освещенности применяется комбинированное освещение - естественное и искусственное. Искусственное общее освещение — лампы накаливания располагаются в верхней зоне помещения и на колоннах.

На участке предусмотрено искусственное освещение при помощи светильников типа "Универсаль" с лампами накаливания.

Рассчитываем требуемое количество светильников.

Световой поток лампы ФЛ (лм) определяется по формуле:

$$F_{л} = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta}, \quad (95)$$

где  $E$  – заданная минимальная освещенность, лк;

$K_3$  – коэффициент запаса;

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

$z$  – коэффициент минимальной освещенности,  $z=(1,1-1,5)$ ;

$N$  – количество светильников, шт;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока.

Из вышеприведенной формулы рассчитаем необходимое количество светильников.

Для механических цехов  $E=150$  лк,  $K_3=1,6$  согласно СНиП 11-4-79.

Принимаем  $S=40$  м<sup>2</sup>,  $z=1,3$ ,  $\eta = 50\%$ .

По ГОСТ 2239-70 световой поток для ламп накаливания В- 15, при напряжении 220 В равно 105 лк.

$$N = \frac{150 \cdot 1,6 \cdot 40 \cdot 1,3}{105 \cdot 50} = 2,38 \text{ шт.}$$

Принимаем количество светильников "Универсаль" с лампой накаливания В- 15 3 шт.

Для нормальной освещенности необходимо: регулярная замена вышедших из строя ламп, периодическая очистка от пыли. СП и П 23-06-95 «Естественное и искусственное освещение».

## 2.4 Обеспечение оптимальных параметров микроклимата рабочего места

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

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

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

По характеру охвата помещений различают на общеобменную и местную.

По времени действия на постоянно действующая и аварийная.

Работа вентиляционной системы создаёт на постоянных рабочих местах метеорологические условия и чистоту воздушной среды, соответствующие действующим санитарным нормам СанПиН 2.2.4.548096.

Применяется приточно-вытяжная вентиляция, т. к. при технологическом процессе обработки идёт малое выделение вредных веществ. У ворот цеха предусмотрена воздушная тепловая завеса, которая образуется при помощи специальной установки путём создания струй воздуха.

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

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

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

Основные параметры микроклимата приведены в табл.22.

Таблица 13 – Параметры микроклимата

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

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

- 50% и более - 35 Вт/м<sup>2</sup>
- от 25 до 50% - 70 Вт/м<sup>2</sup>
- не более 25% - 100 Вт/м<sup>2</sup>

Фактические значения параметров микроклимата устанавливаются в результате замеров на участке и равны:

- температура - от 14 С° зимой до 24 С° летом;
- относительная влажность - от 50% зимой до 80% летом;
- скорость движения воздуха - 0,15 м/с;

Уровень интенсивности теплового излучения при интенсивности облучения поверхности тела от 25 до 50% - 65Вт/м

Вывод: параметры микроклимата участка механической обработки не превышают или близки к основным допустимым параметрам микроклимата. Следовательно, со стороны микроклимата производственного помещения, на участников технологического процесса, вредное воздействие не оказывается.

## 2.5 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов

При работе станков создаётся опасность поражения человека электрическим током. Для защиты от данного вредного фактора все станки должны быть заземлены. Все электрошкафы снабжены концевыми выключателями для исключения случайного попадания человека в зону действия электрического тока.

#### Расчёт заземления

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$R_3 = \frac{\rho_3}{2 \cdot \pi \cdot l_m} \cdot \ln \left( \frac{4 \cdot h_m}{d} \right), \quad (96)$$

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

$\rho_3$  – удельное сопротивление грунта, Ом·см;

$l_m$  – длина трубы, см;

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

$d = 4$  см;  $\rho_3 = 10^4$  Ом·см;  $l_m = 250$  см;  $h_m = 205$  см.

Определим сопротивление одиночного заземлителя, вертикально установленного в землю:

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

Определяем требуемое число заземлителей  $П$ , шт. по формуле:

$$\Pi = \frac{R_3}{R \cdot \eta}, \quad (97)$$

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

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

Длину соединительной полосы определяем по формуле:

$$l = 1,05 \cdot a \cdot (\Pi - 1), \quad (98)$$

где  $a$  – расстояние между заземлителями, м.

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

Сопротивление соединительной полосы определяем по формуле:

$$R_n = \frac{\rho_n}{2 \cdot \pi \cdot l_n} \cdot \ln \left( \frac{4 \cdot l_n^2}{h_n \cdot b} \right), \quad (99)$$

где  $b$  – ширина полосы, см;

$l_n$  – длина полосы, см;

$\rho_n$  – удельное сопротивление грунта, Ом·см;

$h_n$  – глубина погружения трубы в землю, см.

$b = 1,2$  см;  $\rho_n = 10^4$  Ом·см;  $l_n = 4200$  см;  $h_n = 80$  см.

$$R_3 = \frac{10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 4200} \cdot \ln \left( \frac{4 \cdot 4200^2}{80 \cdot 1,2} \right) = 4,8 \text{ Ом.}$$

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

$$R_c = \frac{R_3 \cdot R_n}{R_3 \cdot \eta_n + R_n + \eta_3 \cdot \Pi}, \quad (100)$$

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

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

Подставив значения в формулу получим:

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

Сопротивление заземляющего устройства для установок мощностью до 1кВт должно быть не более 10 Ом.

Размещаем заземление по контуру и соединяем между собой соединительной полосой.

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

В борьбе с производственным шумом применяются следующие методы:

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

Шум большинства металлорежущих станков лежит в средне- и высокочастотной областях – 500.. 8000Гц с допустимыми уровнями звукового давления 74... 83 дБ соответственно, что не превышает предельно допустимого уровня. Для защиты от шума разработано ограждение на станки, основным защитным элементом которых является минеральная вата.

Вибрация по характеру действия на организм человека вибрацию подразделяют на общую (действует на всё тело) и местную (действует только на руки рабочего).

Для уменьшения уровня вибрации применяют виброизоляцию. Между источником и объектом помещаются упругие элементы – амортизаторы или виброизолирующие опоры, применяемые при монтаже металлорежущих станков. Они состоят из резинового элемента, переходного болта, регулировочной гайки, пружины, демпфера жидкостного трения, фрикционного кольца, нижнего основания. Опоры могут быть равночастотными или разночастотными, они специально разработаны для того, чтобы в значительных пределах изменения нагрузки на каждую опору от монтируемого станка собственная частота системы «опора-станок» оставалась постоянной. Принцип работы опоры основан на некоторых особенностях деформации резины: при сжатии она происходит за счёт изменения формы, а не объёма. С ростом нагрузки увеличивается и коэффициент жёсткости опоры. Поэтому частота собственных колебаний станка на этих опорах мало зависит от нагрузки на опору. Металлообрабатывающие станки, имеющие достаточно большую частоту вращения по сравнению с собственными частотами номинально нагруженных опор устанавливаются на данных опорах. При этом станина станка должна быть достаточно жёсткой: отношение длины и ширины к высоте сечения должно быть меньше 5 по ГОСТ 17712-72.

Предельно допустимая норма вибраций (уровень виброскорости) по СН2.2.4/2.1.8.566-96 или ГОСТ12.1.012-78:

- общая - 92 дБ, для средней частоты октавных полос - 16; 31,5; 63Гц;
- общая - 93 дБ, для средней частоты октавной полосы - 8Гц;
- общая - 99 дБ, для средней частоты октавной полосы - 4Гц;
- общая - 108 дБ, для средней частоты октавной полосы - 2Гц;
- местная - 124 дБ.

По паспортным данным уровень вибрации на оборудовании, применяемом в проектируемом технологическом процессе, не превышает 87 дБ, что не превышает предельно допустимого уровня.

Также необходимо отметить, что особо опасной является вибрация с частотой 6...9 Гц, которая близка к собственной частоте колебаний внутренних органов человека; при её воздействии возникает резонанс, который увеличивает колебания внутренних органов, расширяя их или сужая, что весьма вредно. Чем больше амплитуда колебаний, устанавливается по результатам контроля не реже одного раза в месяц, эмульсий - одного раза в неделю, полусинтетических жидкостей - одного раза в две недели.

Не реже одного раза в неделю должен производиться анализ СОТС на отсутствие микробов, вызывающих кожные заболевания. Дополнительно контроль может проводиться при появлении запаха или раздражении кожи.

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

## 2.6 Психофизиологические особенности поведения человека при его участии в производстве работ на данном рабочем месте

Правильное расположение и компоновка рабочего места, обеспечение удобной позы и свободы трудовых движений, использование оборудования отвечающего требованиям эргономики и инженерной психологии обеспечивают наиболее эффективный трудовой процесс, уменьшают утомляемость и предотвращают опасность получения травм и возникновения профессиональных заболеваний. Неправильное положение тела на рабочем месте приводит к возникновению статической усталости, снижению качества и скорости работы, а так же снижению реакции на опасность.

Таким образом, для обеспечения эффективной и безопасной трудовой деятельности работника нужно учитывать все выше перечисленные факторы. Их несоблюдение ведёт к психической нестабильности, а именно, раздражительности, нервозности и утомляемости работника, что негативно сказывается на здоровье работающего и на производстве.

Для рабочих участвующих в технологическом процессе обработки резанием, должны быть обеспечены рабочие места, не стесняющие их действий во время выполнения работы. На рабочих местах должна быть предусмотрена площадь, на которой размещаются стеллажи, тара, столы и другие устройства для размещения оснастки материалов, заготовок, полуфабрикатов, готовых деталей и отходов производства. На каждом рабочем месте около станка на полу должны быть деревянные решётки на всю длину рабочей зоны, а по ширине не менее 0,6 м от выступающих частей станка. При разработке технологических процессов необходимо предусматривать рациональную организацию рабочих мест. Удобное расположение инструмента и приспособлений в тумбочках и на стеллажах, заготовок в специализированной таре, применение планшетов для чертежей позволяет снизить утомление и производственный травматизм рабочего.

## 2.7 Разработка мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций

С целью защиты работников и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, опасностей, возникающих при ведении военных действий или в следствие этих действий предприятие создаёт и содержит в постоянной готовности необходимые защитные сооружения и организации гражданской обороны в соответствии с федеральными законами РФ от 21.12.94 №66 «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного характера», от 12.02.98 №28 «О гражданской обороне» и постановлением правительства РФ №620 от 10.06.99 «О гражданских организациях гражданской обороны».

Одной из чрезвычайных ситуаций является пожар. Пожарная безопасность - это такое состояние объекта, при котором исключается возможность возникновения пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей.

Производственные помещения, в которых осуществляется обработка резанием, должны соответствовать требованиям СНиП II-2-80, СНиП II-89-80, санитарных норм проектирования промышленных предприятий СНиП П-92-76. Участок должен быть оборудован средствами пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83:

- огнетушитель порошковый ОП-2 для тушения лакокрасочных материалов и оборудования под напряжением - 2 шт;
- песок (чистый и сухой) для тушения электроустановок под напряжением - 0,5 м<sup>3</sup>;
- кран внутреннего пожарного водопровода - 1 шт;
- огнетушитель углекислотный ОУ-8 - 2 шт.

При проектировании и строительстве производственных зданий (электромашинных помещений, трансформаторных подстанций) необходимо учитывать категорию пожароопасности производства. Согласно СНиП 2-90-81 в зависимости от характеристики обращающихся в производстве веществ и их количества производства подразделяются по пожарной и взрывной опасности на шесть категорий: А, Б, В, Г, Д и Е. Производства категорий А, Б, В характеризуется обращением горючих газов, жидкостей, пылей с различными показателями пожароопасности от более опасных (категория А - склады бензина, аккумуляторные) до менее опасных (категория Б - размольные отделения мельниц, мазутное хозяйство, категория В - применение и хранение масел, узлы пересыпки угля); Г - наличие веществ, материалов в горячем, раскаленном, расплавленном состоянии - котельные, РУ с масляными выключателями, литейные, кузнечные; Д - наличием несгораемых веществ в холодном состоянии (электроремонтные мастерские, щитовые); Е - взрывоопасные производства - наличие газов и взрывоопасной пыли, но в таком количестве, что

возможен только взрыв без последующего горения (зарядные станции). Согласно СНиП 2-90-81 рассматриваемый участок принадлежит категории В.

Рабочие должны быть проинструктированы о действиях, которые они должны будут выполнить в случае возникновения чрезвычайной ситуации. В рабочем коллективе необходимо назначить ответственных за пожаробезопасность. На каждом участке должны быть оборудованы места для курения. На рабочих местах курить строго запрещается.

## 2.8 Обеспечение экологической безопасности и охраны окружающей среды

Проблема защиты окружающей среды одна из важнейших задач современности. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу, водоёмы достигают больших размеров.

Данное производство, т. е. разработанный технологический процесс обработки, не является вредным, нет значительных выбросов вредных веществ, пыли в атмосферу. Выбросы соответствуют допустимым по ГОСТ 17.2.302-78, поэтому их очистка не предусмотрена.

В процессе производства образуется большое количество отходов, которые при соответствующей обработке могут быть использованы, как сырьё для промышленной продукции. Отработанные СОЖ необходимо собирать в специальные ёмкости. Водную и масляную фазу можно использовать в качестве компонентов для приготовления эмульсий. Масляная фаза эмульсий может поступать на регенерацию или сжигаться. Концентрация нефтепродуктов в сточных водах при сбросе их в канализацию должна соответствовать требованиям СНиП II -32-74. Водную фазу СОЖ очищают до ПДК или разбавляют до допустимого содержания нефтепродуктов и сливают в канализацию. Масляная мелкая стружка и пыль сплава по мере накопления подлежат сжиганию или захоронению на специальных площадках. Крупная стружка вывозится в специальное помещение, проходит термообработку и прессуется в брикеты для дальнейшей отправки на металлургический завод.

## 2.9 Заключение

В данном разделе были рассмотрены опасные и вредные факторы, влияющие на здоровье, самочувствие работающего и безопасность труда. Были разработаны мероприятия по защите от них, а именно:

1. От поражения электрическим током, произведён расчёт и проектирование контурного заземляющего устройства.
2. Для обеспечения допускаемых параметров микроклимата разработана вытяжная вентиляция и тепловая завеса.
3. Для снижения общей вибрации станки установлены на виброизолирующих опорах ОВ-31.

4. Для улучшения освещённости рабочих мест, произведён расчёт и установка светильников «Универсаль».

Большинство опасных и вредных факторов удалось устранить или значительно снизить их негативное влияние, однако влияние некоторых вредных факторов не удалось предотвратить, таких как шум, издаваемый движущимися органами станков, неоптимальные параметры микроклимата, т. к. отсутствует система кондиционирования воздуха, поэтому в летний период возможно возникновение отклонений параметров микроклимата (температуры и относительной влажности) на рабочем месте.

### 3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФ- ФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Студент гр. 10А41

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

Ш.З. Бомуллоев

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Консультант,  
ассистент, кафедры  
ЭиАСУ

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

Д.Н. Нестерук

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Нормоконтроль,  
к.т.н., доцент. кафедры  
ТМС

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

В.Л. Бибик

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Рассчитать себестоимость изделия «Венец» КС-4871.328.100.018 при годовом объеме выпуска 300 шт.

### 3.1 Расчет объема капитальных вложений

#### 3.1.1 Стоимость технологического оборудования

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

$$K_{ТО} = \sum_{i=1}^m Q_i \cdot C_i, \quad (101)$$

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

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

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

Стоимость технологического оборудования приведена в табл.23

Таблица 14 – Стоимость технологического оборудования

№ операции	Модель станка	$C_i$ , руб.	$Q_i$ , шт.	$K_{ТОi}$ , руб.
005, 010	Okuma LB300EX	4770000	1	4770000
015, 020	ИГ-300	3070000	1	3070000
025, 030	5М150П	4010000	1	4010000
Всего:				11850000

#### 3.1.2 Стоимость вспомогательного оборудования

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

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

$$K_{ВО} = K_{ТО} \cdot 0,30, \quad (102)$$

$$K_{ВО} = 11850000 \cdot 0,3 = 3555000 \text{ руб.}$$

#### 3.1.3 Стоимость инструментов, приспособлений и инвентаря

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

В данном случае учитывается стоимость:

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

- хозяйственного инвентаря;

$$K_{\text{ИИ}} = K_{\text{ГО}} \cdot 0,15. \quad (103)$$

$$K_{\text{ИИ}} = 11850000 \cdot 0,15 = 1777500 \text{ руб.}$$

### 3.1.4 Стоимость эксплуатируемых помещений

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

$$C_{\text{П}}^{\text{II}} = (S_{\text{ПП}} \cdot A_{\text{ПП}} + S_{\text{СП}} \cdot A_{\text{СП}}) \cdot T, \quad (104)$$

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,  $\text{руб}/\text{м}^2$ ;

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

$$C_{\text{П}}^{\text{II}} = (420 \cdot 52,5 + 21 \cdot 52,5) = 277830 \text{ руб.}$$

### 3.1.5 Стоимость оборотных средств в производственных запасах, сырье и материалах

Данные средства рассчитываются по формуле:

$$K_{\text{ПЗМ}} = \frac{N_{\text{М}} \cdot N \cdot C_{\text{М}}}{360} \cdot T_{\text{ОБМ}}, \quad (105)$$

где  $N_{\text{М}}$  - норма расхода материала,  $N_{\text{М}} = 10,2$  кг/ед.;

$N$  - годовой объем производства продукции,  $N = 300$  шт.;

$C_{\text{М}}$  - цена материала,  $C_{\text{М}} = 186$  руб./кг (Сталь 38ХМ ГОСТ 4543-71);

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

$$K_{\text{ПЗМ}} = \frac{36,9 \cdot 300 \cdot 186}{360} \cdot 10 = 57195 \text{ руб.}$$

### 3.1.6 Оборотные средства в незавершенном производстве

Стоимость незавершенного производства ( $K_{\text{НЗП}}$ ) установлена из следующего выражения:

$$K_{\text{НЗП}} = \frac{N \cdot T_{\text{Ц}} \cdot C' \cdot k_{\text{Г}}}{360}, \quad (106)$$

где  $T_{\text{Ц}}$  – длительность производственного цикла,  $T_{\text{Ц}} = 77$  дней;

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

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

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

$$C' = \frac{H_M \cdot \Pi_M}{k_M}, \quad (107)$$

где  $k_M$  – коэффициент, учитывающий удельный вес стоимости основных

материалов в себестоимости изделия ( $k_M=0,8 \div 0,85$ ), принимаем  $k_M=0,85$ .

$$C' = \frac{36,9 \cdot 186}{0,85} = 8074,59 \text{ руб.}$$

Коэффициент готовности:

$$k_T = (k_M + 1) \cdot 0,5, \quad (108)$$

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

$$K_{\text{нзп}} = \frac{300 \cdot 77 \cdot 8074,59 \cdot 0,925}{360} = 479260,5 \text{ руб.}$$

### 3.1.7 Оборотные средства в запасах готовой продукции

Стоимость запаса готовой продукции определяется по формуле:

$$K_{\text{гп}} = \frac{C' \cdot N}{360} \cdot T_{\text{гп}}, \quad (109)$$

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

$$K_{\text{гп}} = \frac{8074,59 \cdot 300}{360} \cdot 7 = 47101,76 \text{ руб.}$$

### 3.1.8 Оборотные средства в дебиторской задолженности

Дебиторская задолженность определяется по формуле:

$$K_{\text{дз}} = \frac{V_{\text{рп}}}{360} \cdot T_{\text{дз}}, \quad (110)$$

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

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

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

$$V_{\text{рп}} = C' \cdot N \left(1 + \frac{p}{100}\right), \quad (11)$$

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

$$V_{\text{рп}} = 8074,59 \cdot 300 \cdot \left(1 + \frac{20}{100}\right) = 2906852 \text{ руб.}$$

$$K_{ДЗ} = \frac{2906852}{360} \cdot 20 = 161491,8 \text{ руб.}$$

### 3.1.9 Денежные оборотные средства

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

$$C_{ОБС} = K_{ПЗМ} \cdot 0,1, \quad (112)$$

$$C_{ОБС} = 57195 \cdot 0,1 = 5719,5 \text{ руб.}$$

## 3.2 Расчет сметы затрат на производство и реализацию продукции

### 3.2.1 Основные материалы за вычетом реализуемых отходов

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

$$C_M = N \cdot (C_M \cdot H_M \cdot K_{ТЗР} - C_0 \cdot H_0), \quad (113)$$

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

$C_0$  – цена возвратных отходов, руб./кг;

$H_0$  – норма возвратных отходов кг/шт.;

Норма возвратных отходов определяется:

$$H_0 = m_3 - m_0, \quad (114)$$

где  $m_3$  – масса заготовки, кг;

$m_0$  – масса изделия, кг.

$$H_0 = 51,7 - 36,9 = 14,8 \text{ кг/шт.}$$

Затраты на основные материалы записываем в таблицу 24.

Таблица 15 – Затраты на основные материалы

№ детали	Затраты на материалы, руб.	Возвратные отходы, руб.	$C_{Mi}$ , руб.
КС4372.308.10.028	186	1,50	7115,74
Всего:			2134721

### 3.2.2 Расчет заработной платы производственных работников

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

В соответствии с этой системой заработная плата рассчитывается по формуле:

$$C_{ЗО} = \sum_{i=1}^m \frac{t_{штi} \cdot C_{часi}}{60} \cdot \kappa_n \cdot \kappa_p \cdot N, \quad (115)$$

где  $m$  – количество операций технологического процесса;

$t_{штi}$  – норма времени на выполнение  $i$ -ой операции, мин/ед.;  
 $C_{часj}$  – часовая ставка  $j$ -го разряда, руб./час;  
 $k_n$  – коэффициент, учитывающий премии и доплаты ( $k_n \approx 1,5$ );  
 $k_p$  – районный коэффициент ( $k_p=1,3$ ).

Определение фонда заработной платы и численности рабочих приведены в таблице 25.

Таблица 16 – Расчёт фонда заработной платы

Профессия рабочего	$T_{штi}, \text{мин}$	Разряд	Количество	$C_{часj}, \text{руб.}$	$C_{зoi}, \text{руб}$
Оператор токарных станков с ЧПУ	23,54+23,73	4	1	22,2	10231,59
Оператор шлифовальных станков	6,12+6,12	4	1	22,2	2649,35
Оператор зубодолбежных станков	38,15+26,91	4	1	22,2	14082,24
Фонд заработной платы всех рабочих					26963,18

### 3.2.3 Отчисления на социальные нужды по заработной плате основных производственных рабочих

Отчисление на социальные нужды:

$$C_{осо} = C_{зoi} \cdot (\alpha_1 + \alpha_2), \quad (116)$$

где  $\alpha_1$  – обязательные социальные отчисления ( $\alpha_1 = 0,3$ ),

$\alpha_2$  – социально страхование по проф. заболеваниям и несчастным случаям ( $\alpha_2 = 0,07$ ),

$$C_{осо} = 26963,18 \cdot (0,3 + 0,07) = 9976,38 \text{ руб.}$$

### 3.2.4 Расчет амортизации основных фондов

#### Расчет амортизации оборудования

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

$$a_{ни} = \frac{1}{T_o} \cdot 100\%, \quad (117)$$

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

$$a_{н005,010} = \frac{1}{10} \cdot 100\% = 10,0.$$

$$a_{н015,020} = \frac{1}{10} \cdot 100\% = 10,0.$$

$$a_{н025,030} = \frac{1}{10} \cdot 100\% = 10,0.$$

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

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

$$A_{ч} = \sum_{i=1}^n \frac{Ц_i \cdot a_{ни}}{F_{д} \cdot K_{вpi}}, \quad (118)$$

где n – количество оборудования;

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

$F_{д}$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования;

Стоимость амортизационных отчисления записаны в таблице 26.

Таблица 17 – Расчёт амортизационных отчислений

№ операции	Ц <sub>i</sub> , руб.	a <sub>ни</sub> , %	F <sub>дi</sub> , ч	K <sub>вpi</sub>	A <sub>чи</sub> , руб.
005, 010	2345000	10,0	3760	0,152	83395,73
015, 020	1115000	10,0	3760	0,061	133454,24
025, 030	3550000	10,0	3760	0,194	54833
Амортизационные отчисления для всех станков (A <sub>ч</sub> )					271682,97

Расчет амортизационных отчислений зданий

Амортизационные отчисления эксплуатируемых площадей, включены в стоимость арендной платы.

### 3.2.5 Отчисления в ремонтный фонд

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

$$C_{р} = (K_{ТО} + K_{ВО}) \cdot k_{РЕМ} + C_{П} \cdot k_{З.РЕМ}, \quad (119)$$

где  $k_{РЕМ}$ ,  $k_{З.РЕМ}$  – коэффициенты, учитывающие отчисления в ремонтный фонд,  $k_{РЕМ}=10\%$ ,  $k_{З.РЕМ} = 10\%$ .

$$C_{р} = (11850000 + 3555000) \cdot 0,1 + 277830 \cdot 0,1 = 1568283 \text{ руб.}$$

### 3.2.6 Затраты на вспомогательные материалы на содержание оборудования

Затраты на СОЖ определяются по формуле:

$$C_{СОТС} = n \cdot N \cdot g_{ОХ} \cdot Ц_{ОХ}, \quad (120)$$

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

$Ц_{ОХ}$  – средняя стоимость охлаждающей жидкости, ( $Ц_{ОХ} = 13$  руб/кг);

n – количество станков.

$$C_{СОТС} = 4 \cdot 300 \cdot 0,03 \cdot 13 = 468 \text{ руб.}$$

Затраты на сжатый воздух рассчитываются по формуле:

$$C_{ВОЗД} = \frac{g_{ВОЗД} \cdot Ц_{ВОЗД} \cdot N_{г}}{60} \cdot \Sigma t_{oi}, \quad (121)$$

где  $g_{\text{возд}}$  – расход сжатого воздуха,  $g_{\text{возд}} = 0,7 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  
 $\Pi_{\text{возд}}$  – стоимость сжатого воздуха,  $\Pi_{\text{возд}} = 1,7 \text{ руб.}$

$$C_{\text{возд}} = \frac{0,7 \cdot 1,7 \cdot 300}{60} \cdot 161,57 = 961,35 \text{ руб.}$$

### 3.2.7 Затраты на силовую электроэнергию

Расчёт затрат на электроэнергию:

$$C_{\text{чЭ}} = \sum_{i=1}^m N_{Yi} \cdot F_{\text{д}} \cdot K_{\text{N}} \cdot K_{\text{вр}} \cdot K_{\text{од}} \cdot \frac{K_{\omega}}{\eta} \cdot \Pi_{\text{Э}}, \quad (122)$$

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

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

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

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

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

$\Pi_{\text{Э}}$  – средняя стоимость электроэнергии собственного производства  $\Pi_{\text{Э}} = 4,2 \text{ руб./кВтч.}$

Расчет затрат на электроэнергию приведены в таблице 27.

Таблица 18 – Затраты на электроэнергию технологического процесса

№ операции	$N_{Yi}$ , кВт	$C_{\text{чЭ}i}$ , руб.
005, 010	22	23283,25
015, 020,	15,5	16404,11
025, 030	10	10583,29
Затраты на электроэнергию для всех операций		50270,65

### 3.2.8 Затраты на инструменты, приспособления и инвентарь

Стоимость инструментов и инвентаря по предприятию установлена приближенно, поэтому их учтем как плановый показатель  $K_{\text{ин}} = 1777500 \text{ руб.}$  и включим в себестоимость произведенной продукции.

### 3.2.9 Расчет заработной платы вспомогательных рабочих

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{ЗВР}} = \sum_{j=1}^k C_{\text{ЗМ}j} \cdot \Pi_{\text{ВР}j} \cdot 0,3 \cdot \kappa_{\text{н}j} \cdot \kappa_{\text{р}j}, \quad (123)$$

где  $k$  – количество вспомогательных рабочих;

$Ч_{врj}$  – численность рабочих по соответствующей профессии;  
 $С_{змj}$  – месячная тарифная ставка рабочего соответствующего разряда;  
 $к_{пj}$  – коэффициент, учитывающий премии и доплат для вспомогательных рабочих ( $к_{пj} = 1,2 \div 1,3$ );

$к_{рj}$  – районный коэффициент ( $к_{рj} = 1,3$ ).

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

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

Отчисления на социальные цели вспомогательных рабочих:

$$C_{ОВР} = C_{звр} \cdot 0,3 = 11407,6 \cdot 0,3 = 3422,28 \text{ руб.}$$

где  $C_{овр}$  - сумма отчислений за год, руб./год

### 3.2.10 Заработная плата административно-управленческого персонала

$$C_{ЗАУП} = \sum_{j=1}^k C_{ЗАУПj} \cdot Ч_{ЗАУПj} \cdot 0,3 \cdot k_{пj} \cdot k_{ПДj}, \quad (124)$$

где  $C_{зупj}$  – месячный оклад работника административно-управленческого персонала,  $C_{зупj} = 12500$  руб.;

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

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

$$C_{зуп} = 12500 \cdot 2 \cdot 0,3 \cdot 1,3 \cdot 1,58 = 15405 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные цели административно-управленческого персонала:

$$C_{ОАУП} = C_{зуп} \cdot 0,3 = 15405 \cdot 0,3 = 4621,5 \text{ руб.}$$

### 3.2.11 Прочие расходы

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

Прочие расходы рассчитаем как плановые условно:

$$C_{ПРОЧ} = ПЗ \cdot N \cdot 0,7, \quad (125)$$

где ПЗ – прямые затраты единицы продукции, руб.

$$C_{ПРОЧ} = 717,64 \cdot 300 \cdot 0,7 = 502,34 \text{ руб.}$$

Сравнивая, расчетную себестоимость изготовления изделия по разработанному технологическому процессу с себестоимостью изготовления изделия по базовому технологическому процессу находим величину годового

экономического эффекта, полученную от внедрения разработанного технологического процесса:

$$\Delta=(C_1 - C_2) \cdot N, \quad (126)$$

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

$$C_1=27024,6 \text{ (по данным ПЗУ ООО «Юргинский машзавод» на 01.03.18)}$$

$$\Delta=(27024,6 - 24310,33) \cdot 300=814301,32 \text{ руб.}$$

Экономическое обоснование технологического проекта приведены в таблице 28.

Таблица 19 – Смета затрат по экономическим элементам

Затраты	Сумма, руб./ед	Сумма, руб./год
1	2	3
<b>Прямые затраты:</b>		
основные материалы за вычетом реализуемых отходов	7115,74	2134720,8
заработная плата производственных рабочих	89,88	26963,18
отчисления на социальные нужды по зарплате производственных рабочих	33,25	9976,38
<b>Косвенные затраты:</b>		
амортизация оборудования предприятия	1244,47	373340,44
отчисления в ремонтный фонд	5227,61	1568283
вспомогательные материалы на содержание оборудования	4,76	1429,34
затраты на силовую электроэнергию	112,54	33760,71
износ инструмента	5255	157650
заработная плата вспомогательных рабочих	28,59	8575,52
отчисление на социальные цели вспомогательных рабочих	35,02	11407,5
заработная плата административно-управленческого персонала	26,7	8010,6
отчисление на социальные цели административно-управленческого персонала	6,94	2082,76
прочие расходы	5104,33	1531298,04
<b>Итого:</b>	<b>24229,21</b>	<b>7293078,68</b>

Сравнивая, расчетную себестоимость изготовления изделия по разработанному технологическому процессу с себестоимостью изготовления изделия по базовому технологическому процессу находим величину годового

экономического эффекта, полученную от внедрения разработанного технологического процесса:

$$\mathcal{E}=(C1 - C2) \cdot N, (85)$$

где  $C1$  и  $C2$  – себестоимостью изготовления изделия по базовому и разработанному технологическому процессу соответственно, руб.

$C1=27024,6$  (по данным ПЗУ ООО «Юргинский машзавод» на 01.03.18)

$$\mathcal{E}=(27024,6 - 24229,21) \cdot 300=798229,13 \text{ руб}$$

## Заключение

В ходе выпускной квалификационной работы был разработан технологический процесс изготовления детали «Венец».

На основании действующего технологического процесса были рассмотрены два варианта изготовления заготовки. Методом штамповки на КГШП и получение заготовки из трубы 299×50. Коэффициент использования металла штамповки на КГШП равен 0,82, а из трубы 0,714. Получение заготовки методом штамповки на КГШП стоит дороже получения из трубы на 1760,8 руб.

Составлен новый технологический процесс, который в значительной степени сократил время на изготовление изделия.

Выбранные средства технологического оснащения позволили повысить режимы резания, что значительно сократило время на изготовление и общую трудоемкость.

В конструкторской части проекта было разработано и спроектировано специальное приспособление. Произведены расчет приспособления на точность и силовой расчет.

Применённый токарный обрабатывающий центр Okuma LB 3000 EX в значительной степени снизил трудоемкость и повысил точность обрабатываемой детали

### Список использованных источников:

1. Краткий справочник технолога-машиностроителя//Балабанов А.Н.– М.: Издательство стандартов, 1992. – 464 с.
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. Metallорежущие инструменты // Кожевников Д.В., Кирсанов С.В.: Учебник. – Томск: Том. К58 ун-та, 2003. – 392с.
5. Оснастка для станков с ЧПУ // Кузнецов Ю.И. и др.. Справочник 2-ое изд., перераб, и доп.- М.: Машиностроение 1990. - 510 с.
6. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т2/ Под ред. Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского. - М.: Машиностроение, 1984. – 656 с.
7. Общемашиностроительные нормативы резания для технического нормирования на металлорежущих станках. - М.: Машиностроение, 1967. – 412 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и поготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. - М.: Машиностроение, 1967. – 410с.
9. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник // Горошкин А.К. - М.: Машиностроение, 1971. – 384 с.
10. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т1/ Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. - М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.
11. Проектирование специальных режущих инструментов: учебное пособие / А.А. Ласуков, А.А. Моховиков. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008.-187 с.
12. Грановский Г. И., Паченко К. П. Фасонные резцы. – М.: Машиностроение, 1975. – 232 с.
13. Кожевников Д.В., Гречишников В.А., Кирсанов С.В., Кокарев В.И.  
Режущий инструмент: Учебник для вузов/ Под редакцией С.В. Кирсанова 2-е изд. доп. М.: Машиностроение, 2005.-528с.
14. Петкау Э.П., Матвеев В.С., Журавлев В.А. Проектирование машиностроительного производства: Учебное пособие. -Томск: Изд. ТПУ, 2006.-237с.
15. Бибик Б.П., Моховиков А.А., Петрушин С.И., Петкау Э.П., Тихомиров Ю.С. Технология машиностроения: методические указания к выполнению выпускной квалификационной работы для студентов специальности 151001 „Технология машиностроения ” всех форм обучения.- Юрга: ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2006.-32с.

16. Горбацевич А.Ф., Чеботарев В.Н., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск, Высшая школа, 1975.-288с.

17. ГОСТ 26645-85 Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.

18. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник. Изд. 6-е. М., Машиностроение, 1971.-384с.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.		
							Справ. №	Подп. и дата	
				<u>Документация</u>					
			ФЮРА.052.000.006СБ		1				
				<u>Сборочные единицы</u>					
		1	ФЮРА.052.001.006	Плита	1				
				<u>Детали</u>					
		2	ФЮРА.052.002.006	Пружина	3				
		3	ФЮРА.052.003.006	Стойка	3				
		4	ФЮРА.052.004.006	Упор	1				
		5	ФЮРА.052.005.006	Установ	1				
		6	ФЮРА.052.006.006	Шайба	1				
				<u>Стандартные изделия</u>					
		3		Болт М8-6д x 25 ГОСТ 7796-70	9				
		8		Винт М8-6д x 12 ГОСТ 11738-84	4				
		9		Винт с потайной головкой М6x30 ГОСТ ИСО 2009	4				
		10		Гайка М20x1,5-6Н ГОСТ 2526-70	3				
		11		Гайка М20x1,5 ГОСТ Р ИСО 12126-2009	3				
		12		Прихват 7011-0751 ГОСТ 14753-69	3				
		13		Рым-болт М8 ГОСТ 4751-73	3				
		14		Шайба 8Л ГОСТ 6402-70	3				
				<b>ФЮРА.052.000.006СБ</b>					
Изм. № подл.	Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
	Разраб.	Бомцллоев Ш.З			Лит.	Лист	Листов		
	Пров.	Бидик В.Л				1	2		
	Н.контр.	Бидик В.Л			ЮТИ ТПУ				
	Утв.				гр. 10А41				



Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №						<u>Документация</u>			
					ФЮРА.052.000.007СБ				
							<u>Сборочные единицы</u>		
				1	ФЮРА.052.001.007	Стойка индикаторная	1		
							<u>Детали</u>		
				2	ФЮРА.052.002.007	Втулка	1		
				3	ФЮРА.052.003.007	Крышка	1		
				4	ФЮРА.052.004.007	Опора	1		
				5	ФЮРА.052.005.007	Плита	1		
				6	ФЮРА.052.006.007	Шайба опорная	1		
							<u>Стандартные изделия</u>		
		3		Болт М6х20 ГОСТ 15591-70	3				
		8		Винт с потайной головкой ГОСТ Р ИСО2009-М6х16	6				
		9		Индикатор 1МИГ ГОСТ9696-82	1				
		10		Рым-болт М8 ГОСТ4751-73	4				
		11		Шайба 6Л ГОСТ6402-70	3				
Подп. и дата		ФЮРА.052.000.007СБ							
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Взам. инв. №		Разраб.	Бомцллоев Ш.З				Лит.	Лист	Листов
		Пров.	Бидик В.Л						1
Подп. и дата		Н.контр.	Бидик В.Л				ЮТИ ТПУ зр. 10А41		
		Утв.							
Инв. № подл.									

Дудл.			
Взам.			
Подл.			

Приложение В


КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ  
НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС  
Венец ФЮРА.А41.052.000

Студент: Бомуллоев Ш.З  
Проверил: Бидик В.Л  
Нормоконтроль Бидик В.Л























