

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

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Юргинский технологический
Направление подготовки Машиностроение
Отделение промышленных технологий

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка конструкции механического вытягивателя прутка для токарного станка с ЧПУ Okuma ESL08

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10A51	Баранов Максим Александрович		

УДК: 621.941.2/.31-529-044.934-422.2

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
к.т.н., доцент ОПТ	Моховиков Алексей Александрович	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОПТ	Моховиков Алексей Александрович	к.т.н., доцент		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОЦТ	Лизунков Владислав Геннадьевич	к.пед.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОТБ	Филонов Александр Владимирович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Отделение промышленных технологий	Кузнецов Максим Александрович	к.т.н., доцент		

Юрга – 2019 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

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

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

Институт Юргинский технологический
Направление подготовки Машиностроение
Отделение промышленных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
И.о. руководителя ОПТ
_____Кузнецов М.А.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
10А51	Баранову Максиму Александровичу

Тема работы:

Разработка конструкции механического вытягивателя прутка для токарного станка с ЧПУ Okuma ESL08	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 10/с от 31.01.2019г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2019 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	1. Результаты литературного и патентного поиска. 2. Марка оборудования, под которое ведется проектирование – Okuma ESL08. 3. Диапазон зажима прутка – от 5 до 50 мм.
--	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Аналитический обзор по теме ВКР. 2. Разработка конструкции механического вытягивателя прутка. 3. Разработка технологического процесса изготовления вала вытягивателя прутка. 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение проекта. 5. Социальная ответственность.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Аналитическая часть (3 листа А1). 2. Сборочный чертеж вытягивателя прутка (2 листа А1). 3. Чертеж детали (1 лист А3). 4. Карты наладки (2 листа А1, 1 лист А2, 1 лист А3).
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лизунков В.Г.
Социальная ответственность	Филонов А.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОПТ	Моховиков А.А.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А51	Баранов Максим Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
10А51	Баранов Максим Александрович

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

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

1. Стоимость ресурсов инженерного решения (ИР) / научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1) Годовая программа выпуска – 500 штук. 2) Масса детали – 0,19 кг. 3) Материал – сталь 20.
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Краткое описание исходных технико-экономических характеристик объекта ИР / НИ
2. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР / НИ; расчет вложений в основные и оборотные фонды
3. Планирование показателей по труду и заработной плате (расчет штатного расписания, производительности труда, фонда заработной платы)
4. Проектирование себестоимости продукции; обоснование цены на продукцию
5. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР / НИ

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику 25.04.2019

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А51	Баранов Максим Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
10А51	Баранов Максим Александрович

Институт	ЮТИ ТПУ	Кафедра	ТМС
Уровень образования	Бакалавр	Направление	15.03.01 «Машиностроение»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:	– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения); – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы); – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу); – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера).
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	– механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).
3. Охрана окружающей среды:	– защита селитебной зоны; – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на

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

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОТБ	Филонов А.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10A51	Баранов Максим Александрович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 102 страниц, 39 рисунков, 18 таблиц, 34 источников, 1 приложения, 8 листов графического материала.

Ключевые слова: РАЗРАБОТКА, КОНСТРУКЦИЯ, БАРПУЛЛЕР, ВЫТЯГИВАТЕЛЬ ПРУТКА, ТОКАРНЫЙ СТАНОК С ЧПУ, ПРИВОДНОЙ ИНСТРУМЕНТ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, БЕЗОПАСНОСТЬ, СЕБЕСТОИМОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ.

Тема ВКР: «Разработка конструкции механического вытягивателя прутка для токарного станка с ЧПУ Okuma ESL08».

Раздел «Объект и методы исследования» содержит описание назначения и принципа работы вытягивателя прутка, литературный и патентный анализ основных видов конструкций барпуллеров, обоснование для разработки конструкции барпуллера, а также обзор устройств-аналогов, элементы которых могут быть использованы при разработке конструкции вытягивателя прутка.

Раздел «Расчеты и аналитика» включает в себя разработку конструкции барпуллера, расчет ее зажимного и предохранительного механизма, а также разработку технологического процесса изготовления вала, входящего в конструкцию вытягивателя прутка. Технологический процесс состоит из выбора заготовки и метода ее изготовления, составления технологического маршрута обработки, выбора технологических баз и средств технологического оснащения, расчета припусков на обработку, расчета режимов резания, нормирования технологического процесса и организационной части.

В разделе «Результаты проведенного исследования» содержится описание и принцип работы разработанной конструкции механического вытягивателя прутка.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» рассчитана себестоимость изготовления вала, входящего в конструкцию вытягивателя прутка.

Раздел «Социальная ответственность» посвящен вопросам безопасной работы на участке, пожарной безопасности и экологии.

Текстовая часть выпускной квалификационной работы выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010, графический материал с помощью программы КОМПАС-3D V16. Работа представлена на CD-R диске (в конверте на обороте обложки).

ABSTRACT

The final qualifying work consists of 102 pages, 39 figures, 18 tables, 34 source, 1 applications, 8 sheets of graphic material.

Key words: DEVELOPMENT, CONSTRUCTION, BAR PULLER, LATHE CNC MACHINE, DRIVING TOOL, TECHNOLOGICAL PROCESS, SAFETY, COST OF MANUFACTURING.

Theme of final qualifying work: «Development of the design of a mechanical bar puller for a CNC lathe Okuma ESL08».

The section «Object and methods of research» contains a description of the purpose and principle of operation of a bar puller, literary and patent analysis of the main types of bar puller structures, a rationale for developing a bar puller design, as well as an overview of analog devices whose elements can be used in the design of a bar puller.

The section «Calculations and analytics» includes the development of a bar puller's design, the calculation of the clamping and safety mechanism, as well as the development of the technological process of manufacturing a shaft, which is part of the design of a bar puller. The technological process consists of the selection of the workpiece and the method of its manufacture, the preparation of the technological processing route, the choice of technological bases and technological equipment, the calculation of processing allowances, the calculation of cutting conditions, the normalization of the technological process and the organizational part.

The section «Results of the study» contains the description and the principle of operation of the developed design of the mechanical bar puller, and gives recommendations for the work of the bar puller.

In the section «Financial management, resource efficiency and resource saving», the cost of manufacturing the shaft, which is part of the bar puller, is calculated.

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

The text part of the final qualifying work is done in a text editor Microsoft Word 2010, graphic material using the program COMPASS-3D V16. The work is presented on a CD-R disk (in an envelope on the back cover).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	13
1 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	14
1.1 Назначение и принцип работы вытягивателя прутка.....	15
1.2 Конструкции и производители барпуллеров	16
1.3 Обоснование разрабатываемой конструкции барпуллера	23
1.4 Анализ конструкций устройств-аналогов	23
2 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА.....	31
2.1 Разработка конструкции вытягивателя прутка	32
2.1.1 Обоснование конструкции	32
2.1.2 Силовой расчет и расчет предохранительного механизма	33
2.2 Разработка технологического процесса изготовления вала.....	37
2.2.1 Служебное назначение и технические характеристики сборочной единицы и входящей в нее детали.....	37
2.2.2 Производственная программа выпуска изделия и детали. Определения типа производства	38
2.2.3 Анализ технологичности объекта производства	39
2.2.4 Выбор заготовки и метода ее изготовления.....	39
2.2.5 Составление технологического маршрута обработки.....	41
2.2.6 Выбор технологических баз.....	42
2.2.7 Выбор средств технологического оснащения.....	45
2.2.7.1 Оборудование	45
2.2.7.2 Инструмент и оснастка.....	48
2.2.8 Расчет припусков на обработку	49
2.2.9 Расчет режимов резания.....	53
2.2.10 Нормирование технологического процесса	61
2.2.11 Организационная часть	63
2.2.11.1 Определение необходимого количества оборудования и коэффициентов его загрузки	63

					ФЮРА.741035.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Баранов М.А				Разработка конструкции механического вытягивателя прутка для токарного станка с ЧПУ Окита ESL08	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Моховиков А.А						1	3
Реценз.						ЮТИ ТПУ зр. 10А51		
Н. Контр.								
Утверд.								

2.2.11.2 Определение численности рабочих	63
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	66
3.1. Описание и принцип работы разработанной конструкции	67
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	73
4.1 Расчет объема капитальных вложений	74
4.2 Определение сметы затрат на производство и реализацию продукции....	77
4.3 Экономическое обоснование технологического проекта	83
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	85
5.1 Описание рабочего места работника.....	85
5.2 Описание вредных и опасных факторов	86
5.3 Охрана окружающей среды	93
5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях	94
5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	94
5.6 Заключение по разделу «Социальная ответственность».....	95
Заключение	96
Список использованных источников	97
Приложение А (Спецификация на сборочный чертеж ФЮРА.741035.004 СБ)	

Графический материал:

На отдельных листах

ФЮРА.741035.001 Аналитическая часть
 ФЮРА.741035.002 Аналитическая часть
 ФЮРА.741035.003 Аналитическая часть
 ФЮРА.741035.004 СБ Сборочный чертеж
 ФЮРА.741035.005 Последовательность работы барпуллера
 ФЮРА.741035.006 Вал
 ФЮРА.741035.007 Карта наладки
 ФЮРА.741035.008 Карта наладки
 ФЮРА.741035.009 Карта наладки

					ФЮРА.741035.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		2

Диск CD-R

В конверте на обороте обложки

ФЮРА.741035.001 Аналитическая часть

ФЮРА.741035.002 Аналитическая часть

ФЮРА.741035.003 Аналитическая часть

ФЮРА.741035.004 СБ Сборочный чертеж

ФЮРА.741035.005 Последовательность работы барпуллера

ФЮРА.741035.006 Вал

ФЮРА.741035.007 Карта наладки

ФЮРА.741035.008 Карта наладки

ФЮРА.741035.009 Карта наладки

					ФЮРА.741035.000 ПЗ	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Введение

В данной работе разрабатывается конструкция механического вытягивателя прутка для токарного станка с ЧПУ Okuma ESL08.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка конструкции механического вытягивателя прутка, которая будет выполнять соответствующие функции вытягивателя прутка и соответствовать современному уровню развития науки и техники.

Разрабатываемая конструкция должна являться оптимальным вариантом решения проектной задачи. Предлагается применить элементы конструкций, входящих в состав устройств-аналогов. Разработанная конструкция позволит избежать недостатков барпуллеров, выпускаемых в настоящее время фирмами-производителями.

1 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Студент гр. 10А51

(Подпись)

Баранов М.А.

(Дата)

Руководитель
к.т.н., доцент ОПТ

(Подпись)

Моховиков А.А.

(Дата)

Нормоконтроль,
к.т.н., доцент ОПТ

(Подпись)

Моховиков А.А.

(Дата)

1.1 Назначение и принцип работы вытягивателя прутка

С развитием автоматизации производственного процесса человек всегда стремился к тому, чтобы уменьшить время, связанное с обработкой детали на токарном станке и, соответственно, повысить производительность труда. При этом стоит отметить, что далеко не последнее место по продолжительности времени занимает подача и установка прутка в патроне станка. В связи с этим, на машиностроительных предприятиях свое распространение получил податчик прутка или барфидер.



Рисунок 1 – Барфидер LNS GT326 [1].

Барфидер (Bar Feeder) – универсальная загрузочная система, которая служит для подачи длинных прутковых заготовок в рабочую зону станка и сопрягается с различными типами токарного оборудования (рисунок 1) [2]. Данные устройства бывают автоматическими и механическими.

Барфидер представляет собой гидродинамическое подающее устройство, имеющее специальный магазин (накопитель) для подачи заготовок. Из накопителя заготовки подаются поштучно в специальные пластиковые каналы, которые подобраны по размеру. Через эти каналы пруток с помощью толкателя подается в полый (сквозной) шпиндель токарного станка и зажимается в приемной цанге токарного станка. Для регулирования длины подачи прутка в станок применяют специальный упор.

Стоит отметить, что длина, форма и диаметр прутковой заготовки сильно разнятся. Условно можно принять, что длина заготовки находится в пределах от 500 мм до 4000 мм, а проходной диаметр – от 3 до 70 мм, так как это самые распространенные показатели. Форма заготовки может быть круглой, шестигранной или квадратной [3].

Преимущества использования барфидера:

1. ускорение процесса производства;
2. повышение производительности труда на предприятии;
3. повышение степени автоматизации;
4. сведение риска ошибки к минимуму;
5. уменьшение общих производственных затрат;
6. сокращение количество отходов.

Производством барфидеров занимается множество компаний по всему миру. Среди лучших производителей можно выделить IEMCA (Италия), LNS (Швейцария) и SAMSYS (Германия). Цена на данные устройства начинается от 600 тыс. рублей и доходит до нескольких миллионов рублей [4, 5].

В связи с высокой ценой на барфидер, его не всегда целесообразно использовать. В такой ситуации наиболее экономически выгодным предложением является применение вытягивателя прутка или барпуллера (Bar puller).

Барпуллер – устройство для подачи прутка в зону резания на токарном станке с ЧПУ. По сути, барпуллер является недорогим аналогом барфидера [6]. Однако, в отличие от барфидера, барпуллер является более простым устройством, не имеющим возможности полной автоматизации процесса подачи заготовки. При этом оба устройства работают только в совокупности с гидравлическим зажимным устройством заготовки. Барпуллер находит свое применение преимущественно в мелкосерийном и среднесерийном производстве.

Принцип работы барпуллера заключается в следующем:

1. Вытягиватель прутка устанавливается в револьверную головку станка;
2. При необходимости перемещения заготовки на определенную длину для продолжения обработки, станок останавливается;
3. Револьверная головка подходит к прутку и барпуллер захватывает его;
4. Гидравлическое зажимное устройство токарного патрона станка освобождает пруток;
5. Револьверная головка перемещается вдоль оси Z, вытягивая пруток на определенную длину;
6. По достижению необходимого положения прутка, гидравлическое зажимное устройство токарного патрона станка вновь зажимает его;
7. Барпуллер освобождает заготовку;
8. Револьверная головка возвращается в первоначальное положение.

1.2 Конструкции и производители барпуллеров

Проведенный патентный и литературный анализ показывает отсутствие отечественных патентов на барпуллеры. Однако имеется значительное количество зарубежных патентов на барпуллеры, которые используются при анализе в данной работе.

Например, патент US5960689A представляет собой устройство для вытягивания прутка на токарном станке с ЧПУ, состоящее из корпуса 12, двух губок 16 и 18, шарнирно прикрепленных на корпусе, и двух кулачковых захватов 26 и 28, соединенных шарнирно с каждой из губок. Также предусмотрен механизм 30 для регулировки расстояния между кулачковыми захватами. Механизм для регулировки расстояния состоит из резьбового стержня 32, состоящего из кольцевой канавки 34, расположенной внутри паза

42 и приспособленной для перемещения кулачковых захватов 26 и 28 по направлению к оси 14 и от нее. Резьба на участке 36 стержня является левосторонней, тогда как резьба на участке 38 стержня является правосторонней. Промежуточная часть 40 стержня предпочтительно не имеет резьбовых соединений, но в пазе 42 она движется вверх и вниз. Латунные поворотные гайки 44 и 46 входят в зацепление с левой и правой резьбой соответственно, так что регулировочная ручка 48 вращается по часовой стрелке, губки 16 и 18 сжимаются, а если регулировочная ручка вращается против часовой стрелки, губки и разжимаются.

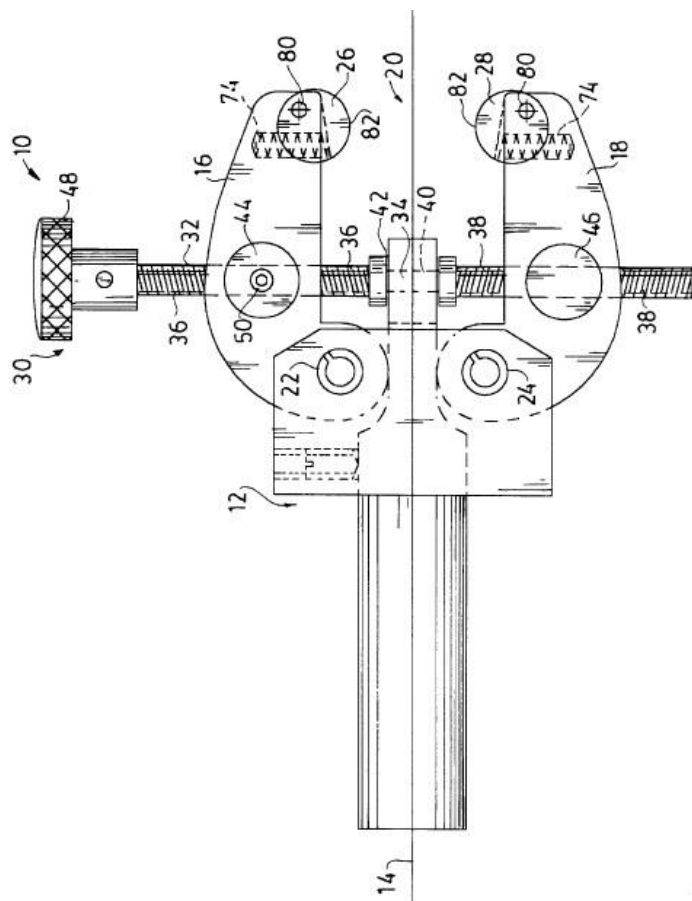


Рисунок 2 – Конструкция барпуллера согласно патенту US5960689A.

Патент US4522091 представляет собой вытягиватель прутка, состоящий из хвостовика 19 и корпуса 18, включающего в себя механизм для сжатия и разжатия губок 20 для захвата и освобождения стержня. Зажимной механизм также включает в себя кулачки 22, образующие противоположные поверхности для захвата заготовки. Расстояние между поверхностями губок несколько меньше диаметра вытягиваемого стержня. Это обеспечивает принудительное введение стержня между кулачками и соответствующее закрепление. Такой барпуллер может быть приспособлен для приема стержней в ограниченном диапазоне размеров. Упрочненные кулачки, используемые в данном вытягивателе прутка, относительно дороги. Может потребоваться несколько комплектов прокладок, чтобы приспособить такой барпуллер даже к ограниченному диапазону размеров стержня.

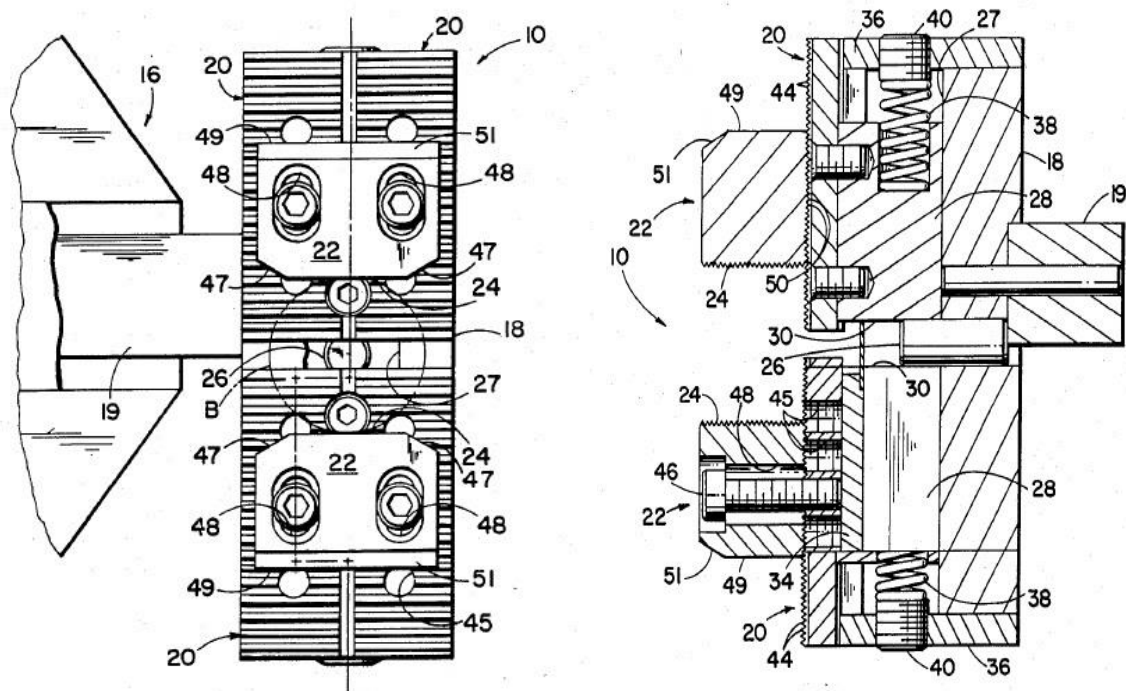


Рисунок 3 – Конструкция барпуллера согласно патенту US4522091.

Данные патенты являются основой конструкций барпуллеров, выпускаемых в настоящее время различными производителями. Наиболее крупными фирмами-производителями барпуллеров являются компании «Heimatec GmbH» и «TSCHORN» (Германия), Royal Products (США), из отечественных производителей можно выделить компанию «Армада» (г. Москва), которая также выпускает множество видов базовых статических блоков VDI. Цена на барпуллеры начинается от 60 тыс. рублей, и это является чуть ли не основным его преимуществом по сравнению с барфидером [7–9].

В настоящее время производителями вспомогательной инструментальной оснастки предлагаются несколько вариантов конструкции барпуллеров, принцип действия которых основан на зажиме заготовки с помощью упругих сил сжатия или с использованием давления СОЖ, подаваемой насосом станка к режущему инструменту (рисунок 4).



Рисунок 4 – Варианты вытягивателей прутка: а - вытягиватель прутка, работающий за счет пружин сжатия,
б - вытягиватель прутка, работающий за счет давления СОЖ [10].

Конструкция барпуллера, работающего за счет пружин сжатия схематично изображена на рисунке 5. Вытягиватель прутка имеет в корпусе подвижные губки, которые поджимаются с помощью пружин. На губках установлены кулачки, которые фиксируют заготовку. Кулачки выставляются так, чтобы расстояние между ними было немного меньше диаметра зажимаемой заготовки. Благодаря этому, пруток с некоторым усилием вставляется в барпуллер, происходит поджим заготовки с помощью пружин.

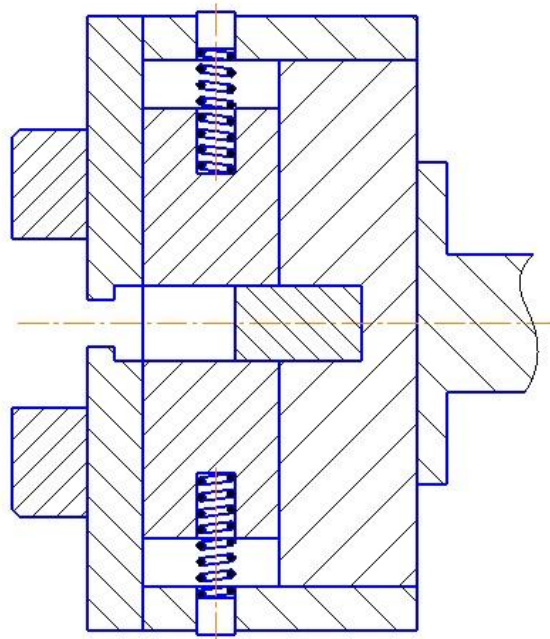


Рисунок 5 – Конструкция барпуллера работающего за счет пружин сжатия.

Барпуллеры, конструкция которых основывается на работе элементов или пружин сжатия – растяжения, работают следующей последовательности (рисунок 6):

1. Вытягиватель прутка устанавливается в резцедержатель или инструментальную револьверную головку станка.
2. Пруток захватывается за счет системы пружин барпуллера. Движение инструментальной головки по оси Z обеспечивает вытягивание.
3. По достижению необходимой длины вытягивания прутка, движение по оси Z останавливается и через управляющую программу подается команда на зажим патрона.
4. После этого движение револьверной головы по оси Z продолжается вследствие чего губки барпуллера освобождают пруток.

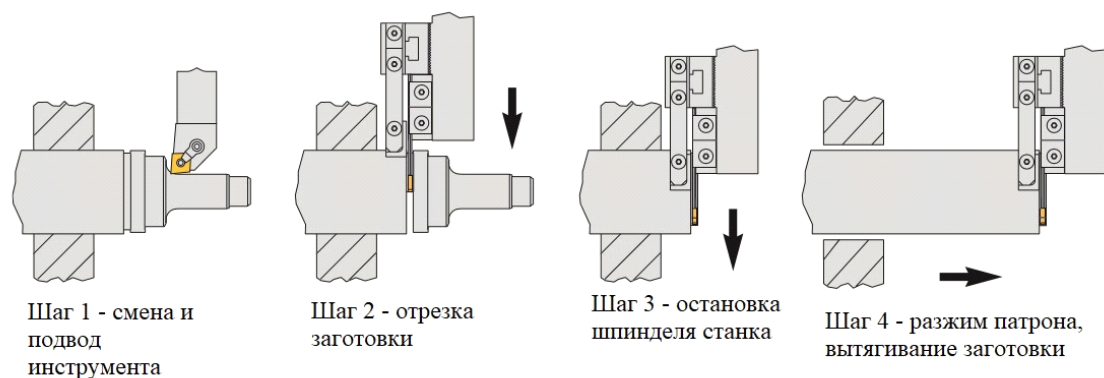


Рисунок 6 – Последовательность работы барпуллера, конструкция которого основана на работе упругих элементов и оснащенного отрезным резцом.

Данные барпуллеры имеют множество видов конструкций. Некоторые из них изображены на рисунке 7.



Рисунок 7 – Виды конструкций барпуллеров производства фирмы Royal Products [11].

На рисунке 7,а представлена компактная версия. Зажим заготовки происходит за счет упругих пластин, соединенных с кулачками, установленными на корпусе барпуллера. Кулачки, имеющие зубчатый профиль, после выставления на определенный диаметр заготовки, фиксируют положение пластин. На пластинах установлены зажимные пластины, между которыми находится заготовка после зажатия. Расстояние между зажимными пластинами должно быть немного меньше диаметра заготовки. Барпуллер подходит к прутку и зажимает его за счет упругости пластин, которые раздвигаются и обхватывают заготовку. После перемещения и зажима прутка в патроне станка, барпуллер, двигаясь вместе с револьверной головкой, освобождает заготовку. Пластины при этом возвращаются в исходное положение. Все детали, подверженные износу, закаляются для повышения прочности и долговечности. Зажимные пластины зубчатой формы применяются для твердых материалов, с гладкой формой поверхности - для более мягких. Барпуллер данной конструкции может быть применен для вытягивания круглых, квадратных и шестигранных заготовок. К недостаткам данного барпуллера можно отнести большую длительность регулировки и настройки на размер, а также износ пластин.

Конструкция на рисунке 7,б предусматривает закрепление за счет кулачков, установленных на подвижных губках барпуллера. Губки

поджимаются пружинами. Расстояние между кулачками должно быть немного меньше диаметра заготовки. Барпуллер подходит к заготовке и зажимает ее за счет пружин, которые поджимают губки и, соответственно, саму заготовку. После перемещения и зажима прутка в патроне станка, барпуллер, двигаясь вместе с револьверной головкой, освобождает заготовку. Недостатки барпуллеров данной конструкции – долгая регулировка и настройка на размер, износ и деформация пружин. В результате вытягиватель со временем перестает обладать достаточной силой для фиксации и перемещения заготовки. В этом случае требуется разбор конструкции с заменой пружин либо необходима замена барпуллера в целом.

Барпуллер на рисунке 7,в имеет конструкцию, схожую с представленной на рисунке 7,а, однако в нее добавлен отрезной резец, что позволяет выполнять две операции и повысить производительность работы (см. рисунок 6).

Конструкция гидравлического барпуллера, использующего в качестве рабочей жидкости смазочно-охлаждающую жидкость (СОЖ), подаваемую к режущему инструменту на станке, представлена на рисунке 8. Смазочно-охлаждающая жидкость, проходящая через специальные каналы, толкает поршень вперед, что заставляет пальцы сжиматься и захватывать заготовку. В конструкции присутствует пальцевый механизм, который поворачивается на двух роликовых подшипниках, благодаря чему барпуллер обладает большой силой захвата. Когда подача СОЖ прекращается, пальцы автоматически разжимаются и освобождают заготовку. Также в конструкции предусмотрен саморегулирующийся механизм – пальцы будут закрываться до тех пор, пока они не коснутся заготовки, поэтому предварительная настройка станка не требуется. Устройство может работать не только под давлением СОЖ, но и давлением воздуха.

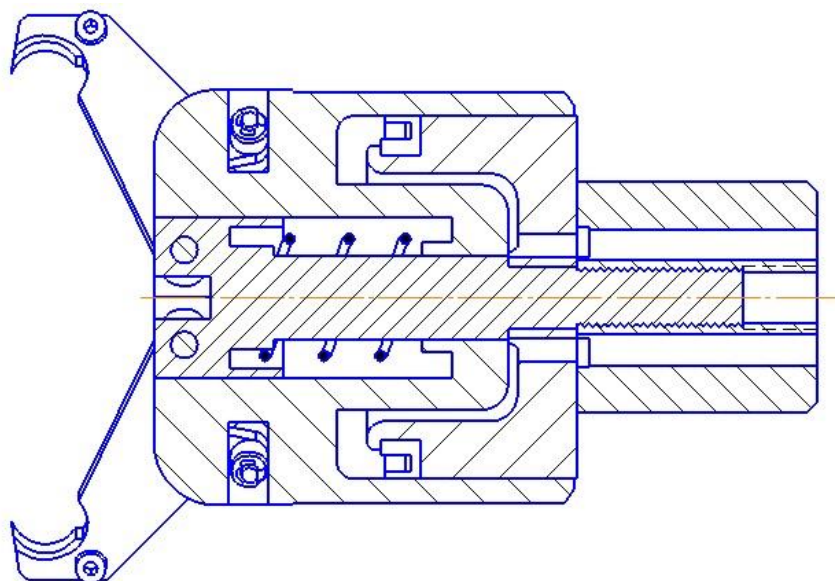


Рисунок 8 – Внутреннее устройство барпуллера, использующего в качестве рабочей жидкости СОЖ, подаваемую к режущему инструменту на станке.

Гидравлические барпуллеры имеют следующую последовательность работы (см. рисунок 9):

1. Вытягиватель прутка устанавливается в резцедержатель или инструментальную револьверную головку станка.
2. СОЖ подается в барпуллер, где с помощью поршня губки сжимаются и захватывают прутки. Движение инструментальной головки по оси Z обеспечивает вытягивание.
3. По достижению необходимой длины вытягивания прутка, движение по оси Z останавливается и через управляющую программу подается команда на зажим патрона.
4. Подача СОЖ прекращается, и губки барпуллера разжимаются.

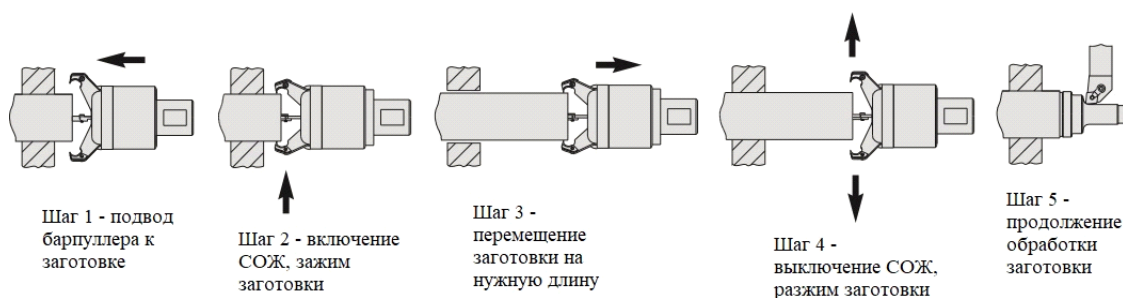


Рисунок 9 – Последовательность работы барпуллера, использующего в качестве рабочей жидкости СОЖ, подаваемую к режущему инструменту на станке.

Основной недостаток гидравлического вытягивателя прутка – отсутствие на многих станках системы внутреннего подвода СОЖ. Вследствие этого, применение барпуллера данного типа на большинстве станков, которые нуждаются в устройстве данного типа просто невозможно.

Преимуществ у вытягивателя прутка довольно много. Они относятся ко всем типам барпуллеров:

- существенное снижение вспомогательного времени по сравнению с ручным позиционированием прутка;
- снижение трудозатрат;
- универсальность (совместим практически с любыми токарными станками с ЧПУ, оснащенными гидравлическим, пневматическим или электромеханическим приводом токарного патрона);
- может захватывать прутки в большом диапазоне диаметров от 5 до 60 мм;
- экономия места в цехе;
- невысокая стоимость;
- надежность (устройство уже в базовой комплектации снабжено защитным чехлом из полиуретана, препятствующим попаданию СОЖ, стружки и иных инородных предметов в область шарнирно-пружинного механизма);

- эргономичность (установить барпуллер в инструментальный диск не сложнее, чем любой другой резцедержатель, управление барпуллером прописывается в основной программе обработки);
- простота в обслуживании (не требует никакого дополнительного обслуживания кроме периодической смазки);
- возможность работы с любыми материалами [12].

1.3 Обоснование разрабатываемой конструкции барпуллера

Анализ приведенных конструкций показал, что фирмы-производители в настоящее время изготавливают барпуллеры двух видов: барпуллера, конструкция которого основана на работе упругих элементов или пружин сжатия – растяжения и барпуллера, использующего в качестве рабочей жидкости СОЖ, подаваемую к режущему инструменту на станке. Однако, ввиду стремительного развития производства, а также недостатков вытягивателей, применяемых в производстве, необходимо разрабатывать новые конструкции барпуллеров. Один из таких вариантов – разработка механического барпуллера, работающего по аналогии с приводным инструментом, устанавливаемым на токарных станках с ЧПУ.

В соответствии с этим, принцип работы разрабатываемого барпуллера будет заключаться в следующем: после установки барпуллера в револьверную головку станка, на его вал будет сообщаться вращающий момент, который, взаимодействуя с зажимным устройством, будет приводить в движение зажимной механизм. Данный механизм будет фиксировать заготовку для ее перемещения.

1.4 Анализ конструкций устройств-аналогов

Токарные патроны

Токарный патрон является одним из основных элементов технологической оснастки. Они используются для крепления деталей на оси шпинделя. Благодаря применению патронов достигается надежная фиксация и увеличивается зажимное усилие при большом крутящем моменте. От того, насколько надежно закреплена заготовка на станке, зависит точность обработки. Патрон необходим для проведения практически всех токарных операций [13].

По количеству кулачков патроны подразделяются на двухкулачковые, трехкулачковые, четырехкулачковые и шестикулачковые.

Двухкулачковые токарные патроны (рисунок 11) используются для крепления сложных фасонных деталей, нецилиндрических и несимметричных заготовок. Их особенность заключается в способности фиксировать в губках необработанные поверхности, обеспечивая

достаточное сцепление. Главный недостаток – смещение центра заготовки из-за перекоса кулачков в направляющих по причине зазора.



Рисунок 11 – Общий вид двухкулачкового патрона.

Трехкулачковые токарные патроны (рисунок 12) являются самыми распространенными по причине быстроты центровки и зажима деталей. Применяется для крепления круглых и шестигранных заготовок.



Рисунок 12 – Общий вид трехкулачкового патрона.

Четырехкулачковые токарные патроны (рисунок 13) применяются для крепления прямоугольных и несимметричных деталей, а также прутков квадратного сечения. Преимущество заключается в кулачках, которые перемещаются независимо друг от друга, обеспечивая патрон широкими возможностями. Также следует отметить жесткость фиксации и простоту крепления. К недостаткам относится потребность в центрировании заготовки, поэтому закрепление требует большего времени.



Рисунок 13 – Общий вид четырехкулачкового патрона.

Шестикулачковые токарные патроны (рисунок 14) позволяют вести обработку тонкостенных деталей без их деформации. Захватывающие силы равномерно распределяются по 6 кулачкам [14].



Рисунок 14 – Общий вид шестикулачкового патрона.

По типу зажима кулачков патроны подразделяются на прямые и обратные. Прямые обеспечивают зажим по наружной поверхности, обратные – по внутреннему отверстию. Применение обратных кулачков позволяет обработать всю поверхность детали.

В зависимости от класса точности токарные патроны подразделяются на патроны нормальной точности (Н), повышенной точности (П), высокой точности (В) и особо высокой точности (А).

По типу используемого привода токарные патроны делятся на механические и механизированные. В состав механизированных входят гидравлические и пневматические.

Механические токарные патроны являются наиболее распространенным классом патронов. Они разделяются на кулачковые, поводковые, цанговые. Кулачковые, в свою очередь, делятся на самоцентрирующиеся и несамоцентрирующиеся.

В механизированных токарных патронах сила зажима создается за счет сжатого воздуха или жидкости, поступающего через муфту во вращающийся во время обработки цилиндр. Пневматические патроны применяются на токарных автоматах. Гидравлические – чаще на станках с диаметром патрона более 200 мм. Их использование позволяет сократить время на установку заготовки. Повышается точность и надежность крепления [15].

Принцип работы токарного патрона рассмотрим на примере двухкулачкового токарного патрона 2101-М фирмы Bison (рисунок 15).

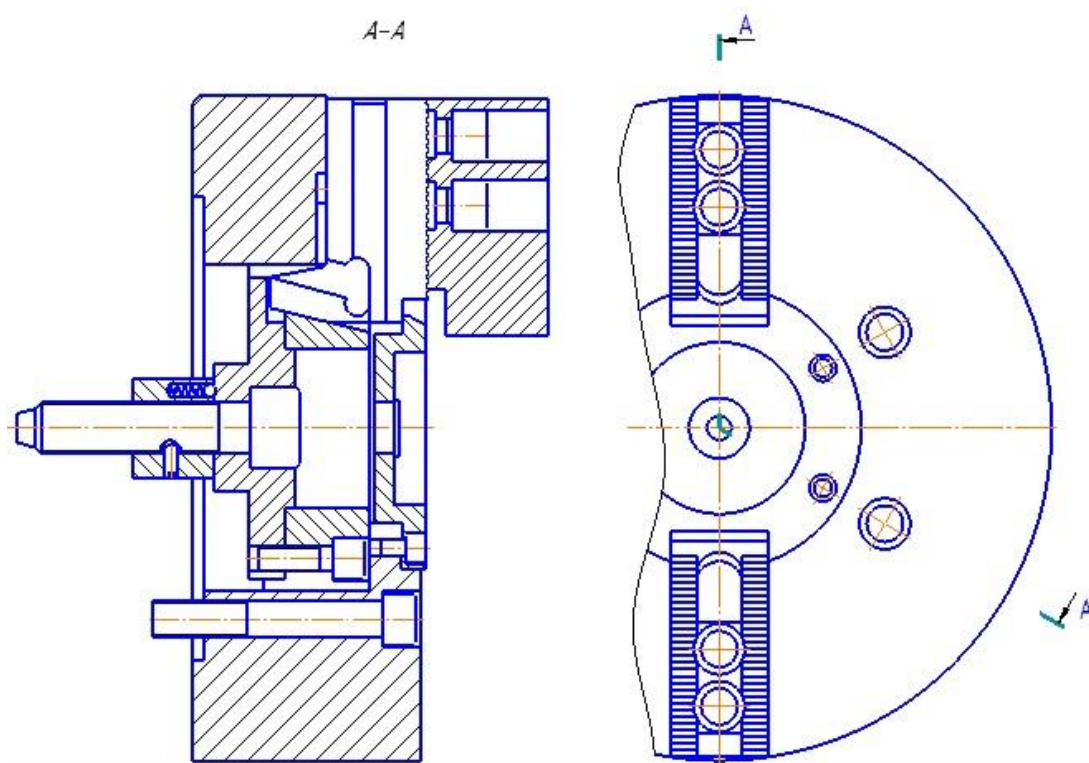


Рисунок 15 – Двухкулачковый механизированный токарный патрон 2101-М фирмы Bison.

Вращение от шпинделя токарного станка передается на вал патрона. Муфта, соединенная с валом, выполняет предохранительную функцию с помощью шариков с пружинами. Благодаря этому начинает перемещаться гайка, которая, в свою очередь соединена с клиновой гайкой. При перемещении клиновой гайки мастер-кулачки, установленные в ее пазах, начинают двигаться. Вследствие этого, кулачки, расположенные на мастер-кулачках, также совершают движение, зажимая и разжимая заготовку.

Приводные блоки

Ни один станок не будет полностью функционировать без приводного инструмента, ведь именно дополнительное оборудование совершает большинство задач и делает агрегат универсальным. Приводные устройства могут выполнять такие операции, как сверление, фрезерование или нарезание резьбы. Общий вид некоторых из приводных блоков представлен на рисунке 16 [16].

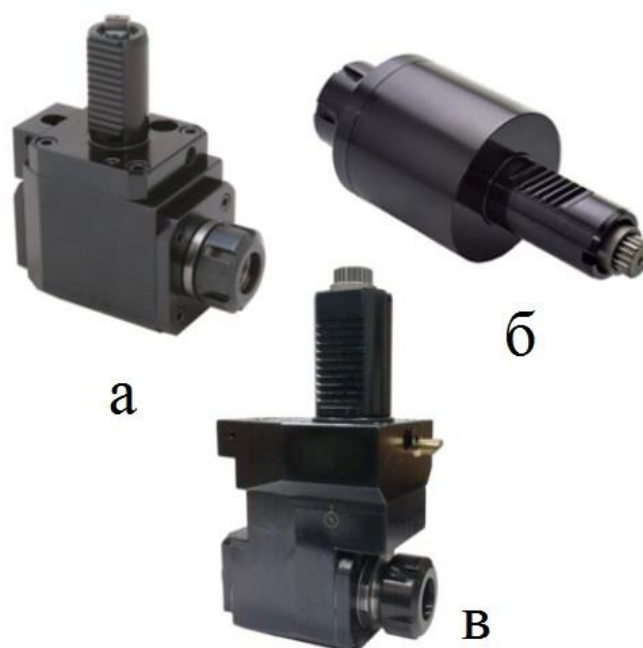


Рисунок 16 – Общий вид некоторых приводных блоков.
а – радиальный, б – осевой, в – радиальный с подводом СОЖ.

Принцип действия приводного блока заключается в следующем: инструмент, которым будет производиться обработка (сверло, фреза и т.д.) устанавливается в приводной блок. После этого сам приводной блок устанавливается в револьверную головку станка. В ходе работы, вращение от станка передается на приводной блок через полумуфту, расположенную на хвосте блока. Муфта, соединенная с валом приводного блока, передает вращение на него. Вместе с валом вращается весь шпиндельный узел приводного блока, включая и сам инструмент.

На сегодняшний день в мире существует две наиболее распространенные системы крепления инструмента для токарных обрабатывающих центров с приводным инструментом – VDI и BMT [17].

В системе VDI (рисунок 17) крепление инструментальной державки происходит с помощью клина с зубьями на хвостовике державки. Регулировка соосности инструмента осуществляется по шпонке или базовой поверхности. Инструментальные позиции установлены либо по радиусу, либо параллельно оси вращения револьверной головки. Система обладает низким осевым усилием зажима.

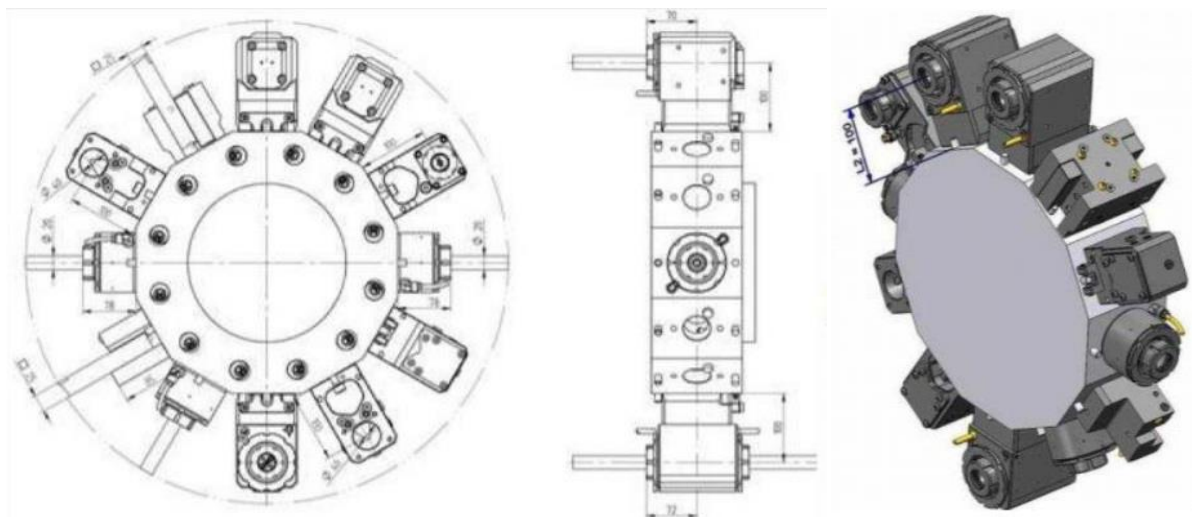


Рисунок 17 – Револьверная головка VDI с державками для токарного и приводного инструмента.

Система BMT (рисунок 18) предусматривает зажим инструментальной державки на 4 болта. Позиционирование инструментальной державки происходит по четырем направляющим, соосность не регулируется. Инструментальные позиции расположены по радиусу. Система обладает высоким осевым усилием зажима.

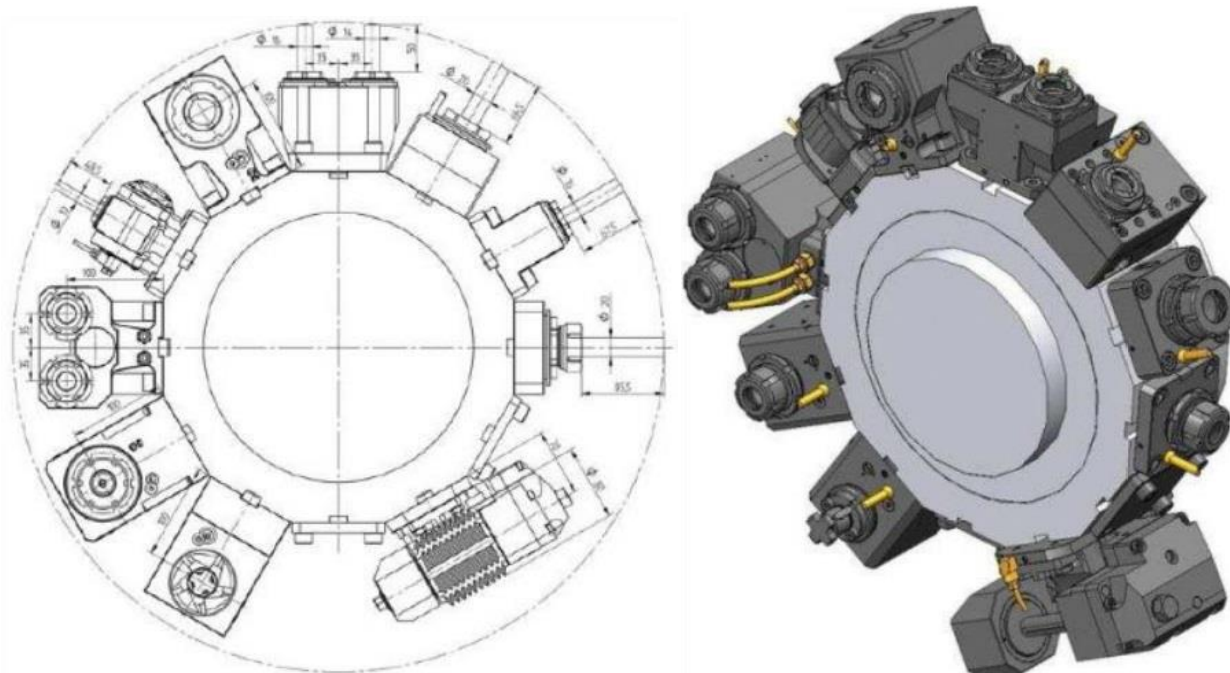


Рисунок 18 – Револьверная головка BMT с блоками приводного инструмента.

Система VDI имеет преимущество в скорости замены одного инструментального блока на другой, а система BMT – в жесткости крепления блока к револьверной головке за счет крепления на 4 болта.

Приводные блоки VDI имеют несколько видов хвостовиков: VDI 16, VDI 20, VDI 25, VDI 30, VDI 40, VDI 50, VDI 60. Их различие заключается в диаметре самого хвостовика.

Основные виды приводных блоков VDI представлены на рисунке 19. В качестве примера рассмотрены приводные блоки марки VERTEX [18].

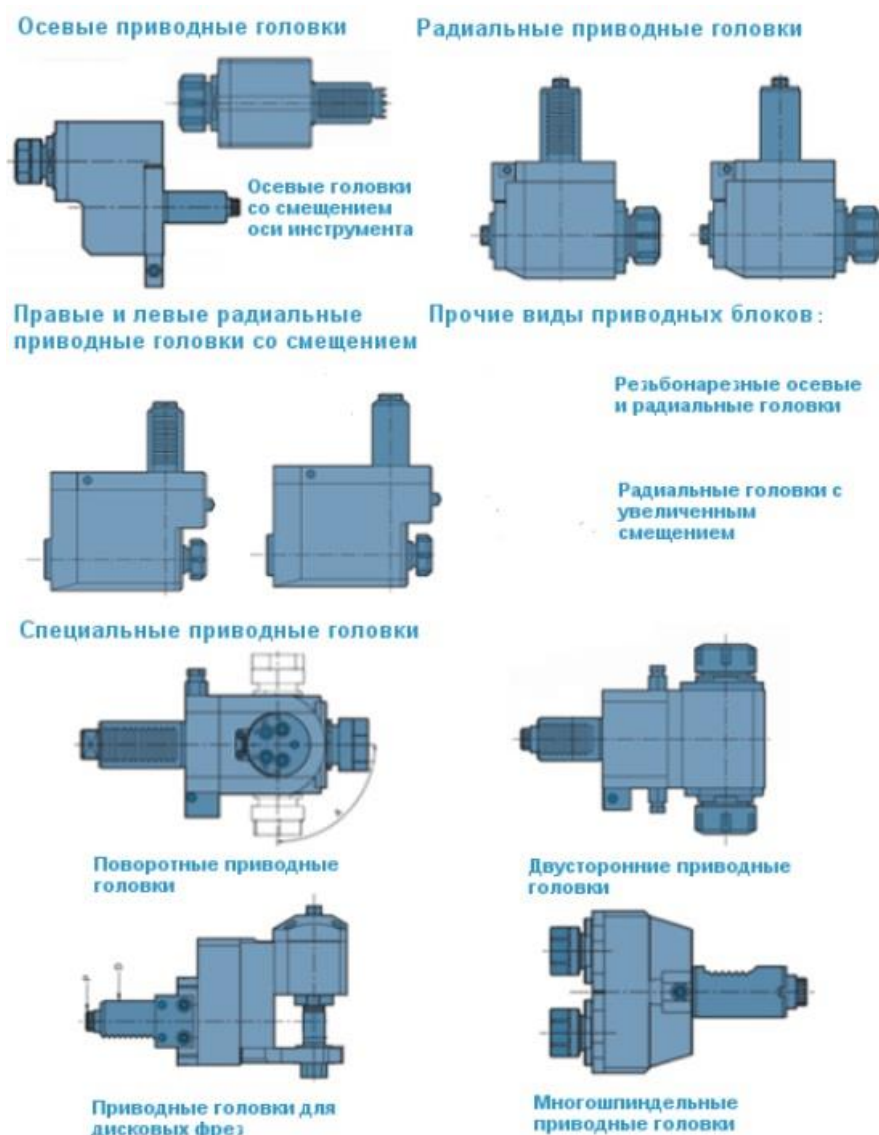


Рисунок 19 – Основные виды приводных блоков VDI марки VERTEX.

Для передачи вращающего момента с револьверной головки станка на приводной блок с инструментом, на хвосте приводного блока имеется приводная муфта. Существует несколько видов приводных муфт с различным вариантом соединения: с торцевыми зубьями, шлицевое соединение и др. (рисунок 20).



DIN 1809



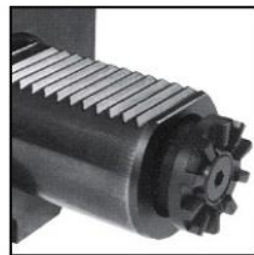
DIN 5480



DIN 5482



MT



IT

Рисунок 20 – Варианты конструкций приводных муфт, расположенных на хвосте приводного блока.

2 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

Студент гр. 10А51

(Подпись)

Баранов М.А.

(Дата)

Руководитель
к.т.н., доцент ОПТ

(Подпись)

Моховиков А.А.

(Дата)

Нормоконтроль,
к.т.н., доцент ОПТ

(Подпись)

Моховиков А.А.

(Дата)

2.1 Разработка конструкции вытягивателя прутка

2.1.1 Обоснование конструкции

Проектируемый вытягиватель прутка предназначен для подачи прутка в зону резания на станке с ЧПУ. При этом конструкция барпуллера должна отличаться от тех, которые уже применяются на производстве. Его принцип действия не должен быть основан на зажиме заготовки с помощью упругих сил сжатия или с использованием давления СОЖ, подаваемой насосом станка к режущему инструменту.

В основу механизма зажима заготовки барпуллером должен войти механизм зажима заготовки токарным патроном. Для уменьшения габаритов барпуллера целесообразно использовать зажимной механизм с двумя кулачками. Он обладает достаточной силой закрепления и прост в конструкции. Данный механизм включает в себя клиновую гайку, два мастер-кулачка и два кулачка. Соединение между мастер-кулачком и кулачком, по аналогии с токарным патроном, осуществляется с помощью Т-вкладыша и пары винтов. В клиновой гайке имеются два паза для перемещения мастер-кулачков.

Для перемещения клиновой гайки в такой конструкции необходимо использовать передачу винт-гайка. Так как гайка не должна вращаться, необходимо обеспечить вращение вала. Это можно сделать путем создания механизма, аналогичного приводному инструменту, устанавливаемому в револьверную головку станка. В таком случае хвостовую часть данной конструкции, включая полумуфту, передающую вращающий момент с револьверной головки станка на вал барпуллера, необходимо выполнять по стандартам для хвостовиков и полумуфт на станок Okuma.

Кроме этого, нужно обеспечить передачу вращающего момента с вала на клиновую гайку. Это можно сделать, нарезав резьбу в гайке и на валу. Однако, возникает необходимость создания в конструкции механизма, регулирующего вращающий момент от вала барпуллера к зажимному механизму. В качестве такого механизма может выступить предохранительная шариковая муфта или ее элементы: шарики и пружины. На одной из частей муфты можно нарезать резьбу, по которой и будет перемещаться клиновая гайка.

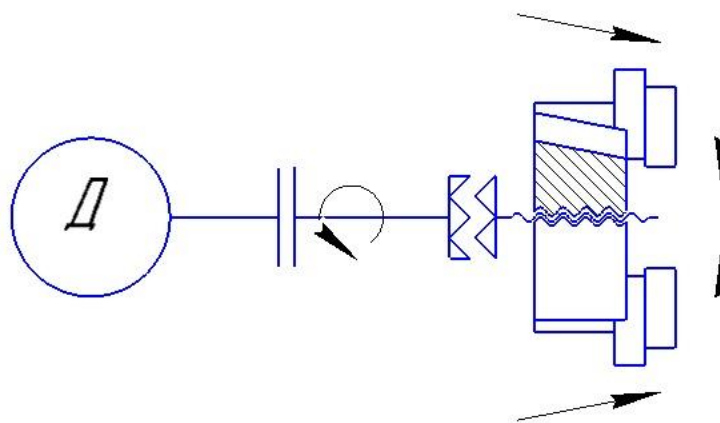


Рисунок 21 – Кинематическая схема проектируемого барпуллера.

Благодаря рекомендациям, описанным выше, можно описать принцип работы проектируемого барпуллера: вращение через полумуфту передается от револьверной головки станка на вал барпуллера. С вала вращение передается на шариковую предохранительную муфту. Две части муфты контактируют между собой через шарики. На одной из частей муфты нарезана резьба, по которой через передачу винт-гайка начинает перемещаться клиновидная гайка. Мастер-кулачки, установленные в пазах гайки, начинают сходиться или расходиться. Кулачки, расположенные на мастер-кулачках идвигающиеся вместе с ними зажимают или разжимают пруток.

Последовательность работы такого барпуллера должна состоять из следующих этапов:

- Установка барпуллера в револьверную головку станка;
- Подход револьверной головки к прутку;
- Зажим заготовки барпуллером;
- Освобождение заготовки из токарного патрона станка;
- Перемещение прутка на необходимую длину;
- Зажим заготовки токарным патроном станка;
- Разжим заготовки барпуллером;
- Возвращение револьверной головки в исходное положение.

2.1.2 Силовой расчет и расчет предохранительного механизма

2.1.2.1 Силовой расчет

1) Расчет массы заготовки, устанавливаемой в патрон токарного станка.

Максимальные размеры зажимаемого прутка в токарном станке Okuma составляют $L = 800$ мм и $D = 50$ мм.

Исходя из этого, находим максимальный объем заготовки:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4} = \frac{3,14 \cdot 50^2 \cdot 800}{4} = 1570000 \text{ мм}^3 = 0,00157 \text{ м}^3, \quad (2.1)$$

Тогда, при условии, что материал заготовки – сталь 45, находим максимальную массу заготовки:

$$m = \rho \cdot V, \text{ кг}, \quad (2.2)$$

где ρ - удельная плотность стали 45, $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$;

$$m = 7800 \cdot 0,00157 = 12,246 \text{ кг}.$$

2) Расчет силы F , необходимой для перемещения заготовки, установленной в патроне, с помощью вытягивателя прутка.

Начертим заготовку и расставим все силы, действующие на нее (рисунок 22):

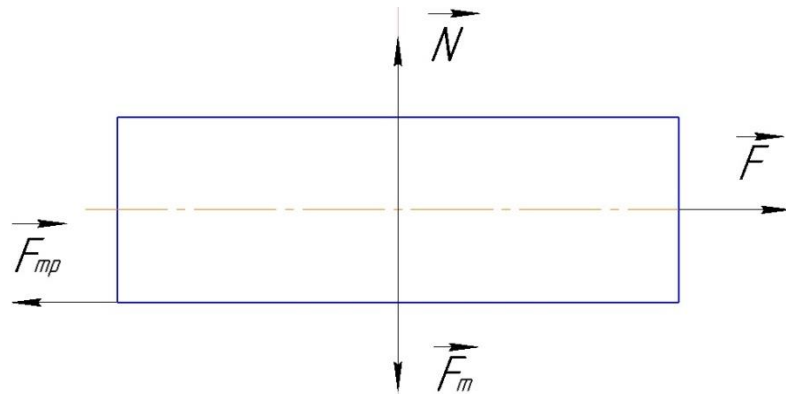


Рисунок 22 – Эскиз заготовки с расставленными на нем силами, действующими на заготовку.

Запишем уравнения проекции сил на оси X и Y:

$$X: F - F_{\text{тр}} = 0 \quad (2.3)$$

$$Y: N - F_T = 0 \quad (2.4)$$

Тогда, из уравнения для оси Y получаем:

$$N = F_T,$$

где N – сила реакции опоры, Н;

F_T – сила тяжести, Н;

$$F_T = m \cdot g, \quad (2.5)$$

Получаем

$$N = m \cdot g,$$

Из уравнения для оси X получаем:

$$F = F_{\text{тр}},$$

где F – искомая сила, необходимая для перемещения заготовки, Н;

$F_{\text{тр}}$ – сила трения, действующая на заготовку, Н;

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N, \quad (2.6)$$

где μ – коэффициент трения стали по стали, $\mu = 0,15$;

Подставляем формулу для N , получаем:

$$F = \mu \cdot m \cdot g = 0,15 \cdot 12,246 \cdot 9,81 = 18,02 \text{ Н.}$$

3) Расчет силы зажима кулачков вытягивателя W , необходимой для перемещения заготовки.

Начертим заготовку и расставим все силы, действующие на нее (рисунок 23):

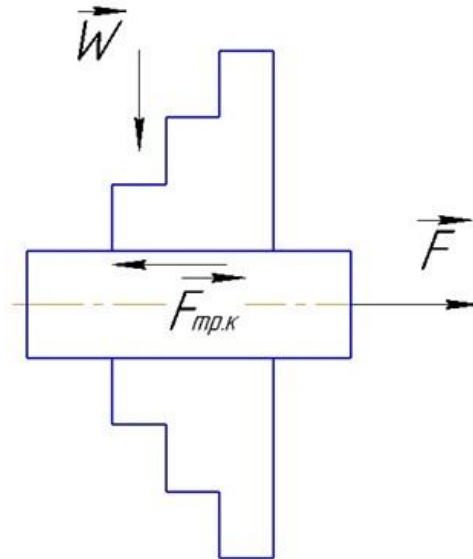


Рисунок 23 – Эскиз заготовки, зажатой в кулачках вытягивателя, с расставленными на нем силами, действующими на заготовку.

W – сила закрепления на одном кулачке, Н;

$F_{\text{тр.к}}$ – сила трения заготовки на одном кулачке, Н;

F – искомая сила, необходимая для перемещения заготовки, Н.

Уравнение равновесия сил в направлении действия силы F :

$$F \leq 2F_{\text{тр.к}}, \quad (2.7)$$

$$F_{\text{тр.к}} = f \cdot W, \quad (2.8)$$

где $f = \mu$ – коэффициент трения между заготовкой и кулачком, $f = 0,15$.

Введем коэффициент запаса $k = 2,5$.

$$W \geq \frac{k \cdot F}{2 \cdot f}, \quad (2.9)$$

$$W \geq \frac{2,5 \cdot 18,02}{2 \cdot 0,15} = 150,17 \text{ Н.}$$

4) Расчет силы Q , необходимой для получения на каждом скосе силы зажима W .

Начертим зажимной механизм и расставим силы, действующие в нем (рисунок 24):

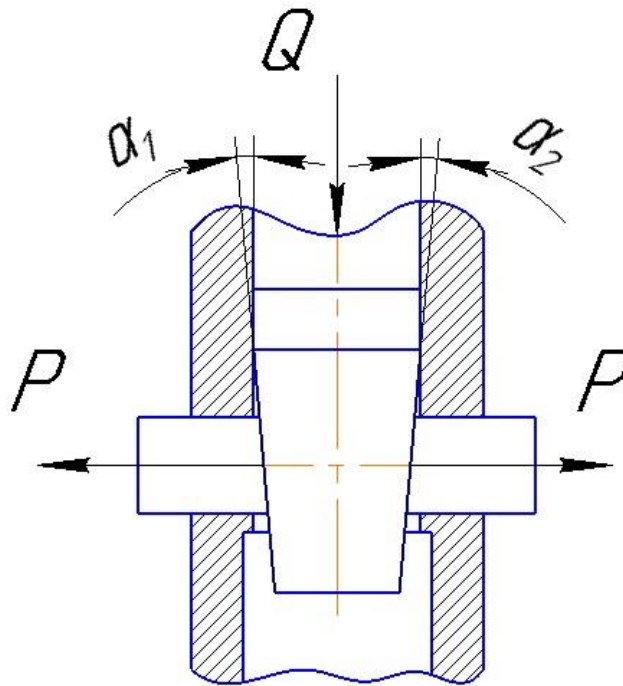


Рисунок 24 – Эскиз зажимного механизма с расставленными силами, действующие в нем.

С учетом силы трения на склонах при $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$,

$$Q = 2P \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (2.10)$$

где $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ – угол клина;

$P = W$ – сила зажима кулачка, Н;

$\varphi = \operatorname{arctg} f$ – угол трения (f – коэффициент трения на склонах клиньев, $f = \mu = 0,15$);

$$Q = 2 \cdot 150,17 \cdot \operatorname{tg}(14 + \operatorname{arctg} 0,15) = 2 \cdot 150,17 \cdot 0,415 = 124,641 \text{ Н.}$$

5) Расчет момента M для получения заданной силы закрепления Q .

Номинальный диаметр винта:

$$d = C \sqrt{Q/\sigma}, \text{ мм}, \quad (2.11)$$

где $C = 1,4$ – коэффициент для основной метрической резьбы;

σ – напряжение растяжения (сжатия), для винтов из стали 45 с учетом износа резьбы $\sigma = 80 \div 100$ МПа, принимаем $\sigma = 80$ МПа.

Тогда

$$d = 1,4 \sqrt{124,641/80} = 1,4 \cdot 1,248 = 1,747 \text{ мм.}$$

Принимаем номинальный диаметр $d = 10$ мм.

Тогда момент M будет равен:

$$M = 0,2dQ = 0,2 \cdot 0,01 \cdot 124,641 = 0,249 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.12)$$

Момент открепления M' будет равен:

$$M' = 0,25dQ = 0,25 \cdot 0,01 \cdot 124,641 = 0,312 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.13)$$

2.1.2.2 Расчет предохранительного механизма

В качестве предохранительного механизма используется конструкция шариковой предохранительной муфты.

По рекомендациям принимаем число шариков $n = 4$. Диаметр шариков выбирают из ряда стандартных значений. Принимаем $d_{\text{ш}} = 3 \text{ мм}$.

Пружину выбираем по таблице размеров стандартных пружин. Принимаем пружину $d_{\text{п}} = 3 \text{ мм}$, $d_{\text{пр}} = 0,45 \text{ мм}$.

Суммарная сила пружин $P_{\text{пр}}$ рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{пр}} = P \cdot [\operatorname{tg}(\beta + \varphi + \chi)], \text{ Н}, \quad (2.14)$$

где P – окружная сила, Н;

β – угол конуса лунки для шарика ($45 \dots 55^\circ$), принимаем $\beta = 45^\circ$;

φ – угол трения шарика и лунок ступицы колеса ($\approx 8,5^\circ$);

χ – угол трения шарика и обоймы, при стальной обойме $\chi = 8,5^\circ$;

Окружную силу вычисляем через момент предохранения:

$$P = 2M_{\text{пр}}/D_0, \quad (2.15)$$

где $M_{\text{пр}} = 0,249 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – момент предохранения;

D_0 – средний диаметр приложения силы к шарикам, мм;

$$D_0 = (D_{\text{в}} + D)/2, \quad (2.16)$$

где $D_{\text{в}}$ – диаметр вала, мм;

D – наружный диаметр муфты, мм;

$$D_0 = (10,5 + 24)/2 = 17,25 \text{ мм}.$$

$$P = 2 \cdot 0,249/0,01725 = 28,87 \text{ Н}.$$

$$P_{\text{пр}} = 28,87 \cdot [\operatorname{tg}(45 + 8,5 + 8,5)] = 54,28 \text{ Н}.$$

Усилие на одной пружине равняется:

$$P_1 = P_{\text{пр}}/n = 54,28/4 = 13,57 \text{ Н}. \quad (2.17)$$

2.2 Разработка технологического процесса изготовления вала

2.2.1 Служебное назначение и технические характеристики сборочной единицы и входящей в нее детали

Механический вытягиватель прутка или барпуллер (Bar puller) предназначен для частичной автоматизации процесса подачи прутка в зону резания станка. Для дипломного проекта был выбран вал, входящий в состав

сборки вытягивателя. Основное назначение – передача вращающего момента от револьверной головки станка через полумуфту на муфту. Муфта, имеющая предохранительный механизм в виде шариков и пружин, передает вращение на резьбовую втулку, по которой перемещается клиновая гайка и регулирует положение кулачков вытягивателя.

Вал изготавливается из стали 20 ГОСТ 1050-88. Химический состав данной стали приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Химический состав стали 20 ГОСТ 1050-88

Химический состав, %									
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe
0,17–0,24	0,17–0,37	0,35–0,65	До 0,25	До 0,04	До 0,04	До 0,25	До 0,25	До 0,08	~ 98

2.2.2 Производственная программа выпуска изделия и детали. Определения типа производства

Единичный технологический процесс механической обработки проектируется на основе поддетальной годовой производственной программы, которая оформляется по форме таблицы 2.2, где на запасные части берется 5-10%.

В соответствии с заданием, количество обрабатываемых в год деталей – 500 штук. Данное количество обрабатываемых деталей соответствует мелкосерийному типу производства (100-500).

Таблица 2.2 – Поддетальная годовая производственная программа

Наименование детали	Марка материала	Число деталей на изделие	Процент на запчасти	Число деталей, шт			Масса, т.	
				На программу	На запчасти	Всего	Детали	Всего

Продолжение таблицы 2.2

Вал	Сталь 20 ГОСТ 1050-88	1	5	500	25	525	0,00019	0,09975
-----	-----------------------------	---	---	-----	----	-----	---------	---------

Для мелкосерийного типа производства определяется размер партии запуска изделий n :

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (2.18)$$

где n – размер партии запуска, шт;

N – годовая программа, шт;

a – период запуска в днях, по рекомендациям [12] принимаем $a = 3$;

F – число рабочих дней в году, для 2019-го года $F = 247$.

$$n = \frac{525 \cdot 3}{247} \approx 6 \text{ шт.}$$

2.2.3 Анализ технологичности объекта производства

Технологичность – важнейшая техническая основа, обеспечивающая использование конструкторских и технологических резервов для выполнения задач по повышению технико-экономических показателей изготовления и качества 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.

Материал детали позволяет применять высокопроизводительные методы обработки.

Целесообразная постановка продольных размеров облегчает наладку станка и сокращает трудоемкость обработки. Введение постоянных технологических баз позволяет повысить точность и сократить трудоемкость обработки ступенчатых соосных поверхностей.

Точность размеров, формы и относительного расположения поверхностей, а также их шероховатость соответствуют требованиям, предъявленным к детали. Эта точность достигается небольшим количеством последовательных операций с применением в основном стандартного инструмента и универсального оборудования.

В целом, деталь можно считать технологичной.

2.2.4 Выбор заготовки и метода ее изготовления

В качестве заготовки принимаем прокат сортовой стальной горячекатаный круглый ГОСТ 2590-2006. Этот вид получения заготовки является оптимальным для данной детали.

Диаметр проката: $d_0 = 25^{+0,4}_{-0,5}$ мм (по ГОСТ 2590-2006).

Длина штучной заготовки: $L_0 = 110 \pm 0,4$ мм.

Масса заготовки из проката: $m = \rho \cdot V$, кг, (2.19)

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L_0}{4} = \frac{3,14 \cdot 25^2 \cdot 110}{4} = 53968,75 \text{ мм}^3 \approx 54 \text{ см}^3. \quad (2.20)$$

$$m = 7,859 \cdot 54 = 424,386 \text{ г} \approx 0,42 \text{ кг}.$$

Коэффициент использования материала $K_{\text{им}} = m_{\text{д}}/m_0 = 0,19/0,42 \approx$
0.45. (2.21)

где $m_{\text{д}}$ – масса детали, кг;

m_0 – масса заготовки, кг.

$K_{\text{им}} < 0,7$, по этому показателю деталь нетехнологична.

Технологическую себестоимость заготовки определяем по формуле:

$$S_{\text{T}} = \frac{m_{\text{д}}}{K_{\text{им}}} [C_{\text{заг}} + C_{\text{с}}(1 - K_{\text{им}})], \quad (2.22)$$

где $C_{\text{заг}} = 32,5$ руб./кг – стоимость 1 кг проката сортового из стали;

$C_{\text{с}} = 99$ руб. – стоимость срезания 1 кг стружки при механической обработке в среднем по машиностроению по состоянию на 01.01.2015 г.

$$S_{\text{T}} = \frac{0,19}{0,45} [32,5 + 99(1 - 0,45)] = 36,7 \text{ руб}. \quad (2.23)$$

2.2.5 Составление технологического маршрута обработки

Таблица 2.3 – Технологический маршрут обработки детали

№ операции	Наименование и содержание операции	Оборудование
005	Токарная с ЧПУ 1. Подрезать торец в размер $68 \pm 0,37$. 2. Центровать заготовку с получением размеров $\emptyset 2, \emptyset 3,67^*, 2,5, 1$. 3. Сверлить заготовку с получением размеров $\emptyset 2,5, 11$. 4. Нарезать резьбу М3 на глубину 9. 5. Точить заготовку по программе в размеры $\emptyset 14,5 \pm 0,22, \emptyset 24 \pm 0,26, 59^{+0,074}, 63 \pm 0,37, 0,4 \times 45^\circ$. 6. Точить заготовку по программе в размеры $\emptyset 14,3 \pm 0,035, 32 \pm 0,31$.	Станок токарный с ЧПУ DMG CTX 310 Ecoline
010	Токарная с ЧПУ 1. Подрезать торец в размер $47 \pm 0,31$. 2. Центровать заготовку с получением размеров $\emptyset 2, \emptyset 2,72^*, 2,5, 0,63$. 3. Сверлить 2 отверстия с получением размеров $\emptyset 1,6, 8$. 4. Нарезать резьбу М2 в двух отверстиях на глубину 6. 5. Точить заготовку по программе в размеры $\emptyset 10,5 \pm 0,22, \emptyset 17,5 \pm 0,22, 8^{+0,036}, 2_{-0,3}^{-0,172}, 0,4 \times 45^\circ$. 6. Точить заготовку по программе в размеры $\emptyset 17,3 \pm 0,035, R0,5$. 7. Установить заготовку в позицию 2. Сверлить заготовку с получением размеров $\emptyset 3,1,5$, выдерживая размер $7 \pm 0,18$. 8. Установить заготовку в позицию 3. Сверлить заготовку с получением размеров $\emptyset 3,1,5$, выдерживая размер $7 \pm 0,18$.	Станок токарный с ЧПУ DMG CTX 310 Ecoline

Продолжение таблицы 2.3

015	Круглошлифовальная Установ А 1. Шлифовать поверхности в размер $\varnothing 14^{+0,029}_{+0,018}$, $22,45 \pm 0,26$, $\varnothing 14^{-0,016}_{-0,034}$, $9,55 \pm 0,18$. Установ Б 2. Шлифовать поверхности в размер $\varnothing 17^{+0,012}_{+0,001}$, $8^{+0,036}$, $\varnothing 10^{-0,013}_{-0,035}$, $24 \pm 0,26$.	Круглошлифовальный станок модели 3М150
020	Шлицефрезерная 1. Фрезеровать шлицы.	Горизонтальный шлицефрезерный полуавтомат модели 5350А
025	Слесарная 1. Удалить заусенцы, притупить острые кромки.	Верстак
030	Контрольная 1. Проверить деталь согласно чертежу.	

2.2.6 Выбор технологических баз

Выбор баз в значительной степени определяет точность линейных размеров поверхностей, полученных в процессе обработки, выбор режущего и мерительного инструмента станочных приспособлений и режимов резания.

Операция 005 Токарная с ЧПУ

Заготовка устанавливается и зажимается в трехкулачковом патроне станка. Заготовка лишена пяти степеней свободы. Погрешность базирования равна нулю, т.к. технологическая и измерительная базы совпадают.

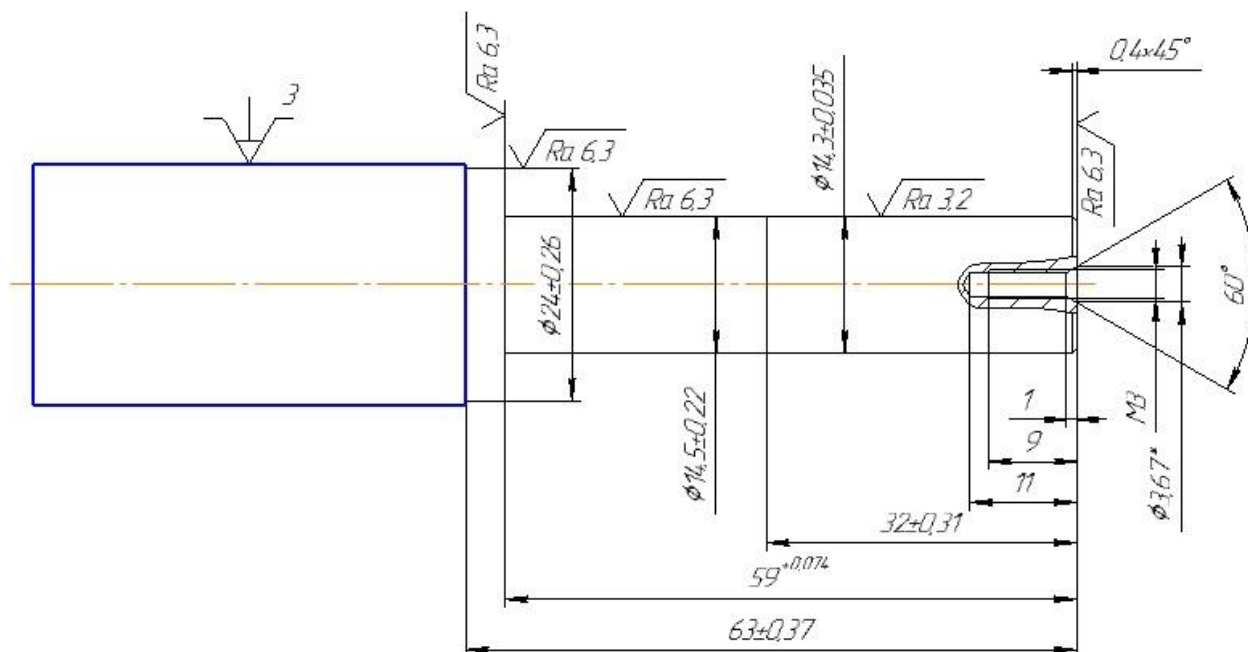


Рисунок 25 – Схема базирования для операции 005.

Операция 010 Токарная с ЧПУ

Заготовка устанавливается и зажимается в трехкулачковом патроне станка с упором в торец. Заготовка лишена пяти степеней свободы. Погрешность базирования равна нулю, т.к. технологическая и измерительная базы совпадают.

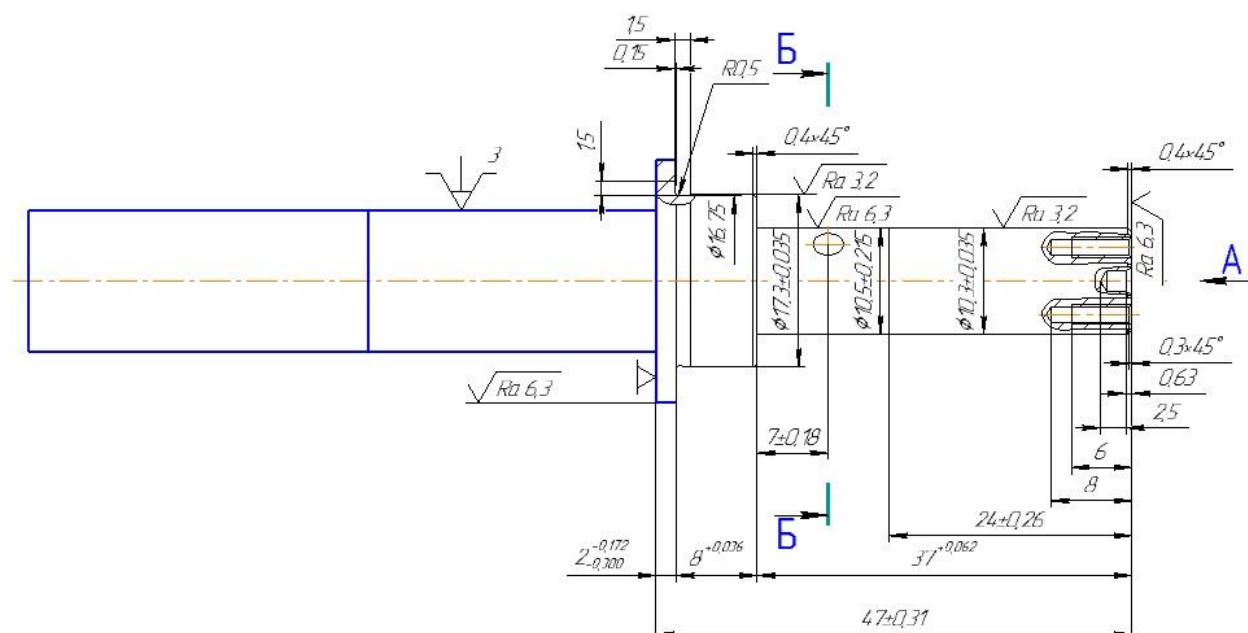


Рисунок 26 – Схема базирования для операции 010.

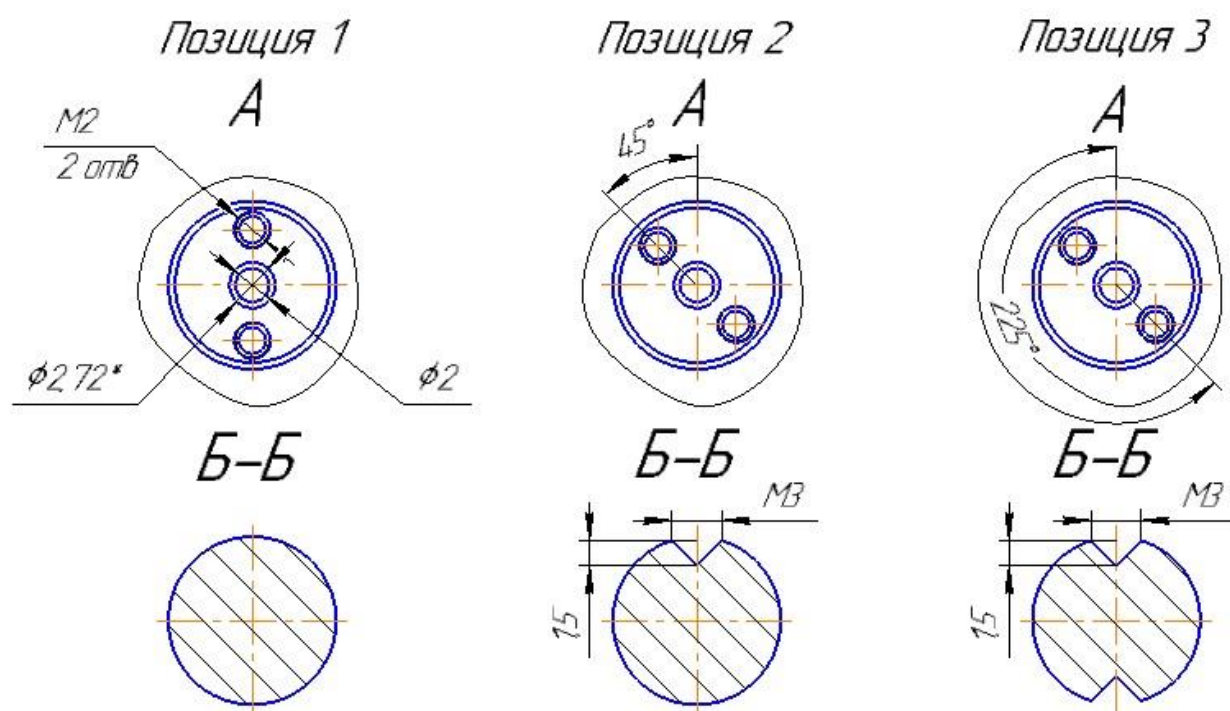


Рисунок 26 – Продолжение.

Операция 015 Круглошлифовальная

Заготовка устанавливается в центрах: неподвижном и вращающемся. Заготовка лишается пяти степеней свободы. Погрешность базирования равна нулю.

Установ А

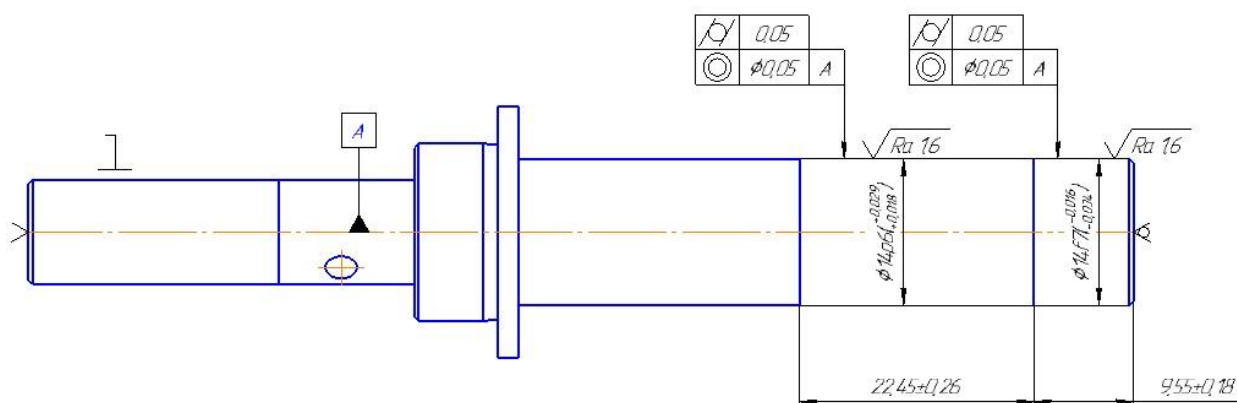


Рисунок 27 – Схема базирования для операции 015.

Установ Б

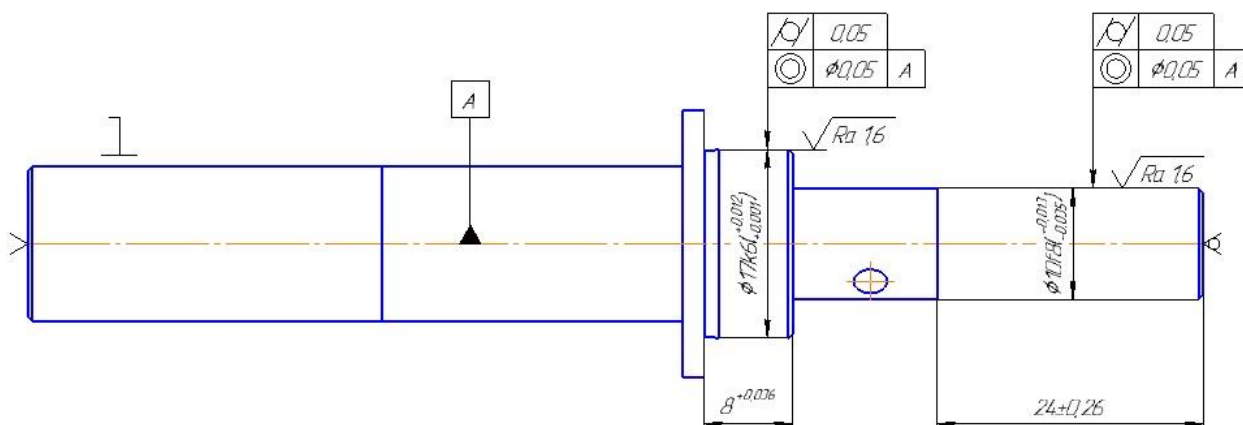


Рисунок 27 – Продолжение.

Операция 020 Шлицефрезерная

Заготовка устанавливается в центрах: неподвижном и вращающемся. Заготовка лишается пяти степеней свободы. Погрешность базирования равна нулю.

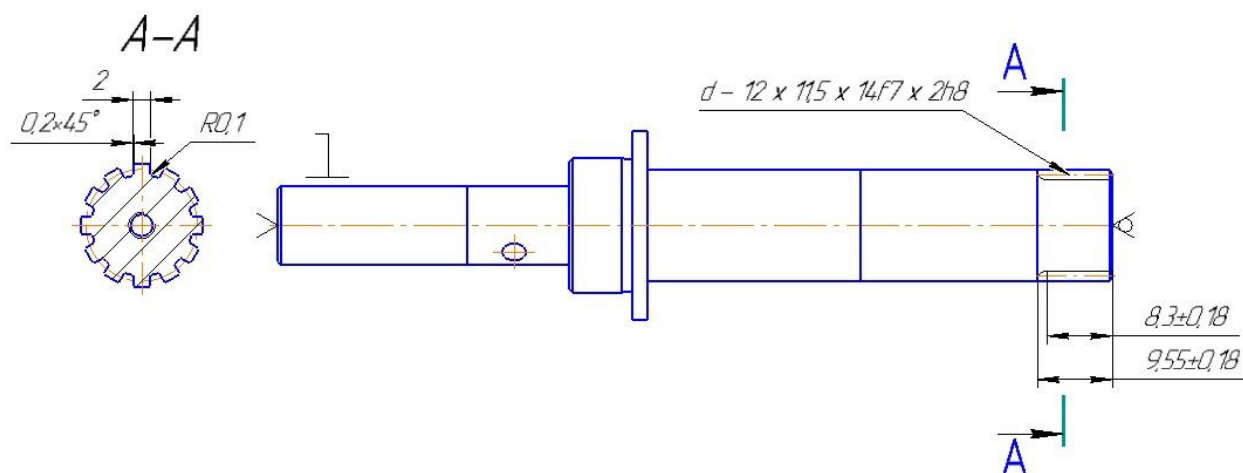


Рисунок 28 – Схема базирования для операции 020.

2.2.7 Выбор средств технологического оснащения

2.2.7.1 Оборудование

Станок токарный с ЧПУ DMG CTX 310 Ecoline

Характеристики:

- Максимальный диаметр заготовки – 330 мм;
- Максимальный диаметр точения – 200 мм;
- Максимальная длина заготовки при обработке в центрах (обрабатываемая) – 455 мм;
- Максимальный диаметр зажимного патрона – 210 мм;
- Максимальная частота вращения шпинделя – 5000 об/мин;

- Мощность – 11 кВт;
- Крутящий момент – 112 Н·м;
- Диаметр шпинделя в переднем подшипнике – 100 мм;
- Максимальный внутренний диаметр зажимной втулки – 65 мм;
- Количество приводных инструментов – 12;
- Максимальная частота вращения приводного инструмента – 4500 об/мин;
- Мощность – 8 кВт;
- Крутящий момент – 20 Н·м;
- Вес станка – 3800 кг.

Круглошлифовальный станок модели 3М150

Характеристики:

- Наибольший диаметр устанавливаемой заготовки – 100 мм;
- Наибольшая длина устанавливаемой заготовки – 360 мм;
- Рекомендуемый (или наибольший диаметр наружного шлифования – 10–45 мм;
- Наибольшая длина наружного шлифования – 340 мм;
- Высота центров над столом – 75 мм;
- Наибольшее продольное перемещение стола – 400 мм;
- Угол поворота стола по часовой стрелке – 6°;
- Угол поворота стола против часовой стрелки – 7°;
- Скорость автоматического перемещения стола (бесступенчатое регулирование) – 0,02–4 м/мин;
- Частота вращения шпинделя заготовки с бесступенчатым регулированием – 100–1000 об/мин;
- Конус Морзе шпинделя передней бабки и пиноли задней бабки – 3;
- Наибольший наружный диаметр шлифовального круга – 400 мм;
- Наибольшая высота шлифовального круга – 40 мм;
- Наибольшее перемещение шлифовальной бабки – 80 мм;
- Перемещение шлифовальной бабки на одно деление лимба – 0,002 мм;
- Перемещение шлифовальной бабки за один оборот толчковой рукоятки – 0,0005 мм;
- Частота вращения шпинделя шлифовального круга при наружном шлифовании – 2350; 1670 об/мин;
- Скорость врезной подачи шлифовальной бабки – 0,05–5 мм/мин;
- Дискретность программируемого перемещения шлифовальной бабки – 0,001;
- Мощность электродвигателя привода главного движения – 4 кВт;
- Длина станка – 2500 мм;
- Ширина станка – 2220 мм;
- Высота станка – 1920 мм;
- Масса станка – 2600 кг.

Горизонтальный шлицефрезерный полуавтомат модели 5350А

Характеристики:

- Наибольший модуль фрезерования – 6 мм;
- Высота центров станка – 250 мм;
- Наибольший диаметр фрезерования – 250 мм;
- Наибольший диаметр изделия, устанавливаемого над станиной – 500 мм;
- Наименьшее расстояние между осями изделия и фрезы – 40–140 мм;
- Расстояние между центрами – 750; 1000; 1500; 2000 мм;
- Наибольшая длина фрезерования – 675; 925; 1425; 1925 мм;
- Количество нарезаемых шлицев (зубьев) – 4–36;
- Наибольший диаметр фрезы – 140 мм;
- Количество скоростей фрезерного шпинделя – 6;
- Пределы чисел оборотов фрезерного шпинделя – 80–250;
- Количество подач – 12;
- Пределы подач – 0,63–5 об/мин;
- Диаметр отверстия шпинделя изделия – 106 мм;
- Конус Морзе под центр в шпинделя изделия – 4;
- Конус Морзе под центр в пиноли задней бабки – 5;
- Диаметр фрезерной оправки – 27; 32; 40 мм;
- Скорость ускоренного хода каретки – 1,92 м/мин;
- Наибольшее перемещение фрезерного суппорта от руки – 100 мм;
- Наибольшее перемещение фрезерного суппорта от гидравлики – 30 мм;
- Перемещение фрезерного суппорта на одно деление лимба – 0,01 мм;
- Количество электродвигателей, установленных на станке – 4;
- Электродвигатель главного привода – 6,5 кВт;
- Электродвигатель быстрых перемещений – 3 кВт;
- Электродвигатель привода гидронасоса – 1,5 кВт;
- Электродвигатель насоса охлаждения – 0,15 кВт;
- Суммарная мощность электродвигателей – 11,15 кВт;
- Длина станка – 2595 мм;
- Ширина станка – 1550 мм;
- Высота станка – 1650 мм;
- Масса станка – 3800 кг.

2.2.7.2 Инструмент и оснастка

Таблица 2.4 – Инструмент и оснастка

№ операции	Инструмент и оснастка	Количество
005	1. Резец DCLNL 2020K-12 с пластиной CNMM 120408-R3P. 2. Резцедержатель VDI30 B2B3AK-302040-JHPMC. 3. Центровочная головка MM ECS-A2.00X06-2T04. 4. Хвостовик с соединением под цанговый патрон MM S-A-H004-ER25-T04. 5. Цанговый патрон с хвостовиком VDI DIN69880 GYRO DIN69880 30 ER25. 6. Твердосплавное сверло SCD 025-010-030 AP4. 7. Пружинная цанга ER25 SPR 2-3 AA. 8. Метчик TPS M-3×0,5-M. 9. Цанговый патрон GTIN ER32 DIN 3.50X2.70. 10. Резец SVXCL 2020K-16 с пластиной VCMТ 160404-F3P.	1 2 1 1 3 1 1 1 1 1
010	1. Резец DCLNL 2020K-12 с пластиной CNMM 120408-R3P. 2. Резцедержатель VDI30 B2B3AK-302040-JHPMC. 3. Центровочная головка MM ECS-A2.00X06-2T04. 4. Хвостовик с соединением под цанговый патрон MM S-A-H004-ER25-T04. 5. Цанговый патрон с хвостовиком VDI DIN69880 GYRO DIN69880 30 ER25. 6. Твердосплавное сверло SCD 016-006-030 AP4. 7. Пружинная цанга ER25 SPR 2-3 AA. 8. Метчик TPS M-2×0,4-M. 9. Цанговый патрон GTIN ER32 DIN 2.80X2.10. 10. Резец SVXCL 2020K-16 с пластиной VCMТ 160404-F3P. 11. Сверло из быстрорежущей стали D2306030.	1 2 1 1 4 1 2 1 1 1 1
015	1. Круг ПП 250×32×76 25А.	1
020	1. Фреза червячная 12×11×14 ГОСТ 8027-86.	1

2.2.8 Расчет припусков на обработку

Расчёт припусков производится по аналитическому методу [19]. Данный метод основан на определении минимального припуска, который определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \text{Для односторонней обработки} - z_{min} &= Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \\ \text{Для двухсторонней обработки} - 2 \cdot Z_{min} &= 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \end{aligned} \quad (2.24)$$

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

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

ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

Для удобства расчета данным методом предусмотрено заполнение специальной таблицы.

Последовательность заполнения таблицы:

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

Рассчитываем припуски на обработку поверхности $\emptyset 14p6(^{+0,029}_{+0,018})$.

- 1) Записываем в первой колонке все переходы: прокат, точение черновое, точение чистовое, шлифование
- 2) Определяем Δ_{Σ}, Rz, h

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma_k}^2 + \Delta_{\Sigma_c}^2}, \text{ мкм}, \quad (2.25)$$

где Δ_{Σ_k} – общее отклонение оси от прямолинейности, мкм;

$$\Delta_{\Sigma_k} = \Delta_k \cdot l, \quad (2.26)$$

где Δ_k – кривизна профиля, $\Delta_k = 0,5$ мкм;

l – длина участка детали, который имеет максимальное отклонение от прямолинейности, мм.

Для установки детали в центрах: $l = L/2$, L – длина детали, мм.

$$l = 106/2 = 53 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{\Sigma_k} = 0,5 \cdot 53 = 26,5 \text{ мкм.}$$

Δ_{Σ_c} – смещение оси заготовки в результате погрешности центрирования;

$$\Delta_{\Sigma_c} = 0,25 \cdot T, \text{ мкм}, \quad (2.27)$$

где T – допуск на диаметральный размер базы заготовки, использованной при центровании, $T = 900$ мкм.

$$\Delta_{\Sigma_c} = 0,25 \cdot 900 = 225 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{26,5^2 + 225^2} = 226,6 \text{ мкм.}$$

Величину Δ_{Σ} на следующие переходы определяем с учетом коэффициента уточнения K_y :

$$K_y = 0,06 \text{ – для чернового точения;}$$

$$K_y = 0,05 \text{ – для чистового точения;}$$

$$K_y = 0,02 \text{ – для шлифования;}$$

$$\Delta_{\Sigma} = 0,06 \cdot 226,6 = 13,59 \text{ мкм – для чернового точения;}$$

$$\Delta_{\Sigma} = 0,05 \cdot 226,6 = 11,33 \text{ мкм – для чистового точения;}$$

$$\Delta_{\Sigma} = 0,02 \cdot 226,6 = 4,532 \text{ мкм – для шлифования.}$$

$$\varepsilon = 0 \text{ – при обработке детали в центрах.}$$

Величины Rz и h для проката обычной точности находим по таблице. Для последующей механической обработки Rz и h определяем также по таблице:

$$Rz = 125 \text{ мкм}, h = 150 \text{ мкм – для проката;}$$

$$Rz = 63 \text{ мкм}, h = 60 \text{ мкм – для чернового точения;}$$

$$Rz = 32 \text{ мкм}, h = 30 \text{ мкм – для чистового точения;}$$

$$Rz = 6,3 \text{ мкм}, h = 12 \text{ мкм – для шлифования.}$$

3) Находим Z_{min}

$2 \cdot Z_{min} = 2 \cdot (125 + 150 + 226,6) = 2 \cdot 501,6$ мкм – для чернового точения;

$2 \cdot Z_{min} = 2 \cdot (63 + 60 + 13,6) = 2 \cdot 136,6$ мкм – для чистового точения;

$2 \cdot Z_{min} = 2 \cdot (32 + 30 + 11,3) = 2 \cdot 73,3$ мкм – для шлифования.

За расчетный размер принимаем минимальный предельный размер обрабатываемой поверхности: $14 + 0,018 = 14,018$ мм.

4) Определяем наименьший предельный размер для каждого перехода

$d_{min} = 14,018$ мм – минимальный предельный размер для шлифования;

$d_{min} = 14,018 + 2 \cdot 0,073 = 14,164$ мм – минимальный предельный размер для чистового точения;

$d_{min} = 14,164 + 2 \cdot 0,137 = 14,438$ мм – минимальный предельный размер для чернового точения;

$d_{min} = 14,438 + 2 \cdot 0,502 = 15,442$ мм – минимальный предельный размер для заготовки.

5) Округляем принятые размеры до знака допуска

$d_{min} = 14,018$ мм – округленный размер для шлифования по 6-ому качеству (допуск $T = 11$ мкм);

$d_{min} = 14,16$ мм – округленный размер для чистового точения по 10-ому качеству (допуск $T = 70$ мкм);

$d_{min} = 14,4$ мм – округленный размер для чернового точения по 14-ому качеству (допуск $T = 370$ мкм);

$d_{min} = 15,4$ мм – округленный размер заготовки (допуск $T = 900$ мкм).

6) Определяем максимальные предельные размеры

$d_{max} = 14,018 + 0,011 = 14,029$ мм – максимальный предельный размер для шлифования;

$d_{max} = 14,16 + 0,07 = 14,23$ мм – максимальный предельный размер для чистового точения;

$d_{max} = 14,4 + 0,37 = 14,77$ мм – максимальный предельный размер для чернового точения;

$d_{max} = 15,4 + 0,9 = 16,3$ мм – максимальный предельный размер заготовки.

7) Определяем $2 \cdot Z_{min}$ и $2 \cdot Z_{max}$

$2 \cdot Z_{min} = 14,16 - 14,018 = 142$ мкм – для шлифования;

$2 \cdot Z_{min} = 14,4 - 14,16 = 240$ мкм – для чистового точения;

$$2 \cdot Z_{min} = 15,4 - 14,4 = 1000 \text{ мкм} - \text{для черногого точения};$$

$$2 \cdot Z_{max} = 14,23 - 14,029 = 201 \text{ мкм} - \text{для шлифования};$$

$$2 \cdot Z_{max} = 14,77 - 14,23 = 540 \text{ мкм} - \text{для чистового точения};$$

$$2 \cdot Z_{max} = 16,3 - 14,77 = 1530 \text{ мкм} - \text{для черногого точения}.$$

8) Определяем общий минимальный и максимальный припуски

$$2 \cdot Z_{min \text{ общ}} = 142 + 240 + 1000 = 1382 \text{ мкм};$$

$$2 \cdot Z_{max \text{ общ}} = 201 + 540 + 1530 = 2271 \text{ мкм}.$$

Проверка правильности расчета

$$2271 - 1382 = 900 - 11 = 889 \text{ мкм}.$$

Условие выполняется.

Таблица 2.5 – Карта расчета припусков на обработку и предельных размеров по технологическим переходам

Точение черновое	Прокат	Диаметр Ø14p6(^{+0,029} _{+0,018})															
		Элементарная поверхность детали и технологический маршрут ее обработки				Расчетный припуск 2 · Z _{min} , мкм				Расчетный минимальный размер, мм		Допуск на изготовление Td, мкм		Принятые размеры по переходам, мм		Полученные предельные припуски, мкм	
		Rz	h	Δ	ε					d _{max}	d _{min}	2·Z _{max}	2·Z _{min}				
		63	125	150	226,6	—	—	15,442	900	16,3	15,4	—	—				
		60	150	226,6	—	—	15,442	900	16,3	15,4	—	—					
13,6	150	226,6	—	—	15,442	900	16,3	15,4	—	—	—						
0	—	—	—	—	—	15,442	900	16,3	15,4	—	—	—					
2·506,1	—	—	—	—	—	15,442	900	16,3	15,4	—	—	—					
14,438	15,442	15,442	15,442	15,442	15,442	15,442	15,442	15,442	15,442	15,442	15,442	15,442					
370	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900					
14,77	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3					
14,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4					
1530	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
1000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					

Продолжение таблицы 2.5

Точение чистовое	32	30	11,3	0	2·136,6	14,164	70	14,23	14,16	540	240
Шлифование	6,3	12	4,5	0	2·73,3	14,018	11	14,029	14,018	201	142
Проверка расчета: $Td_{\text{заг}} - Td_{\text{дет}} = 900 - 11 = 889 = 2 \cdot Z_{o \max} - 2 \cdot Z_{o \min} = 2271 - 1382$											

2.2.9 Расчет режимов резания

005 Токарная с ЧПУ

Переход №1. Подрезать торец в размер $68 \pm 0,37$.

Параметры режимов резания выбираем из рекомендаций изготовителя, размещенных в каталоге инструмента. Таким образом, имеем следующие значения:

Глубина резания $t = 0,5 \dots 7,5$ мм, принимаем $t = 0,5$ мм.

Подача $s = 0,1 \dots 0,55$ мм/об, принимаем $s = 0,1$ мм/об.

Скорость резания $v = 150 \dots 250$ м/мин, принимаем 160 м/мин.

$$\text{Частота вращения } n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi} = \frac{160 \cdot 1000}{25 \cdot 3,14} = 2037 \text{ об/мин.} \quad (2.28)$$

С помощью калькулятора для расчетов режимов резания, получаем значения мощности N и времени обработки T_0 :

$$N = 0,35 \text{ кВт.}$$

$$T_0 = 3,68 \text{ с} \approx 0,06 \text{ мин.}$$

Переход №2. Центровать заготовку с получением размеров $\emptyset 2, \emptyset 3,67^*, 2,5, 1$.

$$\text{Глубина резания } t = \frac{1}{2} D_{\text{св.}} = \frac{1}{2} \cdot 2 = 1 \text{ мм.} \quad (2.29)$$

Подача $s = 0,01 \dots 0,035$ мм/об, принимаем $s = 0,02$ мм/об.

Скорость резания $v = 20 \dots 40$ м/мин, принимаем 25 м/мин.

$$\text{Частота вращения } n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi} = \frac{25 \cdot 1000}{2 \cdot 3,14} = 3978 \text{ об/мин.}$$

$$\text{Мощность } N = 0,02 \text{ кВт.}$$

Время обработки $T_0 = 2,64 \text{ с} \approx 0,05 \text{ мин.}$

Переход №3. Сверлить заготовку с получением размеров $\varnothing 2,5, 11$.

Глубина резания $t = \frac{1}{2} D_{\text{св.}} = \frac{1}{2} \cdot 2,5 = 1,25 \text{ мм.}$

Подача $s = 0,04 \dots 0,06 \text{ мм/об,}$ принимаем $s = 0,05 \text{ мм/об.}$

Скорость резания $v = 30 \dots 50 \text{ м/мин,}$ принимаем 30 м/мин.

Частота вращения $n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi} = \frac{30 \cdot 1000}{2,5 \cdot 3,14} = 3819 \text{ об/мин.}$

Мощность $N = 0,05 \text{ кВт.}$

Время обработки $T_0 = 3,46 \text{ с} \approx 0,06 \text{ мин.}$

Переход №4. Нарезать резьбу М3 на глубину 9.

Глубина резания $t = 0,25 \text{ мм.}$

Подача $s = 0,5 \text{ мм/об.}$

Скорость резания $v = 3 \dots 15 \text{ м/мин,}$ принимаем 7 м/мин.

Частота вращения $n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi} = \frac{7 \cdot 1000}{3 \cdot 3,14} = 742 \text{ об/мин.}$

Мощность $N = 0,08 \text{ кВт.}$

Время обработки $T_0 = 3 \text{ с} \approx 0,05 \text{ мин.}$

Переход №5. Точить заготовку по программе в размеры $\varnothing 14,5 \pm 0,22, \varnothing 24 \pm 0,26, 59^{+0,074}, 63 \pm 0,37, 0,4 \times 45^\circ$.

Глубина резания $t = 0,5 \dots 7,5 \text{ мм,}$ принимаем $t = 0,7 \text{ мм.}$

Подача $s = 0,1 \dots 0,55 \text{ мм/об,}$ принимаем $s = 0,2 \text{ мм/об.}$

Скорость резания $v = 150 \dots 250 \text{ м/мин,}$ принимаем 220 м/мин.

Частота вращения $n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi} = \frac{220 \cdot 1000}{25 \cdot 3,14} = 2800 \text{ об/мин.}$

Мощность $N = 1,17 \text{ кВт.}$

Время обработки $T_0 = 7,29 \text{ с} \approx 0,12 \text{ мин.}$

Переход №6. Точить заготовку по программе в размеры $\varnothing 14,3 \pm 0,035, 32 \pm 0,31$.

Глубина резания $t = 0,1 \dots 1,8 \text{ мм,}$ принимаем $t = 0,2 \text{ мм.}$

Подача $s = 0,05 \dots 0,2 \text{ мм/об,}$ принимаем $s = 0,1 \text{ мм/об.}$

Скорость резания $v = 250 \dots 380 \text{ м/мин,}$ принимаем 300 м/мин.

Частота вращения $n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi} = \frac{300 \cdot 1000}{25 \cdot 3,14} = 3819 \text{ об/мин.}$

Мощность $N = 0,28 \text{ кВт.}$

Время обработки $T_0 = 5,03 \text{ с} \approx 0,08 \text{ мин.}$

Таблица 2.6 – Режимы резания и основное время для операции 005

Содержание перехода	t , мм	S , мм/об	V , м/мин	n , об/мин	P , кВт	T_o , мин
Подрезать торец в размер $68 \pm 0,37$	0,5	0,1	160	2037	0,35	0,06
Центровать заготовку с получением размеров $\emptyset 2, \emptyset 3,67^*, 2,5, 1$	1	0,02	25	3978	0,02	0,05
Сверлить заготовку с получением размеров $\emptyset 2,5, 11$	1,25	0,05	30	3819	0,05	0,06
Нарезать резьбу М3 на глубину 9	0,25	0,5	7	742	0,08	0,05
Точить заготовку по программе в размеры $\emptyset 14,5 \pm 0,22, \emptyset 24 \pm 0,26, 59^{+0,074}, 63 \pm 0,37, 0,4 \times 45^\circ$	0,7	0,2	220	2800	1,17	0,12
Точить заготовку по программе в размеры $\emptyset 14,3 \pm 0,035, 32 \pm 0,31$	0,2	0,1	300	3819	0,28	0,08

010 Токарная с ЧПУ

Переход №1. Подрезать торец в размер $47 \pm 0,31$.

Глубина резания $t = 0,5 \dots 7,5$ мм, принимаем $t = 0,5$ мм.

Подача $s = 0,1 \dots 0,55$ мм/об, принимаем $s = 0,1$ мм/об.

Скорость резания $v = 150 \dots 250$ м/мин, принимаем 160 м/мин.

Частота вращения $n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi} = \frac{160 \cdot 1000}{25 \cdot 3,14} = 2037$ об/мин.

Мощность $N = 0,35$ кВт.

Время обработки $T_o = 3,68$ с $\approx 0,06$ мин.

Переход №2. Центровать заготовку с получением размеров $\emptyset 2, \emptyset 2,72^*, 2,5, 0,63$.

Глубина резания $t = \frac{1}{2} D_{\text{св.}} = \frac{1}{2} \cdot 2 = 1$ мм.

Подача $s = 0,01 \dots 0,035$ мм/об, принимаем $s = 0,02$ мм/об.

Скорость резания $v = 20 \dots 40$ м/мин, принимаем 25 м/мин.

$$\text{Частота вращения } n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi} = \frac{25 \cdot 1000}{2 \cdot 3,14} = 3978 \text{ об/мин.}$$

$$\text{Мощность } N = 0,02 \text{ кВт.}$$

$$\text{Время обработки } T_0 = 2,64 \text{ с} \approx 0,05 \text{ мин.}$$

Переход №3. Сверлить 2 отверстия с получением размеров $\varnothing 1,6, 8$.

$$\text{Глубина резания } t = \frac{1}{2} D_{\text{св.}} = \frac{1}{2} \cdot 1,6 = 0,8 \text{ мм.}$$

$$\text{Подача } s = 0,04 \dots 0,06 \text{ мм/об, принимаем } s = 0,05 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания $v = 20 \dots 40$ м/мин, принимаем 20 м/мин.

$$\text{Частота вращения } n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi} = \frac{20 \cdot 1000}{1,6 \cdot 3,14} = 3978 \text{ об/мин.}$$

$$\text{Мощность } N = 0,02 \text{ кВт.}$$

$$\text{Время обработки } T_0 = 2,41 \text{ с} \approx 0,04 \text{ мин.}$$

Переход №4. Нарезать резьбу М2 в двух отверстиях на глубину 6.

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

$$\text{Подача } s = 0,4 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания $v = 3 \dots 15$ м/мин, принимаем 7 м/мин.

$$\text{Частота вращения } n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi} = \frac{7 \cdot 1000}{2 \cdot 3,14} = 1114 \text{ об/мин.}$$

$$\text{Мощность } N = 0,05 \text{ кВт.}$$

$$\text{Время обработки } T_0 = 1,7 \text{ с} \approx 0,03 \text{ мин.}$$

Переход №5. Точить заготовку по программе в размеры $\varnothing 10,5 \pm 0,22, \varnothing 17,5 \pm 0,22, 8^{+0,036}_{-0,3}, 2^{+0,172}_{-0,3}, 0,4 \times 45^\circ$.

$$\text{Глубина резания } t = 0,5 \dots 7,5 \text{ мм, принимаем } t = 0,7 \text{ мм.}$$

$$\text{Подача } s = 0,1 \dots 0,55 \text{ мм/об, принимаем } s = 0,2 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания $v = 150 \dots 250$ м/мин, принимаем 220 м/мин.

$$\text{Частота вращения } n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi} = \frac{220 \cdot 1000}{25 \cdot 3,14} = 2800 \text{ об/мин.}$$

$$\text{Мощность } N = 1,17 \text{ кВт.}$$

$$\text{Время обработки } T_0 = 7,29 \text{ с} \approx 0,12 \text{ мин.}$$

Переход №6. Точить заготовку по программе в размеры $\varnothing 17,3 \pm 0,035, R0,5$.

$$\text{Глубина резания } t = 0,1 \dots 1,8 \text{ мм, принимаем } t = 0,2 \text{ мм.}$$

$$\text{Подача } s = 0,05 \dots 0,2 \text{ мм/об, принимаем } s = 0,1 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания $v = 250 \dots 380$ м/мин, принимаем 300 м/мин.

$$\text{Частота вращения } n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi} = \frac{300 \cdot 1000}{25 \cdot 3,14} = 3819 \text{ об/мин.}$$

Мощность $N = 0,28$ кВт.

Время обработки $T_0 = 5,03$ с $\approx 0,08$ мин.

Переход №7. Установить заготовку в позицию 2.
Сверлить заготовку с получением размеров $\varnothing 3,15$, выдерживая размер $7 \pm 0,18$.

$$\text{Глубина резания } t = \frac{1}{2} D_{\text{св.}} = \frac{1}{2} \cdot 3 = 1,5 \text{ мм.}$$

Подача $s = 0,06$ мм/об.

Скорость резания $v = 18 \dots 23$ м/мин, принимаем 23 м/мин.

Частота вращения $n = 2460$ об/мин.

Мощность $N = 0,05$ кВт.

Время обработки $T_0 = 0,61$ с $\approx 0,01$ мин.

Переход №8. Установить заготовку в позицию 3.
Сверлить заготовку с получением размеров $\varnothing 3,15$, выдерживая размер $7 \pm 0,18$.

$$\text{Глубина резания } t = \frac{1}{2} D_{\text{св.}} = \frac{1}{2} \cdot 3 = 1,5 \text{ мм.}$$

Подача $s = 0,06$ мм/об.

Скорость резания $v = 18 \dots 23$ м/мин, принимаем 23 м/мин.

Частота вращения $n = 2460$ об/мин.

Мощность $N = 0,05$ кВт.

Время обработки $T_0 = 0,61$ с $\approx 0,01$ мин.

Таблица 2.7 – Режимы резания и основное время для операции 010

Содержание перехода	t , мм	S , мм/об	V , м/мин	n , об/мин	P , кВт	T_o , мин
Подрезать торец в размер $47 \pm 0,31$	0,5	0,1	160	2037	0,35	0,06
Центровать заготовку с получением размеров $\emptyset 2, \emptyset 2,72^*, 2,5, 0,63$	1	0,02	25	3978	0,02	0,05
Сверлить 2 отверстия с получением размеров $\emptyset 1,6, 8$	0,8	0,05	20	3978	0,02	0,04
Нарезать резьбу М2 в двух отверстиях на глубину 6	0,2	0,4	7	1114	0,05	0,03
Точить заготовку по программе в размеры $\emptyset 10,5 \pm 0,22, \emptyset 17,5 \pm 0,22, 8^{+0,036}_{-0,3}, 2^{-0,172}_{-0,3}, 0,4 \times 45^\circ$	0,7	0,2	220	2800	1,17	0,12
Точить заготовку по программе в размеры $\emptyset 17,3 \pm 0,035, R0,5$	0,2	0,1	300	3819	0,28	0,08
Установить заготовку в позицию 2. Сверлить заготовку с получением размеров $\emptyset 3, 1,5$, выдерживая размер $7 \pm 0,18$	1,5	0,06	23	2460	0,05	0,01
Установить заготовку в позицию 3. Сверлить заготовку с получением размеров $\emptyset 3, 1,5$, выдерживая размер $7 \pm 0,18$	1,5	0,06	23	2460	0,05	0,01

015 Шлифовальная

Переход №1. Шлифовать поверхности в размер $\varnothing 14^{+0,029}_{+0,018}$, $22,45 \pm 0,26$, $\varnothing 14^{-0,016}_{-0,034}$, $9,55 \pm 0,18$.

Скорость шлифовального круга:

Рекомендуемая скорость круга $V_k = 30 \dots 35$ м/с.

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60}, \text{ м/с}, \quad (2.30)$$

где D_k – диаметр шлифовального круга, $D_k = 250$ мм;

n_k – частота вращения шлифовального круга станка, $n_k = 2350$ об/мин.

$$V_k = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 2350}{1000 \cdot 60} = 30,8 \text{ м/с, что в пределах рекомендуемой величины.}$$

Окружная скорость заготовки $V_3 = 20 \dots 40$ м/мин, принимаем $V_3 = 20$ м/мин.

$$\text{Частота вращения шпинделя } n = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D}, \text{ об/мин}, \quad (2.31)$$

$$n = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 14} = 455 \text{ об/мин, принимаем } n = 500 \text{ об/мин.}$$

Радиальная подача $S_p = 0,001 - 0,005$ мм/об, принимаем $S_p = 0,001$ мм/об.

$$\text{Основное время } T_0 = \frac{h}{S_p \cdot n} \cdot K, \text{ мин}, \quad (2.32)$$

где $h = 0,15$ мм – припуск на одну сторону;

$K = 1,1 \dots 1,5$ – поправочный коэффициент, принимаем $K = 1,5$;

$$T_0 = \frac{0,15}{0,001 \cdot 500} \cdot 1,5 = 0,45 \text{ мин.}$$

Переход №2. Шлифовать поверхности в размер $\varnothing 17^{+0,012}_{+0,001}$, $8^{+0,036}$, $\varnothing 10^{-0,013}_{-0,035}$, $24 \pm 0,26$.

Скорость шлифовального круга:

Рекомендуемая скорость круга $V_k = 30 \dots 35$ м/с.

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60}, \text{ м/с},$$

где D_k – диаметр шлифовального круга, $D_k = 250$ мм;

n_k – частота вращения шлифовального круга станка, $n_k = 2350$ об/мин.

$$V_k = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 2350}{1000 \cdot 60} = 30,8 \text{ м/с, что в пределах рекомендуемой величины.}$$

Окружная скорость заготовки $V_3 = 20 \dots 40$ м/мин, принимаем $V_3 = 20$ м/мин.

Частота вращения шпинделя $n = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D}$, об/мин,

$$n = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 14} = 455 \text{ об/мин, принимаем } n = 500 \text{ об/мин.}$$

Радиальная подача $S_p = 0,001 - 0,005$ мм/об, принимаем $S_p = 0,001$ мм/об.

$$\text{Основное время } T_0 = \frac{h}{S_p \cdot n} \cdot K, \text{ мин,}$$

где $h = 0,15$ мм – припуск на одну сторону;

$K = 1,1 \dots 1,5$ – поправочный коэффициент, принимаем $K = 1,5$;

$$T_0 = \frac{0,15}{0,001 \cdot 500} \cdot 1,5 = 0,45 \text{ мин.}$$

Таблица 2.8 – Режимы резания и основное время для операции 015

Содержание операции	V_k , м/с	n_k , об/мин	V_3 , м/с	n , об/мин	S_p , мм/об	T_0 , мин
Установ А Шлифовать поверхности в размер $\varnothing 14^{(+0,029}_{+0,018)}$, $22,45 \pm 0,26$, $\varnothing 14^{(-0,016}_{-0,034)}$, $9,55 \pm 0,18$	30,8	2350	20	500	0,001	0,45
Установ Б Шлифовать поверхности в размер $\varnothing 17^{(+0,012}_{+0,001})$, $8^{+0,036}_{+0,001}$, $\varnothing 10^{(-0,013}_{-0,035)}$, $24 \pm 0,26$	30,8	2350	20	500	0,001	0,45

020 Шлицефрезерная

В зависимости от материала детали, характера обработки, высоты зуба и числа зубьев детали назначаем подачу $S_0 = 0,6$ мм/об.

С учетом поправочных коэффициентов назначаем подачу $S_0 = 0,54$ мм/об.

По паспорту станка принимаем подачу $S_0 = 0,6$ мм/об.

В зависимости от подачи назначаем скорость резания $V = 17$ м/мин.

С учетом поправочных коэффициентов назначаем скорость резания $V = 18,4$ м/мин.

$$\text{Частота вращения фрезы } n_\phi = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_\phi}, \text{ об/мин,} \quad (2.33)$$

где $d_{\phi} = 90$ мм - диаметр фрезы;

$$n_{\phi} = \frac{1000 \cdot 18,4}{3,14 \cdot 90} = 65 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка принимаем $n_{\phi} = 70$ об/мин.

$$\text{Тогда } V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d_{\phi} \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 70}{1000} = 19,8 \text{ м/мин.} \quad (2.34)$$

$$\text{Основное время } T_0 = \frac{(l_o + l_{\text{вп}} + l_{\text{п}})}{n_{\phi} \cdot S_0} \cdot Z = \frac{9,55 + 16,3 + 2}{70 \cdot 0,6} \cdot 12 = 7,96 \text{ мин.} \quad (2.35)$$

Таблица 2.9 – Режимы резания и основное время для операции 020

Содержание операции	S_0 , мм/об	V , м/мин	n_{ϕ} , об/мин	V_{ϕ} , м/мин	T_o , мин
Фрезеровать шлицы	0,6	18,4	70	19,8	7,96

2.2.10 Нормирование технологического процесса

Под нормированием технологических процессов понимают назначение технически обоснованных норм времени на продолжительность выполнения операций.

Технически обоснованной нормой времени называют время выполнения технологической операции в определённых организационно-технических условиях, наиболее благоприятных для данного типа производства.

На основе технически обоснованных норм времени устанавливают расценки, определяют производительность труда, осуществляют планирование производства и т. п. [20].

Различают следующие нормы времени:

T_o – основное (машинное) технологическое время – время, затраченное на резание.

$T_{\text{всп}}$ – вспомогательное время – время, затраченное на управление станком, установку, закрепление и снятие детали, подвод и отвод режущего инструмента, измерение детали.

$T_{\text{оп}}$ – оперативное время:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_{\text{всп}}, \text{ мин.} \quad (2.37)$$

$T_{\text{обс}}$ – время на организацию рабочего места, затраченное на смазывание станка, удаление стружки, уборку рабочего места, установку и снятие режущего инструмента.

$T_{\text{отд}}$ – время на отдых.

$T_{шт}$ – штучное время – продолжительность выполнения технологической операции, не учитывающее время на подготовку исполнителя (рабочего) к выполнению данной операции.

Для станков с ЧПУ:

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_{в} \cdot K_{тв}) \cdot \left(1 + \frac{A_{обс} + A_{отд}}{100}\right), \quad (2.38)$$

где $T_{ца} = T_o + T_{мв}$ – время цикла автоматической работы станка по программе, мин; (2.39)

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

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

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

Для универсальных станков:

$$T_{шт} = (T_o + T_{в} \cdot K_{тв}) \cdot \left(1 + \frac{A_{обс} + A_{отд}}{100}\right), \quad (2.40)$$

$T_{п-з}$ – подготовительно-заключительное время, необходимое на ознакомление исполнителя с чертежом, получение консультаций у мастера, настройку станка и приспособлений. Это время распределяется не на одну деталь, а на всю партию деталей (n), подлежащих изготовлению.

$$T_{ш-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n}, \text{ мин}, \quad (2.41)$$

$T_{ш-к}$ – штучно-калькуляционное время, это и есть технически обоснованная норма времени на выполнение операций.

На основании литературы рассчитано нормирование и приведено в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Результаты нормирования

Наименование операции	T_o , мин	$T_{в}$, мин	$T_{шт}$, мин	$T_{п-з}$, мин	$T_{ш-к}$, мин
005 Токарная с ЧПУ	2,28	0,63	3,51	0,63	3,62
010 Токарная с ЧПУ	3,05	0,84	4,69	0,84	4,83
015 Круглошлифовальная	0,9	4,18	5,68	7	6,85
020 Шлищефрезерная	7,96	3,24	11,8	9,6	13,4

2.2.11 Организационная часть

2.2.11.1 Определение необходимого количества оборудования и коэффициентов его загрузки

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

$$C_p = \frac{T_{ш-к} \cdot N \cdot K_{вн}}{60 \cdot F_d}, \quad (2.42)$$

где C_p – расчетное количество станков данного типа, шт;

$K_{вн} = 1,04$ – коэффициент выполнения нормы;

F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч.

$$F_d = F_n \cdot K_n, \text{ ч}, \quad (2.43)$$

где F_n – номинальный годовой фонд времени работы оборудования, ч;

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

Коэффициент загрузки оборудования определяется по формуле:

$$K_{зо} = \frac{C_p}{C_n} \cdot 100\%, \quad (2.44)$$

где C_n – принятое число станков.

Результаты расчета приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Необходимое количество оборудования и коэффициенты его загрузки

№ операции	$T_{ш-к}$, мин	C_p , шт	C_n , шт	$K_{зо}$, %
005, 010	8,45	0,04	1	4
015	6,85	0,03	1	3
020	13,4	0,06	1	6

Средний коэффициент загрузки $K_{зо} = 4,3\%$.

Необходимо произвести дозагрузку оборудования за счет производства изделий другой номенклатуры, так как коэффициент загрузки оборудования получился маленьким.

2.2.11.2 Определение численности рабочих

Определяем численность производственных рабочих по формуле:

$$Ч_{осн} = \sum_{i=1}^M (C_{pi} \cdot P_{сми}), \quad (2.45)$$

где $\Pi_{\text{см}i}$ – количество смен работы оборудования на i -й операции.

$$\text{Ч}_{\text{осн}} = (1 \cdot 1) + (1 \cdot 1) + (1 \cdot 1) = 3 \text{ чел.}$$

Численность вспомогательных рабочих:

$$\text{Ч}_{\text{всп}} = \text{Ч}_{\text{осн}} \cdot \frac{k_{\text{всп}}}{100}, \quad (2.46)$$

где $k_{\text{всп}} = 60\%$ – коэффициент численности вспомогательных рабочих.

$$\text{Ч}_{\text{всп}} = 3 \cdot \frac{60}{100} = 1,8 \text{ чел.}$$

Численность вспомогательных рабочих принимаем равной 2 человека.

Численность специалистов:

$$\text{Ч}_{\text{спец}} = (\text{Ч}_{\text{осн}} + \text{Ч}_{\text{всп}}) \cdot \frac{k_{\text{спец}}}{100}, \quad (2.47)$$

где $k_{\text{спец}} = 8...12\%$ – коэффициент численности специалистов.

$$\text{Ч}_{\text{спец}} = (3 + 2) \cdot \frac{10}{100} = 0,5 \text{ чел.}$$

Численность специалистов принимаем равной 1 человек.

Численность служащих:

$$\text{Ч}_{\text{служ}} = (\text{Ч}_{\text{осн}} + \text{Ч}_{\text{всп}} + \text{Ч}_{\text{спец}}) \cdot \frac{k_{\text{служ}}}{100}, \quad (2.48)$$

где $k_{\text{служ}} = 2...4\%$ – коэффициент численности служащих.

$$\text{Ч}_{\text{служ}} = (3 + 2 + 1) \cdot \frac{3}{100} = 0,18 \text{ чел.}$$

Численность служащих принимаем равной 1 человек.

Численность руководителей:

$$\text{Ч}_{\text{рук}} = (\text{Ч}_{\text{осн}} + \text{Ч}_{\text{всп}} + \text{Ч}_{\text{спец}} + \text{Ч}_{\text{служ}}) \cdot \frac{k_{\text{рук}}}{100}, \quad (2.49)$$

где $k_{\text{рук}} = 1,5...2\%$ – коэффициент численности руководителей.

$$\text{Ч}_{\text{рук}} = (3 + 2 + 1 + 1) \cdot \frac{2}{100} = 0,14 \text{ чел.}$$

Численность руководителей принимаем равной 1 человек.

Общая численность работников подразделения составляет:

$$\text{Ч}_{\text{общ}} = \text{Ч}_{\text{осн}} + \text{Ч}_{\text{всп}} + \text{Ч}_{\text{спец}} + \text{Ч}_{\text{служ}} + \text{Ч}_{\text{рук}}, \quad (2.50)$$

$$\text{Ч}_{\text{общ}} = 3 + 2 + 1 + 1 + 1 = 8 \text{ чел.}$$

Таблица 2.12 – Численность рабочих

Наименование профессии	Количество работающих	Разряд	Оборудование
1. Производственные рабочие			
Оператор станка с ЧПУ	1	4	DMG CTX 310 Ecoline
Шлифовщик	1	4	3М150
Фрезеровщик	1	4	5350А
2. Вспомогательные рабочие			
Наладчик станка с ЧПУ	1	6	
Заточник	1	3	
3. Специалисты			
Инженер-технолог	1	9	
4. Служащие			
Уборщик производственных помещений	1	2	
5. Руководители			
Мастер	1	10	

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Студент гр. 10А51

(Подпись)

Баранов М.А.

(Дата)

Руководитель

к.т.н., доцент ОПТ

(Подпись)

Моховиков А.А.

(Дата)

Нормоконтроль,

к.т.н., доцент ОПТ

(Подпись)

Моховиков А.А.

(Дата)

3.1. Описание и принцип работы разработанной конструкции

Сборочный чертеж спроектированного барпуллера представлен на рисунке 29.

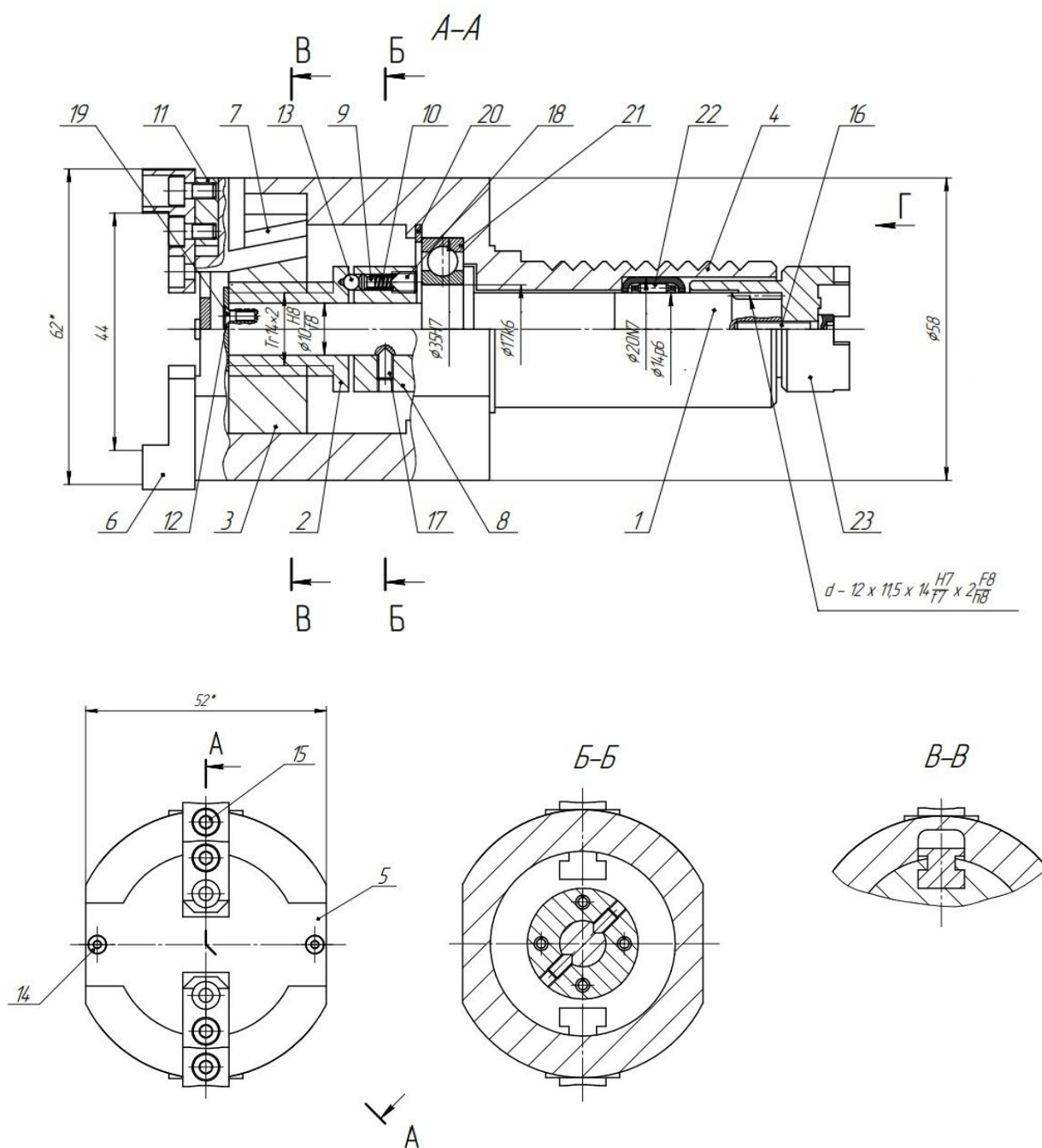


Рисунок 29 – Сборочный чертеж спроектированного барпуллера.

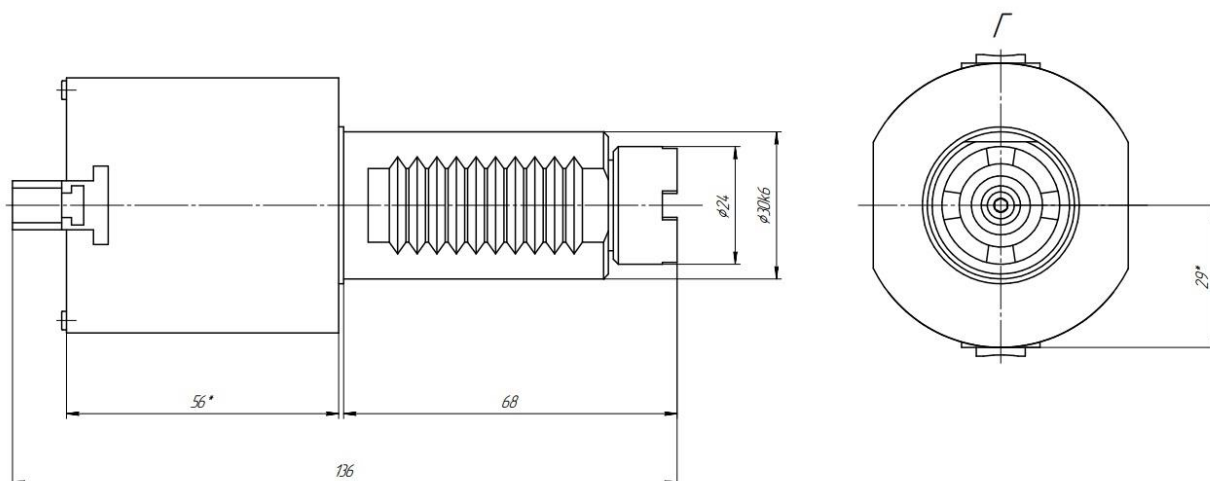


Рисунок 29 – Продолжение.

Конструкция барпуллера состоит из:

- Полумуфта поз. 23. Предназначена для передачи крутящего момента от револьверной головки станка на вал поз. 1 барпуллера. Является покупным элементом. Данная форма полумуфты используется в револьверных головках станка Окута. Соединяется с валом с помощью шлицевого соединения и фиксируется винтом поз. 16.

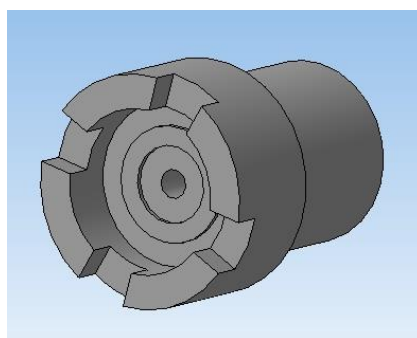


Рисунок 30 – Полумуфта.

- Вал поз. 1. Предназначен для передачи крутящего момента от полумуфты поз. 23 к муфте поз. 8. Устанавливается на два подшипника: роликовый игольчатый поз. 22. и шариковый радиальный однорядный поз. 21.

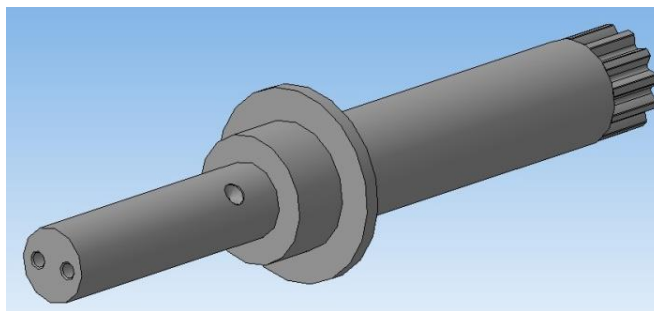


Рисунок 31 – Вал.

- Муфта поз. 8. Предназначена для передачи крутящего момента с вала поз. 1. на резьбовую втулку поз. 2. Муфта устанавливается и

фиксируется на валу с помощью двух винтов поз. 17. В конструкции муфты предусмотрен предохранительный механизм, включающий в себя четыре шарика поз. 13, четыре плунжера поз. 9 и четыре пружины поз. 10. Данный механизм расположен в четырех отверстиях корпуса муфты. Регулировка силы сжатия пружин осуществляется четырьмя винтами поз. 18.

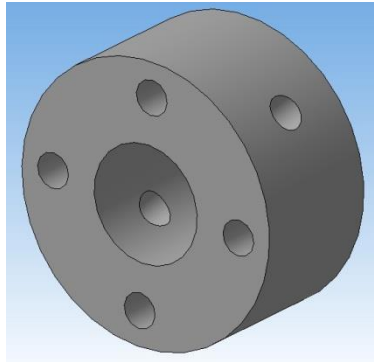


Рисунок 32 – Муфта.

- Резьбовая втулка поз. 2. Предназначена для передачи крутящего момента от муфты поз. 8 на клиновую гайку поз. 3. Гайка имеет возможность перемещения по резьбовой втулке, благодаря передаче винт-гайка. Устанавливается на валу поз. 1 с зазором. Для сохранения своего положения резьбовая втулка поджимается с торца вала шайбой поз. 12 и двумя винтами поз. 19.

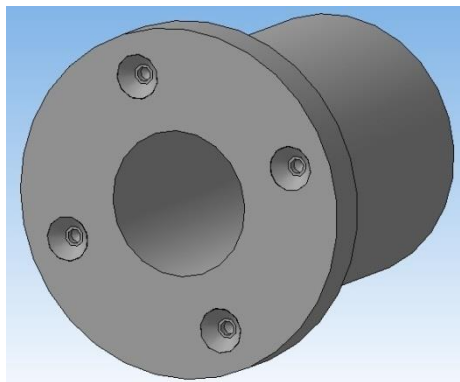


Рисунок 33 – Резьбовая втулка.

- Клиновая гайка поз. 3. Предназначена для регулирования положения мастер-кулачков поз. 7, установленных в пазах клиновой гайки. Перемещается в продольном направлении по резьбовой втулке поз. 2.

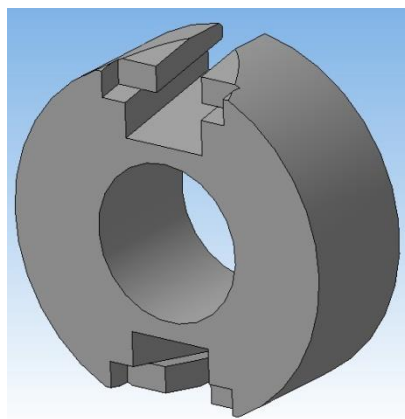


Рисунок 34 – Клиновья гайка.

- Мастер-кулачки (2 шт.) поз. 7. Предназначены для установки и регулирования положения кулачков поз. 6. Мастер-кулачки устанавливаются в пазах клиновья гайки поз. 3. и пазах корпуса поз. 4. В конструкции мастер-кулачка имеется паз, в который вставляется Т-вкладыш поз. 11.

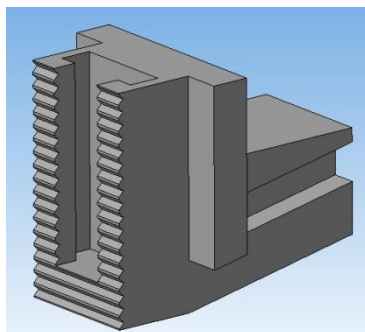


Рисунок 35 – Мастер-кулачок.

- Т-вкладыш (2 шт.) поз. 11. Предназначен для фиксации положения кулачков поз. 6 относительно мастер-кулачков поз. 7. Устанавливается в паз в корпусе мастер-кулачка. В конструкции имеются два резьбовых отверстия, в которые устанавливаются два винта поз. 15, необходимых для фиксации положения кулачков.

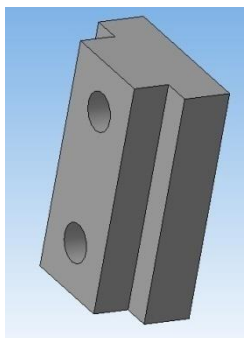


Рисунок 36 – Т-вкладыш.

- Кулачки (2 шт.) поз. 6. Предназначены для захвата заготовки. Каждый кулачок устанавливается на мастер-кулачок поз. 7. и фиксируется через Т-вкладыш поз. 11 и два винта поз. 15. В конструкции кулачка

предусмотрены 3 отверстия для удобной регулировки его положения. Кулачки являются сменными.

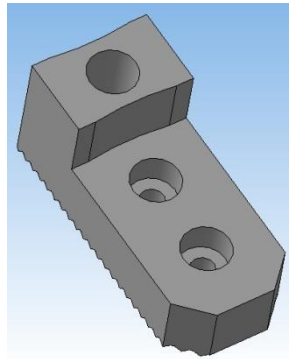


Рисунок 37 – Кулачок.

- Крышка поз. 5. Предназначена для защиты элементов конструкции барпуллера, установленных в корпусе поз. 4 от грязи и пыли. Устанавливается на корпус и фиксируется двумя винтами поз. 14.

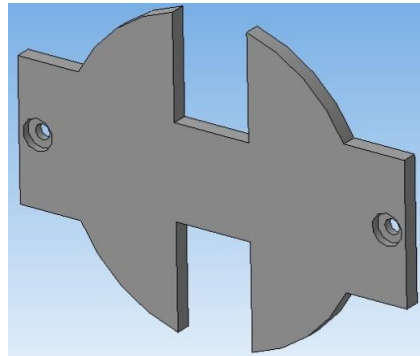


Рисунок 38 – Крышка.

- Корпус поз. 4. Хвостовая часть корпуса предназначена для установки барпуллера в револьверную головку станка. Хвостовик изготавливается по стандарту ГОСТ 24900-81. В головной части имеются два паза, в которых перемещаются мастер-кулачки поз. 7. Внутри корпуса устанавливаются два подшипника: роликовый игольчатый поз. 22. и шариковый радиальный однорядный поз. 21. Фиксация положения подшипника поз. 21 осуществляется с помощью кольца поз. 20.

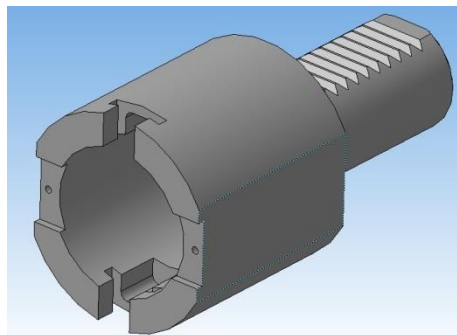


Рисунок 39 – Корпус.

Принцип работы спроектированного барпуллера заключается в следующем: от револьверной головки станка, в которой установлен сам

барпуллер, вращение передается на вал 1 через полумуфту 23. Внутри корпуса 4 располагается муфта 8, расположенная на валу и соединенная с ним. Муфта выполняет предохранительную функцию, передавая вращение через шарики 13 на резьбовую втулку 2. Резьбовая втулка вращается и по ней, с помощью передачи винт-гайка в продольном направлении перемещается клиновидная гайка 3. В пазах клиновидной гайки располагаются мастер-кулачки 7, которые, вследствие перемещения клиновидной гайки, начинают сходиться и расходиться. На мастер-кулачках установлены кулачки 6, которые, перемещаясь вместе с мастер-кулачками, зажимают и разжимают заготовку.

Последовательность работы спроектированного барпуллера:

- Вытягиватель прутка устанавливается в револьверную головку станка;
- Револьверная головка перемещается и подходит к заготовке;
- Вращение с револьверной головки станка передается на барпуллер, кулачки зажимают пруток;
- Токарный патрон станка освобождает пруток;
- Револьверная головка перемещается по оси Z, вытягивая заготовку на определенную длину;
- По достижении необходимой длины, токарный патрон станка зажимает пруток;
- Вращение, противоположно направленное предыдущему, с револьверной головки станка передается на барпуллер, кулачки разжимают пруток;
- Револьверная головка станка вместе с барпуллером возвращается в исходное положение.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Студент гр. 10А51

(Подпись)

Баранов М.А.

(Дата)

Руководитель

к.пед.н., доцент ОЦТ

(Подпись)

Лизунков В.Г.

(Дата)

Нормоконтроль,

к.т.н., доцент ОПТ

(Подпись)

Моховиков А.А.

(Дата)

4.1 Расчет объема капитальных вложений

В объем капитальных вложений входит:

- Стоимость технологического оборудования;
- Стоимость вспомогательного оборудования;
- Стоимость инструментов и инвентаря;
- Стоимость эксплуатируемых помещений;
- Стоимость оборотных средств в производственных запасах, сырье и материалах;
- Стоимость оборотных средств в незавершенном производстве;
- Стоимость оборотных средств в запасах годовой продукции;
- Стоимость оборотных средств в дебиторской задолженности;
- Сумма денежных оборотных средств.

4.1.1 Стоимость технологического оборудования

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

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

где m – количество операций технологического процесса изготовления изделий;

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

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

Балансовая стоимость единицы оборудования была позаимствована из следующих источников [21–23].

Расчет сводим в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Стоимость технологического оборудования

№ операции	Модель станка	C_i , руб	Q_i , шт.	$K_{тоi}$, руб.
005, 010	DMG CTX 310 Ecoline	4900000	1	4900000
015	3M150	300000	1	300000
020	5350A	150000	1	150000
Всего: 5350000 руб.				

4.1.2 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.1.1, но принимающее непосредственное участие в технологическом процессе.

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

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

$$K_{\text{во}} = 5350000 \cdot 0,30 = 1605000 \text{ руб.}$$

4.1.3 Стоимость инструментов, приспособлений и инвентаря

Стоимость инструментов и инвентаря ($K_{\text{ии}}$) по предприятию может быть установлена 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 (рабочие столы, верстаки, инвентарь для хранения жестких и сыпучих тел, охраны труда и т.д.);
- Хозяйственного инвентаря (шкафы, столы, инвентарь конторского назначения и т.д.).

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

$$K_{\text{ии}} = 5350000 \cdot 0,15 = 802500 \text{ руб.}$$

4.1.4 Стоимость эксплуатируемых помещений

Стоимость арендованных эксплуатационных помещений $C_{\text{п}}^{\text{II}}$ равна:

$$C_{\text{п}}^{\text{II}} = (S_{\text{пп}} \cdot A_{\text{пп}} + S_{\text{сп}} \cdot A_{\text{сп}}) \cdot T, \text{руб.} \quad (4.4)$$

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

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

T – отчетный период ($T = 12$ мес.).

$$C_{\text{п}}^{\text{II}} = (100 \cdot 200 + 50 \cdot 200) \cdot 12 = 360000 \text{ руб.}$$

4.1.5 Стоимость оборотных средств в производственных запасах, сырье и материалах

Данные средства рассчитываются по формуле:

$$K_{\text{пзм}} = \frac{H_{\text{м}} \cdot N \cdot C_{\text{м}}}{360} \cdot T_{\text{обм}}, \text{ руб.} \quad (4.5)$$

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

N – годовой объем производства продукции, шт;

$C_{\text{м}}$ – цена материала, руб/кг;

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

$$K_{\text{пзм}} = \frac{0,42 \cdot 500 \cdot 33}{360} \cdot 30 = 577,5 \text{ руб.}$$

4.1.6 Оборотные средства в незавершенном производстве

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

$$K_{\text{нзп}} = \frac{N \cdot T_{\text{ц}} \cdot C^{\text{I}} \cdot k_{\text{г}}}{360}, \text{ руб.} \quad (4.6)$$

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

C^{I} – 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:

$$C^{\text{I}} = \frac{H_{\text{м}} \cdot C_{\text{м}}}{k_{\text{м}}}, \text{ руб.} \quad (4.7)$$

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

$$C^{\text{I}} = \frac{0,42 \cdot 33}{0,8} = 17,33 \text{ руб.}$$

Коэффициент готовности:

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

$$k_{\text{г}} = (0,8 + 1) \cdot 0,5 = 0,9.$$

$$K_{\text{нзп}} = \frac{500 \cdot 1 \cdot 17,33 \cdot 0,9}{360} = 21,66 \text{ руб.}$$

4.1.7 Оборотные средства в запасах готовой продукции

Стоимость запаса готовой продукции определяется по формуле:

$$K_{\text{гп}} = \frac{C^I \cdot N}{360} \cdot T_{\text{гп}}, \text{ руб.} \quad (4.9)$$

где $T_{\text{гп}}$ – продолжительность оборота готовой продукции на складе в днях.

$$K_{\text{гп}} = \frac{17,33 \cdot 500}{360} \cdot 30 = 722,08 \text{ руб.}$$

4.1.8 Оборотные средства в дебиторской задолженности

Дебиторская задолженность определяется по формуле:

$$K_{\text{дз}} = \frac{B_{\text{рп}}}{360} \cdot T_{\text{дз}}, \text{ руб.} \quad (4.10)$$

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

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

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

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

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

$$B_{\text{рп}} = 17,33 \cdot 500(1 + 15/100) = 9964,75 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{дз}} = \frac{9964,75}{360} \cdot 15 = 415,2 \text{ руб.}$$

4.1.9 Денежные оборотные средства

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

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

$$C_{\text{обс}} = 577,5 \cdot 0,10 = 57,75 \text{ руб.}$$

4.2 Определение сметы затрат на производство и реализацию продукции

4.2.1 Основные материалы за вычетом реализуемых отходов

Затраты на основные материалы ($C_{\text{м}}$) рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{м}} = N \cdot (C_{\text{м}} \cdot H_{\text{м}} \cdot K_{\text{тзр}} - C_{\text{о}} \cdot H_{\text{о}}), \text{ руб.} \quad (4.13)$$

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

C_o – цена возвратных отходов, руб/кг, $C_o = 8$ руб/кг;

H_o – норма возвратных отходов, кг/шт.

Норма возвратных отходов определяется:

$$H_o = m_3 - m_0, \quad (4.14)$$

где m_3 – масса заготовки, кг;

m_0 – масса изделия, кг.

$$H_o = 0,42 - 0,19 = 0,23 \text{ кг/шт.}$$

$$C_m = 500 \cdot (33 \cdot 0,42 \cdot 1,04 - 8 \cdot 0,23) = 6287,2 \text{ руб.}$$

4.2.2 Расчет заработной платы производственных работников

В работе предусматривается сдельно-премиальная оплата труда. В соответствии с этой системой заработная плата рассчитывается по формуле:

$$C_{zo} = \sum_{i=1}^m \frac{t_{шти} \cdot C_{часj}}{60} \cdot k_n \cdot k_p \cdot N, \text{ руб.} \quad (4.15)$$

где m – количество операций технологического процесса;

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

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

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

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

Таблица 4.2 – Расчет фонда заработной платы

Профессия рабочего	$T_{шти}$, мин.	Разряд	Количество	$C_{часj}$, руб.	$C_{зоi}$, руб.
Оператор станков с ЧПУ	8,2	4	1	33,15	4417,24
Шлифовщик	5,68	4	1	29,65	2736,7
Фрезеровщик	11,8	4	1	29,65	5685,39
Фонд заработной платы всех рабочих					12839,33

4.2.3 Отчисления на социальные нужды по заработной плате основных производственных рабочих

Отчисления на социальные нужды:

$$C_{осо} = C_{зо} \cdot (\alpha_1 + \alpha_2), \text{ руб.} \quad (4.16)$$

где α_1 – обязательные социальные отчисления ($\alpha_1 = 0,30$);

α_2 – социальное страхование по профессиональным заболеваниям и несчастным случаям ($\alpha_2 = 0,003 \div 0,017$).

$$C_{\text{осо}} = 12839,33 \cdot (0,3 + 0,01) = 3980,19 \text{ руб.}$$

4.2.4 Расчет амортизации основных фондов

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

Годовые амортизационные отчисления начисляются одним из следующих методов: линейный и нелинейный.

4.2.4.1 Расчет амортизации оборудования

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

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

$$a_{ni} = \frac{1}{T_o} \cdot 100\%, \text{ руб.} \quad (4.17)$$

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

Сумма амортизации определяется:

$$A = \sum_{i=1}^n C_i \cdot a_{ni}, \text{ руб.} \quad (4.18)$$

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

При небольшом объеме производства и неполной загрузке оборудования (оборудование загружено еще производством других видов продукции) необходим расчет амортизационных отчислений, приходящихся на 1 час работы оборудования:

$$A_{\text{ч}} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \cdot a_{ni}}{F_d \cdot K_{\text{вpi}}}, \text{ руб.} \quad (4.19)$$

где n – количество оборудования;

$K_{\text{вpi}}$ – коэффициент загрузки i -го оборудования по времени;

F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, $F_d = 2030$ час.

Таблица 4.3 – Расчет амортизационных отчислений

№ операции	C_i , руб.	a_{ni} , %	F_{di} , ч	$A_{\text{чи}}$, руб.
------------	--------------	--------------	--------------	------------------------

005, 010	4900000	0,14	2030	114,9
015	300000	0,1	2030	1,63
020	150000	0,1	2030	0,81
Вспомогательное оборудование	1605000	0,167	2030	21,52
Амортизационные отчисления для всех станков ($A_{\text{ч}}$)				138,86

4.2.4.2 Расчет амортизационных отчислений зданий

Амортизационные отчисления эксплуатируемых площадей включены в стоимость арендной платы.

4.2.5 Отчисления в ремонтный фонд

Отчисления в ремонтный фонд рассчитывают по формуле:

$$C_p = (K_{\text{то}} + K_{\text{во}}) \cdot k_{\text{рем}} + C_{\text{п}} \cdot k_{\text{з,рем}}, \text{руб.} \quad (4.20)$$

где $k_{\text{рем}}$, $k_{\text{з,рем}}$ – коэффициенты, учитывающие отчисления в ремонтный фонд.

$$C_p = (5350000 + 1605000) \cdot 0,002 + 360000 \cdot 0,05 = 31910 \text{ руб.}$$

4.2.6 Затраты на вспомогательные материалы на содержание оборудования

4.2.6.1 Затраты на СОЖ

Затраты на СОЖ определяются по формуле:

$$C_{\text{сож}} = n \cdot N \cdot g_{\text{ох}} \cdot c_{\text{ох}}, \text{руб.} \quad (4.21)$$

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

$c_{\text{ох}}$ – средняя стоимость охлаждающей жидкости, руб/кг;

n – количество станков.

$$C_{\text{сож}} = 3 \cdot 500 \cdot 0,03 \cdot 340 = 15300 \text{ руб.}$$

4.2.6.2 Затраты на сжатый воздух

Затраты на сжатый воздух рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{возд}} = \frac{g_{\text{возд}} \cdot c_{\text{возд}} \cdot N}{60} \cdot \sum t_{oi}, \text{руб.} \quad (4.22)$$

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

$C_{\text{возд}}$ – стоимость сжатого воздуха.

$$C_{\text{возд}} = \frac{0,7 \cdot 65,5 \cdot 500}{60} \cdot 14,19 = 5421,76 \text{ руб.}$$

4.2.7 Затраты на силовую электроэнергию

Расчет затрат на электроэнергию:

$$C_{\text{чэ}} = \sum_{i=1}^m N_{yi} \cdot F_d \cdot K_N \cdot K_{\text{вр}} \cdot K_{\text{од}} \cdot \frac{K_{\omega}}{\eta} \cdot C_{\text{э}}, \text{ руб.} \quad (4.23)$$

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

K_N , $K_{\text{вр}}$ – средние коэффициенты загрузки электродвигателя по мощности и времени, принимаем $K_N = 0,5$; $K_{\text{вр}} = 0,3$;

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

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

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

$C_{\text{э}}$ – средняя стоимость электроэнергии (по данным городской электросети), руб, $C_{\text{э}} = 6$ руб.

Таблица 4.4 – Затраты на электроэнергию технологического процесса

№ операции	N_{yi} , кВт	$C_{\text{чэ}i}$, руб.
005, 010	11	21302,82
015	4	7746,48
020	11,15	21593,31
Затраты на электроэнергию для всех операций		50642,61

4.2.8 Затраты на инструменты, приспособления и инвентарь

Стоимость инструментов и инвентаря ($K_{\text{ин}} = 802500$ руб.) по предприятию установлена приближенно, поэтому их учтем, как плановые, и включим в себестоимость произведенной продукции. На предприятиях затраты такого плана рассчитываются по факту приобретения и учитываются в себестоимости с учетом срока износа.

4.2.9 Расчет заработной платы вспомогательных рабочих

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитывается по формуле:

$$C_{звр} = \sum_{j=1}^k C_{змj} \cdot Ч_{врj} \cdot 12 \cdot k_{пj} \cdot k_{рj} \cdot k_y, \text{ руб.} \quad (4.24)$$

где k – количество вспомогательных рабочих;

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

$C_{змj}$ – месячная тарифная ставка рабочего соответствующего разряда;

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

$k_{рj}$ – районный коэффициент ($k_{рj} = 1,3$);

k_y – коэффициент участия работника в изготовлении детали ($k_y = 0,08$).

$$C_{звр} = 7500 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 0,08 = 11232 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные цели вспомогательных рабочих:

$$C_{овр} = C_{звр} \cdot 0,26, \text{ руб.} \quad (4.25)$$

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

$$C_{овр} = 11232 \cdot 0,26 = 2920,32 \text{ руб.}$$

4.2.10 Заработная плата административно-управленческого персонала

$$C_{зауп} = \sum_{j=1}^k C_{заупj} \cdot Ч_{аупj} \cdot 12 \cdot k_{рj} \cdot k_{пдж} \cdot k_y, \text{ руб.} \quad (4.26)$$

где $C_{заупj}$ – месячный оклад работника административно-управленческого персонала, руб;

$Ч_{аупj}$ – численность работников административно-управленческого персонала, чел;

$k_{пдж}$ – коэффициент, учитывающий премии и доплаты административно-управленческого персонала ($k_{пдж} = 1,2 \div 1,3$);

$k_{рj}$ – районный коэффициент ($k_{рj} = 1,3$);

k_y – коэффициент участия работника в изготовлении детали ($k_y = 0,02$).

$$C_{заупРУК} = 13700 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 1,3 \cdot 1,2 = 256464 \text{ руб.}$$

$$C_{заупСПЕЦ} = 11500 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 1,3 \cdot 1,2 = 215280 \text{ руб.}$$

$$C_{заупСПЕЦ} = (256464 + 215280) \cdot 0,02 = 9434,88 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные цели административно-управленческого персонала:

$$C_{оауп} = C_{зауп} \cdot 0,26, \text{ руб.} \quad (4.27)$$

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

$$C_{оауп} = 9434,88 \cdot 0,26 = 2453,07 \text{ руб.}$$

4.2.11 Прочие расходы

В прочие расходы 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, специальная одежда рабочих, вознаграждения за изобретательства и рационализацию и др.

Прочие расходы рассчитаем как плановые условно:

$$C_{\text{проч}} = \text{ПЗ} \cdot N \cdot 0,7, \text{руб.} \quad (4.28)$$

где ПЗ – прямые затраты единицы продукции, руб.

$$C_{\text{проч}} = 17,33 \cdot 500 \cdot 0,7 = 6065,5 \text{ руб.}$$

4.3 Экономическое обоснование технологического проекта

В разделе необходимо экономически обосновать технологический проект, т.е. сделать аналитические выводы по произведенным расчетам, также необходимо указать рыночную цену продукции и определить предполагаемую прибыль, произвести расчет рентабельности капитальных вложений и рентабельности продукции; определить критический объем реализации.

Таблица 4.5 – Смета затрат по экономическим элементам

Затраты	Сумма, руб/ед	Сумма, руб/год
Прямые затраты:		
Основные материалы за вычетом реализуемых отходов	12,57	6287,2
Заработная плата производственных рабочих	25,68	12839,33

Продолжение таблицы 4.5

Отчисления на социальные нужды по зарплате производственных рабочих	7,96	3980,19
Косвенные затраты:		
Амортизация оборудования предприятия	138,86	69430
Арендуемая плата или амортизация эксплуатируемых помещений	720	360000

Отчисления в ремонтный фонд	63,82	31910
Вспомогательные материалы на содержание оборудования	3120	1605000
Затраты на силовую электроэнергию	101,29	50642,61
Заработная плата вспомогательных рабочих	22,464	11232
Отчисления на социальные цели вспомогательных рабочих	5,84	2920,32
Заработная плата административно-управленческого персонала	18,87	9434,88
Отчисления на социальные цели административно-управленческого персонала	4,91	2453,07
Прочие расходы	12,13	6065,5

Вывод: в ходе выполнения работы по разделу ВКР «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был произведен расчет объема капитальных вложений и затрат на производство и реализацию продукции. По получившимся значениям была составлена смета затрат по экономическим элементам. Из расчетов видно, что большая часть расходов приходится на арендную плату эксплуатируемых помещений и вспомогательные материалы на содержание оборудования. Себестоимость готовой единицы продукции является низкой в связи с дешевизной материала заготовки и малой массой изделия.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Студент гр. 10А51

(Подпись)

Баранов М.А.

(Дата)

Руководитель

Ассистент ОТБ

(Подпись)

Филонов А.В.

(Дата)

Нормоконтроль,

к.т.н., доцент ОПТ

(Подпись)

Моховиков А.А.

(Дата)

5.1 Описание рабочего места работника

В ходе данного технологического процесса обрабатывается вал, входящий в конструкцию механического вытягивателя прутка.

Материалом детали является сталь 20 ГОСТ 1050-88, масса детали – 0,19 кг. Вал изготавливается на токарном станке с ЧПУ DMG STX 310 Ecoline.

В процессе работы на оператора станка действуют вредные и опасные факторы производства. К вредным относятся:

- недостаточное освещение;
- неблагоприятный производственный микроклимат;
- производственный шум;
- производственная вибрация;

- действие смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ).

К опасным относятся:

- электрический ток;
- движущиеся органы станка;
- отходы производства.

5.2 Описание вредных и опасных факторов

5.2.1 Недостаточное освещение

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

- естественное (солнечный свет);
- искусственное (используются лампы накаливания, газоразрядные лампы);
- смешанное (естественное и искусственное).

Искусственное освещение делится на:

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

Недостаточное освещение может ухудшить зрение человека, а также косвенно влияет на безопасность труда и качество продукции.

Нормальные условия работы в производственных помещениях могут быть обеспечены лишь при достаточном освещении рабочих зон, проходов, проездов. Естественное и искусственное освещение должно соответствовать требованиям СП 52.13330.2016 [24]. Величина коэффициента естественного освещения (КЕО) для различных помещений лежит в пределах 0,1...12% и определяется по формуле:

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

где E – освещенность на рабочем месте, лк;

E_0 – освещенность на улице (при среднем состоянии облачности), лк;

Для местного освещения применяются светильники, устанавливаемые на металлорежущих станках, и отрегулированные 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, где происходит технологический процесс изготовления корпуса, естественное освещение осуществляется верхним светом через световые призмы – фонари. Так как освещенность, создаваемая естественным светом, изменяется в зависимости от времени дня, года, метеорологических факторов, то для поддержания постоянного уровня освещенности применяется комбинированное освещение – естественное и искусственное. Искусственное общее освещение – лампы накаливания располагаются в верхней зоне помещения и на колоннах.

Нормативное значение освещенности при комбинированном освещении в цехе, оборудованном металлорежущими станками, составляет 2500 лк, из которых на общее освещение приходится 250 лк.

На участке предусмотрено искусственное освещение при помощи светильников типа «Универсал» с лампами накаливания, в прозрачной колбе. Для нормальной освещенности необходимо: регулярная замена вышедших из строя ламп, периодическая очистка от пыли.

5.2.2 Неблагоприятный производственный микроклимат

Неблагоприятный микроклимат на производстве может привести к ухудшению общего состояния человека и снижению производительности.

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, а летом – за счёт вентиляции.

Вентиляция – это организованный воздухообмен в помещениях. По способу перемещения воздуха вентиляция подразделяется на:

- естественную (аэрация, проветривание);
- механическую (приточная, приточно-вытяжная).

По характеру охвата помещений различают:

- общеобменную;
- местную.

По времени действия:

- постоянно действующую;
- аварийную.

Работа вентиляционной системы создает на постоянных рабочих местах метеорологические условия и чистоту воздушной среды, соответствующие действующим санитарным нормам СанПиН 2.2.4.548-96 [25].

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 минус 15 °С) и препятствует проникновению холодного воздуха.

Микроклимат производственного помещения обработки материалов резанием соответствует СанПиН 2.2.4.548-96 и ГОСТ 12.1.005-88 [26].

Таблица 5.1 – Основные параметры микроклимата

Параметр	Величина параметра					
	Оптимальная		Допустимая		Фактическая	
	ТП*	ХП**	ТП	ХП	ТП	ХП
Температура воздуха, °С	20...22	17...19	16...27	15...21	25	16

Продолжение таблицы 5.1

Относительная влажность воздуха, %	40...60	40...60	70	75	75	45
Скорость движения воздуха, м/с	0,3	0,2	0,2...0,5	Не более 0,4	0,3	0,3

*ТП – теплый период года, **ХП – холодный период года.

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

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

Фактический уровень интенсивности теплового излучения при интенсивности облучения поверхности тела от 25 до 50% – 60 Вт/м².

Вывод: параметры микроклимата участка механической обработки вала не превышают или близки к основным допустимым параметрам микроклимата. Это значит, что со стороны микроклимата производственного помещения вредного воздействия на участников технологического процесса не оказывается.

5.2.3 Производственный шум

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

Предельно допустимый уровень шума на рабочих местах установлен СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и составляет 85 Дб [27]. Шум большинства металлорежущих станков лежит в среднечастотной и высокочастотной областях – от 500 до 8000 Гц с допустимыми уровнями звукового давления от 83 до 74 дБ.

В борьбе с производственным шумом применяются методы:

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

Для снижения уровня шума на участке разрабатывается защитный экран. Экран устанавливается непосредственно вокруг металлорежущего оборудования и позволяет значительно снизить общий уровень шума на участке.

Вывод: параметры производственного шума участка обработки вала не превышают предельно допустимого уровня.

5.2.4 Производственная вибрация

Производственная вибрация может привести к развитию виброболезни.

Предельно допустимый уровень вибрационной нагрузки на оператора установлен СН 2.2.4/2.1.8.566-96 и ГОСТ 12.1.012-2004 [28,29].

Он составляет 0,16 м/с² – для виброускорения и 0,4 м/с·10⁻² – для виброскорости. Фактические значения на станке не превышают допустимых, иначе станок бы не эксплуатировался.

Для уменьшения уровня вибрации применяют виброизоляцию. Между источником и объектом помещаются упругие элементы – амортизаторы. Принцип работы опоры основан на некоторых особенностях деформации

резины: при сжатии деформация происходит за счёт изменения формы, а не объёма. С ростом нагрузки увеличивается 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, устанавливают на данных опорах. При этом станина станка должна быть достаточно жёсткой: отношение длины и ширины к высоте сечения должно быть менее 5 по ГОСТ 17712-72.

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

5.2.5 Действие смазочно-охлаждающей жидкости

Действие смазочно-охлаждающей жидкости на организм человека может проявиться в виде развития кожных заболеваний.

СОЖ выбирается, учитывая разрешение министерства здравоохранения РФ в соответствии с ГОСТ 12.3.025-80 [30]:

- МР-3 (ТУ 38.201254-76) – маловязкое минеральное масло;
- ВЕЛС-I (ТУ 38.00145843017-94) – полусинтетическая эмульсия.

Допустимая концентрация вредных веществ для здоровья человека соответствует ГОСТ 12.0.004-79. Периодичность замены СОЖ 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 СОЖ на отсутствие микробов, вызывающих кожные заболевания. Дополнительно контроль может проводиться при появлении запаха или раздражении кожи.

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

5.2.6 Электрический ток

При работе станков создаётся опасность поражения человека электрическим током, которое может привести к серьезным травмам и смерти человека. Для защиты от данного вредного фактора все станки должны быть заземлены. Все электрошкафы снабжены концевыми выключателями для исключения случайного попадания человека в зону действия электрического тока.

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

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

На участке применяются искусственные заземлители – вертикальные стальные трубы длиной 2,5 м и диаметром 40 мм. Сопротивление заземляющего устройства для электроустановок мощностью до 100 кВт должно быть не более 10 Ом.

На проектируемом участке применено контурное заземляющее устройство, которое характеризуется тем, что его одиночные заземлители размещают по контуру площадки, на котором находится заземляемое оборудование. Для связи вертикальных электродов используем полосовую сталь сечением 4×40 мм. В качестве заземляющих проводников, предназначенных для соединения заземляющих частей с заземлителями, применяют, как правило, полосовую сталь.

Сущность расчёта защитного сопротивления сводится к определению числа вертикальных заземлителей и длины соединительной полосы. Глубина заземления составляет 0,8 м, почва – суглинок.

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

$$R_3 = \frac{\rho_3}{2 \cdot \pi \cdot l_T} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot h_T}{d}\right), \text{ Ом}, \quad (5.2)$$

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

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

$l_T = 250$ см – длина трубы;

$h_T = 925$ см – глубина погружения трубы в землю, равная расстоянию по поверхности земли до середины трубы.

$$R_3 = \frac{10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 250} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot 925}{4}\right) = 43,5 \text{ Ом}.$$

Требуемое число заземлителей определяется по формуле:

$$П = \frac{R_3}{R \cdot \eta}, \text{ шт}, \quad (5.3)$$

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

$$П = \frac{43,5}{5 \cdot 0,8} = 10,88 \text{ шт}.$$

Принимаем $П = 11$ шт.

Длина соединительной полосы определяется по формуле:

$$l_{\Pi} = 1,05 \cdot a \cdot (\Pi - 1), \text{ м}, \quad (5.4)$$

где $a = 5$ м – расстояние между заземлителями.

$$l_{\Pi} = 1,05 \cdot 5 \cdot (11 - 1) = 52,5 \text{ м}.$$

Сопротивление соединительной полосы определяется по формуле:

$$R_{\Pi} = \frac{\rho_{\Pi}}{2 \cdot \pi \cdot l_{\Pi}} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot l_{\Pi}^2}{h_{\Pi} \cdot b}\right), \text{ Ом}, \quad (5.5)$$

где $b = 1,2$ см – ширина полосы;

$l_{\Pi} = 5250$ см – длина полосы;

$\rho_{\Pi} = 10^4$ Ом·см – удельное сопротивление грунта;

$h_{\Pi} = 80$ см – глубина погружения трубы в землю.

$$R_{\Pi} = \frac{10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 5250} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot 5250^2}{80 \cdot 1,2}\right) = 4,2 \text{ Ом}.$$

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

$$R_c = \frac{R_3 \cdot R_{\Pi}}{R_3 \cdot \eta_{\Pi} + R_{\Pi} \cdot \eta_3 \cdot \Pi}, \text{ Ом}, \quad (5.6)$$

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

где $\eta_{\Pi} = 0,7$ – коэффициент использования полосы.

$$R_c = \frac{43,5 \cdot 4,2}{43,5 \cdot 0,7 + 4,2 \cdot 0,8 \cdot 11} = 2,71 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}.$$

Сопротивление заземляющего устройства для установок напряжением до 1 кВ и мощностью до 100 кВт должно быть не более 10 Ом. Предельно допустимое значение заземляющего устройства зависит от характеристики электроустановки и заземляющего объекта, а также от удельного сопротивления грунта, выраженного в Ом·м. Оно должно быть в следующих пределах при использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок до 1000 В:

- при удельном сопротивлении грунта до $500 \text{ Ом} \cdot \text{м} - \frac{125}{J_p}$,
- более $500 \text{ Ом} \cdot \text{м} - \frac{0,25 \cdot \rho}{J_p}$,

где J_p – расчетная сила тока замыкания на землю, А.

Размещаем заземление по контуру и соединяем между собой соединительной полосой. В результате получено контурное заземляющее устройство с числом заземлителей $\Pi = 11$, длиной $l_{\Pi} = 52,5$ м, шириной $b = 0,012$ м и расстоянием между заземлителями $a = 5$ м. Результирующее

сопротивление по всей системе $R_c = 2,71 \text{ Ом}$, что соответствует допускаемому значению.

5.2.7 Движущиеся органы станка

Движущиеся органы станков при перемещении могут нанести травму рабочему.

Все двигающиеся части, 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 выполняются 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.

5.2.8 Отходы производства

Стружка образуется в результате обработки металлов и может привести к травме в виде порезов. Сюда можно отнести и металлическую пыль, которая попадает в дыхательные органы человека и может привести к болезням дыхательных путей.

Рабочие станочники в качестве средств индивидуальной защиты от летящей стружки и металлической пыли должны пользоваться очками и масками. Уборка стружки руками запрещена. Если уборка стружки не механизирована, то применяют крючки, щетки.

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.

5.3 Охрана окружающей среды

В процессе производства образуется большое количество отходов (стружка, металлическая пыль, отработанное масло и СОЖ и т.д.), которые при соответствующей обработке могут быть использованы, как сырьё для промышленной продукции. Водную фазу СОЖ очищают до предельно допустимой концентрации или разбавляют до допустимого содержания нефтепродуктов и сливают в канализацию.

Данное производство, т.е. разработанный технологический процесс обработки, не является вредным, нет значительных выбросов вредных

веществ, пыли в атмосферу. Выбросы соответствуют допустимым по ГОСТ 17.2.3.02-2014, поэтому их очистка не предусмотрена [31].

5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях

С целью защиты работников и территории от ЧС природного и техногенного характера, опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, предприятие создаёт и содержит в постоянной готовности необходимые защитные сооружения и организации гражданской обороны в соответствии с федеральными законами РФ от 21.12.1994 №66 «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного характера», от 12.02.1998 №28 «О гражданской обороне» и постановлением правительства РФ №620 от 10.06.1999 «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 II-92-76 [32,33]. Участок должен быть оборудован средствами пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83 [34]:

- 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 м³;
- кран внутреннего пожарного водопровода – 1 шт;
- огнетушитель углекислотный ОУ-8 – 2 шт.

На каждом участке должны быть оборудованы места для курения. На рабочих местах курить строго запрещается.

5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

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 1 м; ширина между штабелями должна быть не менее 0,8 м. Освобождающуюся тару и упаковочные материалы необходимо своевременно удалять с рабочих мест, в специально отведённые места.

5.6 Заключение по разделу «Социальная ответственность»

В данном разделе были рассмотрены опасные и вредные факторы, возникающие в процессе изготовления изделия по разработанному технологическому процессу, влияющие на здоровье, самочувствие работающего и безопасность труда. Для предотвращения поражения электрическим током было разработано контурное заземляющее устройство. Также были предложены следующие мероприятия по защите от вредных и опасных факторов:

- для улучшения освещённости рабочих мест предложено применение искусственных источников освещения;
- от механических повреждений стружкой, станки оборудованы стружкопылеприёмниками с вытяжной вентиляцией, рабочие используют защитные очки и маски;
- для защиты от шума предложено применение защитных экранов и использование специальных наушников.

Условия труда на рассматриваемом участке являются достаточно комфортными и безопасными, что способствует снижению показателей травматизма, а так же благоприятствует повышению производительности труда.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана конструкция механического вытягивателя прутка для токарного станка с ЧПУ Okuma ESL08. Основами разработки стали литературный и патентный анализ барпуллеров, выпускаемых фирмами-производителями в настоящее время, а также обзор устройств-аналогов, элементы конструкций которых были использованы в разрабатываемом вытягивателе прутка. По результатам анализа была предложена конструкция механического вытягивателя прутка и принцип его работы. Конечным этапом данной работы стало проектирование сборочного чертежа разработанного барпуллера.

В технологической части был разработан технологический процесс обработки вала, входящего в конструкцию разработанного вытягивателя прутка. Для данного вала был выбран способ получения заготовки, составлен технологический маршрут обработки, выбраны средства технологического оснащения, рассчитаны припуски на обработку, режимы резания и нормирование операций.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был произведен расчет себестоимости вала, входящего в конструкцию разработанного барпуллера, при заданном объеме производства.

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены опасные и вредные факторы, влияющие на здоровье и самочувствие работающего. Были разработаны мероприятия по защите от них. В целом, условия труда на рассматриваемом участке являются достаточно комфортными и безопасными, что способствует снижению показателей травматизма, а также благоприятно влияет на повышение производительности труда.

Список использованных источников

1. Податчик прутка GT326 – Барфидеры LNS GT326 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oboronkomplekt.ru/p354576968-podatchik-prutka-gt326.html/>. – (Дата обращения: 25.02.2019 г.).
2. Загрузочные устройства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://soldream-spb.com/shop/zagruzochnye-ustroystva/>. – (Дата обращения: 25.02.2019 г.).
3. Барфидеры – Подающие устройства для прутковых заготовок для токарных станков. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stankoimpuls.ru/stati/barfidery/>. – (Дата обращения: 25.02.2019 г.).
4. Барфидер – Биржа оборудования ПроСтанки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.prostanki.com/board/item/29490/>. – (Дата обращения: 25.02.2019 г.).
5. Автоподатчик прутка Fedek DH65L (барфидер) цена, купить с доставкой, отзывы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rustan.ru/node/34660/>. – (Дата обращения: 25.02.2019 г.).
6. Вытягиватель прутка и приспособления, станочный инструмент – купить со склада лучший выбор по выгодной цене в Москве | Нашаоснастка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://нашаоснастка.рф/catalog/stanochnaya_osnastka/vytyagivatel_prutka/. – (Дата обращения: 25.02.2019 г.).
7. Вытягиватель прутка (барпуллер) купить со скидкой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://abamet-shop.ru/catalog/osnastka-dlya-tokarnyh-stankov/instrumentalnaya-din-69880/vytyagivatelyi-prutka/>. – (Дата обращения: 25.02.2019 г.).
8. Вытягиватель прутка (барпуллер) автоматический от СОЖ – heimatec – Ost [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://heimatec-ost.ru/17.htm/>. – (Дата обращения: 25.02.2019 г.).
9. Вытягиватель прутка (барпуллер) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://armadaprom.ru/vytjagivatel-prutka-barpuller.html/>. – (Дата обращения: 25.02.2019 г.).
10. TSCHORN | Устройства привязки на станке каталог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tme-osnastka.ru/tschorn-izmeritelnyy-instrument-i-osnastka.html/>. – (Дата обращения: 25.02.2019 г.).
11. Базовые статические блоки VDI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://armadaprom.ru/bazovye-staticheskie-bloki-vdi.html/>. – (Дата обращения: 25.02.2019 г.).
12. Купить барпуллер в Москве недорого с доставкой, лучшая цена [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://edmmarket.ru/catalog/barpuller/>. – (Дата обращения: 25.02.2019 г.).
13. Токарные патроны для станков – виды, нюансы выбора различных токарных патронов. Кулачки для токарных патронов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stankomach.com/o-kompanii/articles/tokarnyj-patron.html/>. – (Дата обращения: 28.05.2019 г.).

14. Токарные патроны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://stanki-katalog.ru/sprav_st_85.htm/. – (Дата обращения: 28.05.2019 г.).
15. Патроны токарные: классификация, описание и назначение патронов для токарных станков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.frrm.ru/articles/tokarnye-patrony/>. – (Дата обращения: 28.05.2019 г.).
16. Приводной инструмент для токарных станков с ЧПУ: разновидности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vseochpu.ru/privodnoj-instrument-dlya-tokarnyh-stankov-s-chpu/>. – (Дата обращения: 28.05.2019 г.).
17. Преимущества револьверных головок с приводным инструментом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.perytone.ru/about/stati/2947/>. – (Дата обращения: 28.05.2019 г.).
18. ПРИВОДНЫЕ БЛОКИ VDI (VERTEX) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://archive.sendpulse.com/shc4c/e1fa612d/>. – (Дата обращения: 28.05.2019 г.).
19. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т1/ Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
20. Основы технологии машиностроения/ Основные понятия / Нормирование технологических процессов [Электронный ресурс] URL:// http://osntm.ru/normir_tpr.html // (Дата обращения: 20.04.2019 г.).
21. Методические указания по выполнению экономической части выпускной квалифицированной работы для студентов механико-машиностроительного факультета. – Юрга: ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2006. – 24 с.
22. Международный центр Интернет-торговли ALL.BIZ / Россия / Товары России / Промышленность / Станки и оборудование металлообрабатывающие / Металлообрабатывающие станки / Станки [Электронный ресурс] URL: <https://ru.all.biz/stanki/> (Дата обращения: 20.05.2019).
23. Станочный мир / Справочник / Станки советские, российские, импортные - справочная информация [Электронный ресурс] URL: <https://stanok-kpo.ru/> (Дата обращения: 20.05.2018).
24. Строительные нормы и правила: СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение [Текст]: нормативно-технический материал. – М.: [б.и.], 1995. – 76 с.
25. Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [Текст]: нормативно-технический материал. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2001. – 20с.
26. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 95 с.
27. Санитарные нормы: СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой

- застройки [Текст]: нормативно-технический материал. – М.: Минздрав России, 1996. – 18 с.
28. Санитарные нормы: СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий [Текст]: нормативно-технический материал. – М.: Минздрав России, 1997. – 14 с.
29. ГОСТ 12.1.012-90. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 31 с.
30. ГОСТ 12.3.025-80. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Обработка металлов резанием. Требования безопасности [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 15 с.
31. ГОСТ 17.2.3.02-78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1978. – 11 с.
32. Санитарные нормы и правила: СНиП II-2-80. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений [Текст]: нормативно-технический материал. – М.: Стройиздат, 1981. – 14 с.
33. Санитарные нормы и правила: СНиП II-92-76. Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий [Текст]: нормативно-технический материал. – М.: Стройиздат, 1976. – 35 с.
34. ГОСТ 12.4.009-83. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 11 с.