

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

Школа: Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки: 15.04.01 Машиностроение
Отделение школы (НОЦ) Материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка технологии изготовления деталей насос-дозатора с применением операции дорнования

УДК 621.65-189.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM82	Овчаренко Максим Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Якимова Т.Б.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сечин А. И.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	д.т.н.		

Томск – 2020 г.

Планируемые результаты освоения ООП
**«Автоматизация технологических процессов и производств в
машиностроении»**

Код	Результат обучения*	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
P1	Способность применять гуманитарные, естественнонаучные, математические и инженерные знания при создании новых конкурентоспособных технологий изготовления деталей и сборки машин с применением компьютерных технологий	ОПК-1, ОПК-5, УК-1 ФГОС ВО 3+ и проект ФГОС ВО 3++, СУОС ТПУ Потребности российских предприятий машиностроительного комплекса.
P2	Способность разрабатывать методики и организовывать проведение теоретических и экспериментальных исследований в области технологии машиностроения с использованием новейших достижений науки и техники.	ОПК-3, ОПК-11, ОПК-12, УК-1, УК-2, УК-3 ФГОС ВО 3+ и проект ФГОС ВО 3++, СУОС ТПУ Потребности российских предприятий машиностроительного комплекса.
P3	Способность подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, методическую документацию, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения, проводить обучающие семинары, лабораторные или практические занятия со студентами	ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-6, ОПК-9, ОПК-10 ФГОС ВО 3+ Потребности российских предприятий машиностроительного комплекса.
P4	Способность выполнять и обосновывать инженерные проекты для создания сложных конкурентоспособных изделий машиностроения и технологий их производства, в том числе с использованием современных CAD/ CAM/ CAE продуктов.	ОПК-5, ОПК-6, УК-1 ФГОС ВО 3+ и проект ФГОС ВО 3++, СУОС ТПУ Потребности российских предприятий машиностроительного комплекса.

P5	<p>Готовность обеспечивать прогрессивную эксплуатацию оборудования и других средств технологического оснащения автоматизированного производства изделий машиностроения, осваивать и совершенствовать технологические процессы изготовления новых конкурентоспособных изделий, обеспечивать их технологичность.</p>	<p>ОПК-11 ФГОС ВО 3+ Потребности российских предприятий машиностроительного комплекса. 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам. Зарегистрировано в Минюсте России 21 марта 2014 г. N 31692 40.001 Специалист по патентоведению. Зарегистрировано в Минюсте России 21 ноября 2013 г. N 30435 28.002 Специалист по контролингу машиностроительных организаций. Зарегистрировано в Минюсте России 23 сентября 2015 г. N 38979 28.008 Специалист по инжинирингу машиностроительного производства. Зарегистрировано в Минюсте России 21 марта 2017 г. N 46069 28.001 Специалист по проектированию технологических комплексов механосборочных производств. Зарегистрировано в Минюсте России 10 июля 2015 г. N 37972 28.003 Специалист по автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства. Зарегистрировано в Минюсте России 24 сентября 2015 г. N 38991 40.013 Специалист по разработке технологий и программ для станков с числовым программным управлением. Зарегистрировано в Минюсте России 04 мая 2017 г. N 46603 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства. Зарегистрировано в Минюсте России 10 мая 2017 г. N 46667 40.083 Специалист по компьютерному проектированию технологических процессов. Зарегистрировано в Минюсте России 29 января 2015 г. N 35787</p>
		<p>40.100 Специалист по инструментальному обеспечению механосборочного производства. Зарегистрировано в Минюсте России 13 августа 2015 г. N 38513</p>

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

Школа: Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки (специальность) 15.04.01 Машиностроение
Отделение школы (НОЦ) материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Арляпов А.Ю.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
4AM82	Овчаренко Максиму Александровичу

Тема работы:

Разработка технологии изготовления деталей насос-дозатора с применением операции дорнования

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№ 59-118/С от 28.02.20

Срок сдачи студентом выполненной работы:
--

31.05.20

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Данная работа направлена на изучение и разработку технологии изготовления деталей насос-дозатора с применением операции дорнования. Объектом исследования является плунжерная пара насос-дозатора

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Литературный обзор 2. Формулировка задач 3. Технологическая часть 4. Конструкторская часть 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6. Социальная ответственность
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Исследовательский	Арляпов Алексей Юрьевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Якимова Татьяна Борисовна
Социальная ответственность	Сечин Александр Иванович
Английский язык	Кобзева Надежда Александровна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Анализ конструкций и принцип работы насос-дозаторов	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.09.2018
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов Алексей Юрьевич	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ82	Овчаренко Максим Александрович		

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

Группа	ФИО
4АМ82	Овчаренко Максим Александрович

Школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 «Машиностроение»

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

<p>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических; энергетических; финансовых; информационных и человеческих;</p> <p>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов;</p> <p>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.</p>	<p>1. Объект устройство дозирования препаратов и реагентов.</p> <p>2. Ресурсы ТПУ (производственная площадка, лаборатория). Конкуренты: «Etatron», «Ареопаг».</p> <p>4. Методические указания по проведению сравнительного анализа с конкурентами (оценочная карта технических решения).</p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ;</p> <p>2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок;</p> <p>3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.</p>	<p>1. Оценка потенциальных потребителей; SWOT-анализ; оценка готовности проекта к коммерциализации.</p> <p>2. Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости разработки, расчет бюджета.</p> <p>3. Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения разработки.</p>
---	---

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Карта сегментирования рынка
2. Оценочная карта
3. Матрица SWOT
4. Календарный план-график

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ82	Овчаренко Максим Александрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Группа	ФИО
4АМ82	Овчаренко Максим Александрович

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Машиностроение

Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка технологии изготовления деталей насос-дозатора с применением операции дорнования»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объектом исследования является насос-дозатор, изготовление деталей которого происходит с применением конструируемого приспособления Рабочее место: учебная аудитория, с рабочим местом и ПК</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 СанПиН 2.2.4.548-96 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 ГОСТ 12.1.003-2014 СН 2.2.4/2.1.8.566-96 СП 52.13330.2016 ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ ГОСТ Р 22.0.07-95
2. Производственная безопасность 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействию	Вредные факторы: 1. Отклонение показателей микроклимата 2. Превышенный уровень шума 3. Превышенный уровень вибрации 4. Недостаточная освещенность рабочей зоны 5. Психофизиологические факторы Опасные факторы: 1.Повышенное напряжение в электрической цепи, замыкание которой, может произойти через тело человека
3. Экологическая безопасность	Предусмотреть утилизацию люминесцентных ламп, макулатуры, оргтехники.
4.Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС на рабочем месте: Взрыв Обрушение здания Авария на энергетических сетях Наиболее вероятные ЧС: Возникновение пожара
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12 апреля 2019

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин Александр Иванович	Доктор технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ82	Овчаренко Максим Александрович		

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация содержит пояснительную записку, состоящую из 86 страниц. Включает в себя 23 рисунка и 5 таблиц. Процент заимствования составляет ... (приложение Б).

Ключевые слова: насос-дозатор, дорнование, технология изготовления, плунжер, хромирование

Объектом исследования является насос-дозатор предназначенный для дозирования жидкостей в малых объёмах.

Целью магистерской диссертации является разработка технологии изготовления деталей насос-дозатора с применением операции дорнования.

В результате исследования разработана конструкция для дорнования цилиндра плунжерной пары, стенд для испытания на износ, разработаны технологические процессы изготовления корпуса насос-дозатора.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В работе приняты следующие определения:

Насос-дозатор - Насос, предназначенный для точного дозирования заданного объема продукта. Применяются в пищевой, косметической, фармацевтической, химической и других отраслях промышленности.

Технология изготовления процесс осуществления технологических операций по обработке материальных ресурсов и превращению их в детали с последующей сборкой в изделие

В работе приняты следующие нормативные ссылки:

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).
2. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
4. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
5. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
6. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
7. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданиях.
8. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
9. Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех направлений и специальностей ТПУ. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 20 с.
10. ГОСТ 12.0.003 – 2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

11. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

12. ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.

13. СНиП 21-01-97* Пожарная безопасность зданий и сооружений.

Оглавление

Введение.....	14
1. ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	15
1.1 Виды насос-дозаторов	15
1.2 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ НАСОС-ДОЗАТОРОВ	21
1.2.1 Анализ технологичности плунжера	21
1.2.2 Анализ технологичности цилиндра	22
1.2.3 Сверление	23
1.2.4 Развертывание	24
1.2.5 Растачивание и шлифование	25
1.2.6 Протягивание	25
1.2.7 Хонингование.....	26
1.2.8 Доводка (Притирка).....	28
1.2.9 Дорнование.....	29
1.3 Анализ выбора материала, режимов термообработки и покрытия	33
1.3.1 Хромирование	34
1.4 Формулировка задач исследования	38
1.5 Методика проведения экспериментов	39
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	45
2.1 Технология изготовления цилиндра плунжерной пары	45
3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	48
3.1 Конструкция и принцип работы приспособления для дорнования	48
3.1.1 Описание работы установки.....	49
3.2 Конструкция и принцип работы приспособления для испытания	50
3.2.1 Конструктивная схема.....	50
3.2.2 Принцип работы	51
3.2.3 Программирование	51
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	54
4.1. Общие сведения о научно-техническом исследовании	54
4.1.1. Предпроектный анализ.....	54
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	55
4.1.3. SWOT-анализ	56
4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	58
4.3. Планирование научно-исследовательских работ	59
4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования	59
4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ	60
4.3.3. Расчет материальных затрат НТИ.....	63
4.3.4. Основная заработная плата исполнителей	64
4.3.5. Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	67
4.3.6. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями.....	68
4.3.7. Накладные расходы	69

4.3.8. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	69
4.4. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	70
4.5. Выводы по главе.....	72
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	73
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности труда	74
5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны сотрудника офисного помещения) правовые нормы трудового законодательства	74
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	74
5.2 Производственная безопасность.....	75
5.3 Анализ вредных и опасных факторов:.....	77
5.3.1. Анализ показателей микроклимата.....	77
5.3.2. Анализ показателей шума.....	80
5.3.3. Анализ показателей вибрации.....	80
5.3.4. Анализ освещенности рабочей зоны.....	81
5.3.5. Анализ психофизиологических факторов.....	83
5.3.6. Анализ электробезопасности.....	84
5.4 Экологическая безопасность	86
5.4.1 Люминесцентные лампы.....	87
5.4.2 Макулатура.....	87
5.4.3 Оргтехника	88
5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях (ЧС).....	89
Заключение по разделу социальная ответственность.....	92
Заключение.....	93
Список литературы.....	94
Приложение А.....	96

Введение

Актуальность темы исследования.

Насосы-дозаторы нашли широкое применение в отрасли фармакологии с целью точного дозирования лекарств. Что, в свою очередь, диктует повышение требования к точности и качеству изготовления деталей, применяемых в таких устройствах, а также необходимость увеличения срока службы. Данная работа направлена на оптимальный выбор сочетаний материала, термообработки и покрытия для изготовления деталей насос-дозатора.

Проблема: Наиболее трудоемкой деталью в плунжерной паре является цилиндр, в котором предъявляются высокие требования к точности размеров, формы и шероховатости поверхности.

Объект исследования: Плунжерная пара насос-дозатора.

Предмет исследования: Технология изготовления цилиндра плунжерной пары.

Цель: Разработать методику выбора материала, термообработки и покрытия плунжерной пары насос-дозатора.

1. ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

В данном разделе рассмотрены проблемы и способы решения, которые касаются дозирования жидкостей малых объемов в фармакологии.

Цель данного раздела: провести комплексный анализ технологических проблем в изготовлении деталей насос дозатора.

Задачи информационно-аналитического обзора:

- Анализ существующих конструкций и принцип работы насос дозаторов;
- Анализ технологичности изготовления деталей плунжерного насос-дозатора.

Для точного дозирования жидкостей в фармакологии применяются насос-дозаторы. Жидкости, с которыми дозирующий насос работает, могут быть самыми разными: эмульсии, суспензии, жидкости разной вязкости, нейтральные или токсические, чистые или грязные, агрессивные.

Важность точного дозирования в процессе изготовления фармакологических препаратов неоспорима, только так можно обеспечить эффективное лечение. При неточном дозировании препарата в капсуле, организм человека не получает необходимого количества вещества или получает его в избытке. Оба сценария могут оказаться губительными, нарушая качество лечения.

Особенно это актуально для жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов [2].

1.1 Виды насос-дозаторов

Дозирующий насос перистальтического типа работает с вязкими жидкостями. При помощи шлангов жидкость впрыскивается в дозирующую линию. Механическое воздействие на шланг обеспечивает перистальтику жидкости. Существует два вида таких насосов-дозаторов — шланговые и трубочные. Трубочные чаще всего используются в пищевой промышленности, поскольку исключают химическую реакцию полимеров, из которых они изготовлены, с проводимыми жидкостями. Шланговые насосы применяются для агрессивных жидкостей с твердыми включениями.



Рисунок 1.1 – дозирующий насос перистальтического типа

Перистальтические насосы имеют ряд преимуществ:

- герметичность
- износ шлангов (трубок), а не самого изделия, при контакте с проводимым материалом
- реверс
- низкий уровень шума
- легкость и простота эксплуатации и обслуживания

Основной недостаток — необходимость постоянного контроля за шлангами/трубками и частая их замена по мере естественного износа.

Мембранные (диафрагменные) насосы-дозаторы работают с вязкими и абразивными жидкостями (например, гидравлические жидкости в гидросистемах экскаваторов). Единственный подвижный элемент в таких насосах — это мембрана, которая действует под влиянием привода (механический, пневматический или гидравлический). Колеблясь, мембрана создает разрежение или высокое давление в рабочей камере. Тем самым она вытесняет жидкость в дозирующую магистраль.

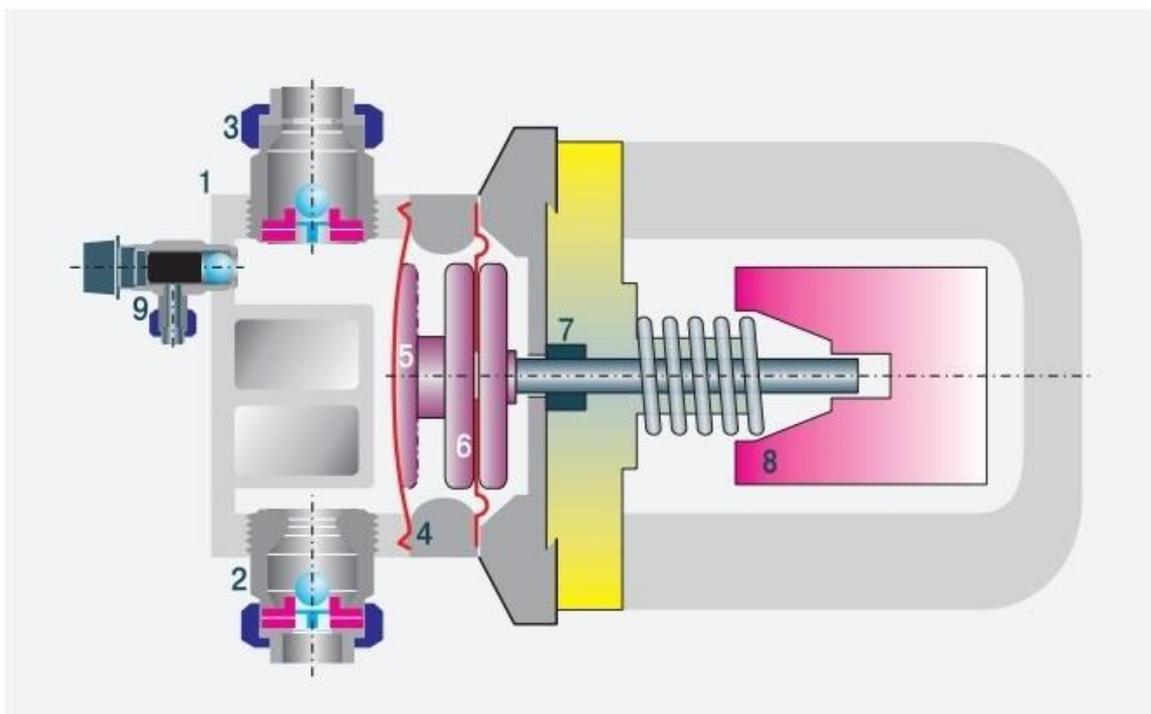


Рисунок 1.2 – Дозирующий насос мембранного типа

*1 – корпус рабочей камеры; 2 – всасывающий клапан; 3 – клапан нагнетания;
4 – рабочая мембрана; 5 – толкатель; 6 – вспомогательная мембрана;
7 – поршень; 8 – привод.*

Преимущества данного вида насосов:

- конструкция насоса исключает попадание грязи в рабочую жидкость
- изделие устойчиво к коррозии и жестким материалам
- универсальность

Недостатки: невысокая точность в дозировке, частые повреждения мембраны, невысокая производительность [1].

Плунжерный насос-дозатор применяется для работы с любыми объемами жидкости и создания большого давления в магистрали. Чаще всего такие насосы применяются для токсических и агрессивных жидкостей.

Принцип работы: за счет поступательного движения поршня создаётся разрежение в полости под ним, в которую засасывается жидкость из подводящего (всасывающего) трубопровода. При обратном движении поршня на всасывающем трубопроводе закрывается клапан, предотвращающий протечку жидкости обратно, и

открывается клапан на нагнетательном трубопроводе, который находился в закрытом состоянии в процессе всасывания. В него вытесняется жидкость, которая находилась под поршнем, и процесс повторяется. Среди плунжерных дозирующих насосов есть множество типов: автоматические, ручные, многоплунжерные, многоцилиндровые, вакуумные и др.

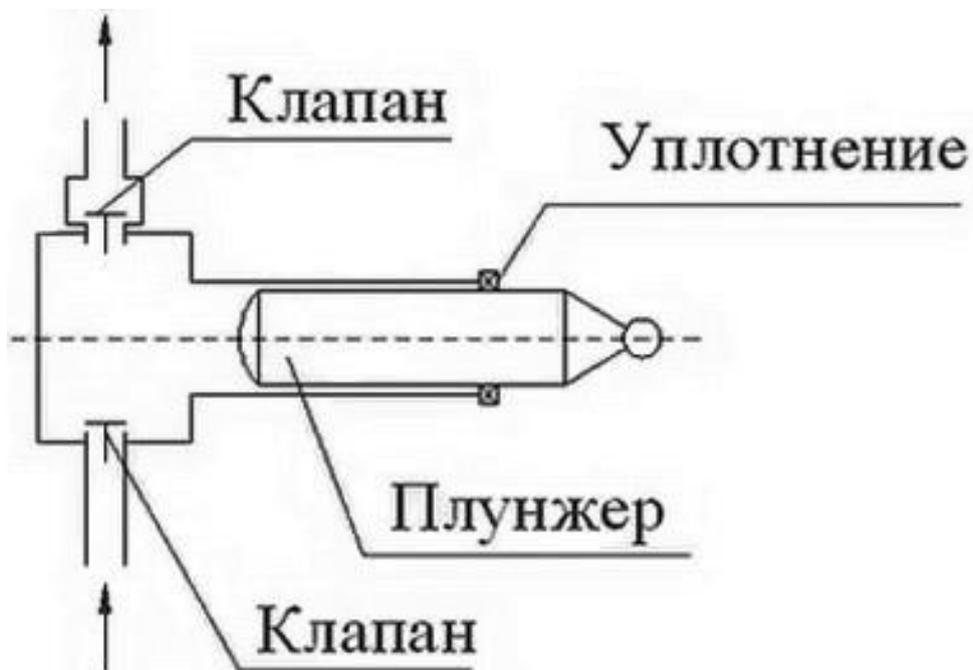


Рисунок 1.3 – устройство механического плунжерного насос-дозатора

Преимущества:

- высокая точность дозировки перекачиваемой воды или другой жидкости.
- небольшое рабочее пространство камеры нагнетания. Это сокращает потери дорогостоящих химических реагентов при их дозировании, к тому же позволяет изготавливать корпус камеры нагнетания из стойких к коррозии материалов, которые способны выдерживать контакт практически с любой агрессивной средой, при незначительном удорожании.
- возможность увеличения или уменьшения рабочего пространства камеры нагнетания путем регулировки длины хода поршня [3].

Наиболее подходящим к требованиям заказчика по точности и устойчивости к коррозии является именно насос-дозатор плунжерного типа.

В данной работе выполняются исследования плунжерного насоса

конструкции, применяемой в АО Микроген «Вирион» (рис. 1.4.).

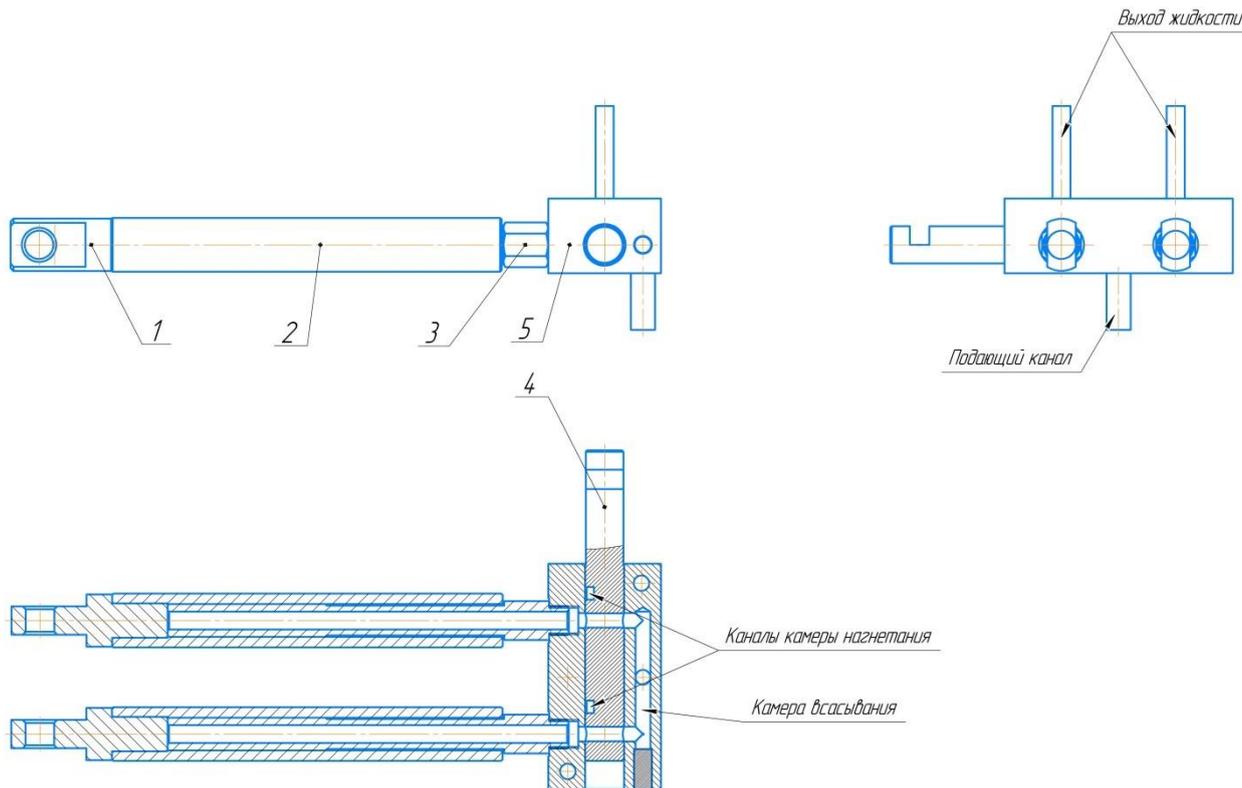


Рисунок 1.4 – сборочная схема дозатора, 5 мл.

1-ухо, 2-корпус дозатора, 3-плунжер, 4- золотник, 5- корпус золотника.

Плунжерный насос состоит из золотникового гидрораспределителя и двух дозаторов. Принцип действия оборудования основан на возвратно-поступательном движении корпусов рабочих камер 2 относительно плунжеров 3. В результате в них попеременно создаются стадии разрежения и нагнетания. В первом случае происходит процесс всасывания жидкости в камеру из подающего канала. Во втором – насос создает давление среды для напорной линии. Управление данным процессом осуществляется с помощью золотникового гидрораспределителя, состоящего из корпуса золотника 5 и золотника 4, который периодически открывает и закрывает всасывающий и нагнетательный трубопроводы.

На рис. 1.5 приведена конструкция плунжерной пары с указанием посадок сопрягаемых деталей - цилиндра и плунжера. Из рисунка видно, что допуск на зазор в плунжерной паре составляет 4 мкм, посадочный диаметр равен 11мм, а глубина отверстия в цилиндре составляет 130 мм. Если предположить что допуски на изготовление цилиндра и плунжера сделать равными, то допуск на изготовление

цилиндра диаметром 11 мм, глубиной 130 мм должен составлять 2 мкм. Столь высокие требования к точности отверстия существенно повышают затраты на изготовление цилиндра плунжерной пары. В силу этих обстоятельств, распределение допуска на зазор необходимо выполнять таким образом, что бы удешевить стоимость изготовления цилиндра, например, допуск на изготовление цилиндра будет составлять 3 мкм, а допуск на изготовление плунжера - 1 мкм. Другой путь удешевления затрат на изготовление плунжерной пары, это применение селективной сборки при производстве серии плунжерных насосов.

В следующем разделе выполним анализ технологичности цилиндра и плунжера.

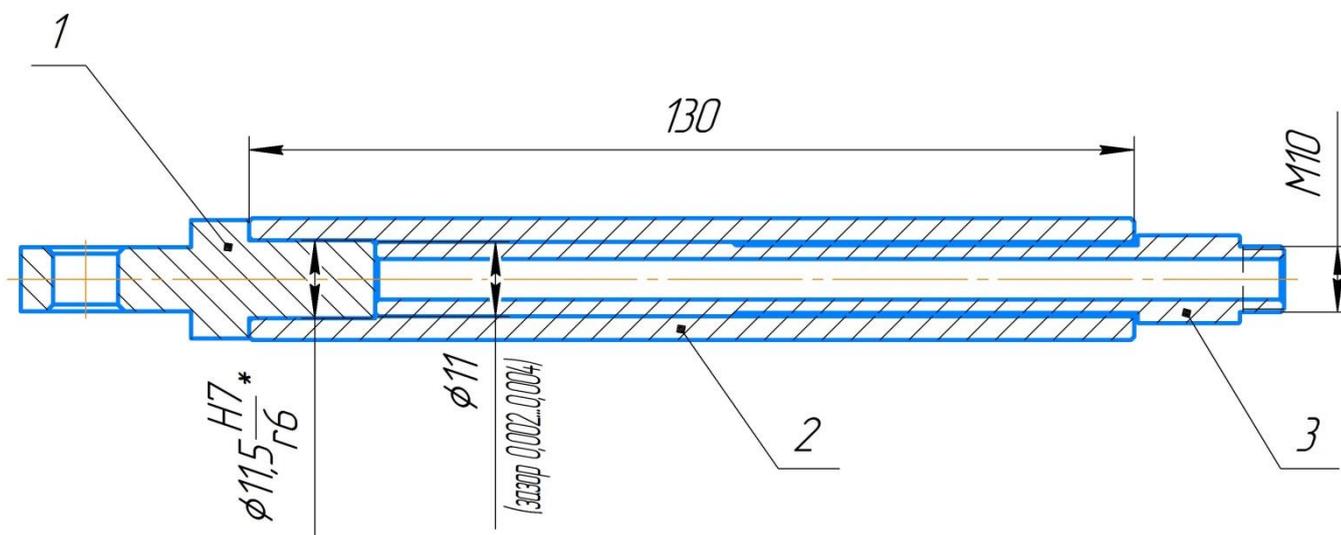
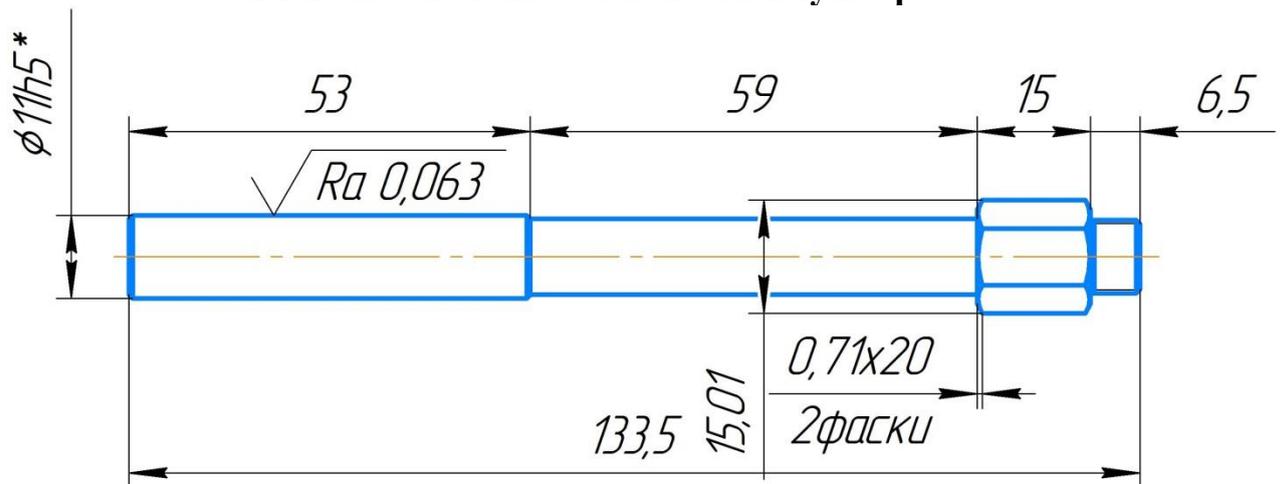


Рисунок 1.5 – плунжерная пара

1 – ухо дозатора; 2 – корпус дозатора; 3 - плунжер .

1.2 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ НАСОС-ДОЗАТОРОВ

1.2.1 Анализ технологичности плунжера



1. *Материал 95X18*

2. *HRC 48-54*

3. * *Размер выполнить по цилиндру плунжерной пары с зазором 0,002...0,004.*

Детали применять совместно.

Рис. 1.6 – плунжер

Чертеж плунжера приведен на рисунке 1.6

Приведем факторы, влияющие на технологичность изготовления плунжера:

- Длина плунжера больше диаметра в 12 раз, что свидетельствует о недостаточной жесткости его конструкции. Из-за низкой жесткости будет снижена производительность токарной и шлифовальной операции, а термическую операцию, предусмотренную в технических требованиях чертежа (Рис. 1.6) необходимо выполнять с вертикальным расположением оси плунжера для уменьшения термических поворотов.
- В конструкции плунжера из-за высоких требований к объёму дозируемой жидкости недопустимо центровое отверстие на левом торце. По этой причине при изготовлении плунжера, придется либо использовать бесцентровый шлифовальный станок, либо заготовку сделать длиннее на величину ложного центра, который впоследствии должен быть удален.
- Применение в качестве материала 95X18 снижает технологичность

детали из-за высокой прочности и плохой обрабатываемости резанием.

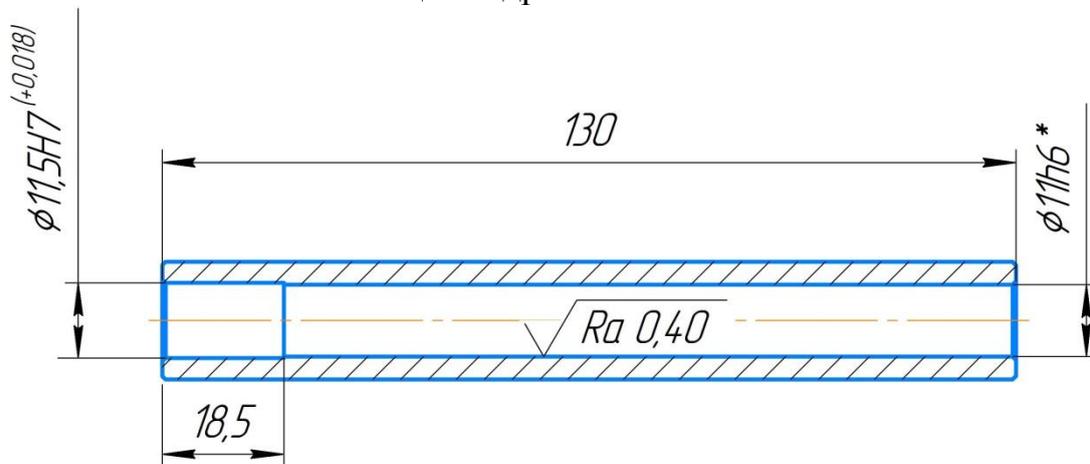
Маршрут технологии изготовления плунжера приведен в таблице ниже:

Таблица 1.1 – Маршрут технологии изготовления плунжера

№ операции	Наименование операции
010	Токарная
020	Токарно-фрезерная
030	Термическая
040	Слесарная
050	Круглошлифовальная
060	Контрольная
070	Доводочная

Плунжер является более технологичным, чем цилиндр, вследствие чего не будет рассмотрена подробная технология изготовления плунжера.

1.2.2 Анализ технологичности цилиндра



1. Материал 95X18

2. HRC 48 - 54

3. * Размер выполнить по плунжеру с зазором 0,002...0,004. Детали применять совместно.

Рис. 1.7 – цилиндр плунжерной пары

Чертеж цилиндра приведен на рисунке 1.7

К не технологичным параметрам цилиндра относятся:

- Основным нетехнологичным элементом цилиндра является точное

глубокое отверстие относительно небольшого диаметра.

- Достаточно большая длина детали, для уменьшения термических поводов требует выполнения термообработки с вертикальным расположением оси цилиндра.
- Применение в качестве материала 95X18 снижает технологичность детали из-за высокой прочности и плохой обрабатываемости резанием.

Ниже рассмотрены методы получения обработки отверстий, применимые в технологии изготовления плунжерных пар.

Для получения глубокого отверстия малого диаметра в сплошном материале рассмотрим сверление спиральными сверлами удлиненной серии и сверление ружейными сверлами. Для последующей обработки полученных отверстий рассмотрим технологические возможности таких методов как развертывание, растачивание, протягивание, дорнование, шлифование, хонингование и доводочная операция.

1.2.3 Сверление

При отношении глубины отверстия к диаметру больше 5, т.е. $L/D > 5$, отверстие считается глубоким[21]. В нашем случае это отношение больше 12.

Сверление таких отверстий может быть выполнено спиральным сверлом удлиненной серии[20], достигаемая точность диаметра соответствует 11 - 12 качеству, а шероховатость поверхности Ra 10 – 20 мкм. Для уменьшения увода и искривления оси отверстия, сверление лучше выполнять с вращением детали или со встречным вращением детали и инструмента, что может быть реализовано на токарном станке. Данный метод получения отверстия является достаточно грубым и требует закладывать достаточно большую величину припуска на последующую обработку для обеспечения параметров, указанных в чертеже цилиндра.

Наиболее точными методами получения отверстия в сплошном материале являются сверление ружейными сверлами и сверлами БТА. Ружейные сверла применяют для сверления отверстий диаметром от 0.5 до 30 мм, а сверлами типа БТА можно получать отверстия от 6 до 180 мм.[21] Оба метода обеспечивают

минимальный увод оси отверстий, который составляет от 0.01 до 0.03 на 100 мм длины. При сверлении как ружейными, так и сверлами БТА точность диаметра соответствует 8 – 9 качеству, а шероховатость поверхности для отверстий, полученных ружейными сверлами находится в диапазоне по параметру Ra от 0.32 до 1.25 мкм, а для отверстий полученных сверлами БТА – Ra колеблется в диапазоне от 1.25 до 2.5 мкм.[21]

К недостаткам этих методов следует отнести высокую стоимость режущего инструмента и необходимость использования специального оборудования (станки для глубокого сверления или универсальные станки, оснащенные станцией подачи СОЖ под высоким давлением и др.).

1.2.4 Развертывание

Процедуре развертывания подвергаются отверстия, которые предварительно были получены в детали при помощи сверления. Обеспечивая точность 6 – 8 качество, а шероховатость по параметру Ra от 0,32 до 2.5 мкм. Окончательный параметр шероховатости после развертывания существенно зависит от шероховатости после сверления. Развертки делятся на черновые и чистовые, также они могут быть ручными или машинными.

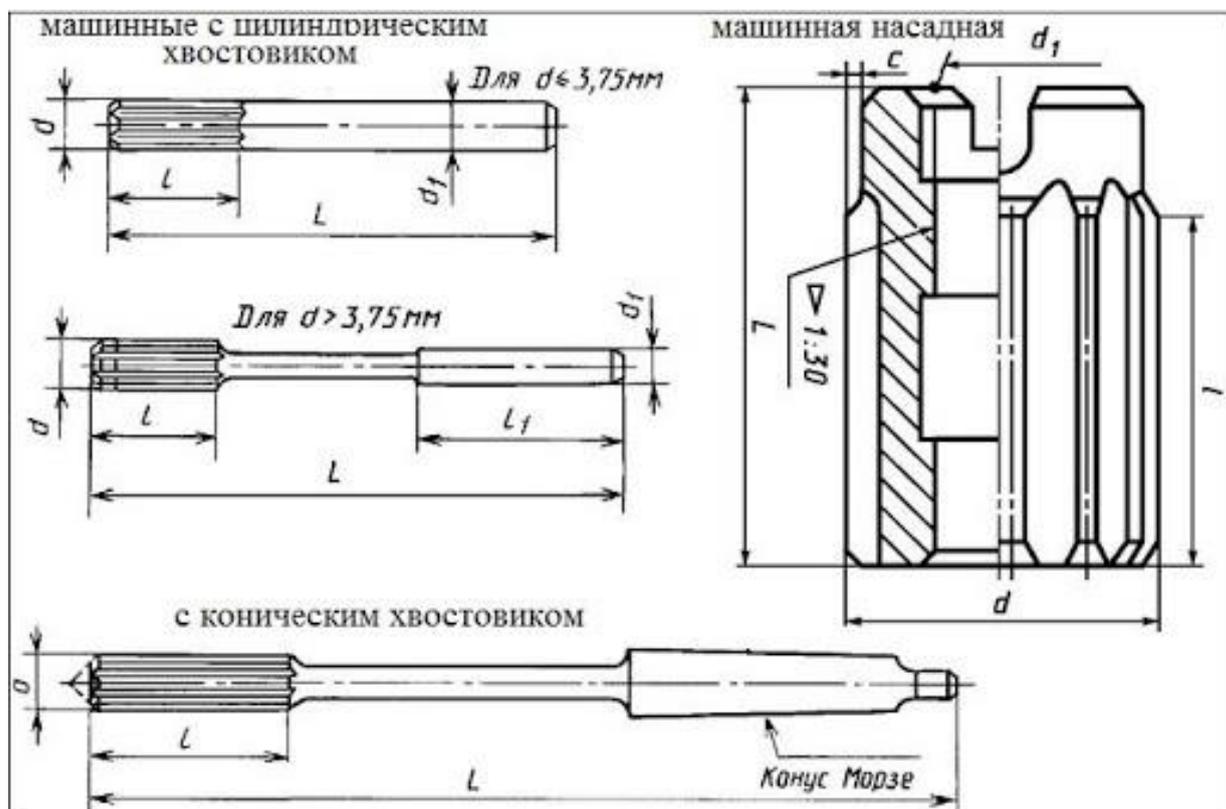


Рисунок 1.8 – Развертки

Развертывание глубоких отверстий не исправляет увод оси и его кривизну. Данный метод может быть применен в комбинации со сверлением для повышения точности отверстия, но не будет являться окончательным, так как не обеспечивает технических требований указанных на чертеже цилиндра.

1.2.5 Растачивание и шлифование

Растачивание и шлифование широко применяют для исправления оси просверленного отверстия относительно коротких заготовок и обеспечения высокой точности диаметра. Для обработки отверстий в цилиндре плунжерной пары из-за большой глубины и малого диаметра как операция растачивания, так и шлифования становятся либо невыполнимыми, либо низкопроизводительными. По этой причине эти методы не рассматриваются подробно в данной работе.

1.2.6 Протягивание

Протягивание применяют для обработки отверстий от 3 до 100 мм, при этом глубина отверстий может превышать 100 диаметров, точность диаметральных размеров составляет от 7 до 9 качества, шероховатость поверхности по параметру Ra колеблется от 0.63 до 1.25 мкм.

При протягивании глубоких отверстий требуется достаточно большой объем стружечной канавки, что бы поместить удаляемый металл, из – за чего существенно растет длина активной части протяжки. По этой причине, для более эффективного отвода стружки применяют протяжки с винтовым зубом[21].

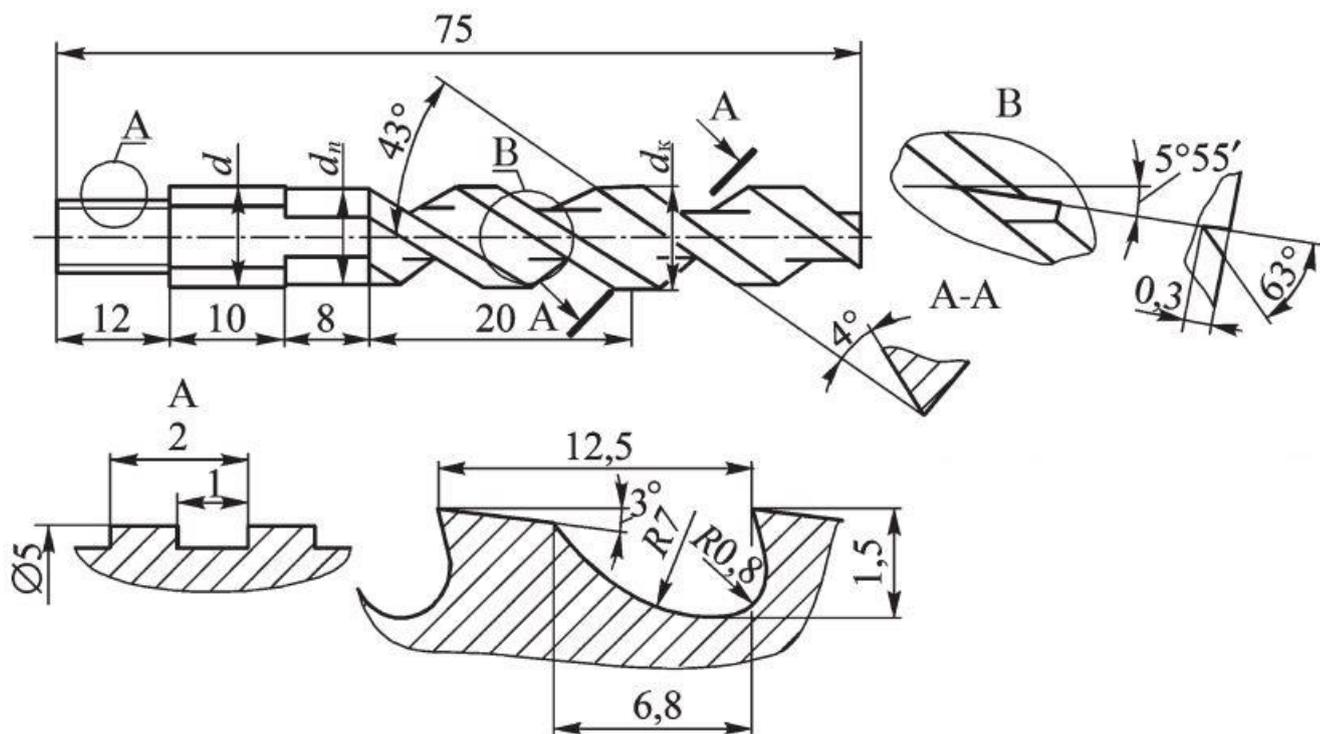


Рис. 1.9 – Протяжка винтовая

Так же в ряде случаев для уменьшения длины протяжки могут применять комплект из 2 – 3 протяжек. Необходимо отметить что протяжка является специальным инструментом, что естественно сказывается на ее высокой стоимости, а кроме того для протягивания необходимо иметь протяжной станок.

1.2.7 Хонингование

Хонингование применяют для обработки отверстий диаметром от 1 до 1500 мм, длиной до 25000 мм. Точность диаметральных размеров после хонингования колеблется от 5 до 6 качества, а шероховатость по параметру Ra от 0.08 до 0.32 мкм. Для обработки глубоких отверстий хонингованием применяют как одно- так и многобрусковые хонинговальные головки.

Для обработки цилиндров плунжерной пары наиболее подходящим является однобрусковая хонинговальная головка представленная на рисунке 1.10 [21]

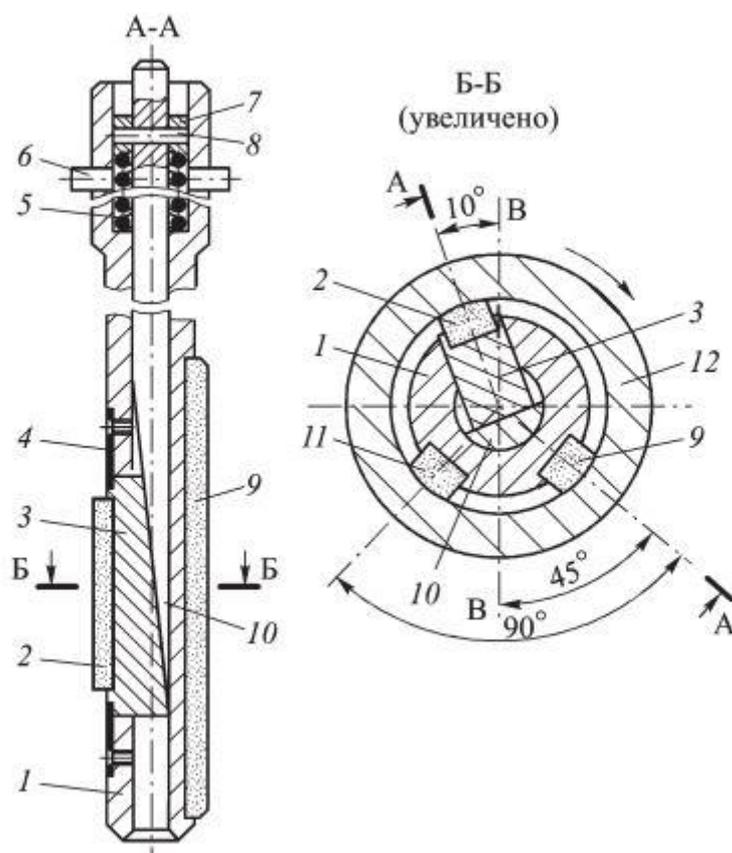


Рис 1.10 – Хонинговальная головка для обработки глубоких отверстий диаметром 5...25 мм.

Процесс хонингования заключается в обработке поверхности несколькими хонинговальными брусками, помещенными в пластмассовые колодки, разжимаемые в процессе возвратно-поступательного и вращательного движения инструмента (хона). Последний связан с шпинделем хонинговального станка посредством шарнира так, чтобы хон мог самоустанавливаться по обрабатываемой поверхности.

Припуск на хонингование может составлять от 0,01 до 0,2 мм в зависимости от диаметра отверстия и способа предшествующей хонингованию обработки. В качестве охлаждающе-смазывающей жидкости при хонинговании применяют керосин с примесью минерального масла.

Ввиду ряда достоинств этого процесса хонингование широко распространено для отделки цилиндров различных машин, посадочных поверхностей зубчатых колес и т. п.

1.2.8 Доводка (Притирка)

Доводка — отделочная операция механической обработки, которая может применяться как с целью подгонки деталей, работающих в паре (например, клапан — седло клапана), так и с целью обеспечения высокой точности размеров, формы и малой высоты неровностей. Достигаемая точность может соответствовать 3 – 5 качеству, а шероховатость поверхности по параметру R_a от 0.02 до 0.1. В ходе операции с обрабатываемой поверхности детали снимается слой материала с помощью абразивных зерен, свободно распределённых в пасте или суспензии. Притирочная паста или суспензия наносится на поверхность инструмента — притира. Операция сводится к многократным относительным перемещениям притира — и детали или обеих деталей совместно с абразивным материалом. Притир исправляет форму детали в пределах допуска и уменьшает шероховатость поверхности..

Пасты и суспензии для притирки изготавливают из различных абразивных материалов, таких как карбид кремния, окись алюминия, карбид бора, кубический нитрид бора (эльбор), алмаз. Выбор абразива и размер зерна зависят от типа и твёрдости обрабатываемого материала и требований к конечному результату обработки.

Зернистость M20—M40 служит для предварительной доводки поверхностей до шероховатости $R_a = 0,16-0,63\text{ мкм}$, M10—M14 — для получистовой доводки до $R_a = 0,04-0,08\text{ мкм}$, M1—M3 — для окончательной доводки до $R_a = 0,02-0,04\text{ мкм}$.

В технологии доводки основную роль играют притиры. Притир должен быть жёстким и износостойким, чтобы сохранять форму и точность рабочей поверхности. Притиры изготавливают из чугуна, стали, меди, бронзы, стекла, керамики, алюминия, нержавеющей стали, твёрдых пород дерева, композитных материалов. Наибольшее распространение имеют притиры из чугуна. Сталь применяется для изготовления тонких длинных притиров, стекло — для особо точной притирки, композитные притиры используются в основном с алмазной суспензией, для обработки изделий из твёрдых сплавов.

В зависимости от вида обработки, изготавливают притиры для черновой и чистовой доводки. Притиры для черновой обработки имеют канавки, в которых

задерживается притирочная паста или смесь и отходы обработки. Притиры для чистовой обработки каналов не имеют. При доводке плоских поверхностей используют плоские притиры-плиты, при доводке цилиндрических и конических поверхностей — круглые притиры.

Притиры для доводки отверстий изготавливают в виде втулок, насаженных на оправки. Притиры бывают регулируемые и нерегулируемые. Регулируемые имеют разрезную рубашку с внутренним конусом конусностью 1:50 и разжимное устройство, которое при перемещении конуса увеличивает диаметр притира. Начальный диаметр притира обычно на 0,005—0,03 мм меньше диаметра обрабатываемого отверстия. Длина рабочей поверхности притира составляет: для сквозных отверстий 1,2—1,5 глубины обрабатываемого отверстия, а для глухих— меньше его глубины. Основным недостатком этой операции является высокая трудоемкость процесса. В ряде случаев, операция является незаменимой и для снижения ее трудоемкости необходимо уменьшать припуск на эту операцию за счет повышения точности обработки на предыдущей, но более простой и производительной операции. Такой операцией может быть дорнование.

1.2.9 Дорнование

Дорнование (деформирующее протягивание, прошивание) состоит в холодном пластическом деформировании заготовки при поступательном перемещении через отверстие с некоторым натягом специального инструмента. При этом обеспечивается повышение точности отверстий, интенсивное сглаживание микронеровностей и упрочнение поверхностного слоя; после дорнования на оптимальном режиме в поверхностном слое формируются сжимающие остаточные напряжения [7, 8, 9, 10, 11,12].

В качестве инструмента при дорновании используют стальные и твердосплавные шары, однозубые и многозубые прошивки и протяжки (рисунки 1.11). Рабочая часть зубьев прошивок и протяжек в большинстве случаев оформляется в виде двух усеченных конусов, соединенных цилиндрической ленточкой.

К основным параметрам процесса дорнования относится суммарный натяг и натяг на зуб или число циклов деформирования. Эти параметры, определяя

напряженно-деформированное состояние заготовки, оказывают решающее влияние на результат обработки. С увеличением суммарного натяга и уменьшением натяга на зуб повышается точность и качество поверхностного слоя отверстий [11, 14, 15].

Важное влияние на процесс дорнования оказывает применяемый смазочный материал, устраняющий схватывание инструмента с заготовкой и обеспечивающий снижение деформирующего усилия, повышение точности и качества поверхности [14, 15]. При обработке заготовок из углеродистых и малолегированных конструкционных сталей в качестве смазочного материала рекомендуется использовать жидкости на масляной основе МР-1, МР-2, МР-3, МР-7. При дорновании отверстий в заготовках из нержавеющей, высоколегированных сталей и сплавов применяются специальные смазочные материалы на основе эпоксидных смол и твердых наполнителей типа графита, дисульфида молибдена, нитрида бора и др. [15].

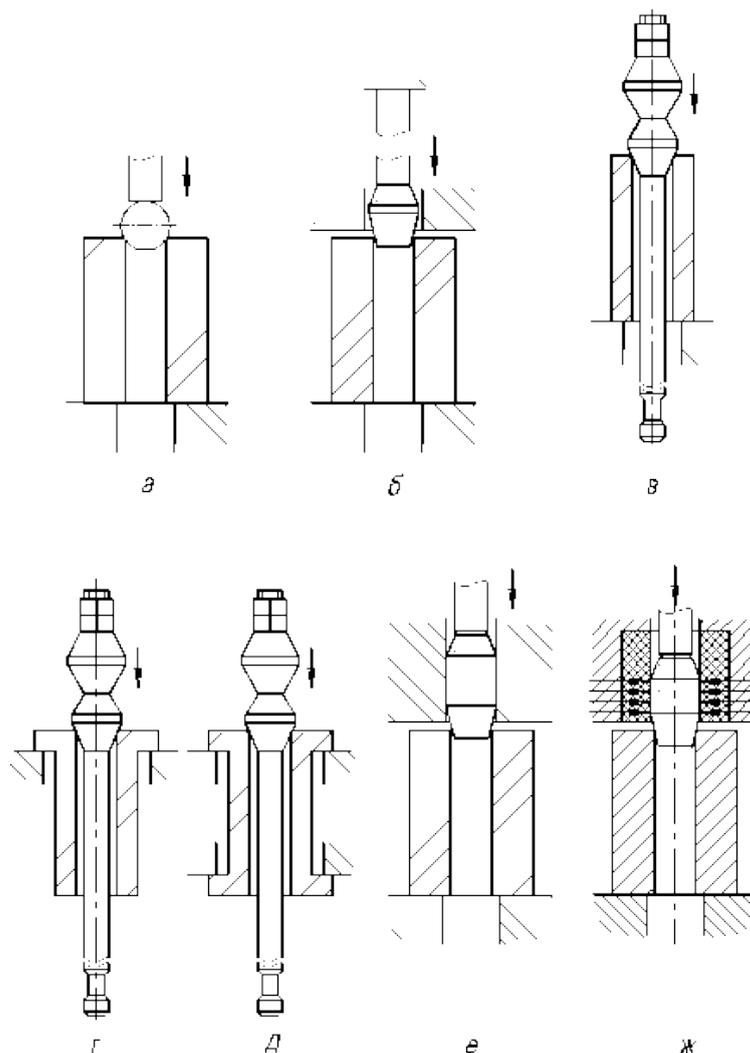


Рисунок 1.11. Схемы дорнования отверстий:

a – шаром (со сжатием заготовки); *б* – консольно закрепленной однозубой прошивкой (со сжатием заготовки); *в* – многозубой протяжкой (со сжатием заготовки); *г* – многозубой протяжкой (с растяжением заготовки); *д* – многозубой протяжкой (с осевым заневоливанием заготовки); *е* – однозубой перемещаемой толкателем прошивкой, размещенной с зазором в направляющей втулке (со сжатием заготовки); *ж* – однозубой перемещаемой толкателем прошивкой, размещенной с натягом в направляющей втулке (со сжатием заготовки)

В целом дорнование позволяет [15] обеспечить высокую точность отверстий, получить очень малую шероховатость поверхности значительно упрочнить поверхностный слой (рост микротвердости достигает 130...260%), создать в этом слое сжимающие остаточные напряжения, наибольшая величина которых близка к пределу текучести материала заготовки. Из литературы следует, что наиболее эффективным методом для обработки глубоких отверстий малого диаметра является схема, представленная на рисунке 1.11(ж) Точность обработки отверстий малого диаметра при двуцикловом дорновании может достигать 6 – 7 качества. Сложностью процесса является передача усилия от толкателя к дорну, для обработки коротких отверстий жесткости толкателя вполне достаточно, что бы осуществлять процесс без его поддержки, а для обработки длинных заготовок, жесткости становится недостаточно, толкатель изгибается и теряет устойчивость.

Для дорнования глубоких отверстий диаметром $d \leq 1\text{мм}$ существует приспособление с пластинчатыми направляющими для толкателя прошивки [22].

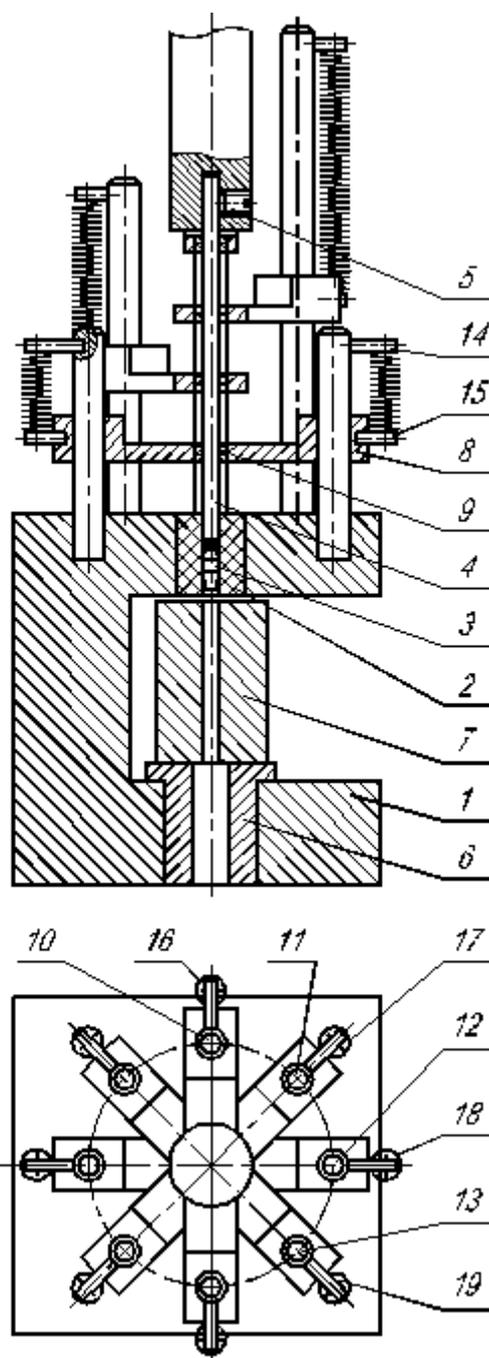


Рис. 1.12 – Устройство для дорнования глубоких отверстий малого диаметра с пластинчатыми направляющими для толкателя

Конструктивная схема этого приспособления показана на рис. 1.12. Оно состоит из корпуса 1, в верхнюю часть которого запрессована направляющая втулка 2. В ней с натягом размещена прошивка 3 и с зазором – толкатель 4, закрепленный винтом 5 в штоке пресса. В нижнюю часть корпуса 1 запрессована опорная втулка 6, на которую устанавливается обрабатываемая заготовка 7 (приспособление для ее установки на рис. 1.12 не показано). Для поддержания толкателя служат пластины 8 с запрессованными в них втулками 9 из

эластичного антифрикционного материала с центральным отверстием, в котором толкатель установлен с натягом. Пластины 8 по концам содержат бобышки с отверстиями, которыми они свободно установлены на запрессованные в корпус 1 колонны 10, 11, 12 и 13. Причем каждая пара этих колонн, несущая пластину 8, размещена в различных проходящих через ось толкателя 4 плоскостях. На штырях 14 и 15, запрессованных соответственно в верхнюю часть колонн 10, 11, 12 и 13 и бобышки пластин 8, смонтированы возвратные пружины 16, 17, 18 и 19.[22]

Выше были рассмотрены методы обработки отверстия, которые могут быть использованы для обработки отверстий в цилиндре плунжерной пары.

Технология изготовления цилиндра будет приведена ниже, в технологическом разделе.

Обеспечение точности отверстия без корректного выбора материала, термообработки и подбора покрытия не обеспечит высокие эксплуатационные характеристики плунжерной пары.

1.3 Анализ выбора материала, режимов термообработки и покрытия

В конструкции насос-дозатора компании АО Микроген «Вирион» материал для цилиндра и плунжера – сталь 95X18 (HRC 48-54). Необходимо подчеркнуть что к насосу-дозатору применяемому для розлива лекарств предъявляются требования к сертификации используемых материалов. Материалы плунжерной пары должны обладать в первую очередь высокими антикоррозионными свойствами. К таким материалам относятся стали с высоким содержанием хрома. Второе свойство, которым должны обладать материалы плунжерной пары – износостойкость. Для повышения износостойкости материала в некоторых случаях применяют термообработку, при этом содержание углерода в стали значительно влияет на твердость после термообработки.

Анализируя рекомендации к изготовлению деталей плунжерной пары остается не ясным, почему твердость должна составлять 48-54 HRC, хотя технологии изготовления данных деталей позволяют достичь твердости 60 HRC, что

существенно увеличивает твердость.

При изучении конструкции насос-дозатора производства Южной Кореи предоставленного компанией АО Микроген «Вирион» установлено что плунжер и цилиндр выполнены из незакаленной коррозионностойкой стали марки AISI 304, являющаяся аналогом стали 12X18H10T, а для обеспечения износостойкости цилиндр и плунжер покрыты хромом. Данный вариант сочетания нетермообработанной нержавеющей стали и износостойкого покрытия представляется более технологичным, так как исключаются термические поводки и возможно снижается трудоемкость доводочной операции, но для окончательного выбора материала покрытия и требования термообработки необходимо провести сравнительные испытания.

1.3.1 Хромирование

На сегодняшний день хромирование - один из самых распространённых видов покрытий. Его применяют для защиты металлических изделий от коррозии, износа, налипания на поверхность контактирующих материалов.

В зависимости от технологии нанесения и режимов хромовые покрытия достигают микротвёрдости до 70 HRC.

Даже несмотря на малую толщину слоя, хром значительно повышает их коррозионную стойкость изделия и придает поверхности красивый блестящий внешний вид. Изделия, покрытие хромом, имеют высокую твердость и износостойкость, низкий коэффициент трения, высокую жаростойкость и хорошую химическую устойчивость. И что очень важно - хром обеспечивает деталям высокий ресурс в любых условиях эксплуатации. Поэтому хромирование широко применяют для повышения твердости и износостойкости различного мерительного и режущего инструмента, трущихся деталей приборов и машин.

Толщина хромового покрытия в зависимости от назначения изделий может находиться в диапазоне от 5 до 350 мкм и более.

Хромовые покрытия отличаются высокой твёрдостью и износостойкостью по сравнению с другими покрытиями, что обеспечивает широкое использование

хромирования при упрочнении и ремонте деталей.

Хромирование деталей позволяет:

- повысить срок службы оборудования,
- экономить на ремонте.

Еще наиболее важные свойства хромовых покрытий - их низкая смачиваемость (низкая адгезия к другим материалам) и низкий коэффициент трения, которые позволяют существенно снизить налипание обрабатываемого материала к поверхности изделия.

Технология гальванического хромирования

Качество получаемого хромового покрытия зависит от соотношения количества хромового ангидрида и серной кислоты. Величина его должна быть 100:1. Уменьшение отношения (50:1) приводит к ухудшению рассеивающей и кроющей способности. Чтобы обеспечить хорошую прочность сцепления, необходимо выдержать детали в ванне без тока, чтобы они приняли температуру электролита и в начальный момент хромирования дать так называемый «толчок тока» на 0,5-1 мин, повысив плотность тока в 2-3 раза по сравнению с рабочей, а затем плавно снизить ее до нормального значения.

Увеличение трехвалентного хрома в электролите приводит к ухудшению качества покрытия, которые становятся темными и хрупкими. Примеси железа влияют примерно так же, как и трехвалентный хром. Очень вредной примесью является азотная кислота. При содержании ее в количестве 1 г/л необходимо значительно повышать плотность тока, а при увеличении - нормальное проведение процесса хромирования уже невозможно.

При хромировании применяют аноды из чистого свинца или сплава свинца с 4-6% сурьмы. В последнее время популярность приобретает использование анодов из платинированного титана. Аноды изготавливают из стержней диаметром 10-15 мм или листов. Растворимые аноды применять нецелесообразно, так как хром растворяется преимущественно в виде трехвалентных ионов. Отношение между поверхностью анодов и катодов должно находиться в пределах от 1:2 до 2:3. Свинцовые аноды в процессе работы покрываются слоем хромовокислого свинца, затрудняющего работу. В перерывах между работой аноды вынимают из ванны и

погружают в воду. Аноды из платинированного титана в такой чистке не нуждаются.

Существует большое количество добавкой в электролиты хромирования, как стандартные, так и саморегулирующиеся, которые значительно повышают кроющую и рассеивающую способности электролита. В основе добавок лежат неорганические или органические компоненты, одни добавки повышают скорость осаждения, другие - повышают микротвёрдость или коррозионную стойкость хромовых покрытий. Универсальных добавок нет, поэтому приходится подбирать технологию исходя из требований к конечной продукции и её условиям эксплуатации.

Гальваническое производство является одним из наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды, главным образом поверхностных и подземных водоемов, ввиду образования большого объёма сточных вод, а также большого количества твердых отходов, особенно от реагентного способа обезвреживания сточных вод.

По этой причине в данной работе для нанесения хрома на поверхность использовали метод физического осаждения покрытий в вакууме (PVD), который является более экологичным методом.

В основе PVD-методов, как правило, лежит испарение (распыление) вещества в вакуумной камере, с последующей ионизацией частиц, ускорением в электрическом (магнитном) поле в направлении к покрываемой поверхности и их конденсацией на этой поверхности в присутствии реакционного газа. При этом перевод твердого вещества в металлический пар может осуществляться катодным пятном вакуумной дуги (вакуумно-дуговое испарение, рис. 1.13, *а*); ионным пучком (магнетронное распыление, рис. 1.13, *б*); электронным пучком (электронно-лучевое испарение, рис. 1.13, *в*) при температуре 500...600 °С.

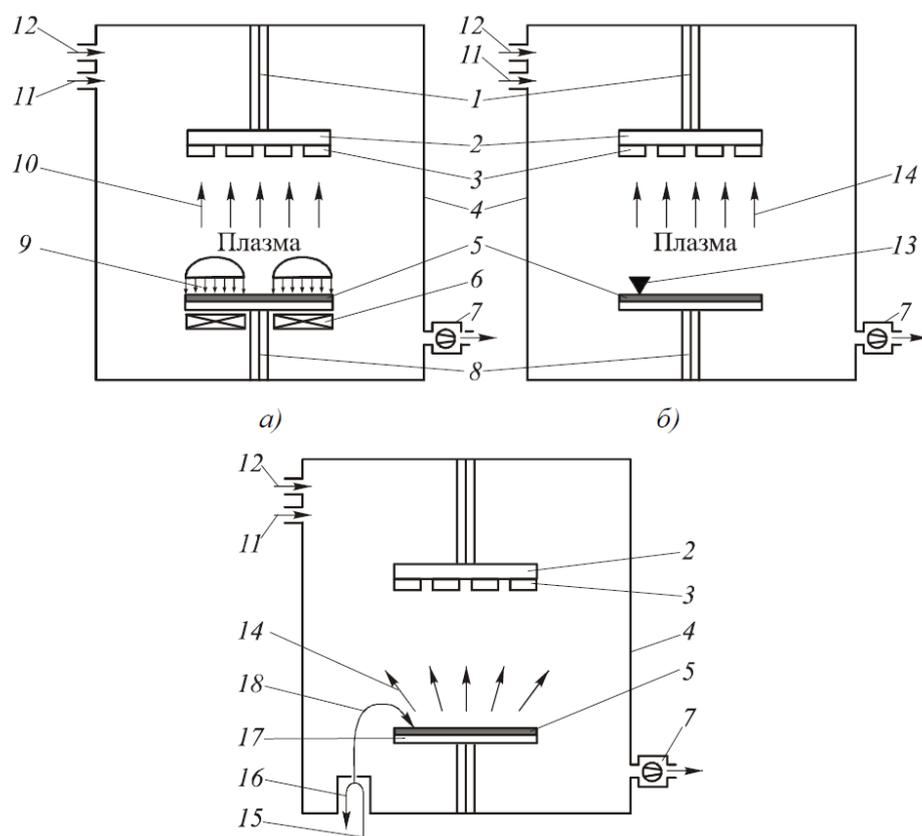


Рис. 1.13 - Принципиальные схемы нанесения покрытий на детали PVD-методами:

а – магнетронным распылением; б – вакуумно-дуговым испарением; в – электронно-лучевым испарением;

1 – подача напряжения смещения; 2 – держатель инструментов; 3 – инструмент; 4 – вакуумная камера; 5 – осаждаемый материал; 6 – магнитная система для магнетронного распыления; 7 – вакуумный насос; 8 – подача разрядного напряжения; 9 – ионный пучок; 10 – распыленный материал; 11 – реакционный газ; 12 – инертный газ; 13 – катодное пятно; 14 – испаренный материал; 15 – подача ускоряющего напряжения; 16 – термокатод; 17 – тигель; 18 – электронный луч

PVD хромирование:

Вакуумный конденсат хрома по декоративным и триботехническим свойствам практически не отличается от известного всем покрытия из гальванического хрома. А значит, вакуумное хромирование может быть предложено в качестве альтернативы гальваническому покрытию хромом.

Преимущества PVD (вакуумного) хромирования:

- Экологическая чистота и возможность переработки
- Обеспечивает равномерное осаждение
- Наносится при низкой температуре
- Позволяет наносить многослойные покрытия
- Регулируемая толщина покрытия: полупрозрачное, непрозрачное, большая толщина
- Не образуется вредных отходов
- Обладает отличными функциональными возможностями: ВЧ прозрачность, экранирование электромагнитных помех, полупрозрачность
- Высокая повторяемость
- Устойчивость к фтору, хлору и другим агрессивным веществам
- Высокие адгезия покрытия и твердость
- Очень высокая коррозионная стойкость

1.4 Формулировка задач исследования

На основании информационно-аналитического обзора были сформулированы следующие задачи:

- На базе насос-дозатора АО Микроген «Вирион» (г. Томск), представленного на рисунке 1.4, разработать методику экспериментальных исследований износостойкости плунжерной пары.
- Детально проработать технологию изготовления цилиндра с применением операции дорнование.
- Разработать конструкцию приспособления для дорнования отверстия в цилиндре плунжера.
- Разработать конструкцию устройства для испытаний износостойкости плунжерной пары.

1.5 Методика проведения экспериментов

Для исследований изготовлены три варианта сочетаний материала, термообработки и покрытия цилиндра по 10 образцов:

- 1) Материал 12X18H10T. Без термообработки. С нанесением хрома.
- 2) Материал 95X18. Термообработка до 38-42 HRC. С нанесением хрома.
- 3) Материал 95X18. Термообработка до 58-61 HRC. Без нанесения хрома.

Во всех образцах, изготовленных для проведения экспериментов, выполнены радиусные фаски (Рис. 1.14). Это необходимо для предотвращения увеличения толщины покрытия из-за повышения плотности тока на острых краях.

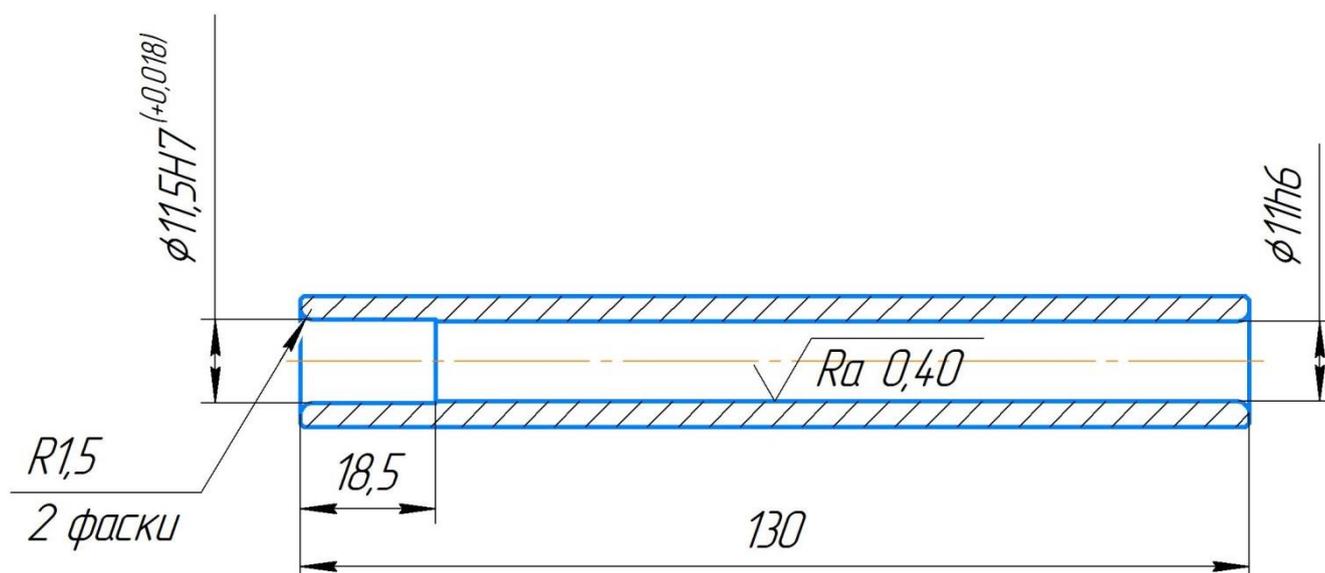


Рисунок 1.14 Корпус дозатора

Отверстия были выполнены с использованием ружейного сверла фирмы Votek диаметром 11 мм и длиной 200мм на станке с числовым программным управлением GOODWAY GLS 1500. Данный станок оснащен специальной станцией для подачи СОЖ под высоким давлением.



Рисунок 1.15 Станок с числовым программным управлением GOODWAY GLS 1500.

Для определения размеров внутренних поверхностей деталей и точности их формы использовали нутромер фирмы «Carl Zeiss Jena» (Германия), снабженным индикаторной головкой с ценой деления 0,002 мм. Измерения диаметра отверстий проводили в двух поперечных сечениях образцов. В каждом из этих сечений измеряли диаметры в двух взаимно перпендикулярных направлениях.



Рисунок 1.16 Общий вид нутромера повышенной точности «Carl Zeiss Jena»

Затем для повышения точности диаметра и формы отверстия, уменьшения высоты неровности поверхности была применена операция дорнование.

Для дорнования полученных глубоких отверстий малого диаметра разработали приспособление, конструктивная схема которого подробно описана в конструкторском разделе, и использовали технологическую схему обработки, показанную в технологическом разделе (табл. 2.4) . В соответствии с этой схемой дорнование отверстий осуществляется поочередно перемещаемыми толкателем однозубыми прошивками (дорнами), диаметры которых равны 11,12 и 11,14 мм. Дорн размещается с натягом в направляющей втулке. Такая технологическая схема в сочетании специальных установочных приспособлений позволяет обеспечить надежное базирование заготовки и снизить до минимума перекосы и изгиб прошивки при входе в обрабатываемое отверстие.

После дорнования, заготовки из материала 95Х18 будут подвержены термообработке по режимам, обеспечивающим твердость 58-61HRC и 38-42HRC, последний режим для увеличения износостойкости будет комбинирован последующим хромированием. Для цилиндров, полученных из 12Х18Н10Т, технология была несколько иная, так как они не подвергаются термообработке. Для этих заготовок дорнование является дополнительным плюсом, потому что после этой операции упрочняется поверхностный слой цилиндров. После дорнования, так же как и заготовки из материала 95Х18, цилиндры были подвержены хонингованию минуя термообработку. Припуск, который был снят хонингованием, сохранит упрочненный слой после дорнования. Далее, на заготовки из 12Х18Н0Т наносится хром.

Прежде чем выполнять хромирование образцов цилиндров и плунжеров, выполнили тестовое хромирование втулок. Это необходимо для определения возможности нанесения покрытия. Из литературы известно, что имеются сложности по нанесению покрытия на поверхности глубоких отверстий малого диаметра, однако, это скорее относится к гальваническим покрытиям, но для проверки хромирования наших изделий методом PVD на автоматизированной установке ВПТ 010.(рис. 1.18 и рис. 1.19) были изготовлены тестовые втулки (Рис. 1.17) разной

глубины из стали 12X18Н10Т. Указанные образцы были обработаны аналогично образцам цилиндров плунжера, по технологии, описанной в технологическом разделе, и подвергнуты хромированию. Размеры после дорнования, притирки и нанесения покрытий приведены в таблицах 1.2, 1.3, 1.4.

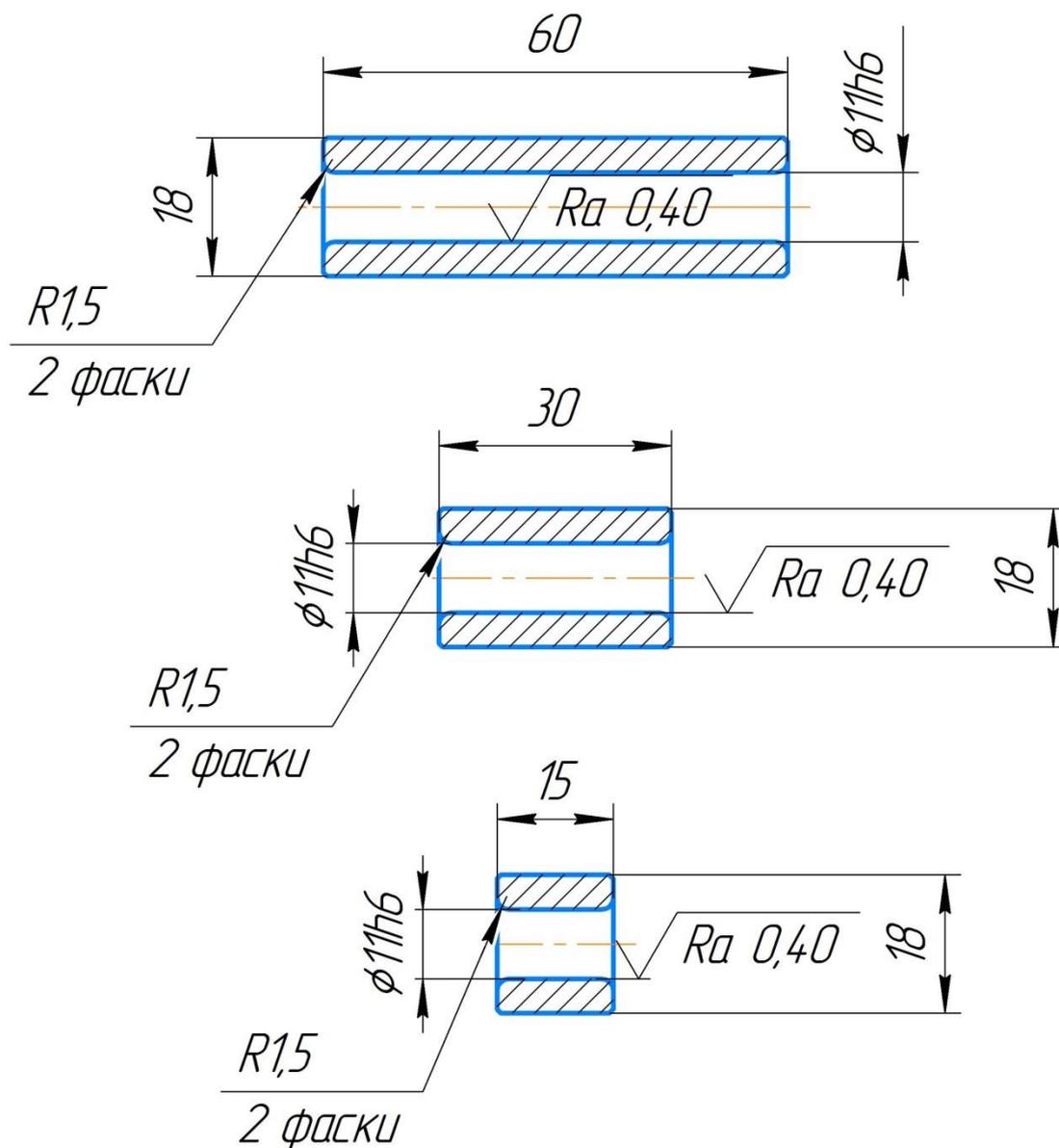


Рис. 1.17 – образцы для испытания покрытия



Рис. 1.18 - установка ВПТ 010

Подготовленные образцы помещались в вакуумную камеру, напротив хромового катода (рис.1.19).

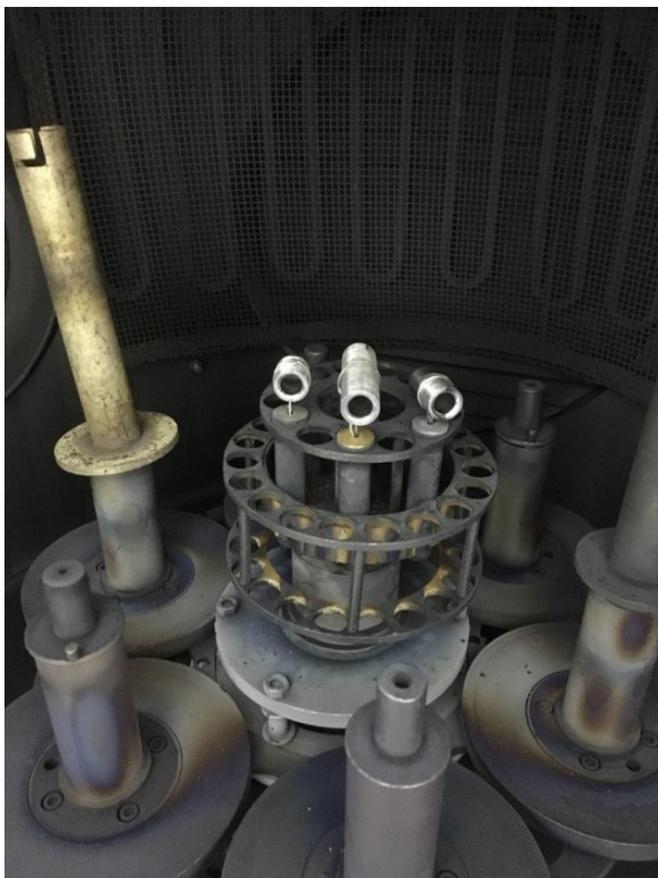


Рис. 1.19 – расположение деталей в камере

В камере создавалось предварительное разряжение $P = 5 \times 10^{-5}$ мм.рт.ст. Затем происходил нагрев с помощью внутрикамерного ТЭНа и очистка поверхности ионами Cr. По достижении температуры 450°C, в камеру напускался реакционный газ N₂ (Азот) до $P = 3 \times 10^{-3}$ мм.рт.ст. и при включении катода Cr и подачи отрицательного напряжения смещения на детали от 150 до 350 В происходило осаждение покрытия CrN на внутренние и внешние поверхности детали.

Таблица 1.2 – Размеры после дорнования

№ образца	1	2	3
Ø образца	11,1	11,11	11,1

Таблица 1.3 – Размеры после притирки

№ образца	1	2	3
Ø образца	11,158	11,162	11,161

Таблица 1.4 – Размеры после хромирования

№ образца	1	2	3
Ø образца	11,15	11,159	11,157

Так же разработана установка для испытаний износостойкости подготовленных цилиндров, конструктивная схема которой представлена в конструкторском разделе. Для испытаний образцов был проведен анализ времени работы существующего насос-дозатора. По данным АО Микроген «Вирион» минимальный срок службы насос-дозатора 300 часов непрерывной работы при скорости 0,11 м/сек. Так как необходимо испытать 30 цилиндров плунжерных пар, реальную скорость использовать нецелесообразно. Поэтому, в целях сокращения времени проведения испытаний скорость была увеличена до 0,85 м/сек. При таком режиме работы установки для 1 образца потребуется 40 часов непрерывной работы.

В связи с тем, что необходимое время для испытаний всех образцов составляет 1200 часов непрерывной работы, испытания износостойкости цилиндров будут проведены другим исследователем.

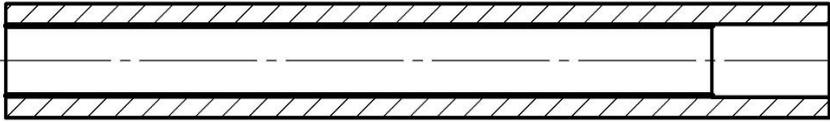
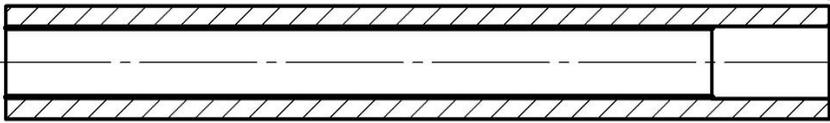
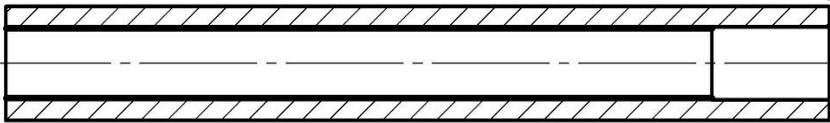
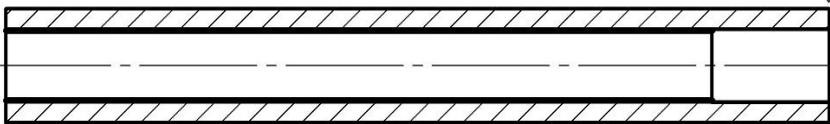
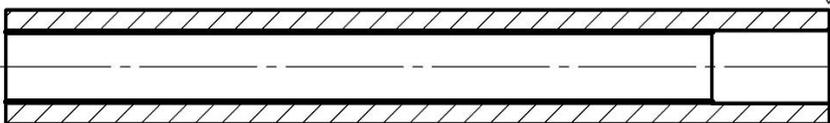
2.ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Технология изготовления цилиндра плунжерной пары

Таблица 2.1

Номер операции	Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
010	<p><u>Токарная</u></p> <p>1.Точить поверхность 1 выдержав размер 2 мм и 20 мм.</p> <p>2.Подрезать торец 2 выдержав размер 140 мм.</p> <p>3.Отрезать заготовку выдержав размер 135 мм.</p>	
020	<p><u>Токарная</u></p> <p>1.Подрезать торец 3 выдержав размер 132 мм</p> <p>2.Сверлить отверстие выдержав размер 17 мм и 10 мм</p> <p>3.Сверлить отверстие на проход выдержав размер 11 мм</p> <p>4.Расточить отверстие выдержав размер 18,5 мм и 11,5 мм</p> <p>5.Точить фаску выдержав размер 1,5 мм</p>	

030	<p><u>Токарная</u></p> <p>1. Точить поверхность 7, выдержав размер 18 мм и 110 мм.</p> <p>2. Точить фаски выдержав размер 1.5 мм</p>	
040	<p><u>Токарная</u></p> <p>1. Точить поверхность 8, выдержав размер 18 мм и 30 мм</p> <p>2. Точить фаски выдержав размер 1,5 мм</p>	
050	<p><u>Дорнование</u></p> <p>Дорновать отверстие выдержав размеры 112 и 11,1</p>	

060	<u>Закалка</u> Калить до твердости 48-54 HRC	
070	<u>Слесарная</u> Хонингование Снятие не более 0,05 мм припуска	
080	<u>Слесарная</u> Доводка	
090	<u>Хромирование</u> Толщина покрытия 0,003 – 0,005 мм	
100	<u>Полирование</u> Использовать фетровый круг и пасту ГОИ №2	

3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

В ходе данной работы спроектировано и изготовлено приспособление для дорнования. Оно предназначено для обработки отверстия корпуса насос-дозатора. Так же спроектировано и изготовлено приспособление для испытаний плунжерной пары.

3.1 Конструкция и принцип работы приспособления для дорнования

Для дорнования отверстий разработано приспособление к прессу (Рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Приспособление для дорнования

Конструктивная схема приспособления выглядит следующим образом:

Оно состоит из основания 1, в верхнюю часть которого запрессована направляющая втулка 3, в отверстие этой втулки, после дорнования попадает прошивка с целью вывода ее из обрабатываемого отверстия. К основанию 1, снизу, крепятся четыре ноги 6 для установки приспособления на прессе. К каждой ноге 6 крепится опора 9, для регулировки положения приспособления. В верхнюю часть основания 1 устанавливаются два направляющих вала 2. Валы служат для базирования и перемещения по ним двух плит 5. Одна из этих плит 5 предназначена для установки в нее прошивки. Вторая плита предназначена для поддержки толкателя и избежания потери устойчивости в связи с возникающей осевой сжимающей силы. В каждой плите 5 выполнены три отверстия.

В крайние отверстия запрессовываются втулки 4, изготовленные из бронзы для обеспечения наилучшего скольжения по направляющей с минимальным зазором. В центральное отверстие запрессовывается втулка 3. Отличие плит 5 состоит в том, что в плиту 5 для базирования прошивки запрессовывается фторопластовая втулка 8, внутренний диаметр которой равен диаметру прошивки. В плиту для поддержки толкателя запрессовывается втулка 7.

3.1.1 Описание работы установки

Приспособление работает следующим образом. Его устанавливают на пресс таким образом что бы отверстия втулок были соосны со штоком прессы. Далее с помощью опор 9 выставляют положение основания 1 по уровню. Обрабатываемая заготовка устанавливается на втулку 3. На заготовку опускается плита 5, в которой находится прошивка. После чего во втулку 7 устанавливается толкатель, который снизу упирается в прошивку. После того как приспособление готово к дорнованию, шток прессы перемещается вниз воздействуя на толкатель. Последний в свою очередь, проталкивает через отверстие заготовки прошивку, которое падает в провальное отверстие во втулке 3. После этого, обработанная заготовка удаляется из приспособления, на ее место устанавливается не обработанная заготовка и цикл дорнования повторяется.

Стоит отметить, что данное приспособление является надежным и не требует специальной подготовки для работы с ним. Так же, очень важно, что это приспособление является весьма простым в изготовлении.

3.2 Конструкция и принцип работы приспособления для испытания

Для испытания корпуса дозатора на износ был разработан стенд (Рисунок 3.2).

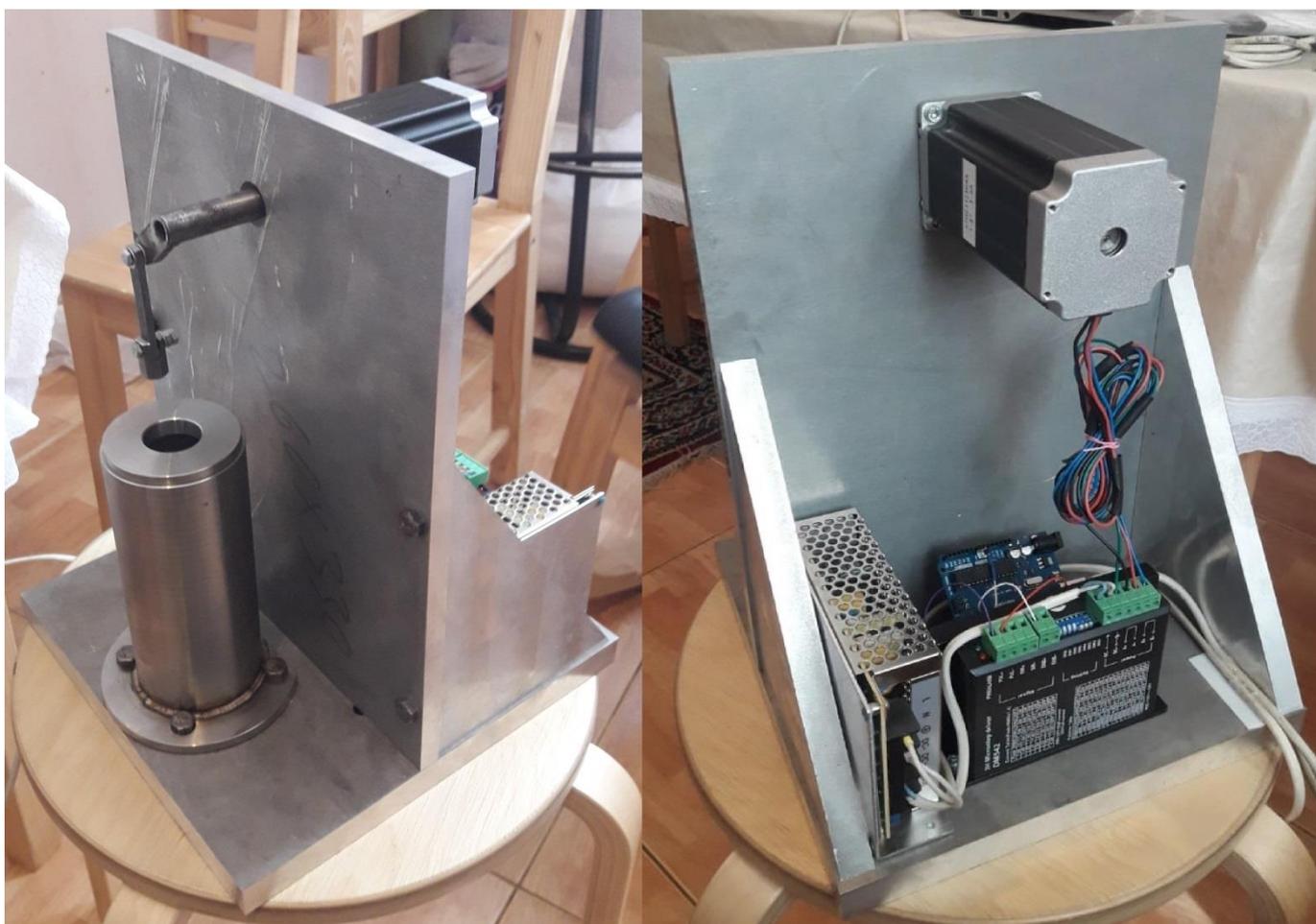


Рисунок 3.2 – Установка для испытаний

3.2.1 Конструктивная схема

Конструктивная схема стенда выглядит следующим образом:

Он состоит из основания 8, выполненного из плиты толщиной 20мм имеющее резьбовые отверстия для крепления вертикальной плиты 5, двух косынок 9, дна стакана 12, и драйвера 16. Вертикальная плита 5, крепится к основанию 8 винтами, она предназначена для крепления шагового двигателя 15. Так же основание 8 и вертикальная плита 5 соединены между собой двумя косынками 9 необходимыми

для увеличения жесткости конструкции. Стакан 11 и дно стакана 12 герметично сварены друг с другом, так как предусматривают использование жидкости. После сварки дно этот узел крепится к основанию. Далее, на стакан сверху устанавливается крышка стакана 2, выполненная с отверстием для запрессовки втулки 3. Втулка нужна для базирования в ней плунжера 14. Вал шагового двигателя 15 соединен с кулачком 1 служащим для преобразования вращательного движения вала двигателя 15 в поступательное движение плунжера 14. Плунжер 14 соединен с кулачком 1 переключкой 10, длина которой определяет ход плунжера 14. Драйвер 16 установленный на основании 8 предназначен для программируемой регулировки частоты вращения вала двигателя 15.

3.2.2 Принцип работы

Устройство работает следующим образом:

В стакан 11, имеющий на дне полость для позиционирования, помещается испытуемая деталь и заливается необходимое количество жидкости для проведения испытания. Далее, на стакан 11 устанавливается крышка 2, с выполненным пазом для базирования детали относительно оси стакана 11. После установки детали, в отверстие втулки 14 находящейся в крышке стакана 2, помещается плунжер 14. По окончании вышеперечисленных действий необходимо проверить соединение контроллера, отвечающего за частоту вращения вала двигателя, с компьютером на котором установлена управляющая программа. После проверки, в программе задаются необходимые параметры, а именно частота вращения вала двигателя и время испытания детали. Затем запускается стенд и начинается испытание.

3.2.3 Программирование

Для полноценной работы стенда, регулировки режимов работы и управления была использована плата Arduino UNO (Рисунок 3.3) [24].



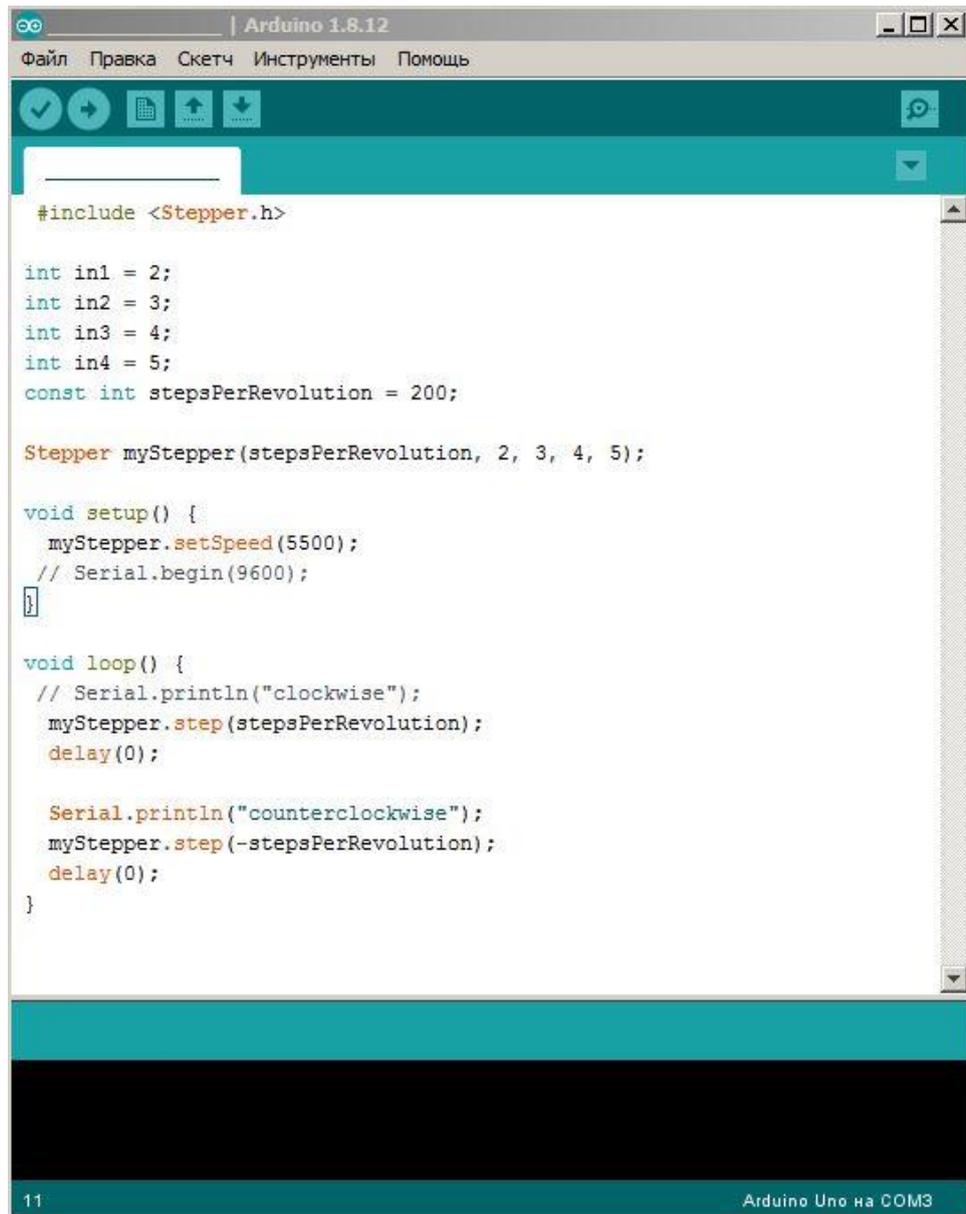
Рисунок 3.3 – микроконтроллер Arduino UNO.

Arduino - это электронная платформа с открытым исходным кодом, основанная на простом в использовании аппаратном и программном обеспечении. Платформа программируется посредством ПО Arduino. Из меню **Tools > Board** выбирается «Arduino Uno» (согласно установленному микроконтроллеру). Микроконтроллер ATmega328 поставляется с записанным загрузчиком, облегчающим запись новых программ без использования внешних программаторов. Связь осуществляется оригинальным протоколом STK500.

Имеется возможность не использовать загрузчик и запрограммировать микроконтроллер через выводы ICSP (внутрисхемное программирование).

Uno разработана таким образом, чтобы перед записью нового кода перезагрузка осуществлялась самой программой Arduino на компьютере, а не нажатием кнопки на платформе. Одна из линий DTR микросхемы ATmega8U2, управляющих потоком данных (DTR), подключена к выводу перезагрузки микроконтроллеру ATmega328 через 100 нФ конденсатор. Активация данной линии, т.е. подача сигнала низкого уровня, перезагружает микроконтроллер. Программа Arduino, используя данную функцию, загружает код одним нажатием кнопки Upload в самой среде программирования. подача сигнала низкого уровня по линии DTR скоординирована с началом записи кода, что сокращает таймаут загрузчика.

В ходе анализа платформы Arduino написан код, предназначенный для запуска и регулировки режимов испытаний (Рисунок 3.4).



```
Arduino 1.8.12
Файл Правка Скетч Инструменты Помощь

#include <Stepper.h>

int in1 = 2;
int in2 = 3;
int in3 = 4;
int in4 = 5;
const int stepsPerRevolution = 200;

Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 2, 3, 4, 5);

void setup() {
  myStepper.setSpeed(5500);
  // Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  // Serial.println("clockwise");
  myStepper.step(stepsPerRevolution);
  delay(0);

  Serial.println("counterclockwise");
  myStepper.step(-stepsPerRevolution);
  delay(0);
}

11 Arduino Uno на COM3
```

Рисунок 3.4 – код для Arduino Uno

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1. Общие сведения о научно-техническом исследовании

Целью магистерской диссертации является разработка технологии изготовления деталей насос-дозатора с применением операции дорнования.

Результаты исследования являются актуальными во многих отраслях, в особенности в химической и фармакологической промышленности, они способствуют созданию и развитию отечественного насоса-дозатора, который должен удешевить и сделать более возможным производство в России различных препаратов и реагентов.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

4.1.1. Предпроектный анализ

Существует большое количество возможных альтернативных разработанных устройств для дозировки препаратов в фармакологической промышленности (далее - устройство), однако практического применения находят только единицы. Это объясняется многими факторами: во-первых, высокая стоимость оборудования; во-вторых, невозможность использования в связи с малой коррозионной стойкостью ; в-третьих, большая энергоемкость. Главным недостатком устройств, которые применяются в настоящий момент, является высокая цена из за отсутствия отечественного производителя.

Исследование динамических процессов проводилось на лабораторном стенде , который имитирует устройство для дозирования препаратов. Лабораторный стенд позволяет в полной мере реализовать процесс работы устройства в

условиях научно – исследовательской лаборатории. Исследования были направлены на выявление оптимальных режимов работы устройства, которые повысят производительность. Разработанное устройство изготовленное по технологии, включающей в себя операцию дорнование позволяет решить недостатки имеющихся на практике подобных устройств. Устройство имеет относительно низкую цену, достаточно неплохую эффективность и малую энергоемкость.

Потенциальные потребители.

Для анализа потребителей необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование, которое в дальнейшем поможет найти области, где продвижение нового продукта будет наименее трудоемким. Целевым рынком являются российские фармакологические и химические компании, которые занимаются изготовлением различных препаратов и реагентов. Исследование будет интересно компаниям занимающимся изготовлением препаратов с особоточным объемом вещества находящегося в грануле. Для сравнения эффективности результатов исследования, необходимо провести сравнение насоса-дозатора плунжерного типа компании “Ареопаг” и компании “Etatron».

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка

		Вид оборудования		
		Разработанное устройство	Устройство № 1	Устройство № 2
Компании	Крупные	+		
	Средние	+	+	+
	Мелкие	+	+	+

По карте сегментирования видно, что разработанное устройство является актуальным и впишется в российский рынок. Разработанное устройство представляет наибольший интерес для крупных фармакологических компаний, а также и для небольших предприятий.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

На рынке аналогом устройства являются разработки с применением

плунжерной пары вместо мембраны. Анализ конкурентов проводится с устройствами, исполнительный орган которых выполнен в виде плунжерной пары.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _с	Б _{к1}	Б _{к2}	К _с	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Производительность устройства	10	9	6	6	90	60	60
2. Удобство в эксплуатации	8	8	6	5	70	55	50
3. Энергоэкономичность	6	4	5	4	24	30	24
4. Надежность	9	9	7	6	81	63	54
5. Уровень шума	7	7	4	5	49	28	35
6. Безопасность	8	8	4	3	64	32	24
7. Простота эксплуатации	7	7	6	6	49	30	42
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	10	10	8	7	100	80	70
2. Уровень проникновения на рынок	9	0	9	9	0	70	65
3. Цена	7	3	5	7	21	60	50
4. Предполагаемый срок эксплуатации	6	5	4	4	30	25	20
5. Послепродажное обслуживание	7	7	3	4	49	35	28
6. Срок выхода на рынок	6	0	6	6	0	36	36
Итого:	100	77	73	72	627	599	558

Разработанное устройство является конкурентоспособным, так как по многим показателям превосходит своих конкурентов (таб. 4.2). Главные достоинства: производительность, надежность, относительно низкая цена.

4.1.3. SWOT-анализ

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

Таблица 4.3 - Матрица SWOT

	Сильные стороны	Слабые стороны
	<p>С1. Новизна идеи научного исследования.</p> <p>С2. Достаточная надежность устройства.</p> <p>С3. Регулировка объема дозирования препарата.</p> <p>С4. Переналадка, возможность адаптации к различным скоростям.</p> <p>С5. Универсальность устройства.</p> <p>С6. Относительная дешевизна устройства.</p> <p>С7. Низкая энергоемкость устройства.</p> <p>С8. Простота эксплуатации.</p>	<p>Сл1. Продукт не продавался.</p> <p>Сл2. Трудоёмкость монтажа.</p> <p>Сл3. Увеличение габаритов.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Быстрое продвижение на рынок.</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Сотрудничество с рядом новых организаций.</p> <p>В4. Усовершенствование устройства</p>	<p>В1С1С2С3С4С6С7 – быстрое продвижение на рынок в связи с преимуществами данного устройства.</p> <p>В2С2С3С4С5- дополнительный спрос может появиться за счёт универсальности устройства.</p> <p>В3С1С6С8 - Сотрудничество с рядом новых организаций.</p> <p>В4С2С3 – усовершенствование устройства за счёт его переналадки и возможности адаптации к различной толщине скалывания наледи с дорожного покрытия.</p>	<p>В1Сл1 – может не быть быстрого продвижения на рынок так как ранее продукт не продавался, и потребители не знают о нем.</p> <p>В2 Сл2Сл3 – появление дополнительного спроса может быть мало из-за больших габаритов устройства.</p> <p>В3Сл1 - сотрудничество с рядом новых организаций может не быть, так как ранее устройство не продавалось, и потребители не знают о нем.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Незаинтересованность потребителей в разработке</p> <p>У3. Конкуренция.</p> <p>У4. Кризис</p>	<p>У1С1С2С7 - устойчивость к борьбе с конкурентами за счет новизны идеи.</p> <p>У2С1С6С7С8 – возможность быстрого продвижения на рынок потребителей.</p> <p>У3С2С3С4С5 – возможность конкурировать в связи с хорошими показателями основных характеристик.</p>	<p>У1Сл1 – в связи с тем, что продукт не продавался, может быть, отсутствие спроса.</p> <p>У3Сл2Сл3 – из-за монтажа и больших габаритов могут возникнуть проблемы с продажей данного устройства.</p>

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта							
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Возможности проекта	B1	+	+	+	+	-	+	+	-
	B2	-	+	+	+	+	-	-	-
	B3	+	-	-	-	-	+	-	+
	B4	-	+	+	-	-	-	-	-

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта

		Слабые стороны проекта		
		Сл1	Сл2	Сл3
Возможности проекта	B1	+	-	-
	B2	-	+	+
	B3	+	-	-

Таблица 4.6 - Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта							
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Угрозы	У1	+	+	-	-	-	-	+	-
	У2	+	-	-	-	-	+	+	+
	У3	-	+	+	+	+	-	-	-

Таблица 4.7 - Интерактивная матрица проекта

		Слабые стороны проекта		
		Сл1	Сл2	Сл3
Угрозы	У1	+	-	-
	У2	0	0	0
	У3	-	+	+

На основе результатов анализа матрицы можно сделать вывод, что трудности и проблемы, с которыми может столкнуться данный проект можно будет решить за счет имеющихся сильных сторон исследования.

4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Для определения возможных альтернатив проведения НИР необходимо провести морфологический анализ. При изготовлении устройства возможны два варианта исполнения. Эти варианты представлены в табл. 4.8.

Таблица 4.8 – Морфологический анализ

Наименование	Варианты	
	1	2
А. По конструкции привода	Шаговый	Сервопривод
Б. По использованию материала	95X18	12X18H10T

По данным занесенным в таблицу 5.8 можно выделить две принципиальные конструкции устройства: А1Б1 – исполнение 1; А2Б2 – исполнение 2.

4.3. Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Проект разбивается на этапы выполнения, для распределение задач с целью распределения заработной платы.

Таблица 4.9 – План научно – исследовательской работы

Основные этапы	№	Описание работы	Должность исполнителя
Постановка целей и задач	1	Постановка целей и задач, которые необходимо выполнить для достижения цели	Руководитель
Разработка технического задания	2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	3	Проведение литературного обзора	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования Разработка технологической документации	4	Составление принципиальной схемы	Инженер
	5	Выполнение расчетов	Инженер
	6	Построение 3D модели устройства	Инженер
	7	Разработка модели устройства	Инженер
	8	Исследование математической модели в программной среде	Инженер
Оформление отчета	9	Оформление пояснительной записки по результатам исследования	Инженер

Таблица 4.10 - Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
1	2	3
Постановка целей и задач	НР	НР – 100%
Разработка и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 20% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 40%
Поиск и анализ аналогичных устройств	НР, И	НР – 20% И – 100%
Составление принципиальной схемы	НР, И	НР – 20% И – 100%
Построение 3D модели устройства	И	И – 100%
Создание математической модели устройства	И	И – 100%
Проведение исследований	НР, И	НР – 20% И – 100%
Оформление пояснительной записки	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

Для выполнения перечисленных в таблице 4.10 работ требуются

специалисты: инженер «И» (исполнитель ВКР); научный руководитель «НР».

4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}, \quad (29)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{p\ i} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (30)$$

где $T_{p\ i}$ – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

Таблица 4.11 - Ожидаемое время выполнения работы

Основные этапы	№ раб		$t_{ож}$, чел.-дн.
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	3,2
Выбор направления исследований	2	Изучение материалов по теме	9,8
	3	Проведение патентного обзора	3,8
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Составление принципиальной схемы	3,2
	5	Выполнение расчетов	3,2
	6	Построение 3D модели устройства	7
	7	Создание математической модели устройства	9,8
	8	Исследование математической модели в программной среде	9,8
Оформление отчета	9	Заполнение пояснительной записки	4,6
Итого:			54,4

Расчет продолжительности одной работы не является необходимым, т.к. на каждой работе задействован один исполнитель, то есть $T_p = t_{ож}$.

Разработка графика проведения научного исследования строится в форме диаграммы Ганта. Для удобства построения, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней необходимо перевести в календарные дни.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (31)$$

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

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

$k_{кал}$ - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (32)$$

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

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

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

Результаты расчетов приведены в табл. 4.7.

Таблица 4.12 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_p	Длительность работ в календарных днях, T_k
	t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$			
Составление и утверждение ТЗ	2	5	3,2	Руководитель	3,2	5
Изучение материала по теме	7	14	9,8	Инженер	9,8	15
Проведение литературного обзора	3	5	3,8	Инженер	3,8	6
Составление принципиальной схемы	2	5	3,2	Инженер	3,2	5
Выполнение расчетов	2	5	3,2	Инженер	3,2	5
Построение 3D модели устройства	5	10	7	Инженер	7	10
Создание математической модели устройства	7	14	9,8	Инженер	9,8	15
Исследование математической модели программной среде	7	14	9,8	Инженер	9,8	15
Заполнение пояснительной записки	3	7	4,6	Инженер	4,6	7

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 105 - 14} = 1,49$$

Таблица 4.13 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_k	Продолжительность выполнения работ						
				Март	Апрель			Май		
				3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2							
2	Изучение материалов по теме	Инженер	2							
3	Проведение патентного обзора	Инженер	3							
4	Составление принципиальной	Инженер	6							

	схемы									
5	Выполнение расчетов	Инженер	6							
6	Построение 3D модели устройства	Инженер	7							
7	Создание математической модели согласно ТЗ	Инженер	7							
8	Исследование математической модели в программной среде	Инженер	7							
11	Заполнение пояснительной записки	Инженер	3							

4.3.3. Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} \quad (33)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих официальных сайтах в интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в

пределах 15-25% от стоимости материалов. Основные материальные затраты, необходимые для устройства, заносятся в таб. 5.14.

Таблица 4.14 - Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Количество		Цена за ед., руб.		Затраты на материалы, руб.	
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Рама	шт.	1	1	1200	1150	1200	1150
Колесо	шт.	1	1	350	320	350	320
Генератор колебаний	шт.	1	1	860	810	860	810
Сервопривод	шт.	1	1	750	750	750	750
Прокладки	шт.	4	4	100	80	40	50
Цилиндр	шт.	1	1	1217	1100	1217	1100
Драйвер	шт.	1	1	1089	1089	1089	1089
Модуль питания	шт.	2	2	196	196	393	393
Пружина	шт.	2	1	20	20	40	200
Итого расходы на материалы						5939	5862

4.3.4. Основная заработная плата исполнителей

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов. Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (34)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (35)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = Z_m \cdot M$$

F_d

(36)

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 5.16).

Таблица 4.16 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	105	105
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезням	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	195	195

$$Z_{\text{дн1}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{24750 \cdot 10,4}{195} = 1320 \text{ руб.} - \text{заработная плата руководителя за 1 день};$$

$$Z_{\text{дн2}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{15460 \cdot 11,2}{195} = 888 \text{ руб.} - \text{заработная плата инженера за 1 день.}$$

$$Z_{\text{осн1}} = 1320 \cdot 3,2 = 4224 \text{ руб.} - \text{руководитель};$$

$$Z_{\text{осн2}} = 888 \cdot 51 = 45288 \text{ руб.} - \text{инженер.}$$

$$Z_{\text{зп1}} = 4224 + 844,8 = 5068,8 \text{ руб.} - \text{руководитель};$$

$$Z_{\text{зп2}} = 45288 + 9057,6 = 54345,6 \text{ руб.} - \text{инженер.}$$

Таблица 4.18 – Основная заработная плата

Исполнитель	Оклад, с учетом РК , $Z_{\text{м}}$руб./мес.	Среднедневная з/плата, $Z_{\text{дн}}$ руб./раб.день	Затраты времени, $T_{\text{р}}$ раб.дни	Основная з/плата, $Z_{\text{осн}}$ руб.
НР	24750	1320	195	4224
И	15460	888	195	45288
итого				49512

Расчет основной заработной платы сводится в табл. 5.15.

Таблица 4.15 - Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапа	Исполнители	Трудоемкость, чел.-дн, руб	Заработная плата на один чел.- дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу, тыс. руб.
1	Составление и утверждение ТЗ	Руководитель	3,2	1320	4224
2	Изучение материалов по теме	Инженер	9,8	888	8702,4
3	Проведение литературного обзора	Инженер	3,8	888	3374,4
4	Составление принципиальной схемы	Инженер	3,2	888	2841,6
5	Построение расчётной схемы и математической модели	Инженер	3,2	888	2841,6
6	Выполнение расчётов	Инженер	7	888	6216

7	Исследование математической модели	Инженер	9,8	888	8702,4
8	Заполнение пояснительной записки	Инженер	4,6	888	4084,8

4.3.5. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных ТК РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций. Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (37)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,15 – 0,2).

$$Z_{\text{доп1}} = 0,2 \cdot 4224 = 844,8 \text{ руб. – руководитель.}$$

$$Z_{\text{доп2}} = 0,2 \cdot 45288 = 9057,6 \text{ руб. – студент.}$$

5.4.6 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы, руб:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (38)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в табл. 5.17.

Таблица 4.17. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	4224	844,8
Студент-инженер	45288	9057,6
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30,2%	30,2%
Итого	1530,77+16412,37=17943,14	

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 30,2\% \cdot (4224 + 844,8) = 1530,77 - \text{руководитель}$$

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 30,2\% \cdot (45288 + 9057,6) = 16412,37 - \text{студент}$$

4.3.6. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями.

Данные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями.

В проекте необходимо рассчитать контрагентные расходы. Под данные расходы попадают расходы на оплату труда токаря. В таблице 5.18 представлены данные оплаты труда токаря.

Таблица 4.18 – Контрагентные расходы

№ п/п	Профессия	Количество деталей	Количество работников	Разряд рабочего
1	Токарь	6	1	3

Для сборки устройства необходимо собрать 6 элементов. Заказ будет выполняться на другом заводе. Оклад токаря на другом заводе 7936 р. На выполнение работ отводится 2 дня. Подсчитаем зарплату токаря за 2 дня на другом заводе. Результаты расчетов представлены в таблице 5.19. Заработная плата рассчитывается по методике из разд. 3.4.3., отчисления во внебюджетные фонды по методике 3.4.5.

Таблица 4.19 - Оплата труда сторонних исполнителей

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.
Токарь	1090
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	327
Отчисления во внебюджетные фонды	1417

$$Z_{\text{дн}} = \frac{7936 \cdot 11,2}{195} = 455 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{осн}} = 455 \cdot 2 = 910 \text{ руб}$$

$$З_{\text{зп}} = 910 + 180 = 1090 \text{ руб}$$

$$З_{\text{внеб}} = 30\% \cdot 1090 = 327 \text{ руб}$$

4.3.7. Накладные расходы

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

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (39)$$

$k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Коэффициент накладных расходов принимаем в размере 16%.

4.3.8. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на

НИР по каждому варианту исполнения приведен в табл. 4.20.

Таблица 4.20 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп.1	Исп.2	
1. Материальные затраты НИИ	61200	58520	Пункт 5.4.4
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	49512	49512	Пункт 5.4.5
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9902,4	9902,4	Пункт 5.4.6
4. Отчисления во внебюджетные фонды	17943,14	17943,14	Пункт 5.4.7
5. Контрагентские расходы	1417	1417	Пункт 5.4.8
6. Накладные расходы	22101,23	21672,43	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НИИ	160233,9	157125,1	Сумма ст. 1- 6

4.4. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат двух вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета, с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (40)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{157125,1}{160233,9} = 0,98$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{157125,1}{157125,1} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{ri} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (41)$$

где I_{ri} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 5.21).

Таблица 4.21 - Сравнительная оценка вариантов исполнения

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Производительность	0,3	4	5
2. Долговечность в использовании	0,3	5	5
3. Регулировка	0,1	5	5
4. Переналадка	0,15	5	5
5. Надежность	0,15	5	5
ИТОГО	1	4,7	4,85

$$I_{p-исп1} = 4 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 = 4,7$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 = 4,85$$

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

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}; \quad (42)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,7}{0,98} = 4,76$$

$$I_{исп.2} = \frac{4,85}{1} = 4,85$$

Сравнение интегрального показателя эффективности, вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. табл.5.22) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (43)$$

Таблица 4.22 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,98	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	4,85
3	Интегральный показатель эффективности	4,76	4,85
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	Исп1/Исп2=0,99	Исп2/Исп1=1,02

Из таблицы 4.22 видно, что наиболее эффективный вариант решения поставленной в магистерской работе технической задачи по многим показателям является исполнение 2.

4.5. Выводы по главе

В процессе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был определен целевой рынок, для разработанного устройства. Проведен анализ конкурентов, из которого следует, что проектируемое устройство конкурентоспособное. Рассчитаны материальные затраты на изготовление данного устройства, затраты на основную и дополнительную зарплату, отчисления во внебюджетные фонды, контрагентные расходы, накладные расходы, на основании которых составлен бюджет затрат на НИИ. Произведена сравнительная характеристика эффективности разработки на основании интегрального показателя эффективности. По результатам таблицы 4.22 можно сделать вывод о наибольшей эффективности второго исполнения устройства.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данном разделе рассмотрены вопросы организации рабочего места инженера-конструктора, в процессе конструирования приспособления для дорнования, в соответствии с нормами производственной безопасности и охраны окружающей среды.

Сущность процесса дорнования заключается в перемещении рабочего инструмента дорна в отверстия заготовки с натягом. В процессе обработки за счёт натяга обеспечивается упрочнение металла в поверхностном слое, сглаживание исходной шероховатости, а так же улучшается точность отверстия. При дорновании внутреннюю поверхность отверстий, выполненных в металлических деталях, подвергают пластической деформации в холодном состоянии, за счёт чего на них и формируется слой, отличающийся исключительными механическими характеристиками.

Вопросы производственной и экологической безопасности рассматриваются с позиции исполнителя (инженера -конструктора), связанного непосредственно с работой в специализированной программе на ПК.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности труда

5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны сотрудника офисного помещения) правовые нормы трудового законодательства

Согласно статье 91 Трудового кодекса Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) рабочее время рассматривается, как время, в течение которого работник в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка и условиями трудового договора должен исполнять трудовые обязанности. Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю [1].

Защита персональных данных работника регламентируется статьями 86-90 Трудового кодекса Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).

Сведения об оплате и нормировании труда приведены в разделе VI (ст.ст. 129 - 163) Трудового кодекса Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Одним из факторов комфортности рабочей среды является организация рабочего места. Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [2]. Каждый день в помещениях, в которых располагаются ПК, должна проводиться влажная уборка, а также систематическое проветривание помещения.

Для интерьера помещений рекомендуется использовать материалы пастельных тонов. Окраска ПК и прилегающий к нему техники должны

иметь темные цвета с высококонтрастными органами управления и надписями к ним. Рекомендованная окраска для офисного помещения:

- потолок - белый;
- стены - сплошные, бежевого цвета;
- пол - бежевый.

Для отделки полов наиболее приемлемыми считаются гладкие, нескользящие материалы, которые имеют антисептические свойства.

При организации рабочих мест необходимо учитывать, что расстояние между боковыми поверхностями мониторов должно составлять не менее 1,2 метров, между экраном монитора и тыльной частью другого – не менее 2 метров. Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680 – 800 мм, при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм. Эргономические требования к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя приведены в ГОСТ 12.2.032-78 [2].

Работа предполагает использование компьютерной техники, рабочее место организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий, а именно требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [3].

5.2 Производственная безопасность

Работа по конструированию приспособления проводилась на персональном компьютере.

Физическим опасным фактором на рабочем месте пользователя ПК является опасность поражения электрическим током.

К физическим вредным факторам относятся: отклонение показателей микроклимата в помещении, повышенный уровень шума и вибраций на рабочем месте, недостаточная освещенность рабочей зоны.

Таблица 5.1. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	П одгото вка	П роведе ние	А нализ данных	
Вредные факторы				
1.Отклоне ние показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4-548-96
2. Превышенный уровень шума	+	+	+	СН 2.2.4/2.1.8.562–96
3. Превышенный уровень вибрации	+	+	+	СН 2.2.4/2.1.8.566–96
4.Недоста точная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016

5. Психофизическ ие факторы	+	+	+	12.0.003-2015 ССБТ
Опасные факторы				
1. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ

5.3 Анализ вредных и опасных факторов:

5.3.1. Анализ показателей микроклимата

В помещениях, предназначенных для работы с компьютерной техникой, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата. Основными факторами, характеризующими микроклимат производственной среды, являются температура, подвижность и влажность воздуха. Для поддержания нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне применяются устройства систем приточно-вытяжной вентиляции, кондиционирование воздуха и отопление. При нормировании метеорологических условий в производственных помещениях учитывается

время года и количество избыточного тепла в помещении. На рабочих местах пользователей персональных компьютеров должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата в соответствии с СанПин 2.2.4.548-96. Эти нормы устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового процесса и характера производственного помещения [4].

Необходимые условия микроклимата различаются для теплого и холодного времени года. Они делятся на оптимальные, обеспечивающие полный тепловой комфорт, и допустимые, которые могут приводить к некоторому дискомфорту, но находятся в пределах адаптивных возможностей человека.

Работа проводится в учебной аудитории, по энергозатратам ее следует отнести к категории Ia – работа легкая физическая, производимая сидя или связанная с ходьбой, но не требующая систематического физического напряжения или поднятия и переноса тяжестей. Оптимальные параметры микроклимата для категорий Ia на рабочем месте приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах помещений для категорий Ia.

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более, м/с
Хол	22...24	60...40	0,1

одный			
Теп лый	23...25	60...40	0,1

Отопление аудитории водяное с применением радиаторов, что обеспечивает постоянное и равномерное нагревание воздуха в холодное время года. Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в теплый период года предусмотрена защита от попадания прямых солнечных лучей в виде жалюзи.

Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры, приведены в таблице 5.3 [4].

Таблиц 5.3 - Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры

Объем помещения, м ³	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ /на одного человека в час
До 20	Не менее 30
20-40	Не менее 20
Более 40	Естественная вентиляция

Согласно паспорта в помещении обеспечиваются следующие параметры: поддержание температуры на уровне 22 – 24°С; относительная влажность в помещении 40-60 %; скорость движения воздуха 0,1 м/с; данные значения поддерживаются автоматической системой кондиционирования, что соответствует нормативу СанПиН 2.2.4.548-96[4].

5.3.2. Анализ показателей шума

Длительное воздействие шума на организм человека приводит к неблагоприятным последствиям: снижается острота зрения и слуха, повышается кровяное давление, притупляется внимание.

Рекомендуется располагать учебные здания удалено от сильных источников шума, таких как центральные улицы, автомобильные и железные дороги и т.д.

Шум на рабочем месте создается внутренними источниками, такими как устройства кондиционирования воздуха и другим техническим оборудованием. Уровень шума на рабочем месте пользователя персонального компьютера не должен превышать значений, установленных СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 для пользователя ПК не должен превышать 50 дБ [5].

Для снижения уровня шума следует применять рациональное расположение оборудования, а также средства для ослабления шума самих источников, в частности, необходимо предусмотреть применение в их конструкциях акустических экранов, звукоизолирующих кожухов. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлено оборудование, должны быть облицованы звукопоглощающими материалами. Для стен и потолка коэффициент звукопоглощения таких материалов определяется в области частот 63-8000 Гц.

В помещении уровень внутренних шумов не превышает предельно допустимого значения, установленного в ГОСТ 12.1.003-2014 [6].

5.3.3. Анализ показателей вибрации

Цель нормирования вибрации на рабочих местах – это установление

допустимых значений характеристик вибрации, которые при ежедневном систематическом воздействии в течение всего рабочего дня и многих лет не могут вызвать существенных заболеваний организма человека и не мешают его нормальной трудовой деятельности.

Основным документом, регламентирующим уровень вибрации на рабочих местах, является СН 2.2.4/2.1.8.566-96 [7]. Согласно документу вибрации, возникающие на рабочем месте можно отнести к общей вибрации третьей категории подпункт в) «на рабочих местах в помещениях заводоуправления, конструкторских бюро, лабораторий, учебных пунктов, вычислительных центров, здравпунктов, конторских помещениях, рабочих комнатах и других помещениях для работников умственного труда».

5.3.4. Анализ освещенности рабочей зоны

Низкая освещённость рабочего места препятствует длительной работе, вызывая утомление и способствуя развитию близорукости у работающего персонала. Освещенность рабочего места нормируется согласно СП52.13330.2016. [8]

Расчет освещенности

Рассчитать методом коэффициента использования светового потока систему общего искусственного люминесцентного освещения офисного помещения, где:

Длина $A = 15$ м; ширина $B = 10$ м; высота $H = 4$ м; высота рабочей поверхности $h_{рп} = 0,8$ м; требуемая освещенность $E = 300$ Лк; коэффициент

отражения стен $R_c = 40\%$; коэффициент отражения потолка $R_n = 50\%$; коэффициент запаса $k = 1,5$; коэффициент неравномерности освещения $Z = 1,1$.

Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.

Выбираем светильник типа ОД, $\lambda = 1,4$.

Принимаем $h_c = 0,5$ м, тогда

$h_n = H - h_c = 4 - 0,5 = 3,5$ м – высота светильника над полом;

$h = h_n - h_{pn} = 3,5 - 0,8 = 2,7$ м – высота светильника над рабочей поверхностью;

$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,7 = 3,78$ м – расстояние между светильниками;

$L/3 = 3,78/3 = 1,26$ м

Размещаем светильники в два ряда. В каждом ряду можно установить 7 светильников типа ОД мощностью 40 Вт (длинной 1,42 м), при этом расстояния между светильниками в ряду составляют 0,5 м. Учитывая, что в каждом светильнике по две лампы, общее число ламп в помещении:

$$n = 14 \cdot 2 = 28$$

Находим индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{150}{2,7 \cdot (15 + 10)} = 2,2$$

$\eta = 0,59$ коэффициент использования светового потока [9]

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

$$F = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot Z}{n \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 150 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{28 \cdot 0,59} = 4\,494 \text{ Лм}$$

Ближайшая стандартная лампа – ЛБ 65 Вт с потоком 4 600 Лм.

Проверка выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%$$

$$-10\% \leq 2,3\% \leq +20\%$$

$P = 65 \cdot 28 = 1820$ Вт –электрическая мощность осветительной установки.

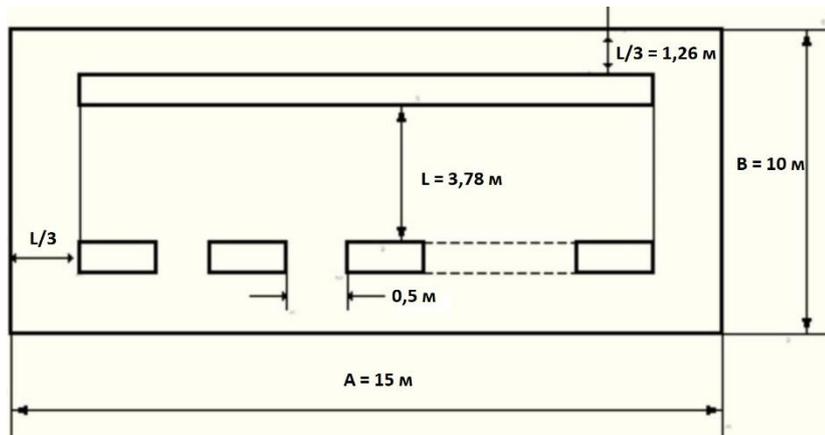


Рисунок.1 План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Правильно спроектированное и рационально выполненное освещение оказывает положительное воздействие на работающих, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность.

5.3.5. Анализ психофизиологических факторов

Психофизиологические факторы по характеру воздействия подразделяют на физические и нервно-психические перегрузки. В свою очередь, физические перегрузки делят на статические и динамические, а нервно-психические на умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, перегрузки из-за монотонности труда, эмоциональные перегрузки.[10] Т.к. работа проводится в офисе, и не подразумевает

физических нагрузок, возможно появление нервно-психических перегрузок.

Меры по снижению влияния описанных факторов, заключаются в применении оптимальных режимов труда и отдыха в течение рабочего дня. Рекомендуется 30 минутный перерыв после каждых двух часов непрерывной работы или 15 минутный перерыв на каждый час работы. Занятия спортом, правильное питание и режим сна, так же являются эффективным средством профилактики нервно-эмоционального и психофизического утомления, повышающие работоспособность.

5.3.6. Анализ электробезопасности

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока. В зависимости от индивидуальных показателей человека (масса, рост, строение тела, пол, род занятий), его физического состояния (болезнь, наличие состояния алкогольного опьянения), параметров протекающего тока (сила тока и его частота), состояния окружающей среды зависит поражающее воздействие на организм. Одним из наиболее опасных параметров являются переменный ток с частотой от 10 до 120 Гц. Наиболее безопасным напряжением для человека является до 12 В, условно безопасным до 36 В. Опасной величиной считается ток, более 1 мА, а смертельным более 100 мА [11].

Опасность поражения человека электрическим током существует во всех случаях, когда используются электрические установки и оборудование.

Для предотвращения поражения электрическим током необходимо по возможности исключить причины поражения, к которым относятся:

- случайные прикосновения к задней панели системного блока, а также переключение разъемов периферийных устройств работающего компьютера;

- появление напряжения на механических частях электрооборудования (корпусах, кожухах и т.д.) в результате повреждения изоляции или других причин;

- возникновения «шагового» напряжения на поверхности земли или опорной поверхности;

- множества сетевых фильтров и удлинителей превышают уровень электромагнитных полей токов частоты 50 Гц.

Согласно требованиям «Правил устройства электроустановок», утвержденных Госэнергонадзором от 12.04.2003, кабинет, где производится проектирование, должен быть оборудован следующим образом:

- на распределительном щитке имеется рубильник для отключения общей сети электропитания;

- во всех приборах имеются предохранители для защиты от перегрузок в общей сети питания и защиты сети при неисправности прибора.

Эксплуатация приборов должна соответствовать «Правилам технической эксплуатации» электроустановок промышленных предприятий.

Согласно этим правилам необходимо исключить возможность прикосновения человека к токоведущим частям приборов. Для этого проводятся следующие мероприятия:

- Наличие изоляции на всех токоведущих проводниках;

- Для подключения приборов должны использоваться только стандартные электрические разъемы;
- При проведении работ с включенными в сеть приборами строго соблюдается инструкция по технике безопасности;
- Запрещено использование в работе неисправных приборов.

Также, раз в год необходимо производить инструктаж по электробезопасности для всех работников офиса.

Аудитория удовлетворяет приведенным выше требованиям, что позволяет отнести его к помещениям повышенной опасности поражения людей электрическим током. Это сухое помещение, пол покрыт изоляционным материалом. Влажность воздуха не превышает 75%, отсутствует токопроводящая пыль, температура не превышает 35°C.

Основными техническими средствами защиты человека от поражения электрическим током, используемыми отдельно или в сочетании друг с другом, являются: защитное заземление, защитное зануление, защитное отключение, электрическое разделение сети, малое напряжение, электрозащитные средства, уравнивание потенциалов, двойная изоляция, предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности.

5.4 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматриваются объекты, оказывающие влияние на экологическую безопасность.

Экологическая безопасность – это допустимый уровень негативного воздействия со стороны природных и антропогенных факторов экологической

опасности на окружающую среду и человека. В офисном помещении, где проводятся работы над, источником загрязнения окружающей среды являются: люминесцентные лампы, с помощью которых реализовано освещение, макулатура, оргтехника.

5.4.1 Люминесцентные лампы

В трубках люминесцентных ламп содержится от 3 до 5 мг ртути. В соответствие с «Критериями отнесения опасных отходов к классам опасности» Люминесцентные лампы относятся к первому классу токсичных отходов и являются чрезвычайно опасными, они требуют специальной утилизации.

Отработанные ртутьсодержащие лампы подлежат сбору и хранению в герметичных емкостях либо контейнерах в закрытых помещениях. Раз в месяц осуществляется забор и утилизация ламп с помощью специализированных лицензированных организаций, по заявке от предприятия. Утилизация осуществляется посредством демеркуризации. Демеркуризация – это удаление и нейтрализация ртути, очистка помещения от ее следов и устранение ртутного загрязнения.

На территории города Томска такую процедуру осуществляет ряд предприятий: ООО НПП «Экотом», АО «Полигон», «PELIKANСервис».

5.4.2 Макулатура

Работа в офисе всегда связана с созданием, обработкой и хранением информации. Бумажные документы копятся годами. В зависимости от конфиденциальности, важности и состояния макулатуры, ее можно

уничтожить или передать в переработку. На предприятиях уничтожению подлежат все бумажные документы с истекшим сроком хранения.

Фирмы-утилизаторы нижней планкой приема макулатуры с самовывозом от юридических лиц устанавливают вес в 300-500 кг. В компании среднего размера за неделю может набираться от 10 до 30 кг использованной бумаги, в итоге на образование тонны макулатуры уходит примерно полгода – год.

Для сдачи отработанных бумаг в переработку необходимо выполнить ряд условий:

- Вытянуть скоросшиватели, канцелярские скрепки, скобы;
- Удалить посторонние предметы и загрязненные листы;
- Просушить;
- Компактно и плотно связать.

На территории города Томска деятельность по сбору и переработке макулатуры осуществляют организации: «Чистый мир»; ООО «Пирс», принимает макулатуру весом от 1 кг; ООО «Ресурс».

5.4.3 Оргтехника

Утилизация офисной техники – трудоемкий процесс для любой организации. Однако, чтобы жить в комфортных условиях, в чистой среде, каждый из нас должен понимать важность этой процедуры и потому утилизировать оргтехнику правильно.

Для передачи оргтехники и компьютеров на утилизацию необходимо оформить акт на списание основных средств (форма №ОС-4). Согласно

законодательства, списание оборудования (техники) производится в связи с его старением, которое определяется либо физическим, либо моральным износом. Основанием для признания основного средства устаревшим и подлежащим списанию является акт экспертизы технического состояния.

Процесс утилизации оргтехники заключается в разборке и сортировке ее составляющих на лом черных и цветных металлов, платы с драгметаллами, пластик и не перерабатываемые отходы. Полученное сырье передается на заводы по переработке, оставшиеся отходы обезвреживаются и уничтожаются на специализированных предприятиях.

На территории города Томска, деятельность по утилизации оргтехники осуществляют следующие компании: ООО «Ведущая утилизирующая компания», «PELIKANСервис», «Русутилит».

5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях (ЧС)

В процессе разработки может возникнуть чрезвычайная ситуация техногенного характера. ЧС техногенного характера — это ситуации, которые возникают в результате производственных аварий и катастроф на объектах, пожаров, взрывов на объектах. Аварии и катастрофы на объектах характеризуются внезапным обрушением зданий, сооружений, авариями на энергетических сетях, авариями в коммунальном жизнеобеспечении, авариями на очистных сооружениях, технологических линиях и т.д. [12].

В чрезвычайной обстановке особенно важное значение имеют сроки эвакуации людей за пределы зон разрушений. Очень важны действия

аварийно-технических формирований, которые немедленно должны отключить еще не поврежденные энергетические и коммунально-технические сети для локализации аварии.

В офисном помещении, наиболее вероятной ЧС может быть возникновение пожара.

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия. Также необходимо раз в полгода производить инструктаж по правилам пожарной безопасности. Ответственность за обеспечение мер пожарной безопасности при проведении пожароопасных работ возлагается на руководителя подразделения, на территории которого проводятся работы.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например, ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители

следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к эвакуационному выходу.

Необходимые меры для обеспечения тушения пожаров:

1. Обеспечение подъездов к зданию
2. Обесточивание электрических кабелей
3. Наличие пожарных щитков, ящиков с песком в коридорах и гидрантов с пожарными рукавами
4. Наличие тепловой сигнализации
5. Наличие телефонной связи с пожарной охраной
6. Наличие огнетушителей

Предусмотренные средства пожаротушения (согласно требованиям противопожарной безопасности, СНиП 21-01-97* [13]): огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом и ящик с песком (в коридоре). Кроме того, каждое помещение оборудовано системой противопожарной сигнализации.

Заключение по разделу социальная ответственность

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены особенности работы в аудиторном помещении на вопрос безопасности для человека и окружающей среды.

В работе описаны вредные и опасные факторы при работе за компьютером, а также мероприятия по предотвращению негативного воздействия на здоровье работников офиса. К вредным факторам относятся отклонение показателей микроклимата, повышенный уровень шума и вибрации, недостаточная освещенность рабочей зоны. Опасным фактором является возможность повышения напряжения в электрической цепи, замыкание которой, может произойти через тело человека.

Так же, в работе затронуты вопросы экологической безопасности с приведением рекомендаций по утилизации отходов, образующихся в процессе работ.

Можно сделать вывод, что рабочее место соответствует нормативно-технической документации.

В разделе описаны возможные ЧС на рабочем месте, более подробно рассмотрен вопрос возникновения и предотвращения пожара, т.к. является наиболее вероятным в офисном помещении.

Заключение

В выпускной квалификационной работе изучено 4 раздела. На основе информационно-аналитического обзора выбран метод изготовления глубокого отверстия малого диаметра. Так же выбран метод нанесения покрытия. После этого разработана методика испытаний.

В технологической части разработан технологический процесс изготовления цилиндра плунжерной пары и образцов для испытаний износостойкости.

В конструкторской части разработана и изготовлена конструкция для дорнования глубоких отверстий малого диаметра и проведены предварительные испытания. Так же разработана и изготовлена конструкция для испытаний износостойкости опытных образцов, написана программа для работы с микроконтроллером.

В экономической части произведена сравнительная характеристика эффективности разработки на основании интегрального показателя эффективности, сделаны выводы об эффективности устройства.

В социальной ответственности рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, рассмотрены вредные и опасные факторы, проанализировав которые, можно сделать вывод о соответствии требованиям рабочего места исследователем.

Список литературы

1. Кирсанов С. В. Обработка глубоких отверстий в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2009. – 296 с.; ил.
2. Скворцов В.Ф., Арлинов А.Ю. Дорнование глубоких отверстий малого диаметра: Монография. Томск: Изд-во ТПУ, 2005. - 92 с.
3. Вейнер Р. «Гальваническое хромирование» (Перевод с немецкого). – М.: Изд. Машиностроение, 1964. – 152 с.
4. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей, учебное пособие. - Томск.: издво ТПУ, 2006 - 100с.
5. Скворцов В.Ф., Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 91с.
6. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).
7. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
8. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
9. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
10. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
11. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

12. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданиях.
13. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
14. Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех направлений и специальностей ТПУ. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 20 с.
15. ГОСТ 12.0.003 – 2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
16. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
17. ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.
18. СНиП 21-01-97* Пожарная безопасность зданий и сооружений.
19. <http://docs.cntd.ru/document/gost-2092-77>
20. <https://www.arduino.cc/>

Приложение А

Information and analytical review

This section discusses the problems and solutions that relate to the dosing of liquids of small volumes in pharmacology.

The purpose of this section: to conduct a comprehensive analysis of technological problems in the manufacture of parts of a metering pump.

The objectives of the literature review:

- Analysis of existing structures and the principle of operation of metering pumps
- Analysis of the manufacturability of manufacturing parts of a plunger pump-dispenser:

1.1 Analysis of structures and the principle of operation of metering pumps

In order to accurately dispense fluid under pressure, a metering pump is used. The fluids with which the metering pump works can be very different: emulsions, suspensions, fluids of different viscosity, neutral or toxic, clean or dirty, aggressive. Areas of application for metering pumps: wastewater treatment plants, pools, rivers / lakes, chemical and oil refineries, pharmaceuticals, cosmetics, food, steel, power plants, medical facilities and, of course, construction equipment [1].

An important role in the effective treatment of people is provided by the accurate dosage of pharmacological preparations during their manufacture. With

inaccurate dosage in capsules, a person does not receive the required amount of the substance or receives it in excess.

As a result, the treatment conditions for people are violated. This is especially true for vital and essential drugs [2].

1.1.2 Types of metering pumps

The main value of the metering pump is to suck in the required volume of fluid and inject it into the metering line.



Fig. 1

Types of metering pumps depending on the internal device:

- Plunger
- Membrane

Types of metering pumps by drive type:

- hydraulic

- Mechanical

The peristaltic metering pump works with viscous fluids. Using hoses, liquid is injected into the dosing line. Mechanical impact on the hose provides fluid motility. There are two types of metering pumps - hose and tube. Tubular are most often used in the food industry because polymers. Of which they are made, do not chemically react with conducted liquids. Hose pumps are used for aggressive liquids with solid inclusions. Hoses are used rubber-metal.



Fig. 2

Peristaltic pumps have several advantages:

- tightness
- wear of hoses (tubes), and not the product itself, in contact with conductive material

- reverse
- low noise
- ease and simplicity of operation and maintenance

The main disadvantage is the need for constant monitoring of hoses / tubes and their frequent replacement as they naturally wear out.

Diaphragm metering pumps work with viscous and abrasive fluids (for example, hydraulic fluids in excavator hydraulic systems). The only movable element in such pumps is the diaphragm, which acts under the influence of the drive (mechanical, pneumatic or hydraulic). Hesitating, the membrane creates a vacuum or high pressure in the working chamber. Thus, it displaces the liquid into the dosing line.

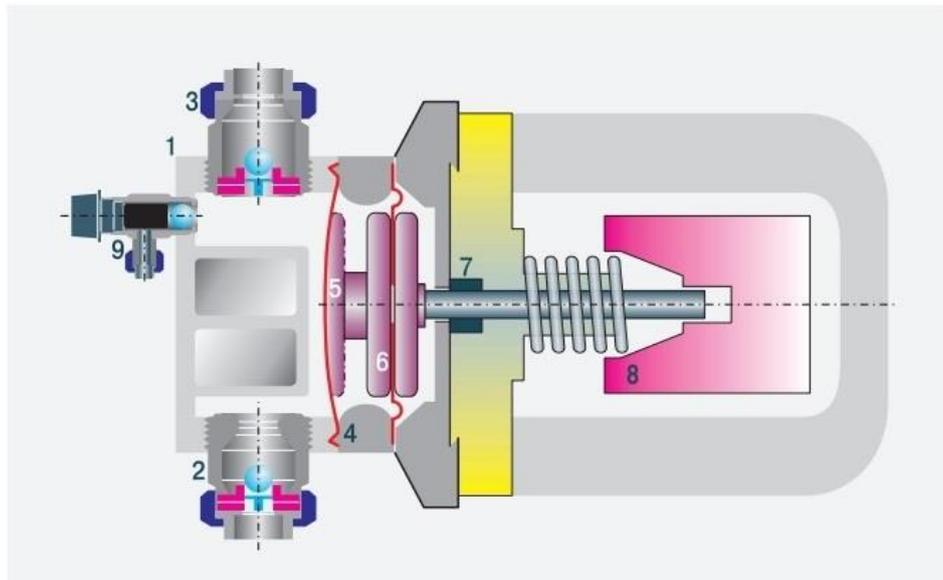


Fig. 3

The advantages of this type of pump:

- the design of the pump eliminates the ingress of dirt into the working fluid

- the product is resistant to corrosion and hard materials
- versatility

Disadvantages: low accuracy in dosage, frequent damage to the membrane, low productivity [1].

The most suitable for our requirements is a plunger-type metering pump. Since this pump meets the requirements of accuracy and corrosion resistance.

A mechanical plunger metering pump is used to work with any volume of fluid and create high pressure in the line. Most often, such pumps are used for toxic and aggressive fluids. The principle of operation is as follows: due to the translational movement of the piston, a vacuum is created in the cavity under it, and liquid from the supply (suction) pipe is sucked into it. When the piston moves backward on the suction pipe, the valve that prevents the liquid from flowing back closes and the valve on the discharge pipe opens, which was closed during suction. There, the liquid that was under the piston is displaced, and the process repeats. Among the plunger metering pumps there are many types: automatic, manual, multi-plunger, multi-cylinder, vacuum, etc.

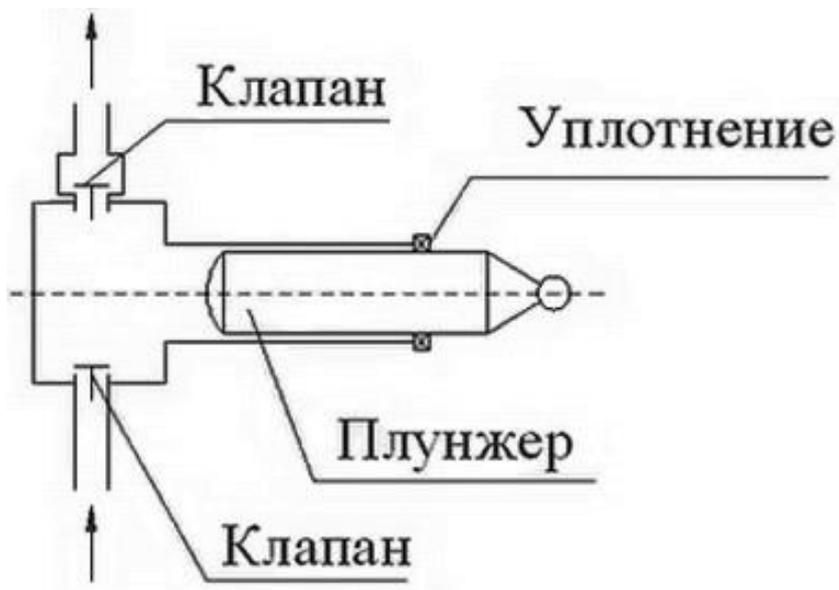


Fig. 4

Benefits:

- high precision dosing of pumped water or other liquid.
- small working space of the discharge chamber. This reduces the loss of expensive chemicals when dosing, and also allows you to make the body of the injection chamber from corrosion-resistant materials that can withstand contact with almost any aggressive environment, with a slight rise in price.
- the possibility of increasing or decreasing the working space of the discharge chamber by adjusting the piston stroke length [3].

The objective of this work is to study the manufacturing technology of a plunger pump for AO Microgen "Virion", the design of which is shown in Fig. 5.

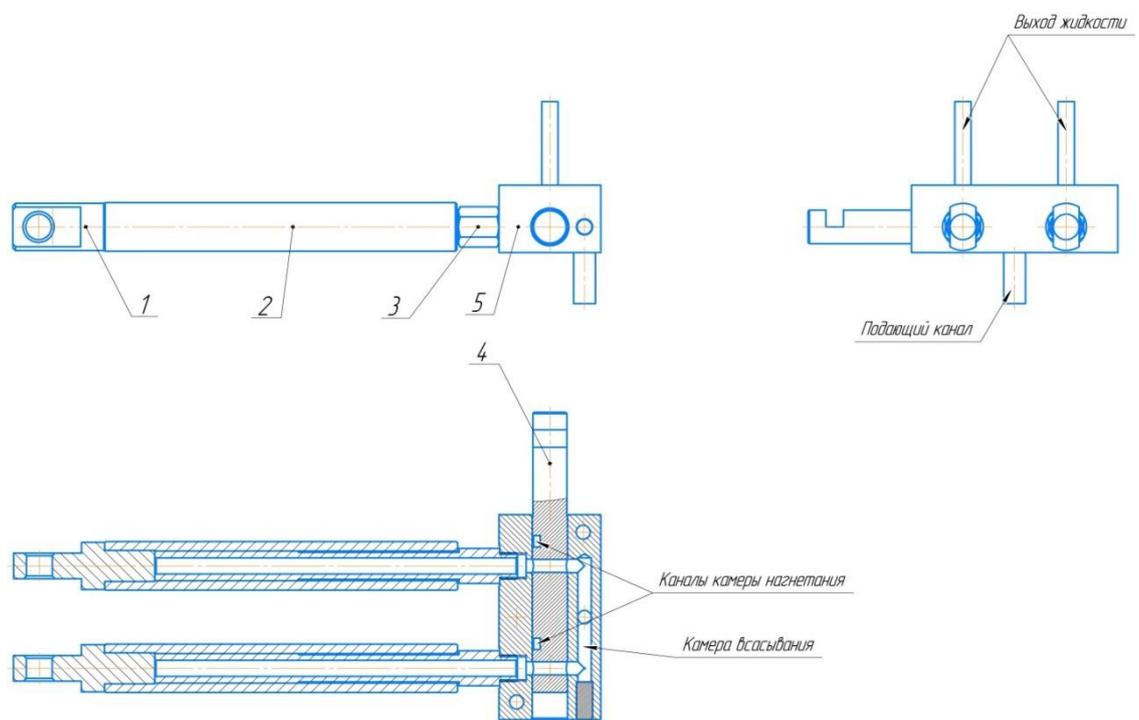


Fig. 5 Assembly diagram of a 5 ml dispenser.

1-ear, 2-dispenser case, 3-plunger, 4- spool, 5- spool body.

The plunger pump consists of a spool valve and two dispensers. The principle of operation of the equipment is based on the reciprocating movement of the housing of the working chamber 2 relative to the plunger 3. As a result, it creates alternately rarefaction and discharge stages. In the first case, the process of absorption of liquid into the chamber from the feed channel. In the second, the pump creates a medium pressure for the pressure line. This process is controlled using a spool valve, consisting of a valve body 5 and a spool 4, which periodically opens and closes the suction and discharge pipelines.

1.2 analysis of the manufacturability of manufacturing parts of the plunger pump-dispenser

To date, plunger metering pumps and equipment using them have become widespread. The potential for their improvement has not been exhausted. A number of issues of great practical interest remain relevant: increasing the resource of plunger couples, increasing the overhaul period, even higher metering accuracy, and others [4].

In my work, I will explore the possibilities of obtaining a more durable and reliable plunger pair using the example of the Microgen Virion metering pump (Tomsk). I am most interested in developing the technology for manufacturing an exact hole in the metering case, since this is a very time-consuming procedure.

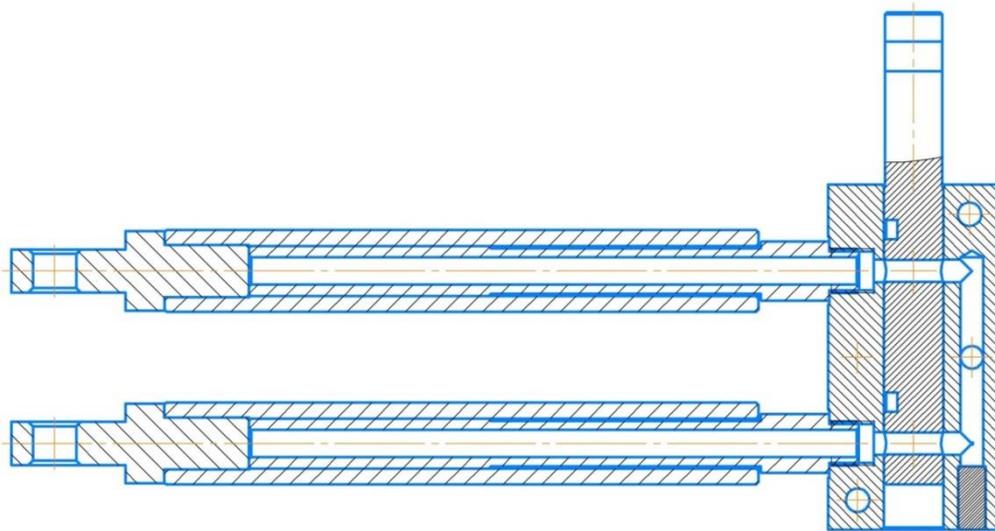


Fig. 6 - Diagram of the metering pump

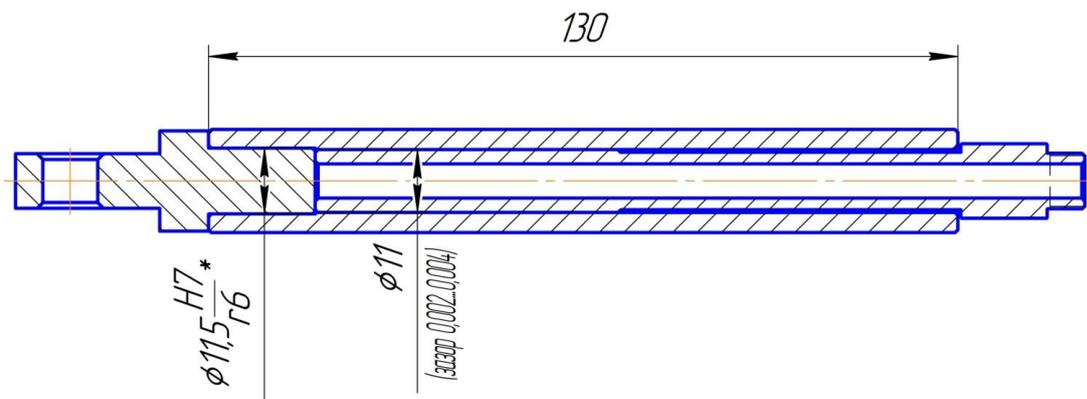


Fig. 7 - Plunger pair

There are several problems in the production of a metering pump for dispensing small volumes of liquids. Firstly, it is obtaining an accurate, deep hole of small diameter in the workpiece from a wear-resistant material. This problem is currently very relevant. Secondly, it is a low roughness. Also, due to wear of the plunger pair, a gap arises between the plunger and the dispenser housing, due to which leaks of the dispensing liquid occur and further operation of the pump is no longer possible since the possibility of accurate dosing disappears. Therefore, it is necessary to use the most wear-resistant materials for the manufacture of this plunger pair.

Also, it is worth noting that due to the requirements for the gaps between the body and the plunger, the assembly will be selective. That is, first of all, we must make the dispenser body, since the process of processing the hole is laborious. Next, we need to measure the diameter of the resulting hole and make a suitable plunger. After successful assembly, parts must be marked. Since when assembling two parts of different groups it will not be possible to provide the required clearance.