

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение машиностроение

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Разработка стенда для испытания уровнемеров</b>

УДК 681.128-048.24

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А8В	Рыжкова Анастасия Викторовна		06.06.2022

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОМ	Кувшинов Кирилл Александрович	-		06.06.2022

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н. доцент		06.06.2022

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна	-		06.06.2022

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 Машиностроение	Ефременков Егор Алексеевич	к.т.н.		06.06.2022

**Результаты обучения**  
**по направлению 15.03.01 Машиностроение**  
**по специализации «Конструкторско-технологическое обеспечение**  
**автоматизированных машиностроительных производств»**

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОПК(У)-2	Осознает сущности и значения информации в развитии современного общества
ОПК(У)-3	Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации
ОПК(У)-4	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ДОПК(У)-1	Способен разрабатывать и оформлять конструкторскую документацию в соответствии со стандартами и с учетом технических и эксплуатационных характеристик деталей и узлов изделий
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий

ПК(У)-2	Способен разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств
ПК(У)-3	Способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
ПК(У)-4	Способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции
ПК(У)-5	Умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
ПК(У)-6	Умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
ПК(У)-7	Умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
ПК(У)-8	Умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
ПК(У)-9	Способен к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции
ПК(У)-10	Умеет учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании
ПК(У)-11	Умеет использовать стандартные средства автоматизации при проектировании деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями
ПК(У)-12	Способен оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-13	Умеет проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений
ПК(У)-14	Умеет проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты новых проектных решений и их патентоспособности с определением показателей технического уровня проектируемых изделий
ПК(У)-15	Умеет применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов в машиностроении и разрабатывать мероприятия по их предупреждению
ПК(У)-17	Умеет обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение  
 Отделение школы (НОЦ) отделение машиностроение

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Е.А. Ефременков  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

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

В форме:

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
4А8В	Рыжковой Анастасии Викторовне

Тема работы:

Разработка стенда для испытания уровнемеров	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	03.02.2022 №34-78/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2022
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	
<i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования – испытательный стенд, предназначенный для контроля и фиксации уровня жидкости в испытательной камере; Высота стенда: 10 м; Конструкция стенда должна быть сборно-разборной; Чертеж детали «штуцер»; Мелкосерийное производство.

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Подбор материалов;          Проектирование стенда для испытания уровнемеров;          Принципиальная схема;          Разработка технологического процесса для изготовления детали;          Подготовка материала и пояснительной записки.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чертеж детали «штуцер»</li> <li>2. Принципиальная схема</li> <li>3. Чертеж общего вида</li> <li>4. Сборочный чертеж</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;"><b>Раздел</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Кащук Ирина Вадимовна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Черемискина Мария Сергеевна</p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p style="text-align: center;">13.12.2021</p>
--	---

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОМ	Кувшинов Кирилл Александрович	-		13.12.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А8В	Рыжкова Анастасия Викторовна		13.12.2021

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит с.118, рис.15, табл.30, приложения.

Ключевые слова: стенд для испытания уровнемеров, уровнемер, технологический процесс изготовления штуцера.

Объект исследования – испытательный стенд, предназначенный для контроля и фиксации уровня жидкости в резервуаре.

Цель исследования – спроектировать сборно-разборный стенд для испытания уровнемеров с учетом различных состояний жидкости, колебаний, чтобы проверить на работоспособность данный уровнемер.

В процессе работы выполнен краткий литературный обзор, спроектирован стенд для испытания уровнемеров, разработан технологический процесс детали «штуцер».

## Оглавление

Оглавление.....	7
Введение.....	10
1.Конструкторская часть .....	11
1.1 Общие сведения о средствах измерения уровня жидкости .....	11
1.2 Сравнение аналогов.....	13
1.3 Эталонный и испытываемый уровнемеры.....	17
1.4 Выбор способа соединения трубопровода.....	19
1.5 Выбор материалов .....	21
1.6 Разработка схемы.....	23
1.7 Расчет трубопровода .....	25
1.8 Расчет болтового соединения.....	28
1.9 3Д модель .....	29
Вывод по разделу.....	32
2.Технологическая подготовка производства. Основные положения.	33
Введение .....	33
2.1 Анализ технологичности детали.....	33
2.2 Обеспечение эксплуатационных свойств детали.....	35
2.3 Способ получения заготовки.....	37
2.4 Проектирование технологического маршрута .....	37
2.5 Проектирование технологических операций .....	38
2.6 Расчет припусков на обработку .....	43
2.7 Выбор и расчет режимов резания .....	49
2.8 Выбор оборудования .....	53
2.9 Нормирование.....	55
2.10 Выбор средств технологического оснащения .....	59
2.11 Расчёт приспособления.....	61
Вывод по разделу.....	62
3.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	64

Введение .....	64
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	64
3.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	64
3.1.2 SWOT-анализ.....	66
3.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	69
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	69
3.3 Бюджет научно-технического исследования.....	75
3.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования.....	75
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	81
Выводы по разделу .....	84
4. Социальная ответственность .....	87
Введение .....	87
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	87
4.1.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны оператора .....	88
4.2 Производственная безопасность.....	89
4.3 Экологическая безопасность .....	94
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	96
Вывод .....	98
Заключение .....	99
Список литературы .....	100
Приложения .....	104
Приложение А - принципиальная схема .....	105
Приложение Б - чертеж общего вида.....	107

Приложение В – сборочный чертеж .....	109
Приложение Г – спецификация .....	111
Приложение Д – чертеж детали «штуцер» .....	114
Приложение Е – технологическая документация.....	116

## Введение

Уровнемеры применяются в различных отраслях промышленности и используются для измерения уровня разнообразных жидких и сыпучих сред. С развитием измерительной техники, каждый метод приобретает характерный набор своих технических реализаций, которые в каждом конкретном случае имеют как преимущества, так и недостатки.

Основным недостатком уровнемеров большой длины (более 2м) является их транспортировка до места калибровки и поверки. Поэтому стоит задача по созданию мобильного стенда для испытания уровнемеров.

## 1. Конструкторская часть

### 1.1 Общие сведения о средствах измерения уровня жидкости

Уровнемер – прибор, предназначенный для непрерывного измерения уровня жидкости в различных резервуарах, хранилищах. С помощью измерения уровня можно узнать информацию о массе, объёме, глубине, плотности жидкости в резервуаре.

Для измерения уровня применяются разнообразные механизмы: сигнализаторы уровня, уровнемерные стекла, рейки, уровнемеры. Классификация для средств контроля уровня представлена на рисунке 1. Существует обширная номенклатура средств контроля уровня, использующих такие физические методы: ёмкостный, электроконтактный, гидростатического давления, поплавковый, ультразвуковой, радиоволновый [1]. На рисунке 2 можно увидеть, как они выглядят.



Рисунок 1 – Классификация приборов для контроля уровня жидкости

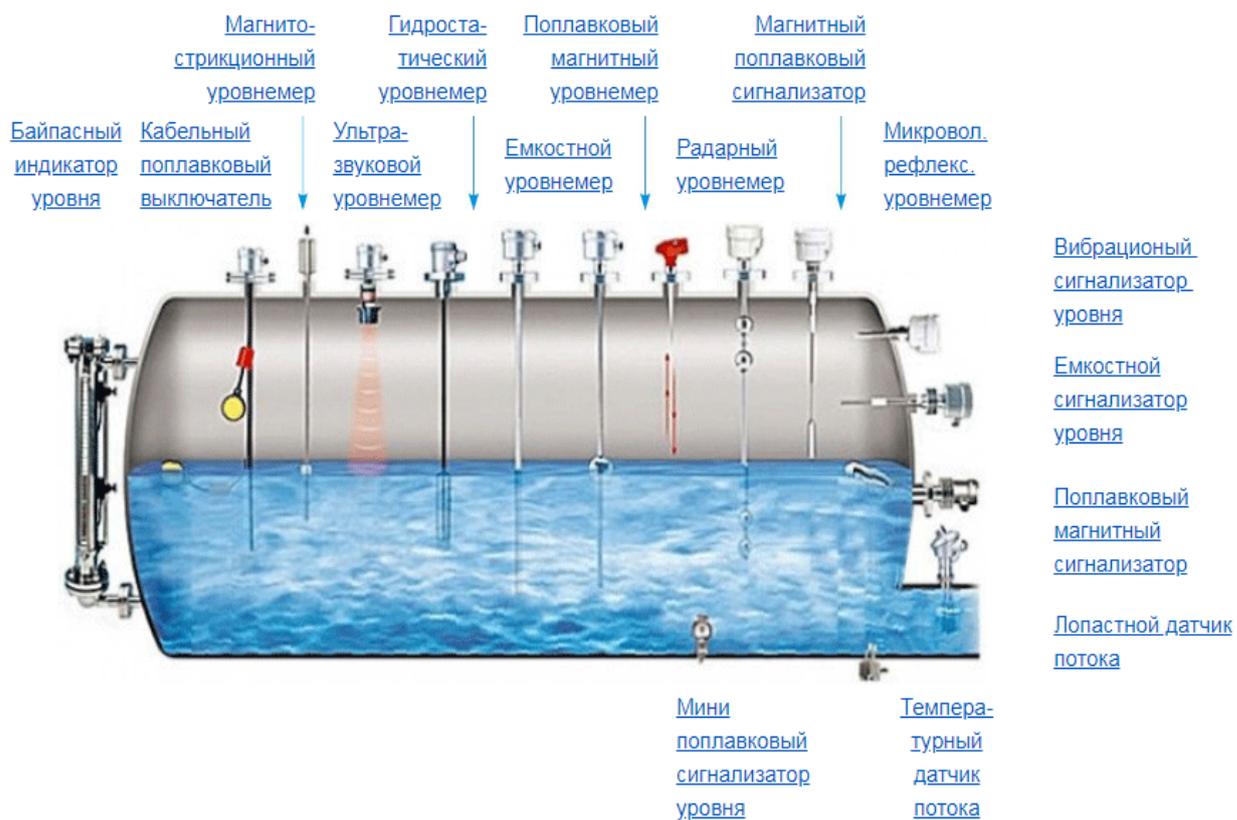


Рисунок 2 – Номенклатура уровнемеров

Конструкция будет состоять из камеры для испытания, эталонного уровнемера, предназначенного для непосредственно проверки на работоспособность испытываемого уровнемера, модуля управления, в котором будут считываться данные от уровнемеров, также будут присутствовать насосная и компрессорная установки. С помощью насосной установки будет происходить заполнение жидкостью испытываемой камеры. Компрессорная же установка сможет вызывать колебания данной жидкости, и при этом испытываемые уровнемеры также смогут считывать данные.

Поплавковый(испытываемый) уровнемер - контактное средство измерения жидкости путем погружения поплавка.

Принцип работы поплавкового уровнемера: поплавок внутри которого встроен магнит, перемещается в зависимости от изменения количества жидкости в баке вдоль зонда. Уровнемер показывает уровень жидкости, учитывая расстояние между днищем и положением поплавка.

Радарный(эталонный) уровнемер – уровнемер с бесконтактным измерением уровня любых жидких и сыпучих, в том числе и агрессивных сред [2].

Принцип работы радарного уровнемера: уровень жидкости измеряется короткими импульсами радара, которые передаются от антенны, находящейся в верхней части резервуара, по направлению к этой жидкости. Когда импульс радара достигает среды с иной диэлектрической постоянной, часть энергии отражается обратно, к датчику. Разница во времени между переданным и отраженным импульсом пропорциональна расстоянию, от которого рассчитывается уровень [3, с.128].

## 1.2 Сравнение аналогов

Стенд для поверки и калибровки средств измерений уровня - ЭЛМЕТРО-СПУ предназначен для поверки и калибровки бесконтактных уровнемеров (ультразвуковые, радарные) имитационным способом с точностью  $\pm 1$  мм.

Основной задачей в процессе поверки является определение погрешности уровнемера в контрольных точках по всему диапазону измерений при имитации повышения и понижения уровня вещества. Имитация осуществляется за счет перемещения отражающей пластины по линейной части стенда. Оператору стенда необходимо жестко закрепить уровнемер на стенде и подключить его к прибору для измерения выходного унифицированного сигнала, а также внести необходимую информацию в программное обеспечение. Всё остальное за оператора делает сам стенд под управлением программного обеспечения «АРМ Теккноу Уровень» [4].



Рисунок 3 - Стенд для поверки контактных уровнемеров

В стенде для котроля датчиков уровнемеров, мерный резервуар 1 отклоняется от вертикали, в него вводится и закрепляется контролируемый датчик 2. Затем мерный резервуар 1 возвращается в исходное положение. Далее, при поступлении управляющего сигнала на двигатель 6 соединенный с ним через редуктор 7 ходовой винт 8 приходит во вращение, гайка 9 вместе с жестко связанной с ней обечайкой 4 перемещается до требуемой высоты. Рабочая жидкость, непрерывно подаваемая подкачивающим насосом 14, заполняет свободное пространство в основном резервуаре 3, при этом избыточное количество жидкости поступает в выделенную часть, образованную раздвижной перегородкой 5. Таким образом, уровень жидкости в мерном резервуаре 1, соединенном по принципу сообщающихся сосудов с основным резервуаром 3 с помощью капилляра 17 и патрубка 18, а также шарнира 19, определяется положением верхней переливной кромки обечайки 4 [5].

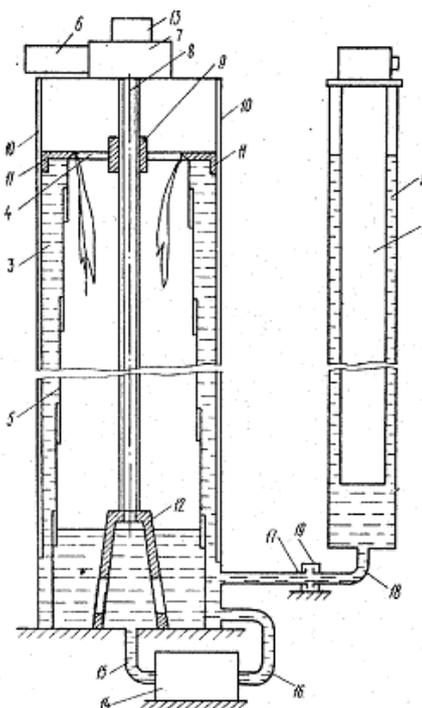


Рисунок 4 – Измерительный стенд

У стенда для поверки поплавковых уровнемеров способ работы осуществляется следующим образом. Уровнемер 4 закрепляют в пазу 12 фланца 11, размещая его поплавков 3 в емкости 1 с жидкостью, а шкалу 13 -

рядом с планкой 14 так, что ось уровнемера совпадает с осями шкал 7 и 13 и параллельна уровню жидкости 2 в емкости 1. Используя для ориентации оси координат планки 14, обеспечивают при этом необходимое начальное угловое положение шкалы 13 уровнемера, что начало ее совпадало с началом эталонной шкалы 7 на поворотной части 8 делительной головки 6. Затем осуществляют поворот части 8 делительной головки 6, вместе с присоединенным к ней корпусом 9 уровнемера 4 и, следовательно, с расположенными соответственно на поворотной части 8 делительной головки 6 и на корпусе 9 уровнемера шкалами 7 (эталонной) и 13 при неподвижном положении поплавка 3. Поскольку указатель 15, связанный с поплавком 3, остается неподвижным, на шкале 13 уровнемера отражается изменение относительной высоты корпуса 9 уровнемера со шкалой 13 и поплавок 3 при изменении уровня жидкости в сосуде при работе уровнемера, соответствующего взаимному повороту корпуса 9 со шкалой 13 и поплавок 3 на указанный угол (т.е. видно, как изменяется их взаимное расположение по высоте при изменении их-углового положения). Полученное значение на шкале 13, определяющее положение первой контрольной точки, сопоставляют с показаниями на эталонной шкале 7 и получают связь угла поворота с показаниями высоты уровня уровнемера 4. Затем сравнивают полученное значение со значением, полученным на эталонном уровнемере или с помощью вычислений, и вычисляют погрешность показания (метрологической характеристики) уровнемера в данной контрольной точке, она не должна превышать предельно допустимую величину. Затем осуществляют следующий поворот делительной головки 6 с корпусом 9 и определяют погрешность показаний уровнемера в следующей контрольной точке.

Обычно осуществляют проверку в пяти контрольных точках при повороте в одну сторону и затем в тех же пяти контрольных точках при повороте делительной головки с корпусом обратно (в противоположную сторону)[6].

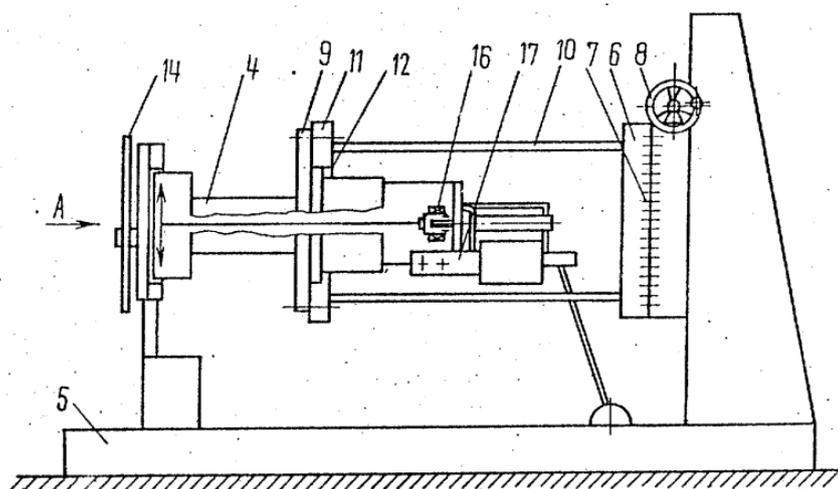


Рисунок 5 – Измерительный стенд

Стенд ЭЛМЕТРО-СПУ обладает абсолютной погрешностью измерения не превышающей  $\pm 1$  мм, что является большим плюсом стенда. Главным недостатком является масса от 400 до 3000 кг, что не позволяет стенду быть мобильным. Также присутствуют такие характеристики как температурный диапазон окружающей среды: от плюс 15 до плюс 25 °С, диапазон воспроизведения единицы уровня до 50 м.

У стенда для контроля датчиков уровнемеров при проверке длинномерных датчиков длиной от 2 до 4 и более метров, высота помещения необходимая для размещения оборудования составит 9 метров и более. Точность измерения низкая при малых уровнях жидкости, особенно при проверке длинномерных датчиков. Следовательно по габаритам данный стенд не подходит.

Стенд для проверки поплавковых уровнемеров имеет значительные затраты времени, связанные с тем, что для получения требуемой точности показаний, уровень жидкости в сосуде не может изменяться быстро (3-5 см/мин), т.к. при значительной скорости появляются возмущения жидкости. Т.е. точных измерений на данном стенде получить нельзя, как и провести опыт №2 (с колебаниями жидкости).

### 1.3 Эталонный и испытываемый уровнемеры

Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения, мм: - для эталонного  $\pm 3$ . Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня, мм: - для испытываемого  $\pm 5$ .

Согласно таблице 1 [7, с.20] можно сделать вывод об эффективности, используемых уровнемеров.

Таблица 1. Сравнительный анализ эталонного и испытываемого уровнемеров

Условие процесса/метод	Радарный(эталонный)	Поплавковый(испытываемый)
Аэрация	3	2
Перемешивание	2	2
Изменение температуры окружающей среды	3	3
Коррозия	2	2
Изменение плотности	3	2
Изменение диэлектрической постоянной среды	3	3
Пыль	3	3
Пена	2	3
Высокая температура процесса	3	1
Высокое давление в резервуаре	3	1
Внутренние	2	3

конструкции в резервуаре		
Низкие температуры процесса	3	3
Вакууметрическое давление в резервуаре	3	3
Помехи(ЭМП, двигатели, компрессоры)	2	2
Отложения, налипания продукта	2	1
Суспензии	2	2
Сыпучие материалы	3	1
Пары	3	3
Вязкие, липкие среды	2	1
Итого	51	41

1- Плохо: этот метод не подходит для данных условий.

2- Удовлетворительно: этот метод может работать в данных условиях, но надежность измерений может быть снижена.

3- Хорошо: это условие слабо влияет или не оказывает воздействия на эффективность данного метода.

Проанализируем важные характеристики эталонного и испытываемого уровнемеров, такие как: аэрация, перемешивание, коррозия, пыль, внутренние конструкции в резервуаре, помехи (ЭМП, двигатели, компрессоры).

Аэрация - процесс, при котором воздух тесно контактирует с водой. На эталонный уровнемер не оказывает влияния насыщение водой - воздуха, в то время как точность измерений у испытываемого может быть снижена.

Практически одинаково влияют на измерения данных уровнемеров – перемешивание, коррозия, пыль, помехи.

Небольшим минусом эталонного уровнемера являются внутренние конструкции в резервуаре, так как принцип работы основан на отражении импульсов, которым не должны создавать помехи прочие внутренние конструкции. Диаметр раскрытия луча составляет 10°.

В целом эталонный уровнемер достаточно эффективный для поверки показаний уровня жидкости испытываемого уровнемера.

#### 1.4 Выбор способа соединения трубопровода

Полимерные трубы при разъёмном способе соединения соединяются при помощи фитингов, муфт, фланцев.

Основные преимущества соединения на обжимных фитингах [8]:

- разъемность соединения;
- простой монтаж;
- короткие сроки монтажа;
- детали фитинга изготавливают из специально подобранных материалов (латуни, нержавеющей стали);
- быстрый ввод в эксплуатацию;
- возможность установки в труднодоступных местах;
- создание оптимальных условий прокладки трубопроводов для широкого диапазона рабочей среды, в том числе труб с высоким давлением.

Недостаток состоит в необходимости периодически подтягивать трубным ключом.

Муфтовые соединения с резиновыми уплотнителями характерны для конкретных типов трубопроводов: небольших размеров с низким и средним давлением.

Преимущества муфтовых соединений согласно [9, с.253]:

- экономия электроэнергии и времени монтажа по сравнению со сваркой;
- высокая механическая прочность соединения, устойчивость к ударным нагрузкам при техногенных или природных;
- необходимая герметичность при использовании уплотнителей;
- разъемность соединения;
- отсутствие концентрации напряжений в стыке;
- экономия электроэнергии и времени монтажа по сравнению со сваркой;
- возможно выполнение муфтовых соединений в труднодоступных местах;
- простота соединения.

Минусами являются необходимость приобретения дорогостоящих расходных материалов (муфт, резьбонарезных головок, смазывающе-охлаждающих жидкостей); необходимость контроля усилия затягивания муфт/арматуры при монтаже; потребность во вспомогательном персонале (нарезчики резьб, монтажники); невозможность проверки качества сборки арматурных соединений [10].

Преимуществами фланцевого соединения являются разъемность соединения, возможность многократного монтажа и демонтажа на трубопроводе, хорошая герметичность стыков, удобство в обслуживании, прочность, возможность применения в широком диапазоне давлений и проходов [11, с. 98].

Недостатки состоят в ослаблении затяжки болтов и потери герметичности со временем, большие габаритные размеры [11, с. 98].

Все 3 вида соединения являются разъёмными, с необходимой герметичностью при использовании уплотнителей, с возможностью монтажа. По стоимости и долговечности фланцы целесообразны в использовании, соответственно соединение было выбрано фланцевое.

## 1.5 Выбор материалов

От правильно выбранного материала стенда и его сопряженных деталей, зависят работоспособность, долговечность, надежность конструкции. К испытательной камере предъявляют особые требования выбора материала, т.к. трубы должны быть антикоррозионными.

Обычно используются такие материалы как:

- Полипропилен;
- Полиэтилен;
- Нержавеющая сталь.

Полиэтиленовые трубы – это один из видов современных пластиковых полимерных труб, при производстве которых применяется полиэтилен низкого давления (ПНД) [12].

Трубы из полиэтилена имеют все достоинства труб на основе полимеров:

- высокая термостойкость;
- срок службы полиэтиленовых труб составляет не менее 50 лет;
- обладают высокой химической стойкостью, не подвержены коррозии;
- не подвержены обрастанию солей и биологическому обрастанию;
- высокая прочность;
- экологически чистые.

Недостаток: в рабочем интервале температур трубы экологически безопасны, но необходимо строго учитывать, что при температурах, превышающих температуру плавления полиэтилена, возможны выделения оксида углерода, формальдегида, уксусной кислоты, альдегидов [13, с. 161].

Для напорных трубопроводов используются марки от ПЭ32 — полиэтилен высокого давления до ПЭ100 — низкого давления. ПЭ80 и ПЭ100 используются для городских магистралей холодного водоснабжения [14].

Нержавеющие стали применяемые для наружного водопровода, обладают высокой прочностью, сравнительно небольшой массой, низкой стоимостью, эластичностью, простым соединением (сваркой). Гальванизация, применяемая для нержавеющих сталей является наиболее распространенным способом борьбы с коррозией; она заключается в нанесении цинкового покрытия на поверхность стальной трубы [15]. Недостатками можно считать: тяжелый удельный вес – плотность порядка  $8\text{г/см}^3$ ; высокая химическая активность; способность провоцировать аллергические реакции; склонность к гальванозам; не мобильность [16, с.77].

Примером нержавеющих сталей для труб является сталь марки Р91 и представляет собой сплав с высоким содержанием хрома (9%) и молибдена (1%). Добавление хрома увеличивает механическую прочность сплава при высоких температурах, а также повышает устойчивость коррозии, а добавление молибдена улучшает крипоустойчивость [15].

Для того, чтобы стенд был более лёгким по массе, и соответственно мобильным, с антикоррозионной защитой, также надёжным, был выбран материал РN 16 (полипропилен). Трубы с данным материалом могут работать до 16 атмосфер и при температуре  $16^\circ\text{C}$  для горячего и холодного водоснабжения.

Полипропилен – материал, получаемый путем полимеризации молекул пропилена.

Полипропиленовые трубы имеют следующие достоинства [17, с.159]:

- Экологическая чистота
- Низкая стоимость
- Износоустойчивость
- Устойчивость к коррозии
- Малый вес
- Устойчивость к воздействию температур
- Гладкая внутренняя поверхность
- Длительный срок службы

-Не наносит вред окружающей среде.

-Безопасен до температур +120°C [13, с. 161].

Недостатком полипропиленовых труб является чувствительность материала к ультрафиолету. Такие трубы могут использоваться только при условии, что солнечный свет не будет на них попадать [17, с.159]. Также минусом является пониженная морозостойкость.

Полиэтиленовые трубы наряду с полипропиленовыми долговечные, коррозионностойкие, легкие по массе, но прочностные свойства, как и стоимость более подходящие у полипропилена. Главным недостатком для выбора материала нержавеющей стали является вес, а т.к. стенд должен быть мобильным, сборно-разборным, материал данного вида труб не подходит.

### 1.6 Разработка схемы

Основными требованиями для стенда должны быть гидравлическая система с подачей, сливом воды, предохранительными устройствами, также модулем управления, воздушной системой. По предъявляемым требованиям была построена принципиальная схема.

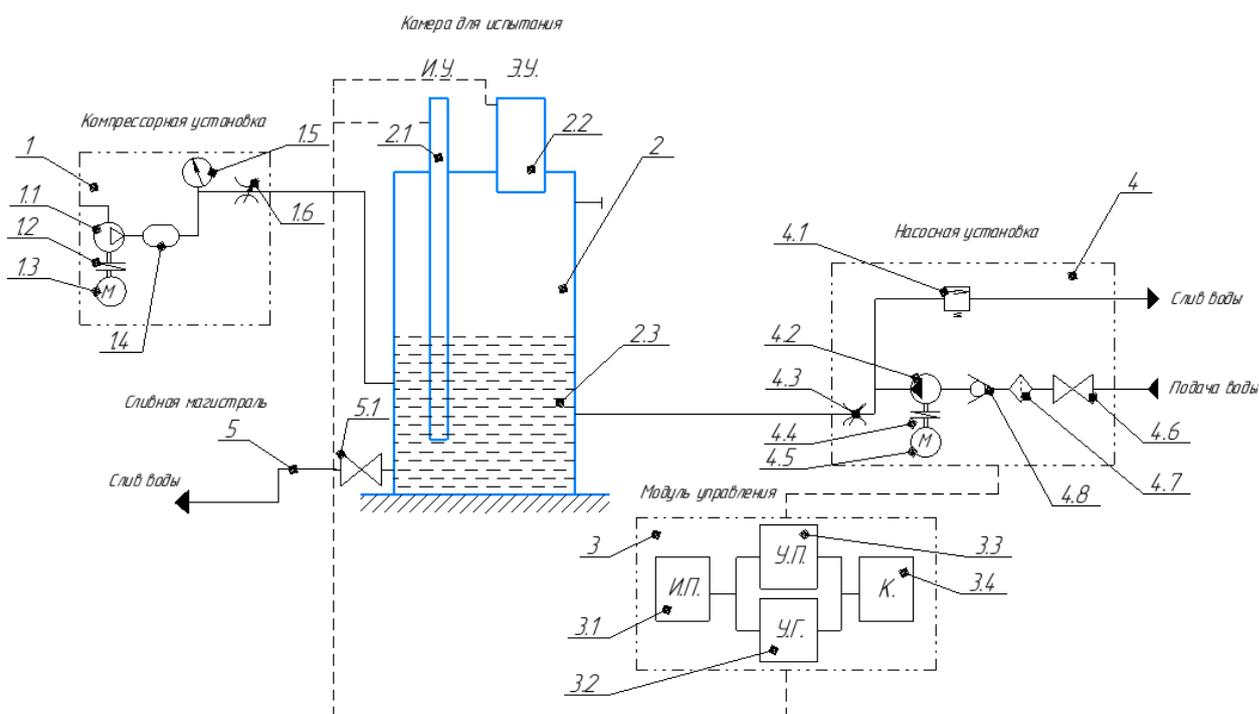


Рисунок 6 – Принципиальная схема разрабатываемого стенда

Компрессорная установка 1 включает в себя компрессор 1.1, муфту 1.2, электродвигатель 1.3, ресивер 1.4, манометр 1.5 и дроссель 1.6, которые соединены между собой.

Испытательная камера 2 состоит из испытываемого уровнемера 2.1 и эталонного уровнемера 2.2.

Модуль управления 3 включает в себя источник питания 3.1, блок управления гидравликой 3.2, блок управления пневматикой 3.3 и контроллер 3.4, которые соединены между собой.

Насосная установка 4 состоит из предохранительного клапана 4.1, насоса 4.2, регулируемого дросселя 4.3, муфты 4.4, электродвигателя 4.5, вентиля 4.6, фильтра 4.7 и обратного клапана 4.8.

В сливной магистрали 5 находится вентиль 5.1.

После размещения испытательной камеры в помещении, необходимо подключить насосную установку 4 к центральному водоснабжению. Сливную магистраль 5 испытательной камеры 2 подключить к стоку.

Модуль управления 3 включает в себя источник питания 3.1, который подводит электричество к насосной 4, компрессорной 1 установкам, также запускает мониторинг показаний уровнемеров 2.1 и 2.2 и управляет расходом насосной и компрессорной установками соответственно. Далее блок модуля управления гидравликой 3.2, получая питание от источника подает сигнал в насосную установку 4 о необходимости закачать определенный уровень воды с помощью насоса 4 в испытательную камеру 2.

После закачивания воды, испытываемый 2.1 и эталонный 2.2 уровнемеры передают показания в контроллер 3.4, который обрабатывает информацию показаний уровнемеров 2.1 и 2.2, показывает на табло значения уровня жидкости и оператор может сделать предварительный вывод с браком или работоспособный, проверяемый уровнемер 2.1.

Далее с помощью компрессорной установки 1 создаются колебания воды и аналогично считываются показания уровнемеров на табло.

После 2 испытаний можно сделать вывод о пригодности использования испытываемого уровнемера в стоячей жидкости и при колебаниях.

### 1.7 Расчет трубопровода

Принимаем материал трубопровода полипропилен ( $\sigma = 26$  МПа).

Находим объем испытательной камеры  $W$ , л:

$$W = \pi R^2 \cdot h \quad (1.1)$$

где  $R$  – радиус испытательной камеры;

$h$  – высота испытательной камеры.

$$W = 3,14 \cdot 0,1^2 \cdot 9,7 = 0,304 \text{ м}^3 = 304 \text{ л}$$

Рассчитываем потребный расход  $Q$ , л/мин:

$$Q = \frac{W}{t} \quad (1.2)$$

где  $W$  – объем испытательной камеры, л;

$t$  – время заполнения испытательной камеры, мин.

$$Q = \frac{314}{20} = 15,7 \text{ л/мин}$$

После необходимо рассчитать скорость движения жидкости  $\vartheta$ , м/с:

$$\vartheta = \left(\frac{4,6}{d}\right)^2 \cdot Q \quad (1.3)$$

где  $d$  – диаметр трубы, мм.

Тогда для напорной линии скорость наполнения  $\vartheta_1$ , м/с:

$$\vartheta_1 = \left(\frac{4,6}{10}\right)^2 \cdot 15,7 = 3,33 \text{ м/с}$$

Для испытательной камеры, скорость наполнения  $\vartheta_2$ , м/с:

$$\vartheta_2 = \left(\frac{4,6}{176,2}\right)^2 \cdot 15,7 = 0,0107 \text{ м/с}$$

Давление на дне испытательной камеры  $P$ , МПа:

$$P = \rho \cdot g \cdot h \quad (1.4)$$

где  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, Н/кг;

$h$  – высота уровня жидкости, м.

$$P = 997 \cdot 9,8 \cdot 9,7 = 0,095 \text{ МПа}$$

Рассчитаем коэффициент Рейнольдса  $Re$ :

$$Re = \frac{\vartheta \cdot d}{\nu} \quad (1.5)$$

где  $\nu$  – кинематическая вязкость,  $\text{мм}^2/\text{с}$ .

Принимаем кинематическую вязкость для воды ( $\nu$ ) =  $1,004 \text{ мм}^2/\text{с}$ .

$$Re = \frac{3330 \cdot 10}{1,004} = 33167,3$$

Полученный коэффициент указывает на то что режим течения – турбулентный, т.к. значение Рейнольдса больше  $10^4$ .

Для нахождения коэффициента потерь на трение по длине  $\lambda$  применяется формула:

$$\lambda = \frac{0,2579}{Re^{0,231}} \quad (1.6)$$

$$\lambda = \frac{0,2579}{(33167,3)^{0,231}} = 0,024$$

Гидравлические потери стэнда составляют  $\Delta P$ , МПа:

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{l \cdot \vartheta^2 \cdot \rho}{2d} \quad (1.7)$$

где  $l$  – длина напорной линии, м.

$$\Delta P = 0,024 \cdot \frac{3 \cdot (3,33)^2 \cdot 997}{2 \cdot 0,01} = 0,0398 \text{ МПа}$$

Находим мощность для насосной установки  $N$ , кВт:

$$N = \frac{P}{\eta} \cdot Q \quad (1.8)$$

$$N = \frac{39800 \cdot 0,000262}{0,9} = 11,58 \text{ Вт} = 0,012 \text{ кВт}$$

Выбираем насосную станцию Oasis MST 33/31C-2 (370 Вт).

Объём для компрессорной установки  $W$ , л согласно формуле (1.1):

$$W = 3,14 \cdot 0,1^2 \cdot 0,05 = 0,016 \text{ м}^3 = 16 \text{ л}$$

Рассчитываем потребный расход  $Q$ , л/мин согласно формуле (1.2)

$$Q = \frac{16}{0,33} = 48,5 \text{ л/мин}$$

После необходимо рассчитать скорость движения воздуха  $\vartheta_1$ , м/с согласно формуле (1.3):

$$\vartheta_1 = \left(\frac{4,6}{10}\right)^2 \cdot 48,5 = 10,2 \text{ м/с}$$

Для испытательной камеры, скорость наполнения  $\vartheta_2$ , м/с согласно формуле (1.3):

$$\vartheta_2 = \left(\frac{4,6}{176,2}\right)^2 \cdot 48,5 = 0,033 \text{ м/с}$$

Давление в испытательной камере Р, МПа согласно формуле (1.4):

$$P = 1,2754 \cdot 9,8 \cdot 0,05 = 0,625 \text{ МПа} = 625000 \text{ Па} = 237812 \text{ Дж/м}^3$$

Рассчитаем коэффициент Рейнольдса  $R_e$ , согласно формуле (1.5):

Принимаем кинематическую вязкость воздуха  $(\nu)=15,11 \text{ мм}^2/\text{с}$ ;

$$R_e = \frac{10200 \cdot 10}{15,11} = 6750,5$$

Для нахождения коэффициента  $\lambda$  применяется формула (1.6):

$$\lambda = \frac{0,2579}{(6750,5)^{0,231}} = 0,034$$

Потери стенда составляют  $\Delta P$ , Па согласно формуле (1.7), МПа:

$$\Delta P = 0,034 \cdot \frac{3 \cdot (10,2)^2 \cdot 1,2754}{2 \cdot 0,01} = 650 \text{ Па} = 247 \text{ Дж/м}^3$$

Находим мощность для насоса N, кВт согласно формуле (1.8):

$$N = \frac{238059 \cdot 0,00081}{0,7} = 275 \text{ Вт} = 0,28 \text{ кВт}$$

Выбираем компрессор Autoprofi АК65.

## 1.8 Расчет болтового соединения

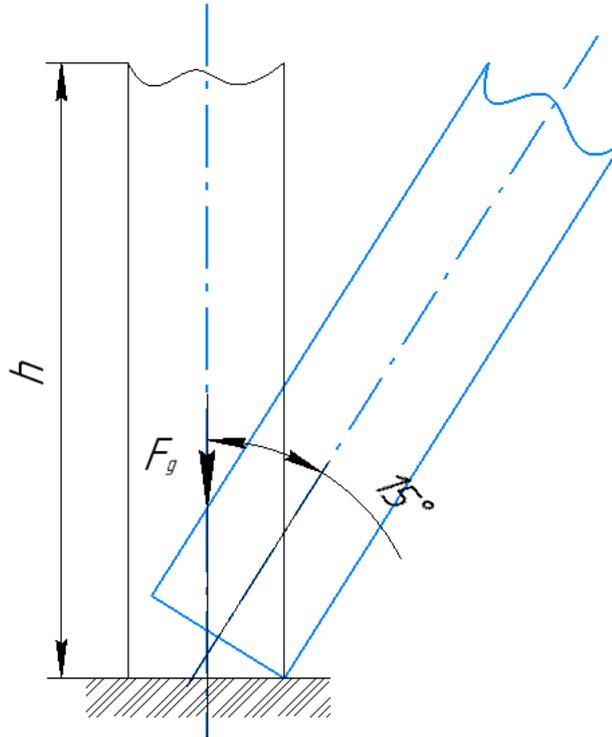


Рисунок 7 – Расположение сил для болтового соединения

Момент для фланцевого соединения  $M_x$ , Н · м:

$$M_x = F_x \cdot h \quad (1.9)$$

$$F_x = F_g \cdot \sin 15^\circ \quad (1.10)$$

$$M_x = (F_g \cdot \sin 15^\circ) h \quad (1.11)$$

Где  $F_g$  – сила тяжести, Н;

$h$  – высота 1-ой секции, м.

$$M_x = (426 \cdot 9,8 \cdot 0,26) \cdot 2,5 = 2701 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Принимаем болты М16, классом прочности 10.9, компенсирующий момент затяжки болтового соединения составляет 265,9 Н · м.

Рассчитываем силу растяжения  $P$ , Н:

$$P = \frac{M_x - M_m}{f \cdot l \cdot n} \quad (1.12)$$

Где  $M_m$  – компенсирующий момент затяжки;

$f$  – коэффициент трения;

$l$  – ширина скрепляемых поверхностей;

$n$  – количество болтов.

$$P = \frac{((426 \cdot 9,8 \cdot 0,26 \cdot 2,5) - 265,9)}{0,2 \cdot 0,09 \cdot 4} = 33996 \text{ Н}$$

Находим диаметр 1-го болта  $d_1$ , мм:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot [\sigma_P]}} \quad (1.13)$$

Где  $[\sigma_P]$  – предел прочности при растяжении.

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 33996}{3,14 \cdot 190}} = 15,1 \text{ мм}$$

$$d = d_1 + 1,2267 \cdot 1,5 = 16,93 \text{ мм} \approx \text{M18}$$

Момент для фундаментных болтов согласно формуле 1.11:

$$M_x = (F_g \cdot \sin 15^\circ) h$$

$$M_x = (426 \cdot 9,8 \cdot 0,26) \cdot 5 = 5427 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Сила растяжения согласно формуле 1.12

$$P = \frac{426 \cdot 9,8 \cdot 0,26 \cdot 5}{0,04} = 135681 \text{ Н}$$

Диаметр 1-го болта согласно формуле 1.13

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \left(\frac{P}{n}\right)}{\pi \cdot [\delta_P]}}$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot \left(\frac{135681}{2}\right)}{3,14 \cdot 190}} = 30,98 \text{ мм}$$

$$d = d_1 + 1,2267 \cdot 4 = 35,88 \text{ мм} \approx \text{принимаем фундаментный болт M36.}$$

### 1.9 3Д модель

По принципиальной схеме была построена 3Д модель стенда для испытания уровнемеров.

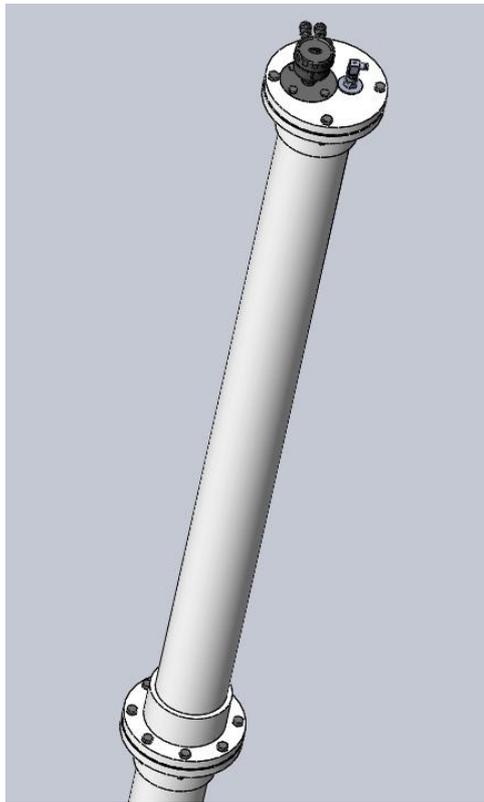


Рисунок 8 – Схема соединения уровнемеров

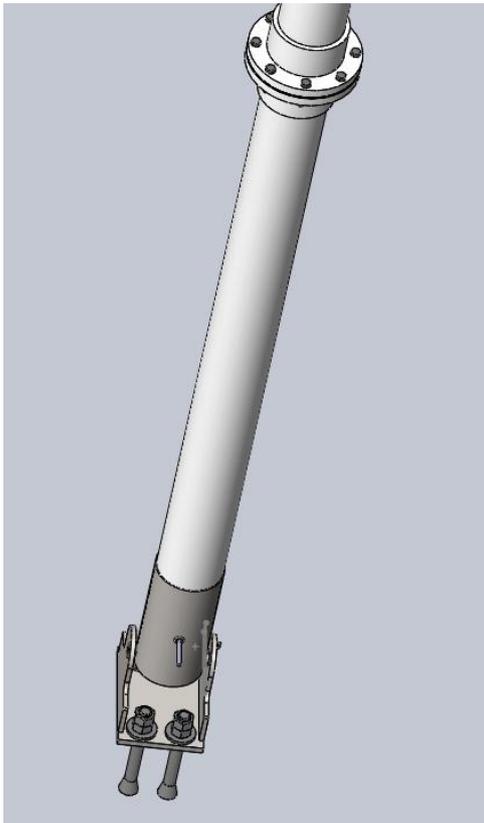


Рисунок 9 – Схема крепления

Полученные характеристики разрабатываемого стенда:  $m=155\text{кг}$ ,  
 $v=304\text{л}$ , потребный расход для насосной установки  $Q=15,7\text{ л/мин}$ , для

компрессорной установки  $Q = 48,5$  л/мин, мощность насосной установки  $N=0,012$ кВт, мощность компрессорной установки  $N=0,28$ кВт; Диаметр болтов для фланцевого соединения  $d=18$ мм, для болтов основания  $d=36$ мм.

Сборка стенда осуществляется в следующем порядке:

1. Основание, с помощью фундаментных болтов устойчиво устанавливается на ровной поверхности;
2. К основанию приваривается 1 опора;
3. Далее в опору устанавливается ось, на которую предварительно были надеты подшипники, стакан и дистанционные втулки;
4. После с противоположной стороны оси, устанавливается опора и приваривается;
5. Далее на опоры закрепляются крышки подшипникового узла, для регулировки зазора и ограничения вылета смазочного материала из подшипников;
6. Базовая секция располагается так, чтобы отверстия под слив и закачку жидкости и воздуха совпадали с отверстиями в стакане.
7. После установки базовой секции вкручиваются штуцера
8. Далее в горизонтальном положении на стакан навешивается необходимое для испытаний количество секций;
9. Устанавливается эталонный и испытуемый уровнемер;
10. Лебедкой, которая с помощью троса, закрепляется за проушину поднимается стенд, далее он центрируется в вертикальном положении с помощью штыря;

Разборка стенда осуществляется в противоположном порядке, предварительно слив с испытуемой камеры жидкость.

Смазывание подшипников осуществляется пластичным материалом-литолом. Во избежание разгерметичности конструкция смазывается силиконовой смазкой.

## Вывод по разделу

Был проведен анализ аналогов разрабатываемого стенда, учтены их достоинства и недостатки. Далее выбран тип соединения трубопровода, т.е. фланцевый. Полипропилен – является материалом для фланцев, сборно-разборных труб, сталь для крышки, основания, опоры. По предъявляемым требованиям построена принципиальная схема, состоящая из компрессорной установки, камеры испытания, модуля управления, насосной установки. Марками компрессорной и насосной установками были назначены Autoprofi AK65 и Oasis MST 33/31C-2 соответственно. Был выполнен расчет фланцевого болтового соединения, и получен диаметр болтов  $d=18$  мм, и для фундаментных болтов, диаметр равный  $d=36$  мм. По выполненной работе построена 3Д модель, также разработаны чертежи, как общего вида, так и сборочный. Можно сделать вывод, что стенд действительно является новизной со своими плюсами и минусами.

## 2. Технологическая подготовка производства. Основные положения.

### Введение

Качество жизни в современном мире напрямую зависит от производственной эффективности. Одной из первостепенных целей является повышение производительности и качества выпускаемой продукции. Данная цель осуществима только при условии наличия высокоэффективных технологий автоматизированного производства [18].

Разработанный технологический процесс (ТП), выбор оборудования и его режимов обработки определяют основные нормы расхода рабочего сырья, времени, материалов, энергии для производства детали «Штуцер».

### 2.1 Анализ технологичности детали

Деталь – штуцер из стали 95Х18 ГОСТ 5632-72, которая легко поддается механической обработке. Химический состав и свойства стали представлены в таблицах 1, 2.

Простая конструкция данной детали позволяет сделать вывод, что для обработки штуцера подойдут универсальные станки и обычный измерительный инструмент. Также анализируя конструкцию детали видно, что обеспечивается свободный доступ режущего инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям, деталь является достаточно жесткой. Штуцер имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз. Особых требований к точности размеров не предъявляется, за исключением нескольких диаметральных размеров:  $\varnothing 20_{-0,13}$ ,  $\varnothing 15,8_{-0,043}$ ,  $\varnothing 13,2_{-0,043}$ . Шероховатость поверхностей штуцера имеет параметр Ra 2,5. Требования к термообработке нет. С учетом вышесказанного конструкция штуцера является технологичной [19].

Таблица 2 – Химический состав стали 95X18

C	Cr	Si	Mn	Ni	Ti	P	S
0.9-1.0	17.0-19.0	0.8	0.8	0.6	0.2	0.03	0.025

Таблица 3 – Механические свойства стали 95X18

HRC, не менее	Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup> , не менее	Минимальное относительное удлинение, %, не менее	Относительное сужение, %, не менее	Предел прочности, МПа
53-59	245	15	30	700

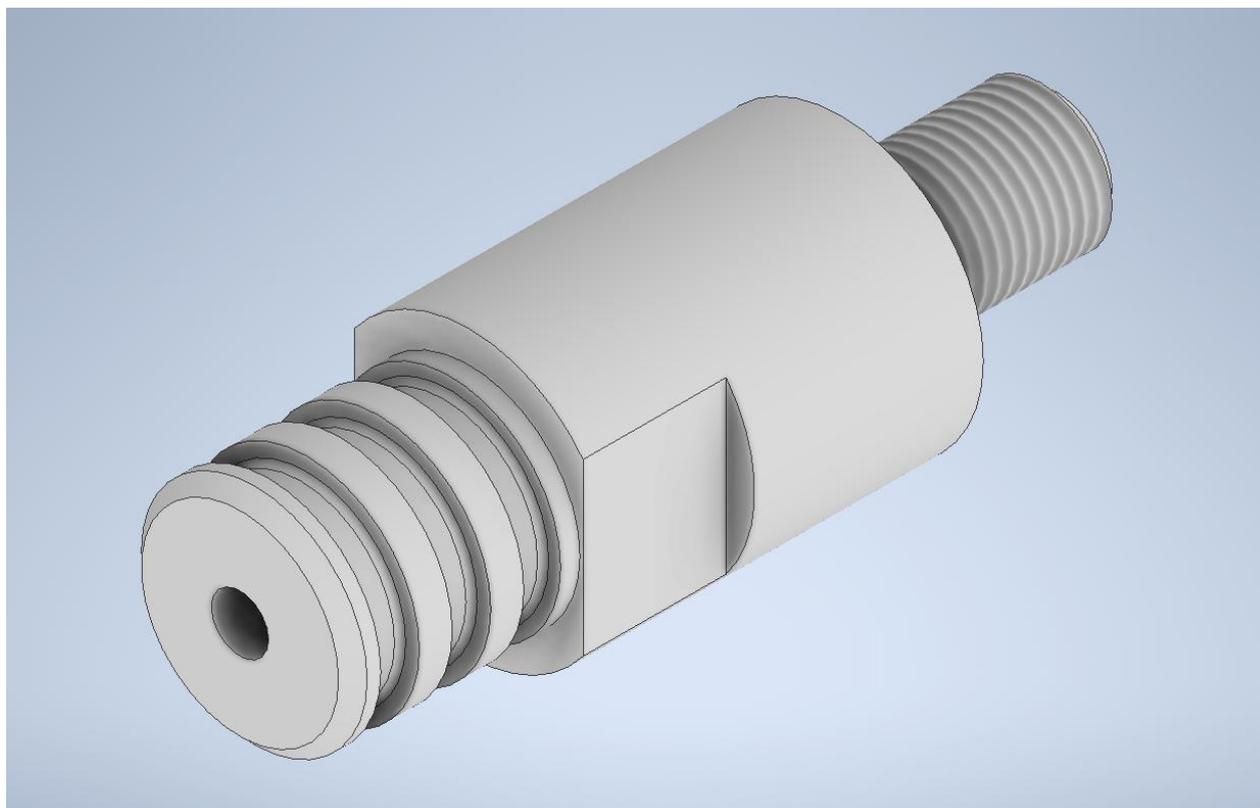


Рисунок 10 – 3Д модель детали «Штуцер»

95X18 - высоколегированная нержавеющая сталь, обладающая высокой твердостью, стойкостью режущей кромки и умеренной коррозионной стойкостью. По своим физическим, химическим и механическим свойствам, сталь 95X18 считается одним из лучших

материалов для изготовления соединительных деталей, подшипников, втулок, муфт. Предел текучести материала составляет: 770 МПа[20].

## 2.2 Обеспечение эксплуатационных свойств детали

Уровень технологичности определяется перечнем критериев и показателей в качестве оценки технологичности детали [19]. Были приняты и рассчитаны следующие показатели:

**Показатель материалоемкости**, который характеризуется коэффициентом использования материала:

$$K_{\text{им}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}} \quad (2.1)$$

где  $M_{\text{д}}$  – масса детали, кг; принимаем условно  $M_{\text{д}} = 0,085$  кг;

$M_{\text{з}}$  – масса заготовки, кг; принимаем условно  $M_{\text{з}} = 0,21$  кг, следовательно:

$$K_{\text{им}} = \frac{0,085}{0,21} = 0,405$$

Минимальное необходимое значение показателя  $K_{\text{им}} = 0,4$ . Так как расчетное значение коэффициента использования материала больше минимального необходимого, делаем вывод, что метод получения заготовки и ее конфигурация удовлетворяют требованиям технологичности.

**Коэффициент унификации конструктивных элементов:**

$$K_{\text{у.э.}} = \frac{Q_{\text{у.э.}}}{Q_{\text{э.}}} \quad (2.2)$$

где  $Q_{\text{у.э.}}$  и  $Q_{\text{э.}}$  – соответственно число унифицированных конструктивных элементов детали и общее, шт.;

$$K_{\text{у.э.}} = \frac{14}{16} = 0,875$$

К конструктивным элементам детали относятся: линейные размеры, углы, отверстия, радиусы закругления, конусы, резьбы, галтели, фаски, проточки, крепления и т.д.

Из расчета коэффициента унификации детали видно, что все размеры унифицированы, что он равен 0,875 значит деталь, по данному параметру, технологична.

**Коэффициент применяемости стандартизованных обрабатываемых поверхностей:**

$$K_{п.ст.} = \frac{D_{о.с.}}{D_{м.о.}}, \quad (2.3)$$

где  $D_{о.с.}, D_{м.о.}$  – соответственно число поверхностей детали, обрабатываемых стандартным инструментом, и всех, подвергаемых механической обработке поверхностей, шт.;

$$K_{п.ст.} = \frac{15}{16} = 0,94$$

**Коэффициент обработки поверхностей:**

$$K_{п.о} = 1 - \frac{D_{м.о.}}{D_{э}}, \quad (2.4)$$

где  $D_{м.о.}$  и  $D_{э}$  соответственно число поверхностей, подвергаемых механической обработке и общее число поверхностей, шт.;

$$K_{п.о} = 1 - \frac{16}{16} = 0$$

**Коэффициент шероховатости поверхности:**

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{ср}} \quad (2.5)$$

Где,

$$B_{ср} = \frac{\sum B_i}{\sum n_i}, \quad (2.6)$$

Где  $B_i$ - значение параметра шероховатости,

$n_i$  – количество параметров шероховатости

Все размеры имеют 6 класс шероховатости. Минимальное значение параметра шероховатости обрабатываемых поверхностей  $Ra = 2,5$  мкм;

$$B_{ср} = \frac{2,5 \cdot 15 + 1,25 \cdot 1}{16} = 2,4 \text{ мкм}$$

$$K_{ш} = \frac{1}{2,4} = 0,42$$

Значение коэффициента точности обработки и коэффициента шероховатости говорят о том, что к рассматриваемой детали предъявляются сравнительно невысокие требования по точности изготовления и к шероховатости поверхности, следовательно, данную деталь можно выполнить с помощью экономически обоснованных режимов обработки, а значит деталь технологична.

Из проведенного анализа можно сделать вывод о высокой технологичности детали.

### 2.3 Способ получения заготовки

Существует много различных способов получения заготовки будущей детали: литье, штамповка, спекание порошков металлов, высадка, волочение и т.д. На подбор заготовки влияют следующие факторы: материал детали, конструкция и размеры детали, программа выпуска, оборудование и другие реальные производственные условия изготовления. Выбор заготовки под будущую механическую обработку определяется следующим: обеспечение наименьшего расхода металла при изготовлении заготовок и при последующей их механической обработке; обеспечение наименьших затрат труда, средств и энергии на производство заготовок и на последующую их механическую обработку. Чем больше конструкторские размеры и формы конечного изделия приближаются к заготовке, тем меньше будет станкоёмкость и трудоемкость механической обработки, а также тем она проще и дешевле [19].

Поэтому в качестве заготовки был выбран прокат.

### 2.4 Проектирование технологического маршрута

Согласно ГОСТу 14.0004-83 последовательность прохождения заготовки детали по цехам и производственным участкам технологического процесса изготовления называется маршрутом.

Последовательность операций для изготовления заданной детали «Штуцер» согласно техническим требованиям, условиям производства и требуемым параметрам точности представлена в таблице 3.

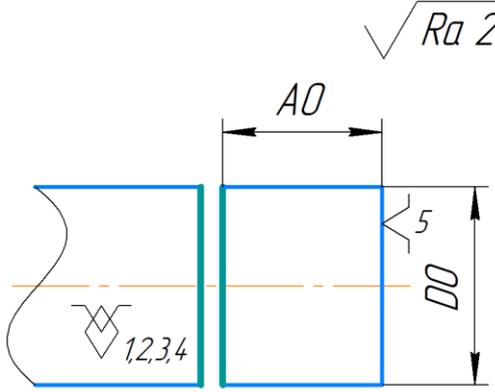
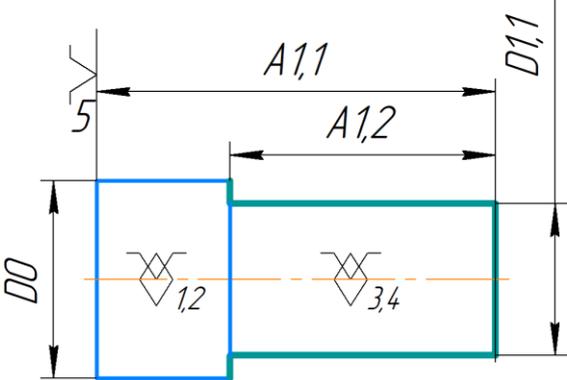
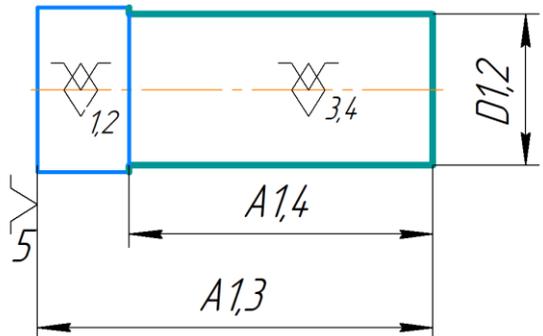
Таблица 3 – Технологический маршрут детали «Штуцер»

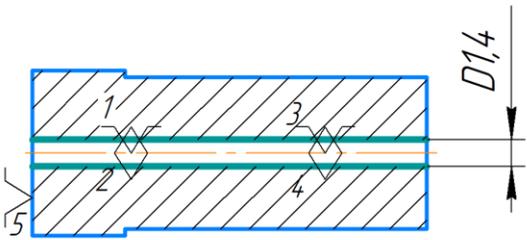
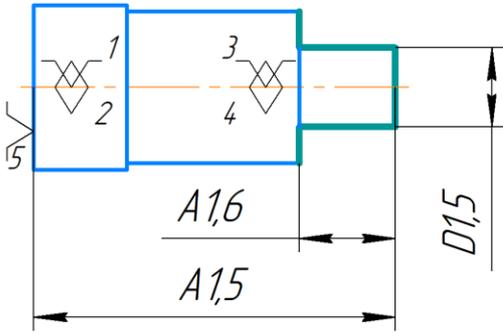
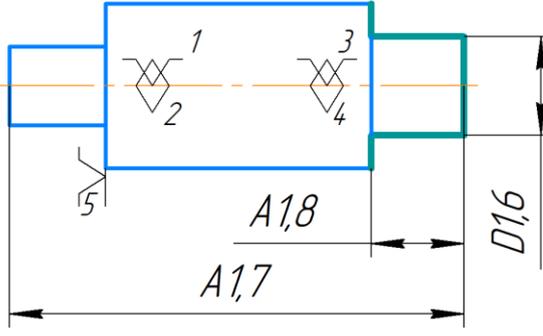
005	Заготовительная
010	Токарная
015	Токарная с ЧПУ
020	Фрезерная
025	Промывочная
030	Контрольная

## 2.5 Проектирование технологических операций

На основании составленного ранее технологического маршрута, был разработан технологический процесс изготовления детали «Штуцер», представленный в таблице 4 ниже.

Таблица 4 – Технологический процесс изготовления детали «Штуцер»

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операция	Переход		
1	1	Заготовительная	$\sqrt{Ra\ 20}$ 
		<p>Установить заготовку Выверить и закрепить.</p> <p>1. Отрезать заготовку, выдерживая размер A0 и D0.</p>	
2	1 2	Токарная	$\sqrt{Ra\ 6,3}$ 
		<p>Установить заготовку Выверить и закрепить</p> <p>1. Подрезать торец, выдерживая размер A1,1</p> <p>2. Точить поверхность D0 до D1,1, выдерживая размер A1,2</p>	
	3 4		$\sqrt{Ra\ 6,3}$ 
		<p>Переустановить заготовку Выверить и закрепить</p> <p>1. Подрезать торец, выдерживая размер A1,3</p> <p>2. Точить поверхность D0 до D1,2, выдерживая размер A1,4</p>	

<p>5 6 7</p>		<p>1. Центровать отверстие 2. Сверлить отверстие D13 на проход 3. Произвести развёртку D13 до D14</p>	<p><math>\sqrt{Ra\ 2,5}</math></p> 
<p>8 9</p>		<p>1. Подрезать торец, выдерживая размер A15 2. Точить поверхность D12 до D15, выдерживая размер A16</p>	<p><math>\sqrt{Ra\ 6,3}</math></p> 
<p>10 11</p>		<p>Переустановить заготовку Вывернуть и закрепить 1. Подрезать торец, выдерживая размер A17 2. Точить поверхность D11 до D16, выдерживая размер A18</p>	<p><math>\sqrt{Ra\ 6,3}</math></p> 

3	1 2 3	<p><i>Токарная с ЧПУ</i></p> <p><i>Установить заготовку Выверить и закрепить</i></p> <p>1. Точить поверхность D1,6 до D1,7, выдерживая размер A1,8 2. Точить 3 канавки согласно эскизу, выдерживая размеры D1,8, A1,10, A1,9, 0°...5° 3. Выполнить скругление 4. Точить фаску A1,11x45°</p>	
4 5	4 5	<p><i>Переустановить заготовку Выверить и закрепить</i></p> <p>1. Точить поверхность D1,5 до D1,9, выдерживая размер A1,12. 2. Точить канавку, выдерживая размеры A,13, D1,10, R0,5, 45°.</p>	
6	6	<p>1. Точить фаску A1,14x45° 2. Точить резьбу M10x1</p>	

4	1	Фрезерная	
		<p>Установить заготовку Выверить и закрепить</p> <p>1. Фрезеровать поверхность D12, выдерживая размер A1.15.</p>	
5	1	Промывочная	Промыть деталь.
6	1	Контрольная	Контролировать размеры согласно чертежу.

## 2.6 Расчет припусков на обработку

Главная цель размерного анализа технологического процесса – верное и обоснованное определение промежуточных и окончательных размеров и допусков обрабатываемой детали. Особенно в этом нуждаются линейные размеры, связывающие неоднократно обрабатываемые противоположные поверхности. Определение припусков на такие поверхности расчетно-аналитическим или табличным методами затрудняет определение промежуточных технологических размеров и их отклонений. В то же время работа на настроенных станках требует тщательной проработки всех промежуточных размеров с тем, чтобы на заключительных операциях (переходах) автоматически обеспечивались окончательные размеры. Последовательный размерный анализ технологического процесса состоит из ряда этапов: разработка размерной схемы технологического процесса; выявления технологических размерных цепей; расчета технологических размерных цепей [21].

Припуском на обработку называется слой (толщина слоя) материала, удаляемый с поверхности заготовки для устранения дефектов от предыдущей обработки. Общий припуск к обработке называется слоем материала толщиной слоя, удаляемым с рассмотренной поверхности заготовки при выполнении технологических процессов, чтобы получить готовую деталь. Установление минимальной толщины припусков на обработку является важной задачей. Назначение чрезмерно больших припусков приводит к:

- потерям материала, превращаемого в стружку;
- увеличению упругой деформации технологической системы СПИД вследствие увеличения силы резания, следственно приводит к уменьшению точности обработки;
- увеличению трудоемкости механической обработки (чем больше припуск – тем больше необходимо произвести рабочих ходов);

– усложняется применение приспособлений вследствие увеличения силы резания; к повышению расхода режущего инструмента и электрической энергии; к увеличению потребности в оборудовании и рабочей силе.

Методами расчета минимального припуска являются два метода: опытно-статистический; расчетно-аналитический. Расчетно-аналитический метод предусматривает расчет припусков по всем последовательно выполняемым технологическим переходам обработки поверхности детали [21].

Составим расчетную схему технологического процесса изготовления отверстия диаметром  $D = 15,8^{+0,000}_{-0,043}$  Схема показана на рисунке 3.2.

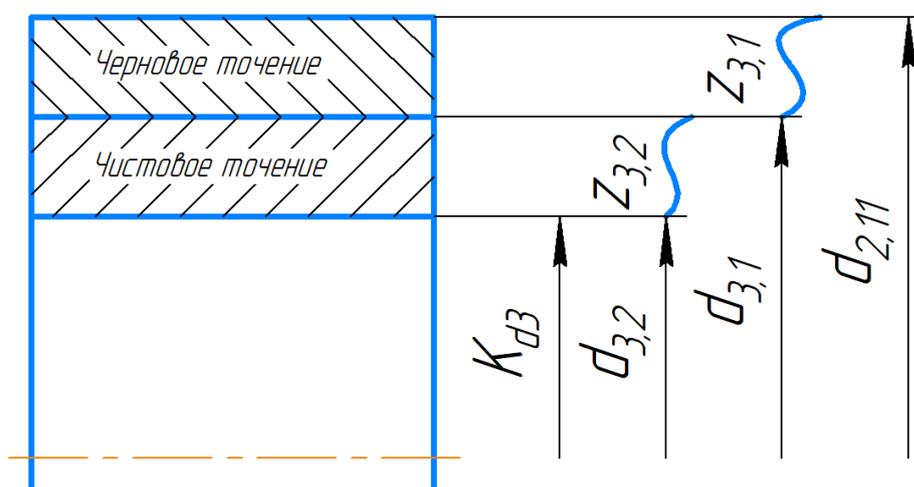


Рисунок 11– Расчетная схема технологического процесса изготовления вала диаметром  $D = 15,8^{+0,000}_{-0,043}$

*Расчет минимального припуска  $Z_{min}$*

Минимальный припуск при обработке наружных и внутренних цилиндрических поверхностей вращения:

$$Z_{min} = (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}; \quad (2.7)$$

Где,  $Z_{min}$  – минимальный припуск на обработку, мкм;

$Rz_{i-1}$  – величина шероховатости с предшествующего перехода, мкм;

$h_{i-1}$  – величина дефектного слоя поверхности детали, мкм;

$\Delta_{\Sigma i-1}$  – суммарные отклонения расположения поверхности или отклонения формы поверхности, мкм;

$\varepsilon_{i-1}$  – погрешность установки обрабатываемой заготовки, мкм.

$$\varepsilon_{i-1} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_{\text{закр}}^2}; \quad (2.8)$$

Где  $\varepsilon_6$  – погрешность базирования заготовки;

$\varepsilon_{\text{закр}}$  – погрешность закрепления заготовки [3, с.85, таб. 1.11].

Так как заготовка устанавливается в трехкулачковый самоцентрирующий патрон, погрешность базирования равно нулю:

$$\varepsilon_6 = 0;$$

$\varepsilon_{\text{закр}}$  определяется на выполняемом переходе и зависит от вида установочного элемента приспособления и состояния базовой поверхности. Если на 1 установе выполняется больше 1го перехода, то первоначальная справочная величина уменьшается по следующей зависимости:

$$\varepsilon_{\text{закр}(i+1)} = 0,05\varepsilon_{\text{закр}i} + \varepsilon_{\text{инд}}; \quad (2.9)$$

Если заготовка при этом не меняет своего расположения относительно обрабатывающего инструмента, то  $\varepsilon_{\text{инд}} = 0$ .

Тогда:

$$\varepsilon_{i-1} = \varepsilon_{\text{закр}};$$

По формуле 2.9 находим погрешность установки для каждого выполняемого перехода:

$$\varepsilon_{\text{закр.черн.}} = 35 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{\text{закр.чист.}} = 0,05 \cdot 35 = 1,75 \text{ мкм};$$

Вал получается точением сплошного материала, тогда суммарные отклонения расположения поверхности  $\Delta_{\Sigma i-1}$  будут определяться

как:

$$\Delta_{\Sigma i-1} = l \cdot \frac{\Delta_k}{\Delta_k^2 + 0,25}; \quad (2.10)$$

где  $\Delta_k$  – отклонение оси детали от прямолинейности, мкм на 1 мм (кривизна).

$$\Delta_k = 0,7; [21, \text{с.86, таб. 1.11}].$$

$l$  – длина заготовки.

$$\Delta_{\Sigma i-1} = 72 \cdot \frac{0,7}{0,49 + 0,25} = 68,1 \text{ мкм};$$

С каждым технологическим переходом погрешность будет уменьшаться. Далее рассчитаем остаточную пространственную погрешность на каждой технологической операции, согласно [21, с.189, формула 38].

$$\Delta_{\Sigma i-1} = \Delta_{\Sigma i} \cdot K_y; \quad (2.11)$$

Где  $K_y$  – коэффициент уточнения.

Значение  $K_y$  выбираем согласно [21, с.190, таб. 29].

$$\Delta_{\Sigma \text{черновое}} = 68,1 \cdot 0,06 = 4,086 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\Sigma \text{чистовое}} = 4,086 \cdot 0,05 = 0,2043 \text{ мкм};$$

Назначим на каждую технологическую операцию класс точности получаемого размера согласно [21, с.8, таб. 4].

Рассчитаем минимальный припуск  $Z_{min}$  на каждую технологическую операцию согласно [21, с.175, формула 2].

$$2Z_{min} = 2 \left[ (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right]; \quad (2.12)$$

Проведем расчет минимального припуска  $Z_{min}$  на одну сторону по формуле 2.7:

Расчет проводится с конечного технологического размера (конструкторского).

Минимальный припуск на чистовое растачивание:

$$Z_{min} = \left[ (10 + 20) + \sqrt{0,2043^2 + 1,75^2} \right] = 31,76 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск на черновое растачивание:

$$Z_{min} = \left[ (25 + 30) + \sqrt{4,086^2 + 35^2} \right] = 90,24 \text{ мкм}$$

Полученные данные заносим в таблицу 2.4, графу 6.

*Чистовое точение*

На рисунке 2.8 показана расчетная технологическая размерная цепь для припуска  $Z_{3,1}$ .

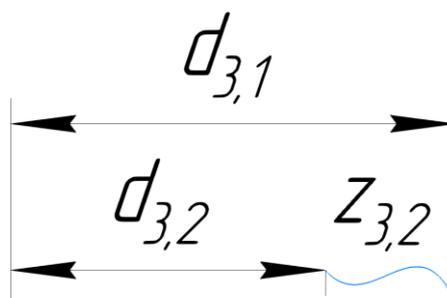


Рисунок 12 – Технологическая размерная цепь для припуска  $Z_{1,13}$

Допуск на припуск  $Z_{3,1}$  определяется как:

$$TZ_{3,2} = TA_{3,1} - TA_{3,2}; \quad (2.13)$$

$$TZ_{3,2} = 110 - 43 = 67 \text{ мкм.}$$

Минимальный и наибольший припуски  $Z_{3,2}$  определяется как:

$$Z_{3,2 \min} = A_{3,1 \min} - A_{3,2 \max}; \quad (2.14)$$

$$Z_{3,2 \max} = A_{3,1 \max} - A_{3,2 \min}; \quad (2.15)$$

Выразим наименьший предельный технологический размер  $A_{3,1 \min}$  из (2.14):

$$A_{3,1 \min} = A_{3,2 \max} + Z_{3,2 \min}; \quad (2.16)$$

$$A_{3,1 \min} = 7,9 + 0,03176 = 7,93176 \text{ мм.}$$

Рассчитаем наибольший предельный технологический размер  $A_{3,1 \max}$ :

$$A_{3,1 \max} = A_{3,1 \min} + TA_{3,1}; \quad (2.17)$$

$$A_{3,1 \max} = 7,93176 + 0,11 = 8,04176 \text{ мм.}$$

Определим наибольший припуск  $Z_{3,2 \max}$ :

$$Z_{3,2 \max} = A_{3,1 \max} - A_{3,2 \min}$$

$$Z_{3,2 \max} = 8,04176 - 7,8785 = 163 \text{ мкм.}$$

Результат заносим в таблицу 2.4, графу 11.

Определим номинальный припуск  $Z_{3,2 \text{ ном}}$

$$Z_{3,2 \text{ ном}} = A_{3,1 \max} - A_{3,2 \max}; \quad (2.18)$$

$$Z_{3,2 \text{ ном}} = 8,04176 - 7,9 = 142 \text{ мкм.}$$

Определим расчетные значения диаметров отверстия:

$$D_{3,1 \min} = A_{3,1 \min} \cdot 2; \quad (2.19)$$

$$D_{3,1 \max} = A_{3,1 \max} \cdot 2; \quad (2.20)$$

$$D_{3,1 \min} = 7,932 \cdot 2 = 15,86 \text{ мм};$$

$$D_{3,1 \max} = 8,04176 \cdot 2 = 16,08 \text{ мм}.$$

Результат заносим в таблицу 2.4, графу 9, 10.

### Черновое точение

На рисунке 2.9 показана расчетная технологическая размерная цепь для припуска  $Z_{1,12}$ .

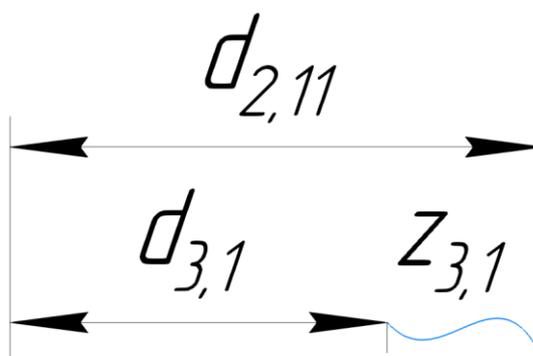


Рисунок 13 – Технологическая размерная цепь для припуска  $Z_{3,2}$

Допуск на припуск  $Z_{3,2}$  определяется как:

$$TZ_{3,1} = TA_{2,11} - TA_{3,1}; \quad (2.20)$$

$$TZ_{3,1} = 430 - 110 = 320 \text{ мкм}.$$

Минимальный и наибольший припуски  $Z_{2,1}$  определяется как:

$$Z_{3,1 \min} = A_{2,11 \min} - A_{3,1 \max}; \quad (2.21)$$

$$Z_{3,1 \max} = A_{2,11 \max} - A_{3,1 \min}; \quad (2.22)$$

Выразим наименьший предельный технологический размер  $A_{1,11 \min}$  из (2.22):

$$A_{2,11 \min} = A_{3,1 \min} + Z_{3,1 \min}; \quad (2.23)$$

$$A_{2,11 \min} = 7,93176 + 0,09024 = 8,028 \text{ мм}$$

Определим наибольший предельный технологический размер  $A_{2,11 \max}$ :

$$A_{2,11 \max} = A_{2,11 \min} + TA_{2,11}; \quad (2.24)$$

$$A_{2,11 \max} = 8,028 + 0,430 = 8,458 \text{ мм}$$

Определим наибольший припуск  $Z_{1,12 \max}$

$$Z_{3,1 \max} = A_{2,11 \max} - A_{3,2 \min}$$

$$Z_{3,1 \max} = 8,458 - 7,8785 = 576 \text{ мкм}$$

Результат заносим в таблицу 2.4, графу 11.

Определим номинальный припуск  $Z_{3,1 \text{ ном}}$

$$Z_{3,1 \text{ ном}} = A_{2,11 \max} - A_{3,1 \max}; \quad (2.25)$$

$$Z_{3,1 \text{ ном}} = 8,458 - 8,04176 = 416 \text{ мкм}$$

Определим расчетные значения диаметров отверстия:

$$D_{2,11 \min} = A_{2,11 \min} \cdot 2; \quad (2.26)$$

$$D_{2,11 \max} = A_{2,11 \max} \cdot 2; \quad (2.27)$$

$$D_{2,11 \min} = 8,028 \cdot 2 = 16,056 \text{ мм}$$

$$D_{2,11 \max} = 8,458 \cdot 2 = 16,916 \text{ мм}$$

Результаты заносим в таблицу 5.

Таблица - 5 Карта расчета припусков на обработку и предельных размеров по технологическим переходам

Элементарная поверхность детали и технологический маршрут её обработки	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $Z_{min}$ , мкм	Расчетный минимальный размер, мм	Допуск на изготовление $T_d$ , мкм	Принятые (округленные) размеры по переходам, мм		Полученные предельные припуски, мкм	
	Rz	h	$\Delta$	$\varepsilon$				$d_{max}$	$d_{min}$	$Z_{max}$	$Z_{min}$
Заготовка	200	200	-	-	-	-	-	16,916	16,056	-	-
Черновое точение	25	30	4,086	35	361	16,916	110	16,08	15,86	1034	361
Чистовое точение	10	20	0,2043	1,75	127	15,86	43	15,8	15,69	326	127

## 2.7 Выбор и расчет режимов резания

Целью режимов резания является определение подачи, скорости резания и глубины, что обеспечит наиболее экономичную и

производительную обработку поверхности по шероховатости и точности обрабатываемой поверхности.

Проведем расчет режимов резания для операции 015 Токарная с ЧПУ:

Инструмент – Резец 2101 - 0601 T5K10 ГОСТ 20872-80.

Обрабатываемый материал – Сталь 95X18 ГОСТ 1050-2013.

### **Переход 1: точение поверхности $\varnothing 15,8_{-0,043}$**

- 1) Глубина резания  $t = 0,6$  мм;
- 2) Подача  $s = 0,4$  мм/об;
- 3) Скорость резания считаем по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v,$$

где  $C_v = 350$  – коэффициент;

$x = 0,15$ ,  $y = 0,35$ ,  $m = 0,2$  – показатели степени[22, с.269, таб.17];

$T = 60$  мин – период стойкости;

$K_v$  – поправочный коэффициент:

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

где  $K_{mv}$  – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал:

где  $K_r = 1,0$  – коэффициент, характеризующий группу, стали по обрабатываемости,

$n_v = 1$  – показатель степени,

$\sigma_B = 700$  МПа – предел прочности.

$K_{pv} = 0,9$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$K_{iv} = 1$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,8.$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,6^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,07 = 245,7 \text{ м/мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 245,7}{3,14 \cdot 17} = 4603 \text{ об/мин};$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_{mp},$$

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

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{700}{750}\right)^{0,75} = 0,95 \text{ – поправочный коэффициент на}$$

качество обрабатываемого материала.

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,6^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 245,7^{-0,15} \cdot 0,95 = 377 \text{ Н.}$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{377 \cdot 245,7}{1020 \cdot 60} = 1,51 \text{ кВт.}$$

## Переход 2: точение канавки

4) Глубина резания  $t = \frac{D_1 - D_2}{2} = 1,3 \text{ мм};$

5) Подача  $s = 0,1 \text{ мм/об};$

6) Скорость резания считаем по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v,$$

где  $C_v = 47$  – коэффициент;

$x = 0, y = 0,8, m = 0,2$  – показатели степени [22, с.269, табл.17];

$T = 60$  мин – период стойкости;

$K_v$  – поправочный коэффициент:

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

где  $K_{mv}$  – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал:

где  $K_r = 1,0$  – коэффициент, характеризующий группу, стали по обрабатываемости,

$K_{pv} = 0,9$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$K_{iv} = 1$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,8.$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v = \frac{47}{60^{0,2} \cdot 1,3^0 \cdot 0,1^{0,8}} \cdot 0,8 = 105 \text{ м/мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 105}{3,14 \cdot 15,8} = 2116 \text{ об/мин;}$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_{mp},$$

$$C_p = 408, x = 0,72, y = 0,8, n = 0;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{700}{750}\right)^{0,75} = 0,95 \text{ – поправочный коэффициент на}$$

качество обрабатываемого материала.

$$P_z = 10 \cdot 408 \cdot 1,3^{0,72} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 105^0 \cdot 0,95 = 742 \text{ Н.}$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{742 \cdot 105}{1020 \cdot 60} = 1,27 \text{ кВт.}$$

### Переход 6: нарезание резьбы

$$\text{Глубина резания } t = \frac{(D_1 - D_2)/2}{5} = 0,07 \text{ мм;}$$

где черновые ходы – 3 раза, чистовые ходы – 2 раза, общее кол-во переходов 5 раз;

$$\text{Подача (шаг резьбы) } s_z = 1 \text{ мм/об;}$$

Скорость резания считаем по формуле:

$$v = \frac{C_v \cdot i^x}{T^m \cdot s_z^y} \cdot K_v,$$

где  $C_v = 244$  – коэффициент;

$x = 0,23, y = 0,3, m = 0,2$  – показатели степени;

$T = 70$  мин – период стойкости;

$K_v$  – поправочный коэффициент:

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

где  $K_{mv}$  – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал:

где  $K_r = 1,0$  – коэффициент, характеризующий группу, стали по обрабатываемости,

$K_{pv} = 1$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$K_{iv} = 1$  – коэффициент, учитывающий нарезания резьбы.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv} = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v \cdot i^x}{T^m \cdot S_z^y} \cdot K_v = \frac{290 \cdot 0,4^{0,23}}{70^{0,2} \cdot 1,3^{0,3}} \cdot 1 = 93 \text{ м/мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 93}{\pi \cdot 13,5} = 2,194 \text{ об/мин;}$$

## 2.8 Выбор оборудования

Для данной технологической операции будем выбирать токарный станок. Требуемое оборудование должно удовлетворять следующим критериям:

- размер рабочей зоны станка должен превосходить размеры заготовки;
- технические возможности станка должны обеспечивать необходимых точности и качества при обработке детали;
- мощность шпинделя и жесткость конструкции станка должны позволять выбирать оптимальные режимы резания;
- оборудование должно подходить, как и для единичного, так и для мелкосерийного производства.

Проведя анализ токарного металлорежущего оборудования, в качестве станка ЧПУ был использован современный токарно-фрезерный станок DMG SX250 Pro [24]. Технические характеристики представлены в Таблице 6.

Таблица 6 - Технические характеристики станка.

Макс. Диаметр точения	мм	550
Проходной диаметр прутка	мм	110
Мощность привода шпинделя	кВт	22
Частота вращения шпинделя	Об\мин	5000
Кол-во инструментов	Шт.	12
Вес станка	Кг	10000
Перемещение по осям X/Z	мм	325/625
Система управления	SINUMERIK 828D	



Рисунок 14 - Вертикальный токарный центр CX250 Pro.

Чтобы обеспечить необходимую точность конечных технологических размеров в ходе обработки изделия, не уменьшая точностных параметров станка желательно установить глубину резания не более 0,5 мм на одну сторону. Числовое программное управление станка позволяет обрабатывать детали даже со сложным профилем с большим количеством переходов в

автоматическом режиме, что является экономически выгодным для многономенклатурного серийного и мелкосерийного производства.

В состав станка входит система числового программного управления Sinumerik 828D. В автоматического режиме станок может работать одновременно по трём осям и имеет автоматическую смену режущего инструмента.

Данный станок обладает магазином автоматической смены инструмента на несколько позиций, что позволяет сократить вспомогательное время и повысить эффективность его работы. Станок способен выполнять различные задачи, включая все виды токарной обработки, шлифования, а также нарезания резьбы. Станок способен производить обработку деталей с микронной точностью. Область применения станка – мелкосерийное серийное производство.

## 2.9 Нормирование

Проведём нормирование технологических операций с ЧПУ. Для этого необходимо определить штучное время. Нормирование технологической операции будет осуществляться согласно [23].

При разработке технологического процесса определяются нормы времени на выполнение заданной работы. Расчет проводится определенным нормативам, установленных на основе изучения затрат рабочего времени. Расчет ведется по следующим формулам [23, с. 28]:

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{в}}$$

где  $t_o$  – основное время, мин;

$$t_o = \sum \frac{L_i \cdot i}{S_i \cdot n_i}$$

где  $L_i$  – путь пройденный  $i$ -м инструментом на рабочей подаче, мм;

$S_i$ - рабочая подача для  $i$ -го инструмента, мм/об;

$n_i$ - рабочая частота вращения шпинделя, об/мин;

$i$  – число проходов  $i$ -го инструмента;

$$t_o = \frac{(15 + 16 + 1,5 + 1,5 + 0,4 \cdot 3 + 0,4 \cdot 3) \cdot 3}{0,4 \cdot 4603} + \frac{(2,6 \cdot 3 + 2,75 + 1 + 1) \cdot 2}{0,1 \cdot 2116} + \frac{(13) \cdot 3}{1 \cdot 2194} = 0,06 + 0,065 + 0,12 = 0,25 \text{ мин.}$$

Где  $t_B$  – вспомогательное время на операцию, мин.

$$t_B = \frac{\sum L_{xx}}{S_{xx}} \cdot i + t_{см}$$

где  $L_{xx}$  – путь пройденный  $i$ -м инструментом на холостом ходу, мм;

$S_{xx}$  – скорость холостых ходов, мм/мин;

$t_{см}$  – время смены инструмента, мин;  $t_{см.} = 0,05$  мин.

$$t_B = \frac{(10 + 22 + 36) \cdot 3}{5000} + \frac{(10 + 22 + 25,2) \cdot 2}{5000} + \frac{(10 + 22 + 13) \cdot 3}{5000} + 0,05 \cdot 3 = 0,022 + 0,01 + 0,027 + 0,16 = 0,22 \text{ мин.}$$

Штучное время на операцию [23, с.35]:

$$T_{шт} = t_{оп} \cdot \left(1 + \frac{A_{обс} + A_{орг}}{100}\right)$$

Где  $t_{оп}$  – оперативное время, мин;

$$t_{оп} = 0,25 + 0,22 = 0,47 \text{ мин.}$$

$A_{обс}$  – время на техническое обслуживание, мин;

$A_{орг}$  – время на организационные надобности, мин.

$$A_{обс} = 4,5\% \cdot t_{оп}$$

$$A_{орг} = 4\% \cdot t_{оп}$$

$$A_{обс} = 4,5\% \cdot 0,47 = 0,022 \text{ мин.}$$

$$A_{орг} = 4\% \cdot 0,47 = 0,01 \text{ мин.}$$

Штучно калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-3}}{n};$$

Где  $n$  – размер партии запуска, шт;

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

$$T_{шт} = 0,47 \cdot \left(1 + \frac{0,022 + 0,01}{100}\right) = 0,4702 \text{ мин.}$$

$T_{п-з}$  – норма подготовительно – заключительного времени, мин. [23, с.265, табл.11]:

$$T_{пз} = 4 + 9 + 2 + 2 + 4 + 1 + 3 + 0,5 \cdot 3 + 1 + 1,7 + 0,2 = 29,4$$

Тогда:

$$T_{шт-к} = 0,4702 + \frac{29,4}{100} = 0,76$$

Ниже в таблице 7 приведены результаты расчета времени на изготовление детали «Штуцер».

Таблица 7 – Нормирование технологического процесса

№ оп.	Содержание операции	Время, мин
015	Токарная с ЧПУ 1. Основное время	0,25
	2. Суммарное вспомогательное время	0,22
	3. Оперативное время	0,47
	4. Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособлений, на дополнительные приемы	29,4
	5. Штучное время	0,47
	6. Штучно-калькуляционное время	0,76

Траектории движения инструментов на рабочей подачи представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Траектория движения инструмента

Схема	Число проходов	Траектория
	1	0–1 2–3 3–4
	1	4–5 5–6 7–8 8–9 9–10 10–11 11–12 12–13
	1	13–14 14–15 15–16 16–17 17–18 18–19 19–20 20–21

	1	<p style="text-align: center;">21-22 22-23 23-24 24-25 25-26</p>
--	---	--

### 2.10 Выбор средств технологического оснащения

Средства технологического оснащения - совокупность орудий производства, необходимых для осуществления технологического процесса. Технологическое оснащение необходимо для получения требуемых параметров детали и увеличения производительности труда. Оснащенность, при использовании которой достигается наилучшая эффективность изготовления детали, с сохранением нужного качества и скорости изготовления называется оптимальной оснащённостью.

Средства технологического оснащения делятся на:

- технологическое оборудование;
- средства механизации и автоматизации технологических процессов (вспомогательных операций и переходов);
- технологическую оснастку.

Технологическое оборудование – это средства технологического оснащения, в которых для выполнения определенной части технологического процесса размещаются материалы или заготовки, средства воздействия на них, а также технологическая оснастка. Технологическое оборудование подбирается на основании конструктива детали и её особенностей, а также предъявляемых требований к качеству её поверхности. В ряде случаев перед производством стоит задача по разработке и проектированию специального оборудования [22].

Произведем подбор средств технологического и контрольно – измерительного оснащения, для материального обеспечения производственного участка, а также занесем выбранные средства в таблицы 9 и 10.

Таблица 9 - Средства технологического оснащения

Операция	Режущий инструмент	Установочное приспособление
Токарная с ЧПУ	<p>Резец контурного точения 2101-0601 Т5К10 ГОСТ 20872-80</p> <p>Резец 2141-0556 ГОСТ 18873-73</p> <p>Резец токарный отрезной MGMN250</p> <p>Резец резьбовой LSASL2020K16</p>	<p>3х кулачковый патрон ГОСТ 2675-80 7100-0053-II</p> <p>Державка для точения SCLCL 2525M 09HP;</p> <p>Державка для точения: EWS-137230 (2 шт);</p> <p>Державка отрезная IKEL1616-2.5T16</p>

Таблица 10 - Средства контроля точности изготовления детали

Операция	Способ контроля	Измерительный прибор
Токарная и токарная с ЧПУ	Инструментальный, визуальный	<p>Штангенциркуль ШЦ-II 250-630-0,1 ГОСТ166-89;</p> <p>Образцы шероховатости 3,2 Т, ТТ ГОСТ 9378-93;</p> <p>Нутромер индикаторный 0,01 ГОСТ 868-82</p> <p>Калибр-кольцо М10х1.5 6d НЕ МИК ГОСТ 24997-2004</p>

## 2.11 Расчёт приспособления

На технологической операции заготовка будет базироваться в трёхкулачковый самоцентрирующий патрон.

Исходя из результатов расчётов режимов резания, наибольшая сила резания  $P_z$  возникает при точении канавки. Расчет усилия зажима, приходящегося на один кулачек, трёхкулачкового самоцентрирующего патрона будем вести согласно [22, с.80].

Расчетная схема усилия зажима заготовки приведена на рисунке 3.7.

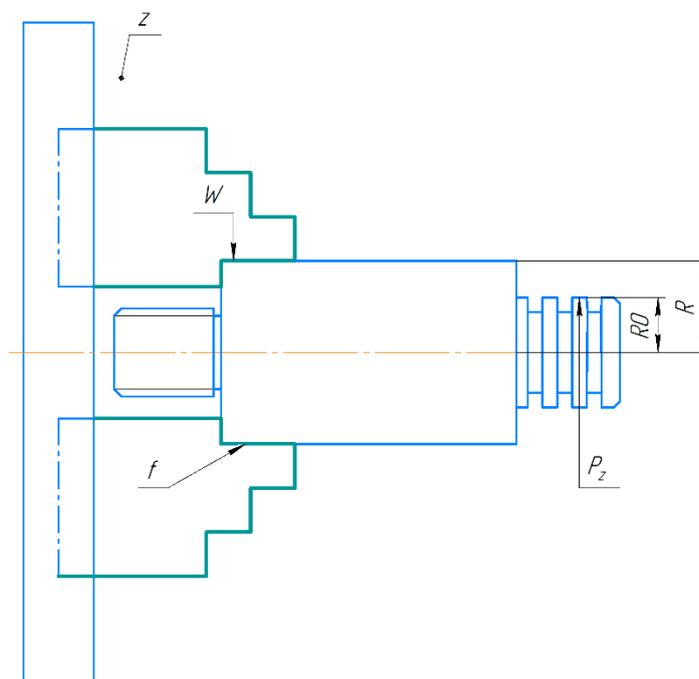


Рисунок 15 – Расчетная схема усилия зажима заготовки

Расчет усилия, приходящегося на один кулачёк, рассчитывается согласно:

$$W = \frac{P_z \cdot K \cdot R_0}{f \cdot R \cdot z}; \quad (3.54)$$

где  $P_z$  – сила резания, Н;  $K$  – коэффициент запаса (1,5);  $R_0$  – радиус резания, м;  $f$  – коэффициент трения на поверхности заготовки;  $R$  – радиус закрепления заготовки, м;  $z$  – количество кулачков.

На данной технологической операции выберем кулачки с гладкой поверхностью, коэффициент трения  $f$  составляет 0,2.

Наибольшая сила резания  $P_z = 800$  Н;

радиус резания  $R_0 = 7,5$  мм;

радиус закрепления заготовки  $R = 10$  мм;

количество кулачков  $z = 3$ ;

подставим все значения:

$$W = \frac{800 \cdot 1,5 \cdot 7,5 \cdot 10^{-3}}{0,2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 3} = 1500 \text{ Н.}$$

Усилие в 1500 Н необходимо обеспечить на каждом кулачке для закрепления заготовки на данной технологической операции.

Вывод по разделу

В результате проведенных исследований, установлено, что разработанный технологический процесс изготовления детали «Штуцер» экономичен, энергоэффективен, характеризуется низкой материалоемкостью, высокой производительностью труда, поэтому данная деталь является конкурентоспособной.

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

Студенту:

Группа 4А8В	ФИО Рыжковой Анастасии Викторовне
----------------	--------------------------------------

Школа Уровень образования	ИШНПТ Бакалавриат	Отделение Школа Направление/специальность	Машиностроение Машиностроение
------------------------------	----------------------	--	----------------------------------

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

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

<i>1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
<i>2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
<i>3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	Расчет бюджетной стоимости НИ
<i>4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

**Перечень графического материала**

1. Оценка конкурентоспособности ИП
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	К.Т.Н ДОЦЕНТ		28.02.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А8В	Рыжкова Анастасия Викторовна		28.02.2022

### 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

#### Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной ВКР – разработка стенда для поверки уровнемеров, с помощью эталонного измерителя уровня воды, расчетов и сверки показаний погрешности для первого.

Все расчеты были сделаны согласно [25].

#### 3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

##### 3.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были рассмотрены два конкурирующих типа конструкций резервуара:

- 1)Цельный резервуар;

## 2)Сварной резервуар.

Детальный анализ необходим, т.к. каждый тип конструкции испытательной камеры имеет свои достоинства и недостатки. В таблице 3.1 показано сравнение разработок-конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 10 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Актуальность исследования	0,04	3	4	2	0,12	0,16	0,08
2. Габаритность	0,14	5	2	3	0,7	0,28	0,42
3. Ремонтпригодность	0,05	3	3	2	0,15	0,15	0,1
4. Транспортируемость	0,23	5	1	2	1,15	0,23	0,46
5. Простота изготовления	0,08	4	3	4	0,32	0,24	0,32
6. Герметичность	0,16	4	5	4	0,64	0,8	0,64
7. Жесткость конструкции	0,16	5	4	5	0,8	0,64	0,8
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Цена сырья	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,04	4	4	3	0,16	0,16	0,12
3. Послепродажное обслуживание	0,02	3	3	3	0,06	0,06	0,06
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>38</b>	<b>33</b>	<b>32</b>	<b>4,6</b>	<b>3,04</b>	<b>3,32</b>

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_j$$

где  $K$  – конкурентоспособность проекта;  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_j$  – балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

### 3.1.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 3.2.

Таблица 11 – Матрица SWOT-анализа

<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
С1. Сборно-разборная конструкция.	Сл1. Отсутствие ссылок и материалов для соответствующих научных исследований.
С2. Меньшая масса конструкции.	Сл2. Необходимость подключения к централизованному водоснабжению.
С3. Возможность создания колебаний жидкости.	Сл3. Сложность сборки изделия за счет больших габаритов.
С4. Простота конструкции.	Сл4. Низкая жесткость конструкции.
С5. Квалифицированный персонал.	Сл5. Сложность ремонтнообслуживания.
<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
В1. Использование оборудования ИШНПТ ТПУ и ИФПМ СО РАН.	У1. Снижение стоимости разработок конкурентов.
В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.	У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.
В3. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 12–15.

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

<b>Сильные стороны проекта</b>						
<b>Возможности проекта</b>		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	-	-
	B2	+	-	+	-	-
	B3	+	+	+	-	-

Таблица 13 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

<b>Слабые стороны проекта</b>						
<b>Возможности проекта</b>		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	-	+	-
	B2	-	-	-	-	-
	B3	-	-	-	-	-

Таблица 14 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

<b>Сильные стороны проекта</b>						
<b>Угрозы проекта</b>		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	+	+	+	-	-
	У2	+	+	+	-	-

Таблица 15 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

<b>Слабые стороны проекта</b>						
<b>Угрозы проекта</b>		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	-	-	-
	У2	-	+	-	+	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 16.

Таблица 16 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</b></p> <p>С1. Сборно-разборная конструкция.</p> <p>С2. Меньшая масса конструкции.</p> <p>С3. Возможность создания колебаний жидкости.</p> <p>С4. Простота конструкции.</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</b></p> <p>Сл1. Отсутствие ссылок и материалов для соответствующих научных исследований.</p> <p>Сл2. Необходимость подключения к централизованному водоснабжению.</p> <p>Сл3. Сложность сборки изделия за счет больших габаритов.</p> <p>Сл4. Низкая жесткость конструкции.</p> <p>Сл5. Сложность ремонтнообслуживания.</p>
--	--	--

<p><b>Возможности</b>  В1. Использование оборудования ИШНПТ ТПУ и ИФПМ СО РАН.  В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.  В3. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.</p>	<p><b>Направления развития</b>  В1В3С1С2С3. Использование высокотехнологичного оборудования и возможность внедрения разработки на мировой рынок позволяет искать более техничные решения исполнения конструкции, за счет увеличения возможностей тестирования, уменьшения массы и возможности разбора конструкции.  В2С1С3. Появление спроса на новые разработки, позволяет проектируемому стенды показать все отличительные характеристики.</p>	<p><b>Сдерживающие факторы</b>  В1Сл4. Низкая жесткость конструкции решается за счет применения высокотехнологичного оборудования, позволяющего с помощью моделирования вычислить необходимое усилие затяжки болтов и количество секций, для соблюдения жесткости конструкции.</p>
<p><b>Угрозы</b>  У1. Снижение стоимости разработок конкурентов.  У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.</p>	<p><b>Угрозы развития</b>  У1У2С1С2. Несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов и появление аналогов на мировом рынке, разрабатываемый стенд обладает лучшими техническими, механическими и конструктивными характеристиками и особенностями</p>	<p><b>Уязвимости:</b>  У2Сл2Сл4. Появление зарубежных аналогов безрезервуарного типа негативно сказывается на слабые стороны разработки за счет того, что нашей установки необходимо водоснабжение, а также низкой жесткости конструкции.</p>

В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

## 3.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения НИР	Инженер, научный руководитель
Выбор направления исследования	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Проведение патентного анализа	Инженер
	5	Выбор направления исследования	Инженер, научный руководитель
Теоретические исследования	6	Сравнительный анализ аналогов разрабатываемого решения	Инженер
	7	Анализ достоинств и недостатков прототипа, разрабатываемого решения	Инженер
Проведение ОКР			
Разработка конструктивных и технологических решений	8	Разработка принципиальной схемы	Инженер, Научный руководитель
	9	Описание принципа работы	Инженер

	10	Разработка оптимального варианта	Инженер
	11	Проведение кинематических расчетов	Инженер
	12	Разработка конструктивного решения	Инженер
	13	Проведение проектировочных расчетов	Инженер
	14	Визуализация разработанного изделия	Инженер
	15	Расчет лимитных цен и экономической эффективности.	Инженер, Научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	16	Обработка полученных данных	Инженер
	17	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	18	Составление пояснительной записки, разработка конструкторской документации	Инженер

### 3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (3.1)$$

где  $t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{min}i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{max}i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой  $i$ -ой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (3.2)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

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

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.3):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (3.3)$$

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

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

$k_{кал}$  – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (3.4)$$

где  $T_{кал}$  – общее количество календарных дней в году;  $T_{вых}$  – общее количество выходных дней в году;  $T_{пр}$  – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 18.

Таблица 18 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ожи}$ , чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	2	2	3	1,4	2,4	1,9	3
3. Обзор научной литературы	-	4	-	6	-	6,2	6,2	9
4. Проведение патентного анализа	-	4	-	6	-	4,8	4,8	7
5. Выбор направления исследования	2	4	4	6	2,8	4,8	3,8	6
6. Сравнительный анализ аналогов разрабатываемого решения	-	6	-	9	-	7,2	7,2	11
7. Анализ достоинств и недостатков прототипа разрабатываемого решения	-	7	-	9	-	7,8	7,8	12
8. Разработка принципиальной схемы	4	7	5	8	4,4	7,4	5,9	9
9. Описание принципа работы	-	2	-	4	-	2,8	2,8	4
10. Разработка оптимального варианта	-	6	-	8	-	6,8	6,8	10
11. Проведение кинематических расчетов	-	4	-	5	-	4,4	4,4	7



№	Вид работ	Исп	T <sub>Ki</sub> кал. дн.	Продолжительность работ																			
				декабрь			январь			февраль			март			апрель			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
5	Выбор направления исследования	Исп1 Исп2	6			▨																	
6	Сравнительный анализ аналогов разрабатываемого решения	Исп2	11				■																
7	Анализ достоинств и недостатков прототипа разрабатываемого решения	Исп2	12					■															
8	Разработка принципиальной схемы	Исп1 Исп2	9						▨														
9	Описание принципа работы	Исп2	4							■													
10	Разработка оптимального варианта	Исп2	10								■												
11	Проведение кинематических расчетов	Исп2	7									■											
12	Разработка конструктивного решения	Исп2	13										■										
13	Проведение проектировочных расчетов	Исп2	17											■									
14	Визуализация разработанного изделия	Исп2	9												■								
15	Расчет лимитных цен и экономической эффективности	Исп2	9													■							
16	Обработка полученных данных	Исп2	14														■						
17	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5															▨					
18	Составление пояснительной записки	Исп2	12																		■		

Примечание:



– Исп. 1 (научный руководитель), ■ – Исп. 2 (инженер)

### 3.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

#### 3.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная часть включает затраты на оборудование, используемое при разработке стенда. Результаты расчета затрат представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Затраты на получение готового оборудования

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Труба 200x2500мм	шт.	4	2030	8120
Труба Ø10	м	3	84	252
Фланец Ø340	шт.	6	470	2820
Фланец Ø340 (с отверстием под крышку)	шт.	1	440	440
Фланец Ø 340(с отверстиями под уровнемеры)	шт.	1	620	620
Уплотнение под фланец	шт.	4	84	336
Эталонный уровнемер ЭЛЕМЕР-УР3-31	шт.	1	3500	3500

Модуль управления	шт.	1	8920	8920
Насосная станция OASIS MST 33/31С-2	шт.	1	7437	7437
Компрессор поршневой AUTOPROFI АК 65	шт.	1	6205	6205
Стальное основание	кг.	178	75	13350
Болт М18х1,5	шт.	28	69	1932
Болт фундаментный Ø36	шт.	4	780	3120
<b>Итого:</b>				57052

### 3.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

При выполнении научно-исследовательского проекта использовался ПЭВМ - Asus. Срок полезного использования данного ноутбука по паспорту составляет 3 года.

Таблица 21 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.	Амортизация, руб
1	ПЭВМ ACER NITRO 5	1	3	58	58	9570
2	Принтер Xerox Phaser 3020BI	1	3	8	8	1320
<b>Итого</b>				66		10890

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации определяется по следующей формуле:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

где  $n$  – срок полезного использования в годах.

Амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{N_A \cdot I}{12} \cdot m,$$

где  $I$  – итоговая сумма, тыс. руб.;

$m$  – время использования, мес.

Рассчитаем норму амортизации для ноутбука, с учётом того, что срок полезного использования составляет 3 года:

$$N_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,33.$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

Для ПЭВМ:

$$A = \frac{N_A \cdot I}{12} \cdot m = \frac{0,33 \cdot 58000}{12} \cdot 6 = 9570 \text{ руб.}$$

Для принтера:

$$A = \frac{N_A \cdot I}{12} \cdot m = \frac{0,33 \cdot 8000}{12} \cdot 6 = 1320 \text{ руб.}$$

### 3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата  $Z_{осн}$  одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{он} \cdot T_p, \quad (3.7)$$

где  $Z_{он}$  – среднедневная заработная плата, руб.;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 3.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.},$$

(3.8)

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня –  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней –  $M = 10,3$  месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.}.$$

(3.9)

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.}$$

(3.10)

– для инженера:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.},$$

(3.11)

где  $Z_{\text{мс}}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;  $k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;  $k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;  $k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 22 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		

Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 23 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}, руб$	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}, руб$	$Z_{дн}, руб$	$T_{р}, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	19	40798,7
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	108,8	189638,4
Итого:								230437,1

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 40798,7 = 6119,8 \quad (3.12)$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 189638,4 = 28445,8 \quad (3.13)$$

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

### 3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (40798,7 + 6119,8) = 14075,6 \quad (3.14)$$

– для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (189638,4 + 28445,8) = 65425,3 \quad (3.15)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

### 3.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Таблица 24 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
10890	57052	230437,1	34565,6	79500,9	412445,6

Величина накладных расходов определяется по формуле (4.16):

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр}, \quad (3.16)$$

где  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «» по форме, приведенной в таблице 25. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 25 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	57052	77516	72770	Пункт 3.2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	10890	10890	10890	Пункт 3.2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	230437,1	230437,1	230437,1	Пункт 3.2.3.3

4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	34565,6	34565,6	34565,6	Пункт 3.2.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	79500,9	79500,9	79500,9	Пункт 3.2.3.4
6	Накладные расходы	82489,1	86581,9	85632,7	Пункт 3.2.3.5
Бюджет затрат НИР		495025,7	519491,5	513796,3	Сумма ст. 1- 6

3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

**Интегральный показатель финансовой эффективности** научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

- 1) Стенд для поверки поплавковых уровнемеров цельного типа;
- 2) Стенд для поверки поплавковых уровнемеров сварного типа.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (3.17)$$

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 495025,7$  руб,  $\Phi_{\text{исп.1}} = 519491,5$  руб,  $\Phi_{\text{исп.2}} = 513796,3$  руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{495025,7}{519491,5} = 0,94;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{519491,5}{519491,5} = 1;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{513796,3}{519491,5} = 0,99.$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с большим перевесом признан более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

**Интегральный показатель ресурсоэффективности** вариантов выполнения НИР ( $I^{pi}$ ) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 26).

Таблица 26 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

<b>Объект исследования</b> <b>Критерии</b>	<b>Весовой коэффициент параметра</b>	<b>Текущий проект</b>	<b>Исп.2</b>	<b>Исп.3</b>
1. Безопасность при использовании установки	0,15	4	3	3
2. Стабильность работы	0,2	5	5	5
3. Технические характеристики	0,2	5	3	4
4. Механические свойства	0,3	4	4	4
5. Материалоёмкость	0,15	4	5	4
<b>ИТОГО</b>	<b>1</b>	<b>4,4</b>	<b>4</b>	<b>4,05</b>

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,3 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,4;$$

$$I_{p1} = 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,3 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4;$$

$$I_{p1} = 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,05.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{р-исп.i}}{I_{финр}^{исп.i}} \quad (3.18)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,4}{0,94} = 4,7; \quad I_{исп.2} = \frac{4}{1} = 4; \quad I_{исп.3} = \frac{4,05}{0,99} = 4,1;$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 27).

Таблица 27 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,94	1	0,99
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,40	4	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	4,70	4	4,10
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,85	0,87

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

## Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 161 день; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 161 день; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 28 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 495025,7 руб.;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,94, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,4, по сравнению с 4 и 4,05;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 4,7, по сравнению с 4 и 4,1, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b> 4А8В		<b>ФИО</b> Рыжковой Анастасии Викторовне	
<b>Школа</b>	Инженерная школа новых производственных технологий	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Машиностроение
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

**Разработка стенда для испытания уровнемеров**

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

<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при эксплуатации</li> </ul>	<p>Объектом исследования является разработка испытательного стенда для уровнемеров. Отрасль применения – машиностроительная. Данный стенд предназначен для испытания уровнемеров на работоспособность, в частности на погрешность. Рабочая зона: производственное помещение. Размеры помещения равны 24x58x10м. Количество стендов составляет 7. Наименование оборудования рабочей зоны: Стенд для испытания уровнемеров, стенд гидравлических испытаний Taylor Dynamometer модели HTS 300, стенд для испытания гидрокомпонентов Aidco модели 700 в количестве 2шт., стенд для ремонта и испытаний гидронасосов и гидромоторов STR-KV-R0003, стенд опрессовки ГБЦ модели СГИ 800Р в количестве 2 шт. Осуществляются рабочие процессы такие как: измерение погрешности, проверка герметичности, работоспособности, дефектовка.</p>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022);</li> <li>- Федеральный закон Российской Федерации от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 30.12.2020);</li> <li>- ГОСТ 12.2.033-78 Рабочее место при выполнении работ стоя;</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> </ul>	<p>Вредные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>- Повышенный уровень шума;</li> <li>- Отклонение показателей микроклимата;</li> </ul> <p>Опасные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Оборудование, работающее под давлением выше атмосферного;</li> <li>-Струи жидкости, воздействующие на организм работающего при соприкосновении с ним;</li> <li>- Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие, наносящие удар по телу работающего, конструкции;</li> </ul> <p>Индивидуальная защита:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Специальная защитная одежда и СИЗ (в том числе для рук, головы, лица, ног);</li> <li>-Защита количеством – уменьшение мощности</li> </ul>

	<p>источника излучения; -Защита расстоянием – удаленное управление оборудованием;</p> <p>Коллективная защита: - Локализация вредных факторов; - Нормализация источников света; - Защитные ограждения; - Вентиляция и очистка воздуха;</p>
<b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b>	<p>Воздействие на селитебную зону: загрязнение воды, почвы Воздействие на литосферу: промышленные отходы Воздействие на гидросферу: нефтехимические отходы Воздействие на атмосферу: выделение газов</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b>	<p>Возможные ЧС: Обрушение здания, пожар, наводнение, взрыв Наиболее типичной ЧС является пожар.</p>
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна	-		28.02.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А8В	Рыжкова Анастасия Викторовна		28.02.2022

#### 4. Социальная ответственность

##### Введение

Объектом исследования ВКР является стенд, необходимый для измерения погрешности работы поплавковых уровнемеров. Этот стенд относится к контрольному оборудованию, с помощью которого можно признать годность или негодность уровнемера. Потенциальными покупателями будут являться юридические или физические лица, которым необходимо поверить поплавковый уровнемер. В этом разделе будут рассмотрены вопросы по организации рабочего места оператора разрабатываемого стенда, а также мероприятий, которые будут обеспечивать безопасность оператора во время работы.

Рабочей зоной является производственное помещение с размерами равными «24x58x10 м». Количество стендов составляет 7. Наименование оборудования рабочей зоны: Стенд для испытания уровнемеров, стенд гидравлических испытаний Taylor Dynamometer модели HTS 300, стенд для испытания гидрокомпонентов Aidco модели 700 в количестве 2шт., стенд для ремонта и испытаний гидронасосов и гидромоторов STR-KV-P0003, стенд опрессовки ГБЦ модели СГИ 800Р в количестве 2 шт.

##### 4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Для выполнения трудовой деятельности с целью безопасности жизнедеятельности нужно соблюдать правовые нормативы трудового законодательства. Так как разработанный стенд будет эксплуатироваться, необходимо рассмотреть требования к рабочей зоне оператора стенда. Специальные правовые нормы трудового законодательства отмечены Трудовым кодексом Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022)[26].

Необходимо учитывать время работы и отдыха, заработную плату и нормирование труда, гарантии и компенсации. Согласно ТК РФ,

режим рабочего времени оператора во время проверки уровнемеров составляет пятидневную рабочую неделю с двумя выходными. Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю. (ст. 91 ТК РФ) [26]. Оплата труда будет организована по тарифной ставке (ст. 129 ТК РФ) [26].

В статье 214 «Обязанности работодателя в области охраны труда» ТК РФ говорится[26], что работодатель должен создать безопасные условия работы. К таким условиям работы относятся:

- работоспособное состояние помещений, оборудования, сооружений;
- подходящее качество применяемых в производстве инструментов, материалов и сырья;
- создание и функционирование системы управления охраной труда;
- реализация мероприятий по улучшению условий и охраны труда;
- оснащение средствами коллективной защиты.

Согласно статье 14 № 426-ФЗ[27] условия труда при эксплуатации проектируемого стенда по классификации, являются допустимыми. Влияние вредных и опасных факторов на людей присутствует, но не значительно.

#### 4.1.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны оператора

Опираясь на ГОСТ 12.2.033-78[28] устанавливаем общие эргономические требования к рабочим местам при выполнении работ в положении стоя при проектировании нового и модернизации действующего оборудования и производственных процессов.

Предъявляемые нормы:

- Конструкция, взаимное расположение элементов рабочего места (органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны

соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы;

- Организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела, работающего или наклон его вперед не более чем на 15°;
- Для обеспечения удобного, возможно близкого подхода к столу, станку или машине должно быть предусмотрено пространство для стоп размером не менее 150 мм по глубине, 150 мм по высоте и 530 мм по ширине;
- Конструкцией производственного оборудования и организацией рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием: высоты рабочей поверхности;
- Средняя высота расположения средств отображения информации должна соответствовать значениям: у женщин 1320, у мужчин 1410, женщин и мужчин 1365.

#### 4.2 Производственная безопасность

В данном разделе проанализированы вредные и опасные факторы, рассмотрено их влияние на человека в процессе эксплуатации стенда. Для оценки возникновения названных факторов нужно использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы[29]. Классификация». Список опасных и вредных факторов представлен в таблице 28.

Таблица 28. Опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1.Недостаточная освещенность рабочей зоны	ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий[30].

2.Повышенный уровень шума	СП 51.13330.2011 Защита от шума [31].
3.Отклонение показателей микроклимата	ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [32].
4.Струи жидкости, воздействующие на организм работающего при соприкосновении с ним	ГОСТ 31177-2003 Требования безопасности к гидравлическим и пневматическим системам и их компонентов[33].
5.Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие, наносящие удар по телу работающего, конструкции	ГОСТ 12.2.003-91. Оборудование производственное. Общие требования безопасности[34].
6. Оборудование, работающее под давлением выше атмосферного;	ФНП «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением» от 31.12.2020г[35].

#### 1. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Какой не была бы отрасль работы, всюду немаловажно освещение, как естественное, так и искусственное для более правильного

считывания, преобразования информации. У проектируемого стенда существует панель считывания данных, вследствие которой будет посчитано значение погрешности поплавкового уровнемера.

Согласно ГОСТ Р 55710-2013 «Освещение рабочих мест внутри зданий»[30], нормы освещенности  $E_{\text{экс}}$  и равномерности освещенности  $U_0$  в зоне зрительной работы независимо от плоскости нормирования (горизонтальной, вертикальной или наклонной), коэффициента пульсации освещенности  $K_{\text{п}}$ , объединенного показателя дискомфорта UGR и общего индекса цветопередачи  $R_a$  ИС для помещения и вида зрительной работы приведены в таблице 29.

Таблица 29. Нормы освещенности для помещения

Наименование помещения, зрительной работы и вида деятельности	$E_{\text{экс}}$ , лк	$U_0$ , не менее	UGR, не более	$R_a$ , не менее	$K_{\text{п}}$ , %, не более
Производственное помещение с контрольной аппаратурой	300	0,60	22	80	20

В среднем освещенность на рабочих местах с постоянным нахождением людей должна быть не менее 200 лк.

Недостаточная освещённость или слепящие источники света являются производственной вредностью, которая влияет на общее состояние организма, вызывая потерю остроты зрения, прогрессирующую близорукость, головную боль, снижая работоспособность и качество труда. В не меньшей степени недостатки освещенности также и факторами, способствующими возникновению несчастных случаев.

Для предотвращения плохой освещенности помещения необходимо убрать тени из рабочей области, т.е. поэкспериментировать с высотой и расположением светильников, также рассчитать нужное количество светильников с определенной мощностью, зная площадь рабочего места.

## 2) Повышенный уровень шума

Стенд для испытания уровнемеров создаёт определённый шум, который негативно сказывается на состоянии рабочего. Этот шум производят насосная и компрессорная установки, также в помещении находятся иное оборудование, создающее производственный шум.

Шум негативно влияет на физическое и психическое состояние рабочего. В условиях сильного шума возникает опасность снижения слуха, внимание, нарушается координация движений, ухудшается работоспособность, что создает угрозу возникновения несчастного случая. Кроме того, шум в помещении не позволяет расслышать сигналы опасности, определить на слух сбои в работе оборудования и механизмов, что может привести к аварии и человеческим жертвам.

Согласно «СП 51.13330.2011 Защита от шума»[31], уровень шума в производственных помещениях не должен превышать 80-90дБ в полосе частот. В октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами от 31,5 до 8000 Гц.

Средства защиты слуха помогут избежать проблем со здоровьем и возможных неприятных последствий для работников. Такой защитой являются противошумные вкладыши (беруши), наушники.

## 3) Отклонение показателей микроклимата

Одним из важных показателей данной ВКР является микроклимат, так как резервуар испытываемого стенда заполнен водой, то играют большую роль такие нормы микроклимата как температура, скорость движения и относительная влажность воздуха. Согласно ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»[32] можно увидеть оптимальные и допустимые нормы температуры в таблице 30.

Таблица 30. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений.

Период года	Категория работ	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая
холодный	Средней тяжести – IIa	18-20	15-23	40-60	75	0,2	Не более 0,3
теплый	Средней тяжести - IIa	21-23	17-29	40-60	65 (при 26°С)	0,3	0,2-0,4

В кабинах, на пультах и постах управления технологическими и других производственных помещениях при выполнении работ операторского типа, связанных с нервно-эмоциональным напряжением, должны соблюдаться оптимальные величины температуры воздуха 22-24°С, его относительной влажности 60-40% и скорости движения (не более 0,1 м/с).

Высокая температура воздуха выше 30°С оказывает пагубное воздействие на организм человека, вызывая при этом функциональное нарушение многих систем. Это может привести к развитию ишемической болезни сердца, гипертонической болезни. Длительное воздействие высокой температуры на организм человека может быть причиной теплового удара.

Работа в условиях низкой температуры приводит к переохлаждению человека, появлению обморожения, снижению иммунитета, что делает человека уязвимым к инфекционным заболеваниям, появление различного рода заболеваний дыхательной системы

Скорость движения воздуха влияет на теплообмен с окружающей средой таким образом: при высокой температуре увеличение скорости движения воздуха положительно влияет на организм человека, а при низкой температуре – отрицательно. Очень низкие скорости воздуха менее 0,2м/с, негативно влияют на самочувствие человека, особенно при выполнении однообразной работы. Человек быстро устает, теряет работоспособность. Резкие перепады температур обычно сопровождаются простудными заболеваниями.

Относительная влажность ниже 40% при нормальной температуре воздуха вредна, т.к. ведет к усиленной потере влаги организмом, что приводит к его обезвоживанию. Особенно низкая влажность наблюдается в зимнее время, когда работает отопление. При низкой влажности воздуха происходит быстрое испарение влаги с поверхности слизистых оболочек носа, гортани, легких, что приводит к кашлю, хрипоте, увеличивает риск подхватит респираторную инфекцию и ухудшению состояния в целом.

Для нормализации воздушной среды в производственных помещениях обеспечивается вентиляция, очистка воздуха, кондиционирование. В холодную погоду наоборот – устранение сквозняков. Для увеличения уровня влажности используют приборы - увлажнители. Вентиляция также способствует достижению нормального уровня влажности. Также вентиляцию применяют для достижения нормального уровня влажности.

#### 4.3 Экологическая безопасность

В результате активного воздействия цивилизации на окружающую среду, степень её загрязнения возрастает с каждым годом. И очень важно сократить количество выбросов и бытовых отходов на предприятиях.

Стенд, который разрабатывается в ВКР, имеет фланцы с помощью которых происходит соединения секций между собой. Эти фланцы изготавливают на металлообрабатывающем оборудовании, при обработке

которых образуются твёрдые аэрозоли, образованные твердыми частицами металлов, также материальные отходы механообработки.

Воздействие на селитебную зону:

Так как машиностроительное предприятие, в котором находится рассматриваемый участок, находится в черте города, непременно будет возникать влияние на жилые кварталы, находящиеся рядом. Это как локальное загрязнение воздуха, вблизи предприятия, также возможно вывоз и хранение отходов на территории предприятия. Шум, исходящий из предприятия, вредно сказывается на селитебную зону.

Для уменьшения воздействия, либо его полное отсутствие необходимо предпринять следующие меры:

- Создание санитарно-защитных зон;
- Усовершенствование технологических процессов и оборудования, которое будет уменьшать вредное воздействие;
- Озеленение близлежащих территорий.

Воздействие на литосферу:

В процессе обработки примерно 50 % используемого металла уходит в отходы. Какую-то часть перерабатывают, остальную нет. Главное проблема металлических отходов, это то, что в ходе резания, металлическая стружка смешивается с СОЖ, также в ней содержатся тяжелые металлы от инструментов, абразива. Многие из этих отходов содержат ядовитые соединения цинка, меди, хрома, свинца.

Для уменьшения количества материальных отходов в почве, предприятию необходимо усовершенствовать технологический процесс, использовать для отделения стружки от СОЖ, которой 20% в стружке, нагревание, центрифугирование, выделять металлы магнитной сепарацией.

Воздействие на гидросферу:

В качестве загрязнителей сточные воды содержат суспензии песка, глины, металлических частиц, абразивной пыли, флюсов, а также эмульсии минеральных масел и компонентов СОЖ, жидких нефтепродуктов.

Концентрация разных примесей в таких водах может достигать 3 г/л. Загрязненные сточные воды, кроме крупных механических примесей содержат растворенные соли тяжелых металлов, такие как соли хрома, меди, никеля и других тяжелых металлов. В сточных водах могут содержаться кислоты и щелочи, а также цианиды.

Уменьшения влияния металлообработки на гидросферы можно за счет:

- Внедрения способов регенерации СОЖ;
- Внедрения способов обезвоживания, регенерации и утилизации осадков;
- Безреагентного удаления нефтепродуктов;
- Внедрение оборотного водоснабжения.

Воздействие на атмосферу:

Особенность загрязнений, поступающих в атмосферу, заключается в том, что они являются твердыми аэрозолями, образованными пылеватыми частицами металлов и абразивных материалов, состоящих из оксида кремния(IV), силикатов железа, алюминия, оксидов железа, алюминия, магния, марганца(II). Аэрозоли могут содержать и жидкие компоненты, состоящие из масел, компонентов смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), растворителей, кислот, воды; эти аэрозоли являются туманами.

Мероприятиями по снижению воздействия вредных веществ на атмосферу является применение пылеулавливателей, использование воздушных фильтров и совершенствование технологического процесса.

#### 4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Во время проектирования и эксплуатации могут возникнуть следующие чрезвычайные ситуации: обрушение здания, пожар, наводнение, взрыв.

Самой наиболее вероятной ЧС является пожар как самого помещения, так и пластика, очень опасного во время горения. Под воздействием тепла он выделяет диоксиды, т.е. одни из самых опасных загрязняющих веществ. Пожар возможен из-за неисправности электроприборов и электропроводки, неосторожного обращения с оборудованием.

Для предотвращения возможного пожара, следует придерживаться данных мер предосторожности:

- Соблюдение техники безопасности;
- Проверка электрооборудования и проводки;
- Проведение инструктажа по пожарной безопасности.

Если избежать пожара не удалось, то нужно вызвать пожарных спасателей, эвакуировать людей из здания, принять первичные меры по тушению пожара.

## Вывод

В разделе «социальная ответственность» выявились негативные факторы воздействия как на оператора, так и на экологию. Сравнив фактические значения негативных факторов с нормативными, можно сказать, что рабочее место оператора соответствует допустимым нормам. Metalлообрабатывающий участок, в котором изготавливаются компоненты стенда, отнесем к III-й категории объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. По пожаро и взрывопожарной безопасности помещение, в котором будет эксплуатироваться стенд, относится к категории «Г»-умеренная пожароопасность.

## Заключение

В ходе выполнения конструкторской части был проведен анализ аналогов разрабатываемого стенда, учтены их достоинства и недостатки. Также проанализированы способы соединения трубопроводов, выбран наиболее подходящий по заданию. По предъявляемым требованиям построена принципиальная схема. На основании принципиальной схемы построена 3Д модель, также разработаны чертежи, как общего вида, так и сборочный.

В ходе выполнения технологической части, по чертежу детали «штуцер» был составлен технологический маршрут, посчитан припуск на наружное точение, рассчитаны режимы резания. Согласно технологическому маршруту на токарную операцию с ЧПУ было подобрано оборудование, режущий и мерительный инструмент. Была посчитана норма времени и выполнен расчет усилия зажима заготовки 3х кулачковым самоцентрирующимся патроном. Результатом работы является составленная операционная карта на токарную операцию с ЧПУ.

При выполнении раздела финансового менеджмента проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проводимого исследования, проведен SWOT – анализ и планирование исследования. Сформирован бюджет разработки, который составил 495025,7 рублей. Доказана эффективность реализации проекта.

В ходе выполнения раздела социальной ответственности были рассмотрены возможные опасные и вредные факторы, которые действуют на оператора испытательной камеры, приведены правовые и организационные нормы обеспечения безопасности, рассмотрена экологическая безопасность.

## Список литературы

1. [Электронный ресурс] // URL: <https://www.c-o-k.ru/library/instructions/afriso/pribory-i-instrumenty/17827/62086.pdf> (дата обращения );
2. [Электронный ресурс] // URL: [http://www.kontakt-1.ru/produkcziya/katalog-produkczii/radarnyie-urovneveryi-\(beskontaktnyie-urovneveryi\)](http://www.kontakt-1.ru/produkcziya/katalog-produkczii/radarnyie-urovneveryi-(beskontaktnyie-urovneveryi))/ (дата обращения );
3. Назаров, В.И. Теплотехнические измерения и приборы: учеб. пособие. / В.И. Назаров. – Минск: Вышэйшая школа, 2017. – 280 с. – ISBN 978-985-06-2801-5.;
4. [Электронный ресурс] // URL: <https://isup.ru/articles/63/14722/> (дата обращения 28.05.2022)
5. Патент №2685024 СССР, МПК G 01 F 25/00. Стенд для осуществления контроля датчиков уровнемеров : № 2685024: заявл. 14.11.1978: опубл. 23.11.1980/ Алимочкин Г.К., Федоров Б.Л.; заявитель ЛИАБ;
6. Патент № 1746225 СССР, МПК G 01 F 25/00. Способ поверки поплавковых уровнемеров и стенд для его осуществления: № 4729665/10: заявл. 16.08.1989: опубл. 07.07.1992/ Брейбург Е.Г.; заявитель НИ ИТКМ;
7. Справочное руководство по эксплуатации уровнемеров на НПЗ. [Электронный ресурс] // URL: [https://www.kipis.ru/info/index.php?ELEMENT\\_ID=1128793](https://www.kipis.ru/info/index.php?ELEMENT_ID=1128793) (дата обращения 28.05.2022);
8. [Электронный ресурс] // URL: [https://www.kipis.ru/info/index.php?ELEMENT\\_ID=1128793](https://www.kipis.ru/info/index.php?ELEMENT_ID=1128793) (дата обращения 28.05.2022);
9. Теличенко, В.И. и др. Т 31 Организация и технология строительства атомных станций : учебник / Ю.Н. Доможилов, Э.Л. Кокосадзе, О.В. Колтун [и др.] ; под ред. В.И. Теличенко ; М-во образования и науки Росс.

Федерации, ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т». — Москва : МГСУ, 2012. — 400 с.: ил. ISBN 978-5-7264-0671-8

10. [Электронный ресурс] // URL: [http://www.zaopkti.spb.ru/services07\\_414\\_15.html](http://www.zaopkti.spb.ru/services07_414_15.html) (дата обращения 28.05.2022);

11. Эксплуатация механо-технологического оборудования: учебное пособие / Ю. Д. Земенков, Е. Л. Чижевская, П. В. Павлов [и др.]; под общей ред. Ю. Д. Земенкова. – Тюмень: ТИУ, 2020. – 239 с. – Текст: непосредственный. ISBN 978-5-9961-2505-0

12. [Электронный ресурс] // URL: <http://pnd-truby.ru/polietilenovye-truby> (дата обращения );

13. Нестругина, О.В. Экологические аспекты использования труб из полимерных материалов для горячего водоснабжения Нестругина О.В., Гридин О.В. – Донецк: Изд-во ДонНТУ, 2011,-161с. ;

14. [Электронный ресурс] // URL: [http://www.best-pipe.ru/polietilenovye\\_truby\\_gost\\_i\\_oblasti\\_primeneniya/](http://www.best-pipe.ru/polietilenovye_truby_gost_i_oblasti_primeneniya/) (дата обращения);

15. [Электронный ресурс] // URL: <https://www.protem.fr/ru/aktualno/97-materialy-ispol-zuemye-dla-proizvodstva-trub-i-ih-obrabatyvaemost> (дата обращения );

16. Металлы и сплавы в клинической стоматологии: учеб. пособие/ сост. : А.К. Брель, Д.В. Михальченко, Е.К. Захарова, А.В. Жидовинов. – Волгоград: Изд-во ВолгГМУ, 2020, - 192 с. ISBN 978-5-9652-0599-9.;

17. Лашкивский, Е.П. Наружные сети водоснабжения и водоотведения: учебное пособие / Е.П. Лашкивский, Г.Д. Слабожанин. - Томск: Изд-во Том. Гос. архит. – строит. ун-та, 2018, - 190 с. ISBN 978-5-93057-835-5.;

18. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ООО ИД «Альянс», 2015. – 256 с.;

19. Технологичность конструкции изделия: Справочник/Ю. Д. Амиров, Т. К. Алферова, П. Н. Волков и др.; Под общ. Ред. Ю. Д. Амирова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 768 с.

20. Третьякова Н.В. Материаловедение: лекции – Иваново: изд. ИГЭУ. – 148с.
21. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах. Т. 1/ под редакцией А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 5-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение. 2003. 912 с., ил.;
22. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах. Т. 2/ под редакцией А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 5-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение. 2003. 912 с., ил.
23. Техническое нормирование операций механической обработки деталей: Учебное пособие. Компьютерная версия. – 2-е изд., перер. /И.М. Морозов, И.И. Гузеев, С.А.Фадюшин. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005– 65 с.
24. DMG токарный станок с чпу [Электронный ресурс] - <https://ru.dmgmori.com/products/machines/turning/universal-turning/nef/>
25. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с
- 26.Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) // Собрание законодательства РФ. — 07.01.2002;
- 27.Федеральный закон Российской Федерации от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 30.12.2020);
- 28.ГОСТ 12.2.033-78 «Рабочее место при выполнении работ стоя»;
- 29.ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»;
- 30.ГОСТ Р 55710-2013 «Освещение рабочих мест внутри зданий»;
- 31.СП 51.13330.2011 «Защита от шума»;
- 32.ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;

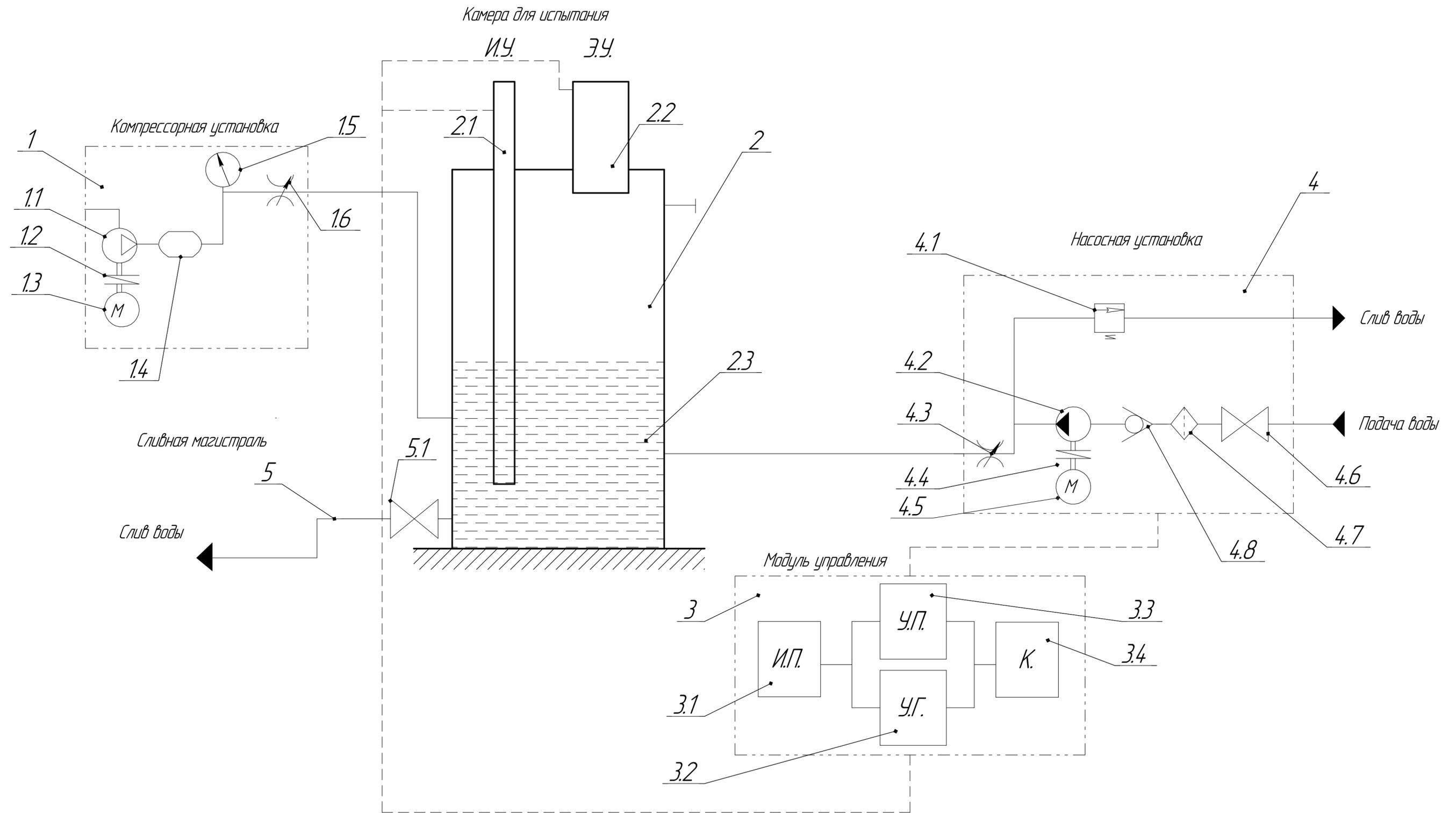
33. ГОСТ 31177-2003 «Требования безопасности к гидравлическим и пневматическим системам и их компонентам»;

34. ГОСТ 12.2.003-91 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;

35. ФНП «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением» от 31.12.2020г.

## Приложения

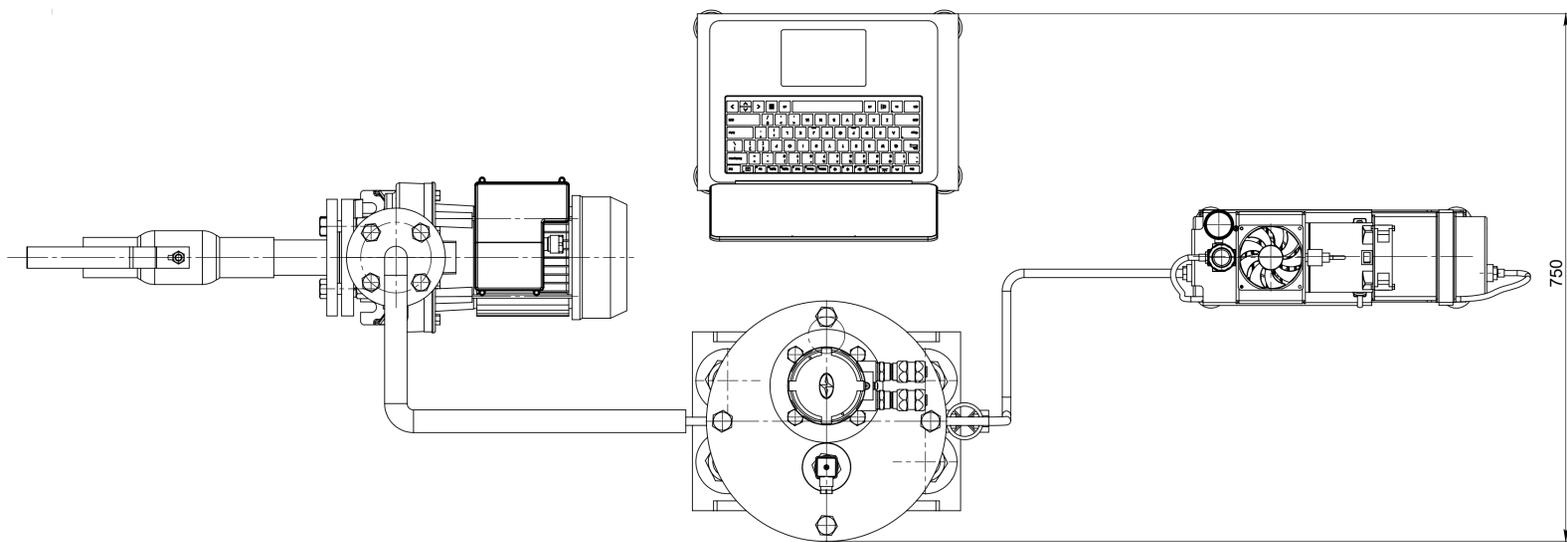
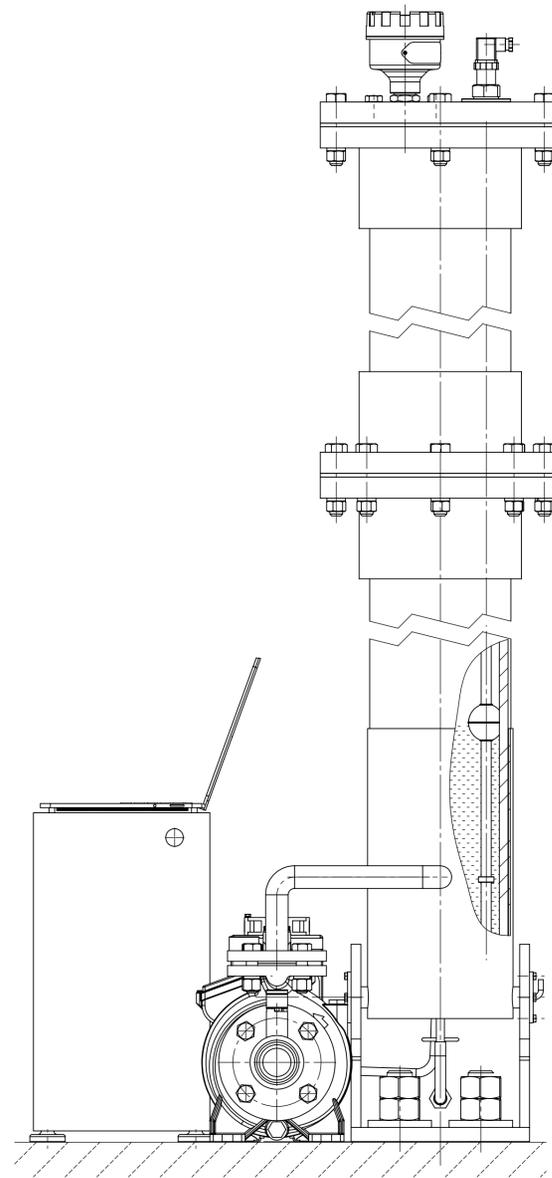
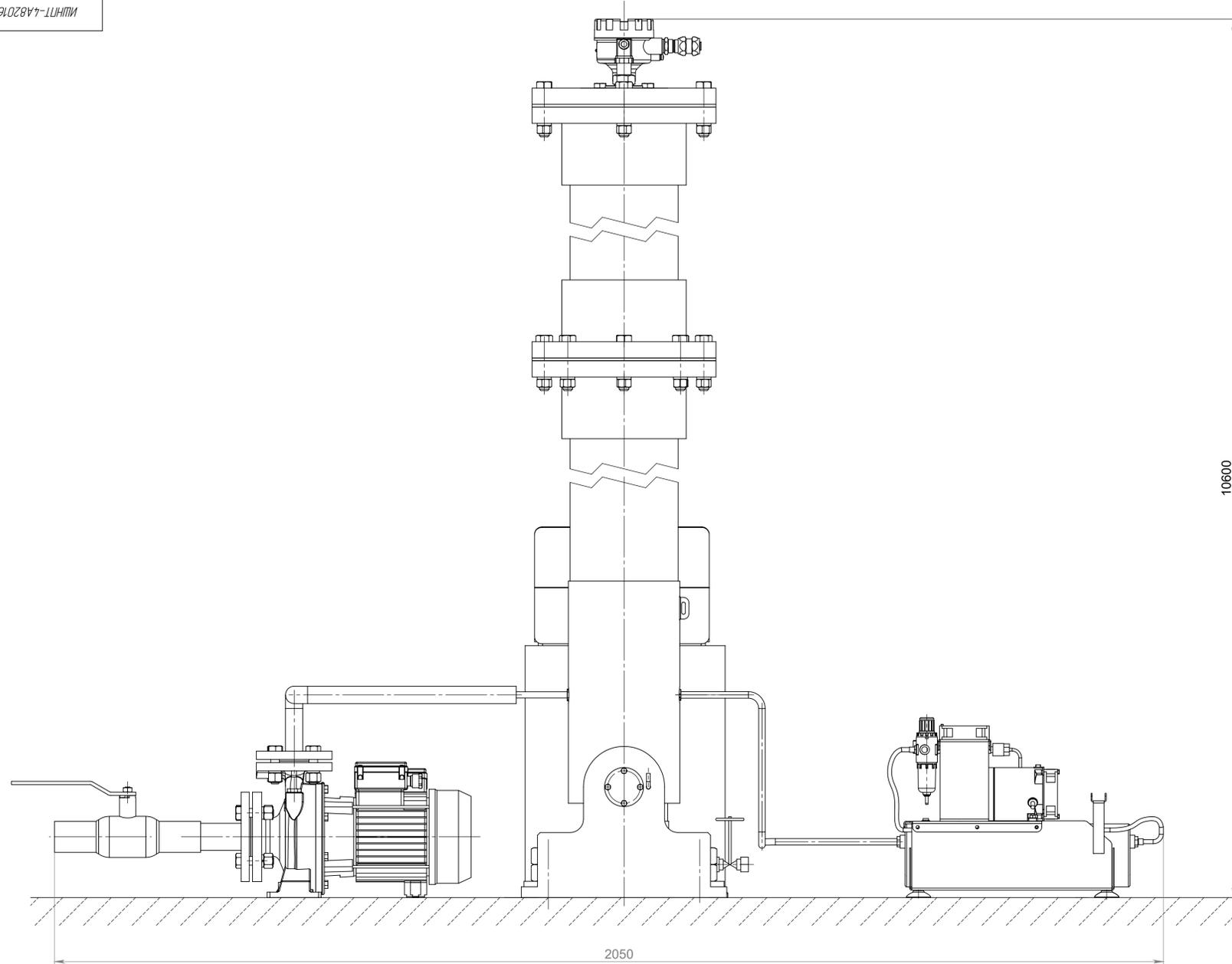
## Приложение А - принципиальная схема



Перв. примен.	
Справ. №	
Подп. и дата	
Инд. № дробл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

				<b>ИШНПТ-4А82016.001</b>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масштаб
Разраб.		Рыжкова А.В.				1:1
Проб.		Кудышов К.А.			Лист	Листов
Т.контр.						1
Н.контр.					ФГАОУ НИ ТПУ ИШНПТ	
Утв.					ОМШ Группа 4А8В	
					Копировал	Формат А2

Приложение Б - чертеж общего вида



1. Внутренний объем испытательной камеры  $W = 304$  л;
2. Давление на дне испытательной камеры  $P = 0,095$  МПа;
3. Максимальная рабочая температура использования  $T = 50^\circ \text{C}$ ;
4. Минимальная рабочая температура использования  $T = 5^\circ \text{C}$ ;
5. Материал корпуса - полипропилен PP ГОСТ 32415-2013;
6. Материал стакана, основания - Ст3 ГОСТ 380-2005;
7. Масса незаполненной испытательной камеры - 155 кг;
8. Мощность насосной установки  $N = 370$  Вт;
9. Мощность компрессорной установки  $N = 300$  Вт;
10. Максимальная производительность насосной установки - 33 л/мин;
11. Габариты стелла для испытания уровнемеров - 2050x750x10600 мм.

					<b>ИШНПТ-4А82016.00.00.00 ВО</b>		
					<b>Стенд для испытания уровнемеров</b>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Рыжкова А.В.				568.26	1:1
Проб.		Кудышев К.А.					
Т. контр.					Лист 1	Листов 1	
Н. контр.					ФГАОУ НИ ТПУ ИШНПТ ОМШ Группа 4А8В		
Этап					Формат А1		

ИШНПТ-4А82016.00.00.00 ВО

В

4

4

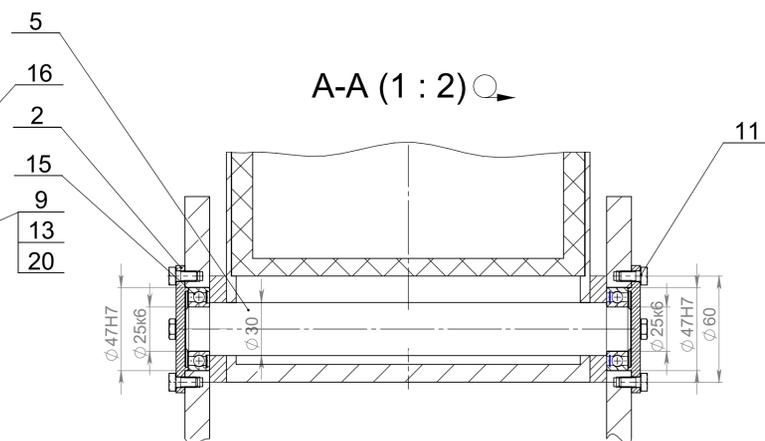
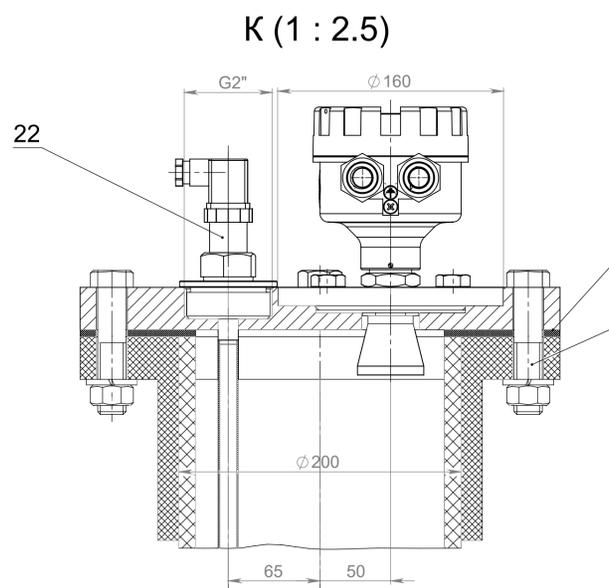
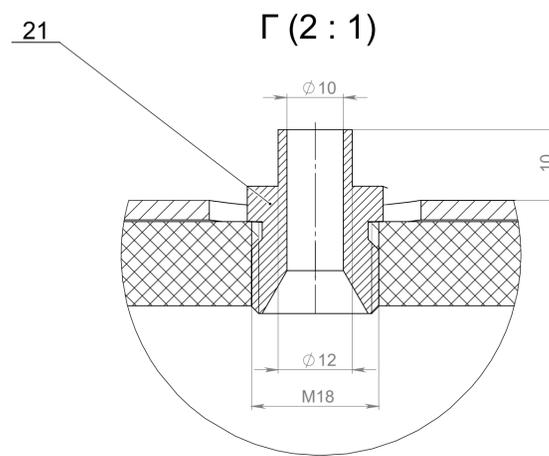
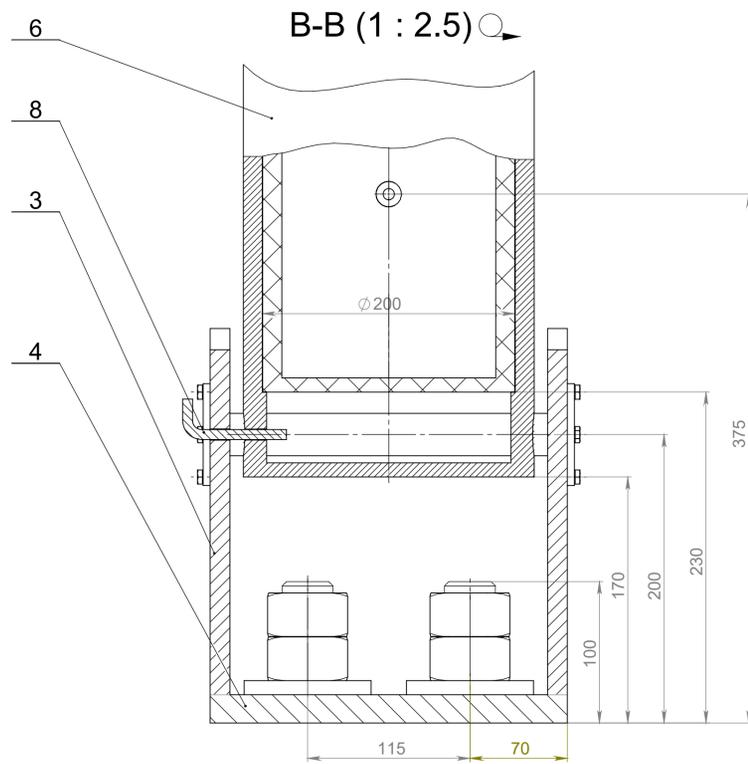
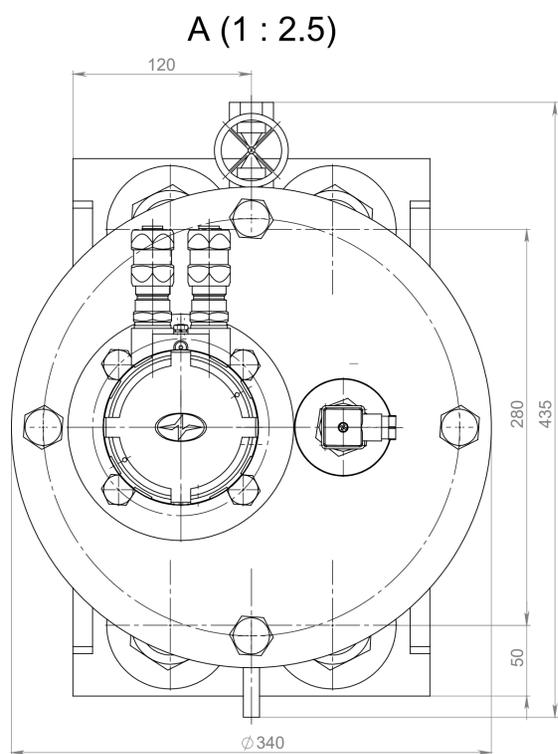
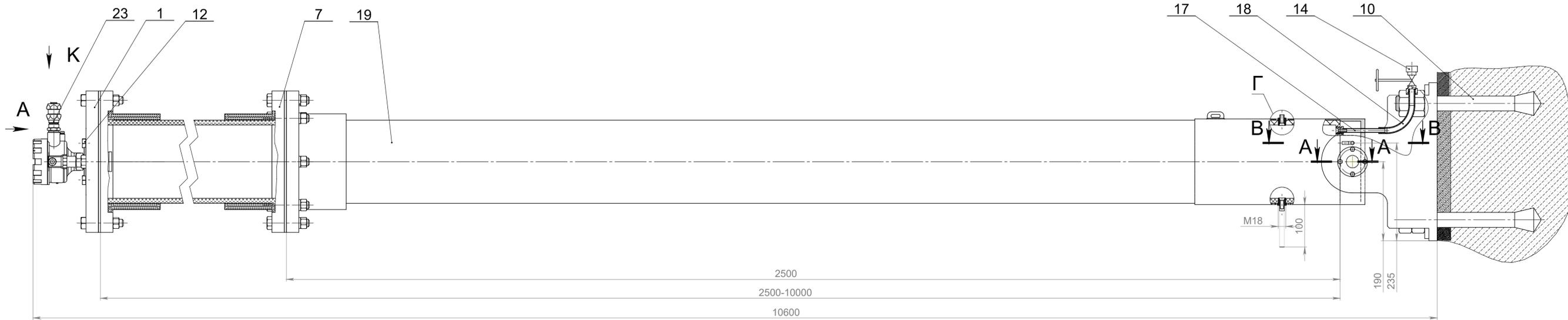
3

2

1

Капировал

Приложение В – сборочный чертеж



**Технические характеристики**

1. Внутренний объем испытательной камеры  $W = 304$  л
2. Давление на дне испытательной камеры  $P = 0,095$  МПа
3. Максимальная рабочая температура использования  $T = 50^\circ$
4. Минимальная рабочая температура использования  $T = 5^\circ$
5. Материал корпуса - полипропилен PP ГОСТ 32415-2013
6. Материал стакана, основания - Ст3 ГОСТ 380-2005
7. Масса незаполненной испытательной камеры - 155 кг
8. Габариты испытательной камеры - 435x340x10600 мм

**Технические требования**

1. Оборудование должно быть установлено на плиту строго вертикально, по центру бетонной подушки и развернуто таким образом, чтобы сошлись направления напорных и сливных магистралей согласно принципиальной схеме.
2. Закрепить испытательную камеру к бетонному основанию при помощи анкерных болтов типа 6 исполнения 3 по ГОСТ 24379.1-2012.
3. Момент затяжки фланцевых болтов = 265,9 Нм, контролировать момент затяжки динамометром.
4. После сварки проверить основание, удостовериться в отсутствии заклинивания подшипников.

<b>ИШНПТ-4А82016.00.00.00 СБ</b>			
<b>Стенд для испытания урбнемероб</b>		Лит.	Масса
		155	15
Изм.	Лист	№ докум.	Листов
Разраб.	Рижкова А.В.		
Проб.	Кудышев К.А.		
Т. контр.			
Н. контр.			
Этап			
Лист 1		Листов 1	
ФГАОУ НИ ТПУ ОМШ ИШНПТ группа 4А8В			

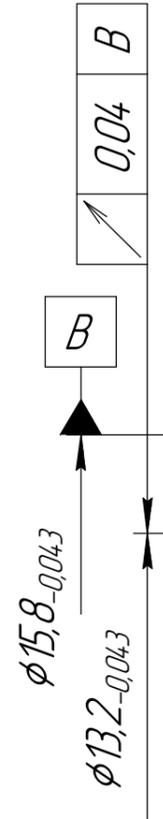
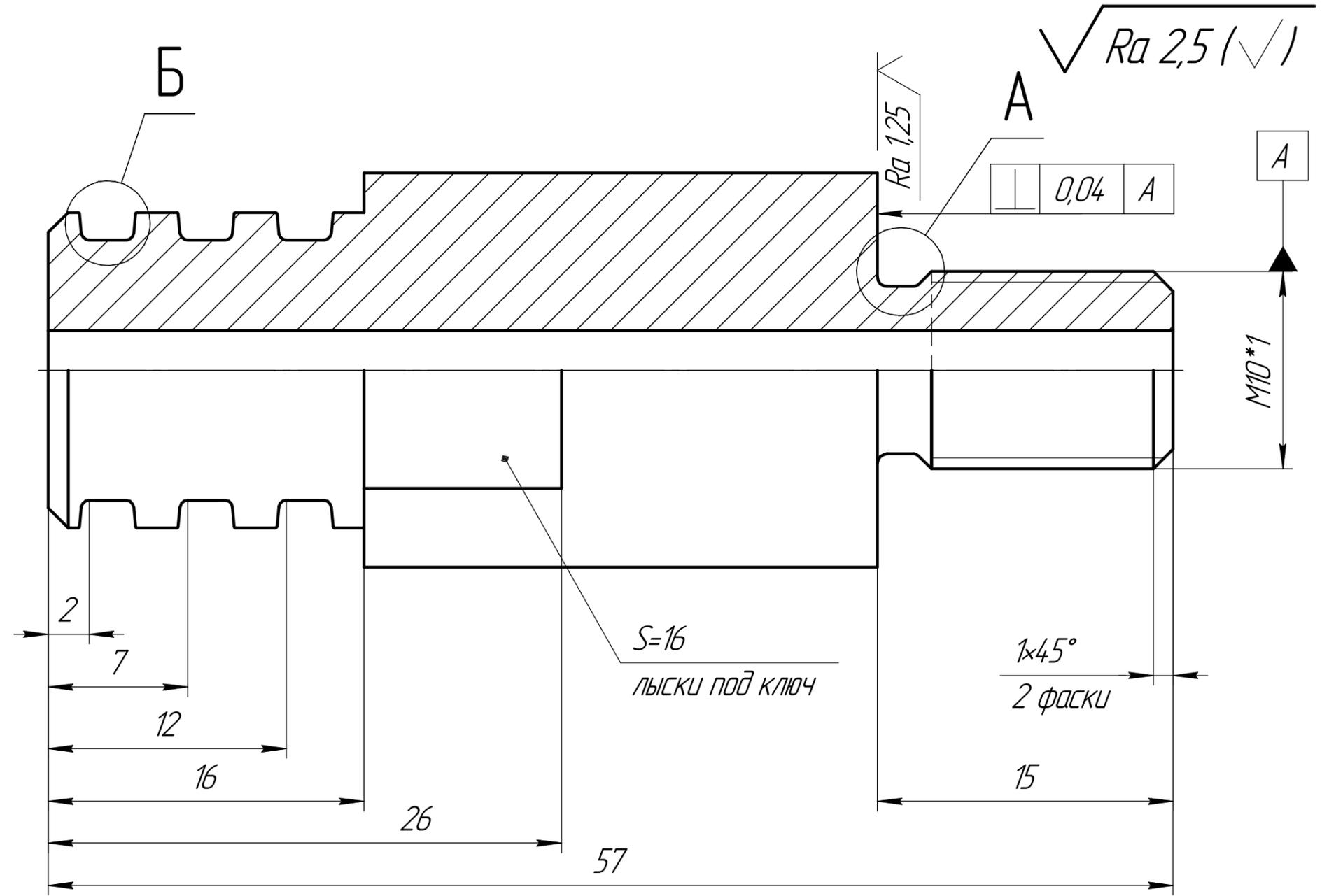
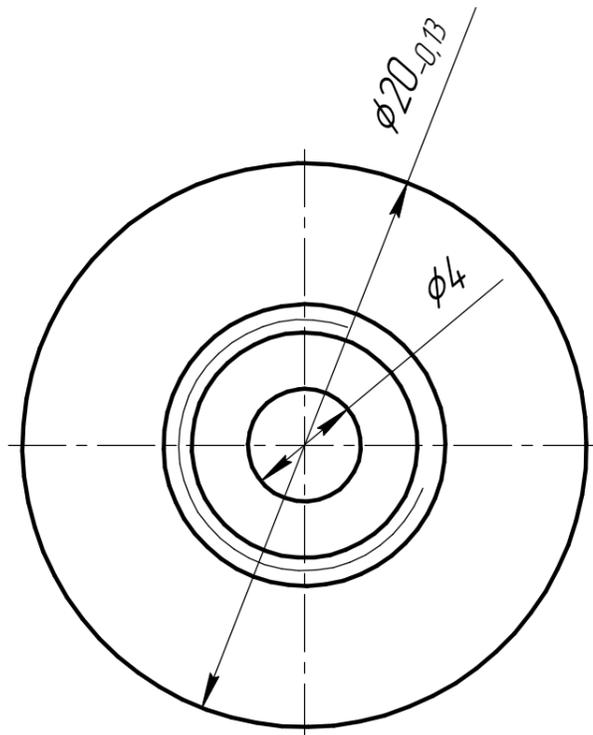
## Приложение Г – спецификация

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						<u>Документация</u>			
		A4				Пояснительная записка	1		
		A1				Сборочный чертеж	1		
						<u>Детали</u>			
				1		Крышка	1		
				2		Крышка опоры	2		
				3		Опора	2		
				4		Основание	1		
				5		Ось	1		
				6		Стакан	1		
				7		Фланец	7		
				8		Штырь	1		
						<u>Стандартные изделия</u>			
				9		Болт М18х90 ГОСТ 15589-70	28		
				10		Болт 6.2.М36х300 ГОСТ 24379.1-2012	4		
				11		Винт с шестигранной головкой ГОСТ Р ИСО 4017 - М6 х 10	8		
				12		Винт с шестигранной головкой ГОСТ Р ИСО 4017 - М14 х 30	4		
				13		Гайка М18-6Н ГОСТ 2524-70	28		
				14		Клапан запорный Ду15 Ру10 1533р Присоединение муфтовое резьбовое	1		
		<b>ИШНПТ-4А81016.00.00.00 СП</b>							
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
		Разрад.	Рыжкова А.В.						
		Пров.	Кувшинов А.В.						
		Н.контр.							
		Утв.							
		<b>Стенд для испытания уровнемеров</b>					Лит.	Лист	Листов
								1	2
							ТПУ ИШНПТ группа 4А8В		
							Копировал Формат А4		

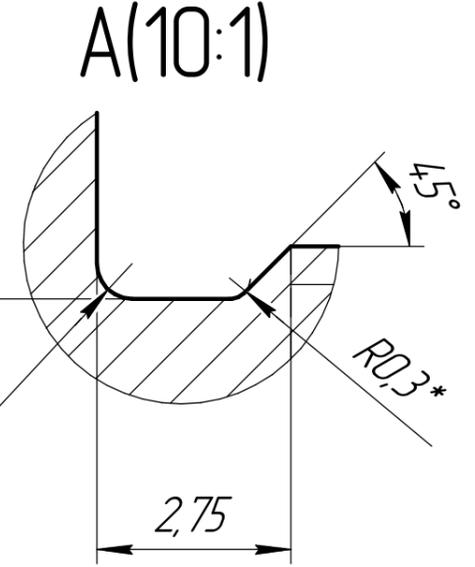


Приложение Д – чертеж детали «штуцер»

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Изм. № дюрл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Изм. № подл.



Б(10:1)



А(10:1)

- 1 шт  
 1\* Размер обеспечивается инструментом  
 2. Общие допуски по ГОСТ 30893.2 - мН: Н14, h14, ± IT14/2.  
 3. Канавки под кольцо 013-016-19 ГОСТ 9833-73

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h1>Штуцер</h1>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.							0,08	4:1
Проб.						Лист	Листов	1
Т.контр.						Сталь 95X18 ГОСТ 5632-72		
Н.контр.						Копировал		
Утв.						Формат А3		

## Приложение Е – технологическая документация

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

								3	1		
								ИШНПТ-4А82016.002		ИШНПТ 4А8В	

