

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **15.03.01 Машиностроение**  
 Отделение **электронной инженерии**

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Технология сборки и сварки сепаратора</b>

УДК 621.791.01:662.767.552/.555-049.

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В61	Моисеев Е.И.		

Руководитель ВКР

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т.Г.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Аспирант	Аверкиев А.А.	к.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Арышева Г.В.	к.т.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	А.А. Першина	к.т.н.		

## Запланированные результаты обучения по программе

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
<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)-16	способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки
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
ПК(У)-18	способен принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения
ПК(У)-19	способен участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности
<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
ДПК(У)-1	Способен контролировать соответствие основных и свариваемых материалов, сварочного и вспомогательного оборудования, оснастки и инструмента, технологической документации, соблюдения технологической дисциплины и правильной эксплуатации технологического оборудования

ДПК(У)-2	Способен составлять планы размещения оборудования, технического оснащения и организации рабочих мест, производить расчет производственной мощности и загрузки оборудования
ДПК(У)-3	Способен изучать и анализировать причины возникновения брака и выпуска продукции низкого качества, участие в разработке мероприятий по их предупреждению и устранению

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Отделение электронной инженерии  
 Направление 15.03.01 Машиностроение

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Першина А.А.  
 (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
3-1В61	Моисееву Евгению Игоревичу

Тема работы:

<b>Технология сборки и сварки сепаратора</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	24.03.2021 №83-26/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2021 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Материал сварной конструкции; существующий способ сварки; сварочные материалы; перечень нормативной документации.</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Введение</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Описание конструкции</li> <li>2 Расчет конструкции</li> <li>3 Обоснование выбора сварочных материалов</li> <li>4 Параметры режима сварки</li> <li>5 Обоснование выбора сварочного оборудования</li> <li>6 Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение</li> <li>7 Социальная ответственность</li> </ol> <p>Заключение</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Титульный лист</li> <li>2 Название темы, цель, задачи</li> <li>3 Материалы и оборудование</li> <li>4 Режимы сварки и формы разделок кромок</li> <li>5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность;</li> <li>6 Социальная ответственность</li> <li>7 Вывод</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Трубченко Татьяна Григорьевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Аверкиев Алексей Анатольевич</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>01 апреля 2021 г.</p>
--	--------------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент ОЭИ ИШНКБ</p>	<p>Киселев Алексей Сергеевич</p>	<p>к.т.н., доцент</p>		<p>01.04.2021</p>

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>3-1В61</p>	<p>Моисеев Евгений Игоревич</p>		

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
 Отделение электронной инженерии  
 Период выполнения весенний семестр 2020 /2021 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2021 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.04.2021 г.	Введение	5
29.04.2021 г.	Описание конструкции	15
07.05.2021 г.	Расчет конструкции	15
10.05.2021 г.	Обоснование выбора сварочных материалов	15
20.05.2021 г.	Расчет параметров режима сварки	25
24.05.2021 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
29.05.2021 г.	Социальная ответственность	10
30.05.2021 г.	Заключение	5

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина Анна Александровна	к.т.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В61	Моисееву Евгению Игоревичу

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение (НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение / ОТСП

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Примерный бюджет проекта – 2057 тыс руб.; В реализации проекта задействованы два человека: руководитель, инженер.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30% Минимальный размер оплаты труда (на 01.01.2021) 12792 руб.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

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

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Описание потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование работ, разработка диаграммы Ганта, формирование бюджета затрат.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности исследования. Интегральный показатель ресурсоэффективности – 3,95 Интегральный показатель эффективности – 493,75 Сравнительная эффективность проекта – 129,93

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

1. Оценка конкурентоспособности НТИ
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НТИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т. Г.	Канд.экон.наук, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В61	Моисеев Евгений Игоревич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1В61	Моисеев Евгений Игоревич

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Электронной инженерии</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 Машиностроение / ОТСП

Тема ВКР:

<b>Технология сборки и сварки сепаратора</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта сборки (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом сборки будет состоять сепаратор из стали 04X18H10, выполняемое при помощи, механизированной (полуавтоматической) сварки.  Рабочее место: цех в котором выполняются сварочные, гибочные работы.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <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 РФ</li> <li>- ГОСТ 12.0.003-2015</li> <li>- ГОСТ 12.1.003-2014</li> <li>- ГОСТ 12.3.003-86</li> <li>- ГОСТ 21889-76</li> <li>- СНиП 23-05-95*</li> <li>- ГОСТ Р 22.0.01-2016</li> </ul>
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы при сборке и сварке: <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышенный уровень шума на рабочем месте;</li> <li>– недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– неудовлетворительный микроклимат</li> <li>– повышенный уровень</li> </ul>

	<p>напряженности электростатического поля</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– электробезопасность</li> <li>– вращающиеся элементы</li> <li>– высокие температуры</li> </ul> <p>разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов</p>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<p>- анализ воздействия источника питания, сварочных материалов и сварочных аэрозолей на воздушную среду, гидросферу и литосферу.</p> <p>- решение по обеспечению экологической безопасности в отношении применения сварочных материалов и источника питания, а также отходов, произведенных в процессе выполнения работы.</p> <p>- предотвратить или уменьшить влияние абразивных веществ используемых при резке металла, аэрозолей при сварки, загрязнение сточных и подземных вод продуктами металлорезки, а также твердых промышленных отходов.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p>Возможные ЧС: пожары, взрывы, короткие замыкания.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: возгорание, способное привести к пожару.</p>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Аверкиев Алексей Анатольевич			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В61	Моисеев Евгений Игоревич		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 141 страницы, 24 рисунка, 25 таблиц, 33 источника, 4 приложения.

Ключевые слова: сепаратор, днище, сварка плавящимся электродом в среде защитного газа, трубные решетки, корпус циклона, выходные трубки.

Объектом сборки является сепаратор использующийся в производстве метанола-сырца.

Предмет исследования – сварка стали 04X18H10 с помощью механизированной сварки.

Цель работы – разработка поочередных этапов производства и сборки сепаратора.

В процессе работы производится подбор материалов для производства необходимы частей сепаратора, их подготовка к сборке и дальнейшая сварка, а также выбор необходимого оборудования для его производства.

В результате работы были рассчитаны параметры режима сварки и выбран наиболее подходящий способ сварки узлов сепаратора из стали 04X18H10.

Область применения: данный сепаратор подходит для химических веществ с агрессивными действиями. Для использования на других предприятиях возможно изменения материала изготовления.

Работа представлена: введением, пятью разделами и заключением, приведен список используемых источников и приложения.

В 1 разделе «Обзорная часть» описана конструкция сепаратора и указано из каких основных узлов состоит.

В разделе 2 «Разработка технологии сборки и сварки конструкции» был подобран материал для производства корпуса и основных узлов сепаратора, а также произведен выбор сварки, сварочных материалов и защитных газов. В этом разделе присутствует расчет режимов сварки для каждого типа соединений.

В разделе 3 «Технология сборки и сварки» описаны заготовительные операции, сборочные и сварочные операции сварной конструкции, контроль качества и техника безопасности.

В разделе 4 «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» представлены экономические расчеты, актуальность выбранного способа сварки и меры по безопасности на рабочем месте.

В разделе 5 «Социальная ответственность» представлены меры по безопасности на рабочем месте.

В заключении изложены выводы по проделанной работе.

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Механизированная сварка плавящимся электродом в среде защитного газа - это сварка, где роль электрода играет сварочная проволока, которая подается в сварочную ванну автоматически, а все перемещения горелкой производит сварщик.

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 5632-2014 – Нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные.
2. ГОСТ 7350-77 – Сталь толстолистовая коррозионно-стойкая, жаростойкая, жаропрочная.
3. ГОСТ 19903-2015 – Прокат листовой горячекатаный. Сортамент.
4. ГОСТ 2222-95 – Метанол технический.
5. ГОСТ 14249-89 – Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
6. ГОСТ 9940-81 – Трубы бесшовные горячедеформированные из коррозионно-стойкой стали.
7. ГОСТ 9941-81 – Трубы бесшовные холодно- и теплодеформированные из коррозионно-стойкой стали.
8. ГОСТ 32388-2013 – Трубопроводы технические. Нормы и методы расчета на прочность, вибрацию и сейсмические воздействия.
9. ГОСТ 6533-78 – Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов.
10. ГОСТ 16037-80 – Соединения сварных стальных трубопроводов.
11. ГОСТ 14771-76 – Дуговая сварка в защитном газе.
12. ГОСТ 2246-70 – Проволока стальная сварочная.
13. ГОСТ 23949-80 – Электроды вольфрамовые сварочные неплавящиеся.

14. ТУ2114-003-49632579-2009 – Смеси газовые сварочные.
15. ASTM A240 – Международный стандарт для плоского проката из жаропрочной, хромистой, хромоникелевой нержавеющей стали для сосудов высокого давления и общего применения.
16. СП 53-101-98 – Изготовление и контроль качества стальных строительных конструкций.
17. ГОСТ 885-77 – Сверла спиральные. Диаметры.
18. Приказ Ростехнадзора от 11.12.2020 N519 – Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Требования к производству сварочных работ на опасных производственных объектах».
19. ГОСТ 3242-79 – Соединения сварные. Методы контроля качества.
20. ГОСТ 18442-80 – Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования.
21. ГОСТ Р 55724-2013 – Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
22. РД 03-606-03 – Инструкция по визуальному и измерительному контролю.  
В данной работе используются следующие сокращения:
  1.  $I_{св}$  – сила сварочного тока,
  2.  $U_{д}$  – напряжение на дуге,
  3.  $d_{э}$  – диаметр электрода,
  4.  $V_{св}$  – скорость сварки,
  5.  $K$  – катет шва,
  6.  $K_y$  – коэффициент, учитывающий усиление шва,
  7.  $F$  - площадь шва,
  8.  $j$  – плотность тока,
  9.  $\rho$  – плотность металла,
  10.  $D \times Ш \times T$  – длина, ширина, толщина,
  11.  $D \times d \times B$  – большой диаметр, малый диаметр, высота.

## Оглавление

Введение.....	19
1 Обзорная часть.....	20
1.1 Конструкция сепаратора.....	20
1.2 Материал для изготовления конструкции.....	22
1.3 Прочность конструкции.....	24
2 Разработка технологии сборки и сварки конструкции.....	25
2.1 Описание сварной конструкции.....	25
2.2 Выбор материалов для изготовления сварной конструкции.....	28
2.3 Выбор способа сварки.....	35
2.4 Выбор сварочных материалов.....	37
2.5 Защитные газы.....	38
2.6 Расчет параметров режимов сварки.....	39
2.6.1 Определяем режим сварки для соединения С17.....	42
2.6.2 Определяем режим сварки для соединения У18.....	45
2.6.3 Определяем режим сварки для соединения У4.....	49
2.6.4 Определяем режим сварки для соединения Т6.....	52
2.7 Выбор оборудования.....	55
3 Технология сборки и сварки.....	60
3.1 Заготовительные операции.....	60
3.2 Сборочные и сварочные операции.....	68
3.3 Техника безопасности при проведении работ.....	70
3.4 Контроль качества сварных соединений.....	72
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	74
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	74
4.2 Анализ конкурентных технических решений.....	75
4.3 SWOT-анализ.....	77
4.4 Планирование научно-исследовательской работы.....	79
4.4.1 Структура работ.....	79

4.4.2	Разработка графика проведения научно-исследовательской работы.....	80
4.5	Бюджет научно-технического исследования.....	84
4.5.1	Расчет материальных затрат.....	84
4.5.2	Расчет амортизационных отчислений.....	85
4.5.3	Расчет заработной платы и отчислений во внебюджетные фонды.....	86
4.5.4	Расчет общей себестоимости.....	88
4.6	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности.....	88
	Вывод по разделу.....	91
5	Социальная ответственность.....	93
5.1	Введение.....	93
5.2	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	94
5.3	Производственная безопасность.....	95
5.4	Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	96
5.4.1	Отклонение показателей микроклимата.....	96
5.4.2	Превышение уровня шума.....	97
5.4.3	Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.....	98
5.4.4	Возможное поражение электрическим током.....	98
5.4.5	Наличие ионизирующего излучения, в том числе ультрафиолетовое.....	99
5.4.6	Наличие повышенного теплового излучения.....	100
5.4.7	Брызги, окалины раскаленного металла.....	100
5.4.8	Механические повреждения.....	100
5.5	Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего.....	101
5.6	Экологическая безопасность.....	103

5.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	104
5.7.1 Поражение электрическим током.....	104
5.7.2 Пожар.....	105
Вывод по разделу.....	106
Заключение.....	107
Список используемых источников.....	108
Приложение А Комплект документов.....	111
Приложение Б Маршрутная карта.....	112
Приложение В Вид сепаратора.....	120
Приложение Г Карта эскизов .....	121

## **Введение**

На сегодняшний день почти все химические, топливные, нефтегазовые, пищевые заводы используют сепараторы. Они необходимы для разделения сред с более тяжелыми фракциями от более легких. Пусть то будет пыль в воздухе или частицы муки, конденсат в газе или зола.

В данном ВКР рассматривается производство и сборка с помощью сварки сепаратора с насадкой мультициклон для производства «ООО Газпром Метанол». Данный аппарат необходим для разделения газовой среды от метанола-сырца, то есть выведение почти готового продукта для дальнейшей его ректификации уже в готовый продукт. Так же в этой выпускной квалифицированной работе будет показана сборка сепаратора для других нужд, например, в пищевой или нефтяной промышленности. Вообще сепарирование каких-либо смесей очень трудоемкий процесс, во-первых, так как сепаратор является сосудом, работающим под избыточным давлением необходимо как можно точно рассчитать толщину стенки, чтобы аппарат оставался герметичным, во-вторых сложность ремонта, из-за узкого межтрубного пространства, а значит его изготовление и дальнейшая эксплуатация должны быть в рамках проектной документации, чтобы избежать частого, да и вообще любого ремонта. Любой сосуд работающий под давлением входит в состав объекта повышенной опасности, к которому требуются особые инструкции по технике безопасности и эксплуатации. Рабочий персонал должен знать и понимать, что делать в случае возникновения ЧС.

Сложностью разработки технологии сварки данного сепаратора является агрессивная среда метанола-сырца, который в больших количествах присутствует в сепараторе, его вред на организм человека носит кумулятивный характер, а значит работник может нанести вред своему здоровью даже не сразу, а постепенно работая с ним.

Целью ВКР является разработка технологии сборки и сварки сепаратора.

# 1 Обзорная часть

## 1.1 Конструкция сепаратора

Сепаратор представляет собой резервуар высотой от и до тангенциальной линии 5925 мм, диаметром 2520 мм. Эллиптическое днище снизу и сверху сепаратора. Общий вид сепаратора изображен на рисунке 1.

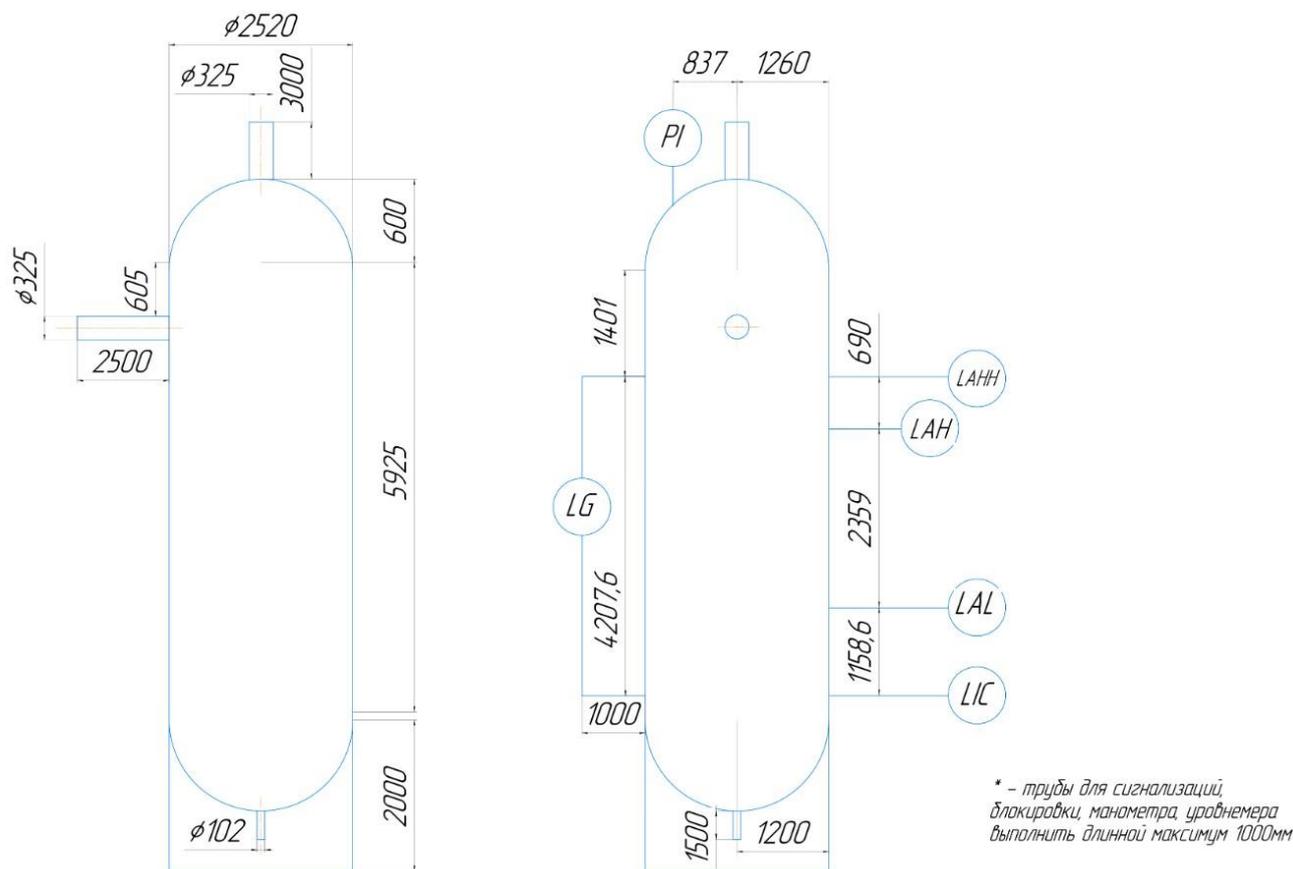


Рисунок 1 – Вид сепаратора

Сам сепаратор находится на опоре, которая представляет собой лист стали, скрученный диаметром 2400 мм один конец которого залит под фундамент установки. В корпусе сепаратора имеются труба входа газо-водяной среды, труба выхода газовой среды, труба выхода метанола-сырца. Так же имеются конструктивные особенности данного сепаратора фланцевые соединения для подключения оборудования КИПиА уровнемера позиции LIC-

4202, для датчиков сигнализации позиции LAN-4202, LAL-4202 и блокировки LANH-4205 соединения для подключения уровнемерной колонки и манометра.

Во внутренней части сепаратора имеются циклоны рисунок 2.

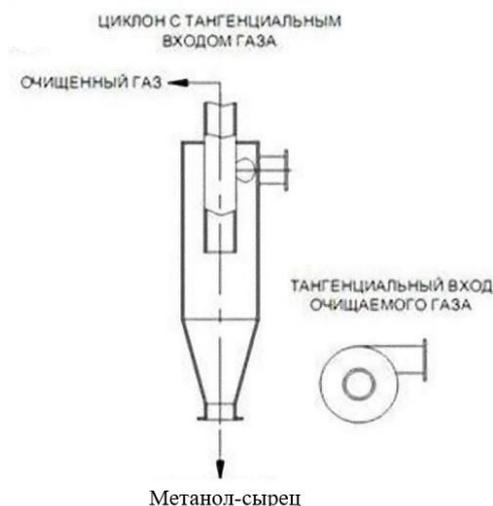


Рисунок 2 – Схема работы циклона

Циклоны обладают рядом отличительных свойств. Так, они имеют простую конструкцию, в них отсутствует движущиеся части, есть возможность работать с химически агрессивными средами. Так же в циклонах степень очистки намного выше, чем в аппаратах гравитационного осаждения.

Для очистки больших объемов газа используют несколько малых циклонов нежели один большой. В одном корпусе объединены несколько малых циклонов и такие установки называются батарейными или мультициклонами рисунок 3.

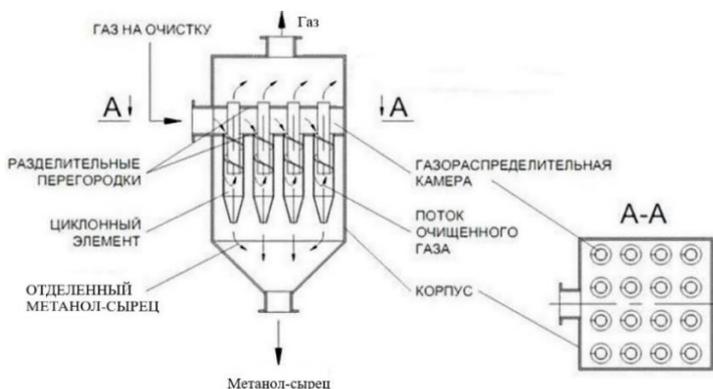


Рисунок 3 – Схема устройства сепаратора с насадкой мультициклон

Газ входит в сепаратор попадает на насадку мультициклон, входит в циклоны благодаря центробежной силе капли сконденсированного метанола-сырца отбиваются о стенки циклона и стекают вниз в трубу, а чистый газ поднимается и идет на дальнейшую сепарацию. Таким образом внутри циклона образуется два потока движущихся по траектории спиралеобразной формы.

Основной задачей сборки и расчетов сепаратора метанола-сырца является:

- надежность,
- экономичность,
- безопасность эксплуатации,
- длительность срока эксплуатации.

Необходимо будет посчитать количество листов высоколегированного металла, заранее выяснив длину и ширину будущего сепаратора, что поможет сэкономить и минимизировать остатки.

## **1.2 Материал для изготовления конструкции**

Так как сепаратор служит для разделения газовой среды и метанола-сырца, который относится к 3 классу опасности и является не только особо опасной легковоспламеняющейся жидкостью, но и опасным для жизни – ГОСТ 2222-95 [1]. ПДК в области рабочей зоны  $5\text{мг/м}^3$ . Так же метанол-сырец имеет кислую среду (pH 4,4 – 4,6), тем самым сепаратор и циклоны необходимо сделать из коррозионно-стойких материалов, чтобы можно было эксплуатировать долгое время без необходимости ремонта.

По документации сепаратор выполнен Австрийской компанией RTZ Metals North LTD из стали AISI 304L со следующим химическим составом таблица 1.

Таблица 1 – Химический состав стали AISI 304L – ASTM A240 [2]

C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %	Ni, %	Cr, %
0,03	0,2-1,0	<2,0	<0,045	<0,03	8,0-12,0	18,0-20,0

Данная сталь относится к коррозионно-стойким нержавеющей сталям. Отличается высоким сопротивлением межкристаллитной коррозии при высоких температурах (до 500<sup>0</sup>С) и отличной стойкостью в большинстве агрессивных сред. Рекомендуются в тех случаях, когда требуется прочная сварка.

По данному химическому составу мы можем подобрать аналогичную сталь Российского стандарта. В данном случае нам подходит сталь 04Х18Н10 – ГОСТ 5632-2014 [3] со следующим химическим составом таблице 2

Таблица 2 – Химический состав стали 04Х18Н10 – ГОСТ 5632-2014 [3]

C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %	Ni, %	Cr, %
Не более 0,04	Не более 0,8	Не более 2,0	0,03	0,02	9,0-11,0	17,0-19,0

Согласно ГОСТ 5632-2014 [3] предельное отклонение по массовые доли химических элементов в готовой продукции по углероду составляет  $\pm 0,01\%$ .

Что можно принять за малую погрешность и принять данную сталь для изготовления корпуса сепаратора.

Это сталь аустенитного класса, высоколегированная, коррозионностойкая обыкновенная, используется для деталей, работающих в азотнокислых средах при высоких температурах. По ГОСТ 7350-77 [4] определяем ее механические свойства а именно:

$\sigma_T$  – предел текучести стали при 20<sup>0</sup>С равен 175МПа;

$\sigma_B$  – временное сопротивление при 20<sup>0</sup>С равно 490МПа;

$\delta_z$  – относительное удлинение и равно 45%.

Так как аппарат будет находится на уличной площадке, где возможны осадки и влияние температур, рекомендуется сделать опору из того же

материала, что и корпус сепаратора. Так же это облегчит свариваемость сепаратора и опоры.

Днище сепаратора мы изготовим из листового металла [5], так как днище имеет эллиптический вид, листовой металл подвергнем горячей штамповке. Но прежде всего необходимо будет сделать расчеты по ГОСТ 6533-78 [6].

Входная труба с газо-водяной средой и выходная труба с очищенным газом, имеют диаметры 325мм и изготовлены из того же материала, что и сам сепаратор, выбор размеров производим по ГОСТ 9940-81 [7].

Труба, по которой метанол-сырец выходит из сепаратора и движется дальше на технологию, выполнена из такого же материала и имеет диаметр 102мм, выбор размеров производим по ГОСТ 9941-81 [8].

Трубки подключения оборудования КИПиА, а именно датчиков позиции ЛАН-4205, LAL-4205 и ЛАНН-4202, а также уровнемерной колонки с манометром диаметром 20мм, выбор размеров производим по сортаменту [8].

Трубные решетки, которые будут стоять в сепараторе, к которым буду крепиться корпус циклона и отводящая трубка, буду выполнены так же и стали 04X18Н10 листового проката [5], что позволит спокойно работать без необходимости залазить внутрь и заваривать или ремонтировать поврежденные поверхности.

Сам корпус циклона представляет собой конус, что можно будет сделать из листового металла путем вальцовки. Для этого необходимо сделать выкройку из листового металла приложение В.

### **1.3 Прочность конструкции**

Прочность конструкции важная часть работы. Мало того, что требуется сделать оборудование работоспособным и безопасном, но также и прочным, чтобы оно не разрушилось под действием веса и внутренних сил. Основной упор здесь будет делаться на трубные решетки в самом сепараторе (верхний и нижний

пояс), так как к ним будут крепиться корпус циклона и выходная трубка, а также опора сепаратора.

Прочность – способность тела сопротивляться внешним нагрузкам не разрушаясь.

Основным показателем прочности являются условия, при которых напряжения в частях сепаратора не будет превышать максимально допустимых.

$$P_{MAX} \leq [P],$$

где  $P_{MAX}$  – максимальные значения полного напряжения в конструкции;  
 $[P]$  – величина допустимых напряжений для материала.

## 2 Разработка технологии сборки и сварки конструкции

### 2.1 Описание сварной конструкции

На рисунке 4 приведен чертеж сепаратора со всеми необходимыми размерами. Трубы под манометр, блокировки, сигнализации и уровнемеры выполнить трубой длиной максимум 1000мм.

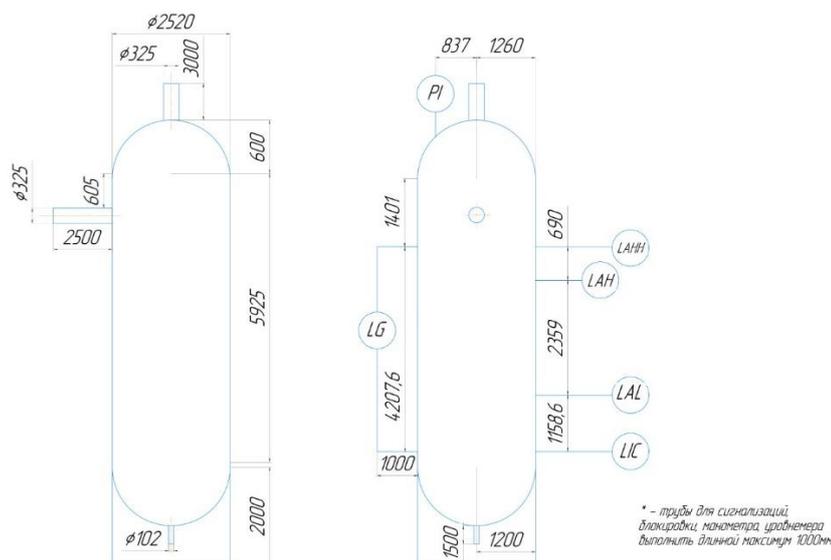


Рисунок 4 – Чертеж сепаратора

Разрабатываемый аппарат состоит из следующих элементов разной длины:

Корпус сепаратора:

- Лист стали 04X18Н10 горячекатаный [5],
- Труба бесшовная горячедеформированная диаметром 325 мм (2шт) [7],
- Труба бесшовная холодноедеформированная диаметром 102 мм (1шт) [8],
- Труба бесшовная холодноедеформированная диаметром 20 мм (9шт)[8],
- Лист стали 04X18Н10 горячекатаный под опору [5].

На рисунке 5 приведен чертеж насадки мультициклон с нижней трубной решеткой со всеми необходимыми размерами.

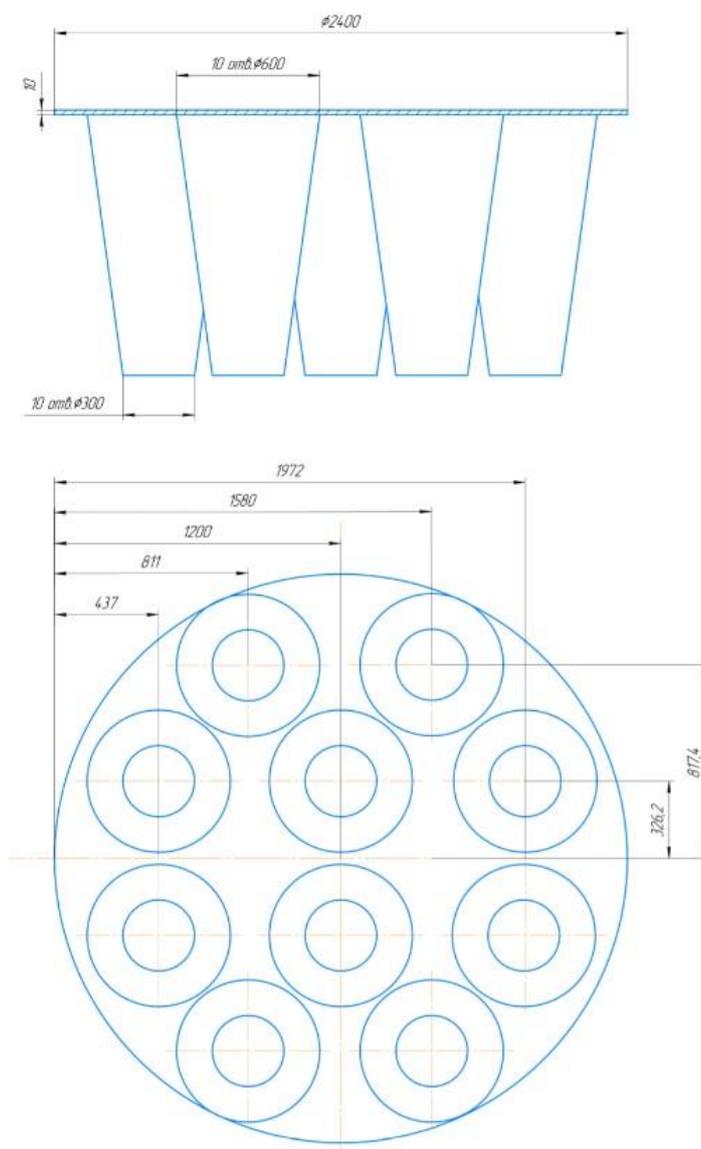


Рисунок 5 – Чертеж насадки мультициклон с нижней трубной решеткой

Насадка мультициклон с нижней трубной решеткой:

- Лист стали 04X18Н10 горячекатаный толщиной 10 мм (1шт) [5],
- Лист стали 04X18Н10 горячекатаный толщиной 5 мм [5].

На рисунке 6 приведен чертеж верхней трубной решетки с выходными трубками со всеми необходимыми размерами.

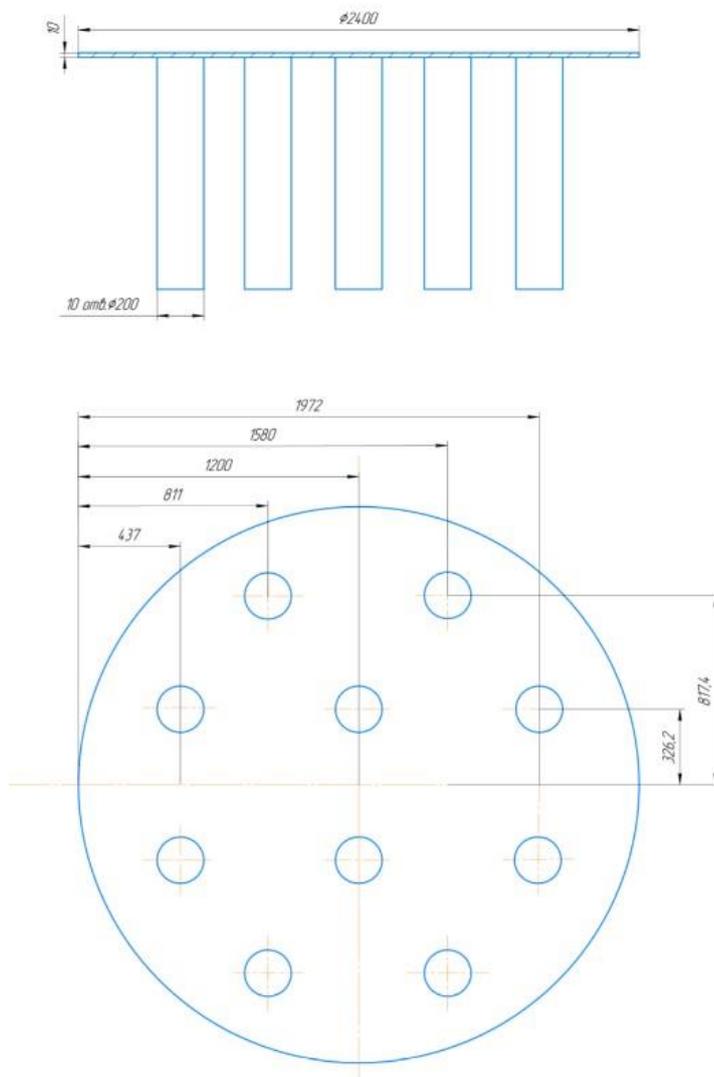


Рисунок 6 – Чертеж верхней трубной решетки с выходными трубками

Выходные трубки с нижней трубной решеткой:

- Лист стали 04X18Н10 горячекатаный толщиной 10 мм (1шт) [5],
- Труба бесшовная холоднодеформированная диаметром 200 мм (10шт) [8].

Нижняя трубная решетка крепится внутри сепаратора по окружности в месте входа нижней части входной трубы, верхняя трубная решетка крепится на высоту 400 мм от нижней трубной решетки рисунок 7.

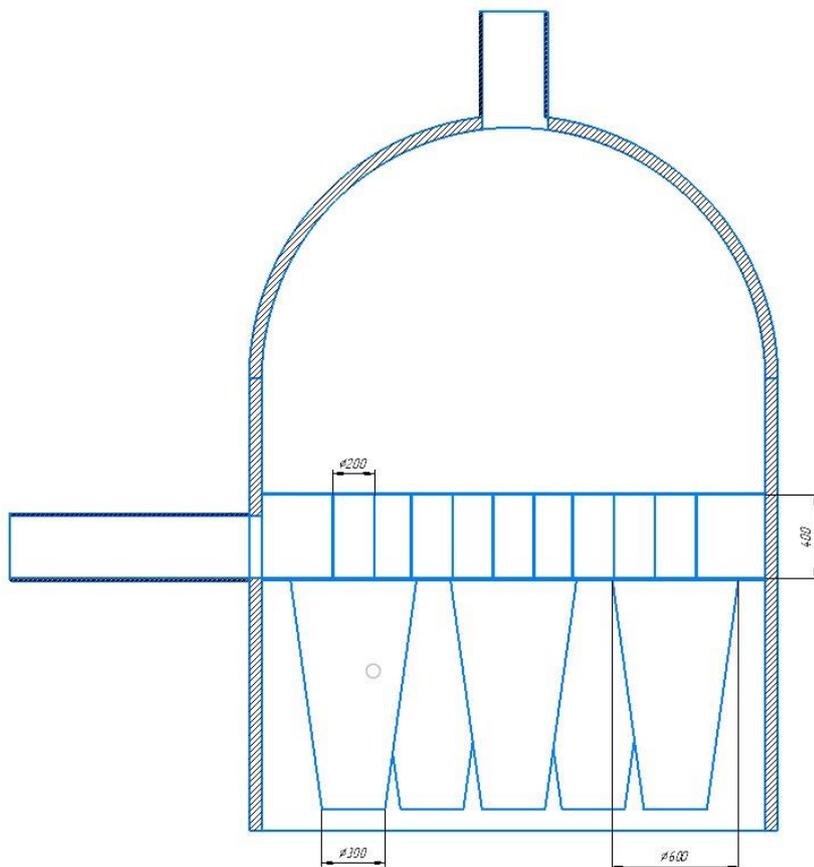


Рисунок 7 – Вид расположения трубных решеток внутри сепаратора.

## 2.2 Выбор материалов для изготовления сварной конструкции.

Так как по условию эксплуатации, сепаратор работает под избыточным давлением равным  $80 \text{ кгс/см}^2$  (8МПа) и температурой  $30^0 \text{ С}$ , необходимо вычислить толщину металла, который нужно использовать для безопасной и безаварийной работы. Днище сепаратора относится к выпуклым типам, эллиптического вида рисунок 8.



а - эллиптическое днище; б - полусферическое днище; в - торосферическое днище

Рисунок 8 – Виды выпуклых днищ [9]

Согласно ГОСТ 14249-89 [9] толщина эллиптического днища рассчитывается следующим образом:

$$S_1 \geq S_{1p} + C, \quad (1)$$

где  $S_{1p}$  – расчетная толщина днища;

$C$  – прибавка для компенсации коррозии и эрозии., так как материал коррозионностойкий данную прибавку примем равной 0,

$$S_{1p} = \frac{pR}{2\varphi\sigma_T - 0,5p}, \quad (2)$$

где  $p$  – максимально возможное давление, МПа;

$\varphi$  – коэффициент прочности продольного сварного шва. Для днищ, изготовленных из одной цельной заготовки  $\varphi = 1$ ;

$\sigma_T$  – предел текучести металла;

$R$  – радиус кривизны к вершине днища, определяется:

$$R = \frac{D^2}{4H}, \quad (3)$$

где  $H$  – высота днища от тангенциальной линии,  $H = 600$ мм;

$D$  – внутренний диаметр днища,  $D = 2400$ мм;

$$R = \frac{2400^2}{4 \cdot 600} = 2400 \text{мм},$$

$$S_{1p} = \frac{8 \cdot 2400}{2 \cdot 1 \cdot 175 - 0,5 \cdot 8} = 55,49 \text{ мм.}$$

По ГОСТ 7350-77 [4] горячекатаную толстолистовую сталь изготавливают толщиной от 4 мм. Расчетная толщина подходит под этот размер, а значит используя ГОСТ 19903-2015 [5] можно выбрать размеры листа и толщину близкую к расчетной. Воспользовавшись таблицей 4 [5] предельные отклонения при толщине 60 мм и ширине 2000 мм составят -1,3 мм, что является больше расчетной толщины, а значит мы легко можем использовать данную толщину:

$$S = 60 \text{ мм.}$$

Следующий шаг необходимо определить какой размер листа нам необходимо взять, чтобы с помощью штамповки превратить его в днище нужных размеров, но иметь в виду что у сепаратора два днища, верхнее и нижнее. Основные параметры для расчета показаны на рисунке 9.

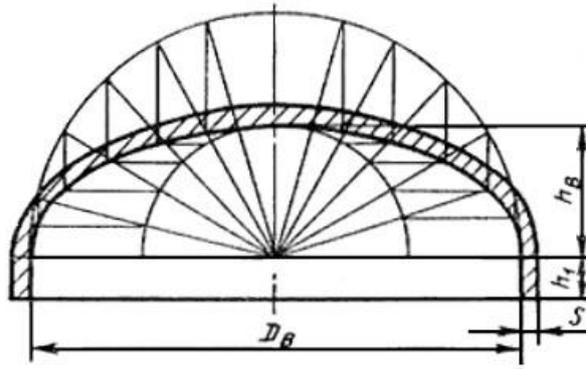


Рисунок 9 – основные размеры днищ с внутренними базовыми размерами [9]

Согласно [9] диаметр нашей заготовки рассчитывается следующим образом:

$$D = 2\sqrt{(D_B + s)[h_1 + 0,345\xi_B(D_B + s)]}, \quad (4)$$

где  $D_B$  – внутренний диаметр,  $D_B = 2400$  мм;

$s$  – толщина стенки,  $s = 60$  мм;

$h_1$  – нижняя часть эллипса, выбирается из таблицы 2 [6],  $h_1 = 100$  мм;

$\xi_B$  – коэффициент, который мы выбираем из графика 1, отношение  $D_B/s$ .

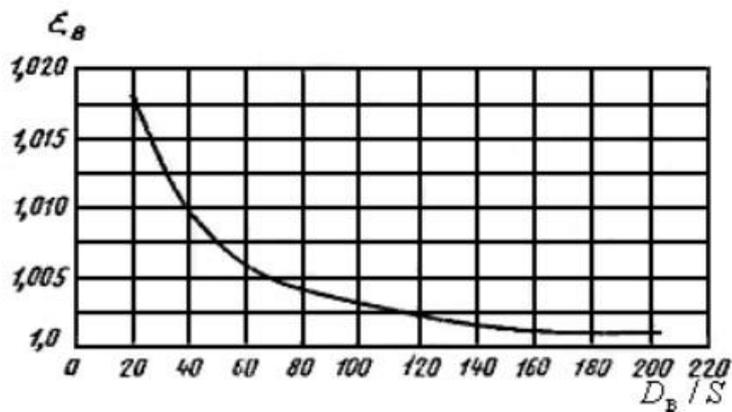


График 1 – график изменения коэффициента  $\xi_B$  [6]

Подставляем все в формулу и высчитываем диаметр заготовки.

$$D = 2\sqrt{(2400 + 60)[100 + 0,345 * 1,01(2400 + 60)]},$$

$$D = 3068,99\text{мм.}$$

Округляем до 3069 мм. Раскрой представлен в приложении В.

Для более простой сборки сепаратора предлагаю толщину стенки сделать такого же размера  $S = 60$  мм. Теперь чтобы правильно и экономично посчитать количество и параметры изготавливаемых стальных листов, чтобы количество остатка не превышало норму необходимо рассчитать длину окружности корпуса сепаратора и опоры.

$$L = 2\pi \frac{D}{2} = 7913\text{мм.} \quad (5)$$

Раскрой стенки сепаратора представлен в приложении В.

Далее высчитываем корпус нашего циклона, количество циклонов в сепараторе 10 штук. Так как давление внутри сепаратора одинаково избыточное, то есть не зависит от точки его измерения, предлагается сделать корпус циклона и выходную трубку меньшей толщиной металла, что намного облегчит вес, которые будут испытывать трубные решетки, тем самым мы сможем сократить толщину металла, используемого для изготовления трубной решетки. Согласно [5], выберем толщину металла для корпуса циклона 5 мм. Сам корпус циклона

представляет собой усеченный конус. Для его построения на листе металла необходимо знать:

$H$  – высоту конуса,  $H = 1100$  мм;

$D_M$  – малый диаметр конуса,  $D_M = 300$  мм;

$D_B$  – большой диаметр конуса,  $D_B = 600$  мм.

Находим образующую:

$$L = \sqrt{H^2 + (R_B - R_M)^2}, \quad (6)$$

$$L = \sqrt{1100^2 + (300 - 150)^2},$$

$$L = 1101 \text{ мм.}$$

Находим радиус  $r_1$

$$r_1 = \frac{L \cdot R_M}{R_B - R_M}, \quad (7)$$

$$r_1 = \frac{1101 \cdot 150}{300 - 150},$$

$$r_1 = 1101 \text{ мм.}$$

Находим радиус  $r_2$

$$r_2 = r_1 + L, \quad (8)$$

$$r_2 = 1101 + 1101,$$

$$r_2 = 2202 \text{ мм.}$$

Находим угол  $f$

$$f = \frac{360^\circ \cdot R_B - R_M}{L}, \quad (9)$$

$$f = \frac{360^\circ \cdot 300 - 150}{1101},$$

$$f = 49^\circ.$$

По полученным данным построим развертку на листе стали. Приложение В.

Трубные решетки, к которым будут крепиться корпуса циклонов и выходные трубки выберем из сортамента листового металла [5], придется вырезать круг под внутренний диаметр, так же сделать расчёты на припуски. Они будут приварены по окружности к корпусу сепаратора с предварительно сделанными отверстиями под корпус циклона (нижняя трубная решетка) и под

выходную трубку (верхняя трубная решетка). Трубные решетки находятся на расстоянии 400 мм друг от друга, толщина стали 10 мм.

Выходная трубка циклона представляет собой трубу один конец, которой крепится в верхнюю трубную решетку, а нижний конец опускается в корпусе циклона. По ней очищенный газ поступает вверх и уходит на дальнейшую технологию. Данную трубу будем делать из сортамента [8], ее размеры:

- Диаметр 200 мм;
- Толщина стенки 3 мм;
- Длина 7 м.

Для того чтобы подобрать входную и выходную газовую трубу в сепараторе, необходимо вычислить толщину стенки согласно ГОСТ 32388-2013 [10].

$$S_{1r} = \frac{pD}{2\varphi_y\sigma_T + p}, \quad (10)$$

где  $p$  – максимально возможное давление,  $p = 8\text{МПа}$ ;

$D$  – диаметр трубы,  $D = 325\text{мм}$ ;

$\varphi_y$  – коэффициент поперечного сварного шва для стальных трубопроводов.

Согласно таблице 5.2 [10]  $\varphi_y = 0,6$ ;

$\sigma_T$  – предел текучести нашей стали,  $\sigma_T = 175\text{МПа}$ .

$$S_{1r} = \frac{8 \cdot 325}{2 \cdot 0,6 \cdot 175 + 8},$$

$$S_{1r} = 11,92\text{мм}.$$

Из [7] выбираем толщину труб больше расчетной относительно диаметра и получаем:

- Диаметр 325 мм;
- Толщина стенки 12 мм;
- Длина 6,5 м;

Так же для подбора выходной трубы готового продукта, необходимо вычислить толщину стенки согласно [10].

$$S_{1r} = \frac{pD}{2\varphi_y\sigma_T + p}, \quad (11)$$

где  $p$  – максимально возможное давление,  $p = 8\text{МПа}$ ;

$D$  – диаметр трубы,  $D = 102\text{мм}$ ;

$\varphi_y$  – коэффициент поперечного сварного шва для стальных трубопроводов.

Согласно таблице 5.2 [10]  $\varphi_y = 0,6$ ;

$\sigma_T$  – предел текучести стали,  $\sigma_T = 175\text{МПа}$ .

$$S_{1r} = \frac{8 \cdot 102}{2 \cdot 0,6 \cdot 175 + 8},$$

$$S_{1r} = 3,74\text{мм}.$$

Из [8] выбираем толщину труб больше расчетной относительно диаметра и получаем:

- Диаметр 102 мм;
- Толщина стенки 4 мм;
- Длина 7 м;

Для подбора трубок для подключения манометра, сигнализаций, блокировок и уровнемерных колонок [10].

$$S_{1r} = \frac{pD}{2\varphi_y\sigma_T + p}, \quad (12)$$

где  $p$  – максимально возможное давление,  $p = 8\text{МПа}$ ;

$D$  – диаметр трубы,  $D = 20\text{мм}$ ;

$\varphi_y$  – коэффициент поперечного сварного шва для стальных трубопроводов.

Согласно таблице 5.2 [10]  $\varphi_y = 0,6$ ;

$\sigma_T$  – предел текучести стали,  $\sigma_T = 175\text{МПа}$ .

$$S_{1r} = \frac{8 \cdot 20}{2 \cdot 0,6 \cdot 175 + 8},$$

$$S_{1r} = 0,73\text{мм}.$$

Из [8] выбираем толщину труб больше расчетной относительно диаметра и получаем:

- Диаметр 20 мм;
- Толщина стенки 0,8 мм;
- Длина 7 м.

## 2.3 Выбор способа сварки

На сегодняшний день нержавеющая сталь повсеместно используется на любом химическом производстве, она обладает рядом уникальных свойств такими как:

- Высокими механическими свойствами,
- Окалиностойкостью,
- Жаропрочностью,
- Стойкостью против атмосферной, жидкостной и газовой коррозии.

Главной характеристикой любого процесса сварки является способ сварки. С него начинается название всех процессов в технических и технологических документах. Способы сварки в защитных газах делятся на две группы в зависимости от типа электрода – сварка неплавящимся (вольфрамовым или угольным) и плавящимся (металлическим электродам). К способам сварки неплавящимся электродом относятся ручная, механизированная, автоматическая, а плавящимся – только механизированная и автоматическая.

Согласно этому существует несколько способов сварки данного металла:

- Газовая (ацетилен-кислородная) сварка – простой и универсальный способ соединения узлов из нержавеющей стали. Достоинства данного способа простота выполнения швов во всех пространственных положениях, возможность сварить тонкий металл без прожогов, удовлетворительные механические свойства металла шва и сварного соединения.

- Ручная аргонодуговая сварка [11] – широко применяется при изготовлении ответственных узлов из труб и тонколистовой нержавеющей стали. В этой сварке используется неплавящийся вольфрамовый электрод. Поскольку электрод не плавится, легко поддерживать постоянной длину дуги, а значит легче управлять сварочной ванной. Аргонодуговая сварка нашла широкое применение при сварке трубопроводов.

- Механизированная сварка неплавящимся электродом в защитных газах [11] – применяется для соединения листовых конструкций при выполнении

швов, расположенных на наклонной стенке, вертикальной или горизонтальной. Везде, где невозможно использовать сварку под флюсом, из-за трудности удержания флюса, целесообразно применять сварку в защитных газах, в том числе механизированную неплавящимся электродом. В отличие от ручной аргонодуговой сварки, где присадки в сварочную ванну подает сам сварщик, при механизированной сварке подача присадки автоматизирована.

- Автоматическая сварка неплавящимся электродом в защитных газах [11]— широко применяется при изготовлении серии одинаковых узлов, имеющих стыковые и угловые соединения, доступные для сварки автоматами. Там, где возможно применить автоматическую сварку под флюсом, применить автоматическую сварку в среде защитного газа не экономично, из-за дороговизны аргона. Наибольшее применение этот способ сварки получил при соединении тонких листов металла (обечайки компенсатора, щита экранов и т.п.), где невозможно применить другие более экономичные методы, а также при соединении толстостенных труб большого диаметра, требующих высокого качества сварного шва.

- Механизированная сварка плавящимся электродом в защитных газах [11]— применяется преимущественно для угловых и тавровых соединений листовых конструкций и стыковых соединений толстостенных труб. При сварке конструкций, где имеются часто пересекающиеся ребрами швы и трудно использовать механизированную сварку неплавящимся электродом из-за наличия мундштука с присадками, а ручная аргонодуговая сварка малопродуктивная. В качестве электрода используют сварочную проволоку диаметром от 0,8-2мм, марки соответствующей марки стали. Для защиты от воздуха используют аргон, углекислый газ и их смеси.

- Автоматическая сварка плавящимся электродом в защитных газах [11] — нашла применение при серийном выпуске продукции или, когда необходимо высокая производительность однотипных узлов, особенно при выполнении многоваликовых швов. Наличие газовой защиты вместо шлаковой, выгодно

отличает эту сварку от автоматической под флюсом, после которой необходимо тщательно удалять остатки шлаковой корки.

Из всех представленных видов сварки предлагается выбрать:

- Автоматическую сварку плавящимся электродом,
- Механизированную сварку плавящимся электродом.

Данный выбор сделан согласно сложности исполнения конструкции, а также большой толщиной металла. Автоматическую сварку плавящимся электродом будем применять для сварки сепаратора и днища, сварочная проволока позволит проварить его полностью, чего полностью не добиться автоматической сваркой неплавящимся электродом, а механизированная сварка неплавящимся электродом не даст нам такой высокой производительности. Трубные решетки, корпус циклона, выходные трубки и трубы предлагается сваривать механизированной сваркой плавящимся электродом в среде защитного газа, что позволит ускорить процесс сборки сепаратора без необходимости ждать окончания работы автомата. Сварочная проволока будет подаваться автоматически.

Перед началом работы нам необходимо рассчитать параметры режима сварки, подобрать оборудование и присадочный материал.

## **2.4 Выбор сварочных материалов**

Проволоку для сварки под флюсом и защитном газе, когда она является плавящимся электродом, принято называть сварочной. Проволоку для сварки в защитном газе неплавящимся электродом, когда она попадает в зону дуги, как присадка, называют присадочной.

Выбор проволоки определяется маркой, свариваемой стали, способом сварки и условиями, в которых работает сварная конструкция. Проволока поставляется в бухтах, состоящих из нескольких мотков. Химический состав некоторых стандартных проволок для сварки приведен в таблице 3. Проволока должна храниться в чистом помещении в условиях, исключающих загрязнение

ее поверхности маслом и наждачной пылью. Перед зарядкой в кассеты при необходимости ее очищают от грязи и смазки. Загрязненная проволока ухудшает проводимость электрического тока и приводит к пористости шва.

Так как проволока по составу должна очень сильно подходить к составу основного металла, выберем проволоку Св-04Х19Н9 [12], но так как будем производить автоматическую сварку в среде углекислоты необходимы раскислители такие, как марганец и кремний. Поэтому сварочную проволоку рекомендуется заменить на Св-04Х19Н9С2 [12], проволоку для сварки механизированным способом можно оставить 04Х19Н9.

Таблица 3 – Химический состав сварной проволоки ГОСТ 2246-70 [12]

Марка проволоки	Химический состав, %						
	C	Si	Mn	Cr	S	P	Fe
					Не более		
Св-10Х13	0,08-0,15	0,3-0,7	0,3-0,7	12-14	0,6	0,03	Осн.
Св-10Х17Т	0,12	0,8	0,7	16-18	0,6	0,03	Осн.
Св-02Х19Н9	0,04	0,5-1,0	1,0-2,0	18-20	0,018	0,018	Осн.
Св-04Х19Н9	0,06	0,5-1,0	1,0-2,0	18-20	0,018	0,018	Осн.
Св-07Х25Н13	0,09	0,5-1,0	1,0-2,0	23-26	0,012	0,018	Осн.
Св-08Х20Н19Г7Т	0,1	0,5-1,0	6,0-8,0	2,0	0,018	0,018	Осн.

## 2.5 Защитные газы

Для сварки нержавеющей сталей в качестве защитных газов используют аргон, углекислый газ и их смеси. Аргон и гелий – инертные газы. Они не горят и невзрывоопасны, не образуют с другими элементами химических соединений и реакций и не растворяются в металлах.

Аргон тяжелее воздуха почти в два раза, а гелий легче аргона почти в десять раз. Аргон получают из воздуха, гелий из природного газа, углекислоту

из переработанных отходов. Аргон обладает лучшими защитными свойствами из-за своего удельного веса, благодаря которому он не рассеивается, а остается в сварочной ванне, дуга в аргоне характеризуется высокой стабильностью, чем в гелии. Но в гелии дуга обладает большей проплавляющей способностью в следствии повышения напряжения. Для сварки нержавеющей стали плавящимся электродом используют, как чистый аргон, так и его смеси с кислородом и углекислым газом.

Гелий для сварки из нержавеющей стали вольфрамовым и плавящимся электродами используют в смеси с аргоном.

Для сварки корпуса сепаратора толщиной 60мм по [11], выберем тип соединения C17, со скосом двух кромок, односторонним швом, но при такой толщине металла мы можем варить только в углекислоте плавящимся электродом.

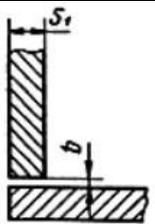
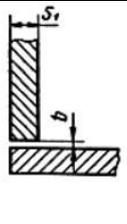
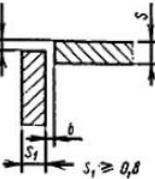
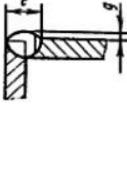
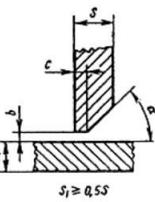
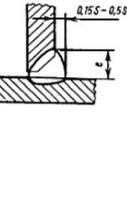
Для сварки внутренней части сепаратора, а именно выходных труб, корпуса циклона, нижней и верхней трубных решеток, входные и выходные трубы предлагается варить механизированной сваркой плавящимся электродом в чистом аргоне.

## **2.6 Расчет параметров режимов сварки**

Режим автоматической и механизированной сварки плавящимся электродом в защитном газе характеризуется диаметром проволоки, напряжением на дуге, скоростью подачи проволоки и зависящего от него силой тока, а также расходом защитного газа. В этом случае проволоку будем подбирать также согласно металлу. Так как механизированную сварку мы будем использовать для сварки труб, обвязки сепаратора и внутренней части, тем самым предлагается выбрать такой диаметр электрода, чтобы удовлетворял всем возможным сварным соединениям. Независимо от толщины металла будем применять присадочную проволоку диаметром 2 мм. Проволоку диаметром более 3мм применяют очень редко, так как для ее расплавления требуется

большая сила тока, ванна при этом увеличивается в размерах, металл при этом перегревается и хуже формируется. Материал всех элементов одинаков и сделан из стали 04X18H10, поэтому и сварочную проволоку мы выбираем из [12] и это будет 04X19H9. Величину тока, скорость сварки, расход газа посчитаем для каждого узла отдельно. В данном случае есть 3 вида соединения, которые будут выполняться механизированной сваркой плавящимся электродом в среде защитного газа. Все соединения показаны в таблице 4.

Таблица 4 – Соединения, выполняемые ручной аргонодуговой сваркой

ГОСТ	Обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы			b		e	g		k
		Подготовленных кромок	Сварного шва		Номин.	Пред. откл.		Номин.	Пред. откл.	
16037-80	У18			2 – 25	0	+1				1,3 толщины более тонкой
14771-76	У4			6 – 10	0	+0,5	8	0	+1,5	
14771-76	Г6			7 – 10	0	+1	16			

Угол в соединении Г6 равен 55°. Соединения У18 будут выполняться для входных и выходных труб в сепаратор, а также всех соединений труб обвязки к

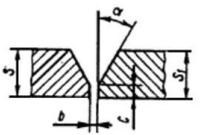
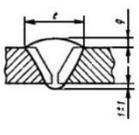
ним относятся уровнемерные колонны, сигнализации, блокировки, уровнемер и манометр.

Соединение У4 будет выполняться для сварки выходной трубки к верхней трубной решетке, корпуса циклона к нижней трубной решетке.

Соединение Т6 будет выполняться для сварки нижней и верхней трубных решеток к корпусу внутри сепаратора.

Автоматическим способом будем сваривать гнутые листы металла превращая их в корпус сепаратора. В сепараторе имеется один тип соединения, который будем делать автоматической сваркой, используем проволоку Св-04Х19Н9С2, диаметром 8 мм и 4 мм. Тип соединения представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Соединение, выполняемое автоматической сваркой

ГОСТ	Обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		S	b		e	σ		c
		Подготовленных кромок	Сварного шва		Номин.	Пред. откл.		Номин.	Пред. откл.	
14771-76	С17			56,0	2	+1,0 -2,0	50	2	+1 -2	2

## 2.6.1 Определяем режим сварки для соединения С17

Соединение С17 показано на рисунке 11.

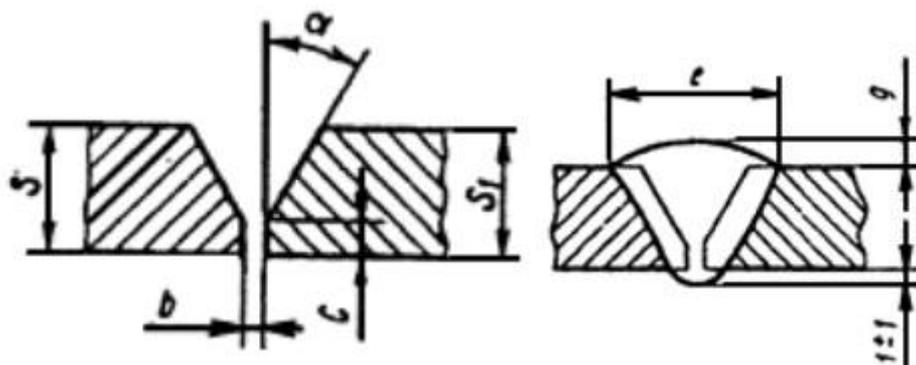


Рисунок 11 – Соединение С17 [11]

Основные параметры:

$$S = 60 \text{ мм};$$

$$c = 2 \text{ мм};$$

$$b = 2 \text{ мм};$$

$$e = 50 \text{ мм};$$

$$g = 2 \text{ мм};$$

$$\alpha = 20^{\circ}.$$

Это соединение будет использоваться для сварки листов стали и превращать его в корпус сепаратора. Будет производиться механизированной сваркой в среде защитного газа, использовать будем сварочную проволоку 2 мм.

Химический состав проволоки показан в таблице 6.

Таблица 6 – Химический состав проволоки 04X19H9C2, ГОСТ 2246-70 [12]

Марка проволоки	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	S, %	P, %
Св-04X19H9C2	Не					Не	Не
	более	2-2,75	1-2	18-20	8-10	более	более
	0,06					0,18	0,025

Площадь поперечного сечения составляет:

$$F = (S * b) + (S - c) * ((S - c) * 2 * \tan\alpha) + (0.75 * e * g), \quad (13)$$

$$F = (60 * 2) + (60 - 2) * ((60 - 2) * 2 * \tan 20) + (0.75 * 50 * 2),$$

$$F = 2617 \text{ мм}^2.$$

При сварке стыковых швов площадь сечения корневого слоя шва должна быть в пределах  $F_1 = (6..8)d_3$ ;

При сварке стыковых швов площадь сечения заполняющих швов должна быть в пределах  $F_n = (8..12)d_3$ .

Отсюда следует

$$F_1 = (6..8)d_3 = (6..8)2 = 12..16 \text{ мм}^2, \quad (14)$$

$$F_n = (8..12)d_3 = (8..12)2 = 16..24 \text{ мм}^2. \quad (15)$$

Зная общую площадь поперечного сечения наплавленного металла вычислим необходимое количество проходов.

$$n = \frac{F - F_1}{F_n}, \quad (16)$$

$$n_{max} = \frac{F - F_1}{F_n} = \frac{2617 - 12}{16} = 162,$$

$$n_{min} = \frac{F - F_1}{F_n} = \frac{2617 - 16}{24} = 108.$$

Таким образом мы видим, что для заполнения соединения С17 нам необходимо сделать от 108 до 162 проходов.

Рассчитаем силу сварочного тока

$$I_{CB} = \frac{\pi d_3^2}{4} * j, \quad (17)$$

где  $d_3$  – диаметр проволоки, мм;

$j$  – плотность тока, при сварке в углекислоте  $j = 110 - 130 \text{ А/мм}^2$ .

$$I_{CB} = \frac{3,14 * 2^2}{4} * 110 = 314 \text{ А}.$$

Примем  $I_{CB} = 315 \text{ А}$ .

Рассчитываем напряжение дуги

$$U_D = 20 + 0,04 * I_{CB}, \quad (18)$$

$$U_D = 20 + 0,04 * 315 = 32,6 \text{ В}.$$

Примем  $U_d = 33\text{В}$ .

Находим скорость подачи электродной проволоки

$$V_{\text{ПР}} = \frac{4 \cdot a_p \cdot I_{\text{СВ}}}{\pi \cdot d_3^2 \cdot \rho}, \quad (19)$$

где  $a_p$  – коэффициент расплавления проволоки, г/А;

$$a_p = 3,0 + \frac{0,08 \cdot I_{\text{СВ}}}{d_3}, \quad (20)$$

$\rho$  – плотность металла, для стали  $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$ ;

$$a_p = 3,0 + \frac{0,08 \cdot 315}{2} = 15,6,$$

$$V_{\text{ПР}} = \frac{4 \cdot 15,6 \cdot 315}{3,14 \cdot 4 \cdot 7,8} = 200 \text{ м/ч.}$$

Рассчитываем скорость сварки

$$V_{\text{СВ}} = \frac{a_H \cdot I_{\text{СВ}}}{100 \cdot F \cdot \rho}, \quad (21)$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения одного валика,  $\text{см}^2$ ;

$a_H$  – коэффициент наплавки;

$$a_H = a_p \cdot (1 - \psi), \quad (22)$$

где  $\psi$  – коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание, при сварке в углекислоте  $\psi = 0,1 - 1,15$ ;

$$a_H = 15,6 \cdot (1 - 0,1) = 14.$$

При сварке корневого шва

$$V_{\text{СВ}} = \frac{14 \cdot 315}{100 \cdot (0,12 \cdot 0,16) \cdot 7,8} = (47..35) \text{ м/ч.}$$

При сварке заполняющего шва

$$V_{\text{СВ}} = \frac{14 \cdot 315}{100 \cdot (0,16 \cdot 0,24) \cdot 7,8} = (35..23) \text{ м/ч.}$$

Определяем расход углекислого газа

$$Q_{\Gamma} = \frac{(I_{\text{СВ}} - 30)}{51,3}, \quad (23)$$

$$Q_{\Gamma} = \frac{(315 - 30)}{51,3} = 5,6 \text{ л/мин.}$$

Рассчитаем массу наплавленного металла

$$G_H = F \cdot l \cdot \rho, \quad (24)$$

где  $l$  – длина шва,  $l = 7913 \text{ мм}$ ;

$$G_H = 26,17 * 791,3 * 7,8 = 161524\text{г} \approx 161,524\text{кг.}$$

Определяем расход проволоки

$$Q_{\text{ПР}} = G_H(\psi + 1), \quad (25)$$

$$Q_{\text{ПР}} = 161,524 * (0,1 + 1) = 177,7\text{кг.}$$

Время горения дуги

$$t_0 = \frac{G_H}{I_{\text{СВ}} a_H}, \quad (26)$$

$$t_0 = \frac{161524}{315 * 14} = 36,6\text{ч.}$$

Полное время сварки

$$T = \frac{t_0}{K_{\text{П}}}, \quad (27)$$

где  $K_{\text{П}}$  – коэффициент использования сварочного поста,  $K_{\text{П}} = 0,6 - 0,7$ ;

$$T = \frac{36,6}{0,6} = 61\text{ч.}$$

Определим расход электроэнергии

$$A = \frac{U_{\text{Д}} I_{\text{СВ}}}{\eta * 1000} * t_0 + W_0(T - t_0), \quad (28)$$

где  $\eta$  – КПД источника питания при постоянном токе  $\eta = 0,6 - 0,7$ ;

$W_0$  – мощность источника питания работающего на холостом ходу при постоянном токе  $W_0 = 2,0 - 3,0\text{кВт}$ .

$$A = \frac{33 * 315}{0,6 * 1000} * 36,6 + 2 * (61 - 36,6) = 681\text{ кВт/ч.}$$

## 2.6.2 Определяем режим сварки для соединения У18

Соединение У18 показано на рисунке 12.

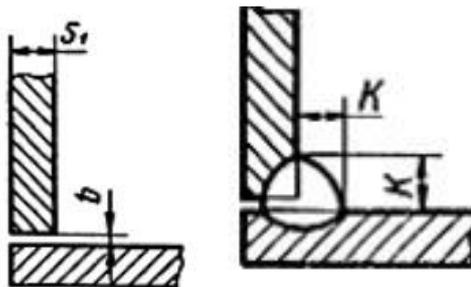


Рисунок 12 – Соединение У18 [11]

Основные параметры:

$$S = 12 \text{ мм};$$

$$K = 1,3 \text{ толщины более тонкой детали.}$$

Это соединение будем использовать для сварки всех труб и обвязки сепаратора, производить будет механизированной сваркой плавящимся электродом в среде защитного газа, в качестве электрода будет использована сварочная проволока Св-04Х19Н9, 2 мм. Химический состав проволоки показан в таблице 7.

Таблица 7 – Химический состав проволоки Св-04Х19Н9, ГОСТ 2246-70 [12]

Марка проволоки	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	S, %	P, %
Св-04Х19Н9	Не					Не	Не
	более	0,5-1	1-2	18-20	8-10	более	более
	0,06					0,18	0,025

Площадь поперечного сечения составляет

$$F = \frac{K_y \cdot K^2}{2}, \quad (29)$$

где  $K_y$  – коэффициент учитывающий усиление шва;

$$K - \text{катет шва, } K = 12 * 1,3 = 15,6 \text{ мм.}$$

$$F = \frac{1,15 * 15,6^2}{2} = 140 \text{ мм}^2,$$

При сварке швов площадь сечения корневого слоя шва должна быть в пределах  $F_1 = (6..8)d_3$ ;

При сварке швов площадь сечения заполняющих швов должна быть в пределах  $F_n = (8..12)d_3$ ;

Отсюда следует

$$F_1 = (6..8)d_3 = (6..8)2 = 12..16 \text{ мм}^2, \quad (30)$$

$$F_n = (8..12)d_3 = (8..12)2 = 16..24 \text{ мм}^2, \quad (31)$$

Зная общую площадь поперечного сечения наплавленного металла вычислим необходимое количество проходов.

$$n = \frac{F - F_1}{F_n}, \quad (32)$$

$$n_{max} = \frac{F - F_1}{F_n} = \frac{140 - 12}{16} = 8,$$

$$n_{min} = \frac{F - F_1}{F_n} = \frac{140 - 16}{24} = 5,1,$$

Таким образом мы видим, что для заполнения соединения У18 нам необходимо сделать от 6 до 8 проходов.

Рассчитаем силу сварочного тока

$$I_{CB} = \frac{\pi d_3^2}{4} * j, \quad (33)$$

где  $d_3$  – диаметр проволоки, мм;

$j$  – плотность тока, при сварке в аргоне  $j = 60 - 120$  А/мм<sup>2</sup>;

$$I_{CB} = \frac{3,14 * 2^2}{4} * 100 = 314 \text{ А.}$$

Примем  $I_{CB} = 315$  А.

Рассчитываем напряжение дуги

$$U_D = 20 + 0,04 * I_{CB}, \quad (34)$$

$$U_D = 20 + 0,04 * 315 = 32,6 \text{ В.}$$

Примем  $U_D = 33$  В.

Находим скорость подачи электродной проволоки

$$V_{ПР} = \frac{4 * a_P * I_{CB}}{\pi * d_3^2 * \rho}, \quad (35)$$

$$a_P = 3,0 + \frac{0,08 * 315}{2} = 15,6,$$

$$V_{ПР} = \frac{4 * 15,6 * 315}{3,14 * 4 * 7,8} = 200 \text{ м/ч.}$$

Рассчитываем скорость сварки

$$V_{CB} = \frac{a_H * I_{CB}}{100 * F * \rho}, \quad (36)$$

$$a_H = a_P * (1 - \psi), \quad (37)$$

где  $\psi$  – коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание, при сварке в аргоне  $\psi = 0$ ;

$$a_H = 15,6 * (1 - 0) = 15,6,$$

При сварке корневого шва

$$V_{CB} = \frac{15,6 \cdot 315}{100 \cdot (0,12 \cdot 0,16) \cdot 7,8} = (52,5 \cdot 39) \text{ м/ч},$$

При сварке заполняющего шва

$$V_{CB} = \frac{15,6 \cdot 315}{100 \cdot (0,16 \cdot 0,24) \cdot 7,8} = (39 \cdot 26) \text{ м/ч}.$$

Определяем расход аргона

$$Q_{\Gamma} = \frac{(I_{CB} - 30)}{51,3}, \quad (38)$$

$$Q_{\Gamma} = \frac{(315 - 30)}{51,3} = 5,6 \text{ л/мин}.$$

Рассчитаем массу наплавленного металла

$$G_H = F \cdot l \cdot \rho, \quad (39)$$

где  $l$  – длина шва, посчитаем по самой большой трубе диаметром 325 мм;

$$l = \frac{2\pi D}{2} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 325}{2} = 1020,5 \text{ мм}.$$

$$G_H = 1,4 \cdot 102 \cdot 7,8 = 1114 \text{ г} \approx 1,114 \text{ кг}.$$

Определяем расход проволоки

$$Q_{\text{ПР}} = G_H(\psi + 1), \quad (40)$$

$$Q_{\text{ПР}} = 1,114 \cdot (0 + 1) = 1,114 \text{ кг}.$$

Время горения дуги

$$t_0 = \frac{G_H}{I_{CB} a_H}, \quad (41)$$

$$t_0 = \frac{1114}{315 \cdot 15,6} = 0,22 \text{ ч}.$$

Полное время сварки

$$T = \frac{t_0}{K_{\Pi}}, \quad (42)$$

$$T = \frac{0,22}{0,6} = 0,38 \text{ ч}.$$

Определим расход электроэнергии

$$A = \frac{U_D I_{CB}}{\eta \cdot 1000} \cdot t_0 + W_0(T - t_0), \quad (43)$$

$$A = \frac{33 \cdot 315}{0,6 \cdot 1000} \cdot 0,22 + 2 \cdot (0,38 - 0,22) = 4,1 \text{ кВт/ч}.$$

### 2.6.3 Определяем режим сварки для соединения У4

Соединение У4 показано на рисунке 13.

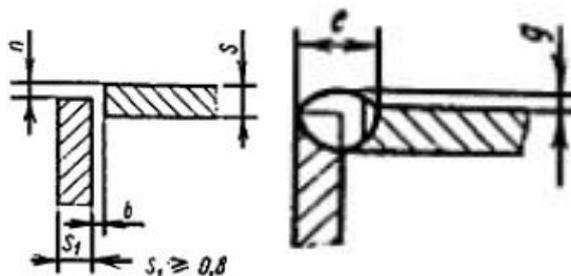


Рисунок 13 – Соединение У4 [11]

Основные параметры:

$$S = 5 \text{ мм};$$

$$n = 0;$$

$$b = 0;$$

$$e = 8 \text{ мм};$$

$$g = 0.$$

Это соединение будем использовать для сварки корпуса циклонов и выходных трубок к трубным решеткам, производить будет механизированной сваркой плавящимся электродом в среде защитного газа, в качестве электрода будет использована сварочная проволока Св-04Х19Н9, 2 мм. Химический состав проволоки показан в таблице 8.

Таблица 8 – Химический состав проволоки Св-04Х19Н9, ГОСТ 2246-70 [12]

Марка проволоки	С, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	S, %	P, %
Св-04Х19Н9	Не	0,5-1	1-2	18-20	8-10	Не	Не
	более					более	
	0,06					0,18	0,025

Площадь поперечного сечения составляет

Согласно [11] катет шва выбираем по приложению 1.

$$F = \frac{K_y \cdot K^2}{2}, \quad (44)$$

К – катет шва, К = 5мм.

$$F = \frac{1,3 \cdot 5^2}{2} = 16,25 \text{мм}^2.$$

При сварке швов площадь сечения корневого слоя шва должна быть в пределах  $F_1 = (6..8)d_3$ ;

При сварке швов площадь сечения заполняющих швов должна быть в пределах  $F_n = (8..12)d_3$ ;

Отсюда следует

$$F_1 = (6..8)d_3 = (6..8)2 = 12..16 \text{мм}^2; \quad (45)$$

$$F_n = (8..12)d_3 = (8..12)2 = 16..24 \text{мм}^2. \quad (46)$$

Зная общую площадь поперечного сечения наплавленного металла вычислим необходимое количество проходов.

$$n = \frac{F - F_1}{F_n}, \quad (47)$$

$$n_{max} = \frac{F - F_1}{F_n} = \frac{16,25 - 12}{16} = 0,26,$$

$$n_{min} = \frac{F - F_1}{F_n} = \frac{16,25 - 16}{24} = 0,01.$$

Таким образом мы видим, что для заполнения соединения У4 можно сделать один проход.

Рассчитаем силу сварочного тока

$$I_{CB} = \frac{\pi d_3^2}{4} * j, \quad (48)$$

$$I_{CB} = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} * 100 = 314 \text{А}.$$

Примем  $I_{CB} = 315 \text{А}$ .

Рассчитываем напряжение дуги

$$U_D = 20 + 0,04 * I_{CB}. \quad (49)$$

$$U_D = 20 + 0,04 * 315 = 32,6 \text{В}.$$

Примем  $U_D = 33 \text{В}$ .

Находим скорость подачи электродной проволоки

$$V_{ПР} = \frac{4 * a_P * I_{CB}}{\pi * d_3^2 * \rho}, \quad (50)$$

$$a_p = 3,0 + \frac{0,08 * I_{CB}}{d_3}, \quad (51)$$

$$a_p = 3,0 + \frac{0,08 * 315}{2} = 15,6,$$

$$V_{PP} = \frac{4 * 15,6 * 315}{3,14 * 4 * 7,8} = 200 \text{ м/ч.}$$

Рассчитываем скорость сварки

$$V_{CB} = \frac{a_H * I_{CB}}{100 * F * \rho}, \quad (52)$$

$$a_H = a_p * (1 - \psi), \quad (53)$$

$$a_H = 15,6 * (1 - 0) = 15,6,$$

$$V_{CB} = \frac{15,6 * 315}{100 * 0,1625 * 7,8} = 38 \text{ м/ч.}$$

Определяем расход аргона

$$Q_{\Gamma} = \frac{(I_{CB} - 30)}{51,3}, \quad (54)$$

$$Q_{\Gamma} = \frac{(315 - 30)}{51,3} = 5,6 \text{ л/мин.}$$

Рассчитаем массу наплавленного металла

$$G_H = F * l * \rho, \quad (55)$$

где  $l$  – длина шва, посчитаем по диаметру корпуса циклона большего диаметра 600мм;

$$l = \frac{2\pi D}{2} = \frac{2 * 3,14 * 600}{2} = 1884 \text{ мм,}$$

$$G_H = 0,1625 * 188,4 * 7,8 = 238,8 \text{ г} \approx 0,238 \text{ кг.}$$

Определяем расход проволоки

$$Q_{PP} = G_H (\psi + 1), \quad (56)$$

$$Q_{PP} = 0,238 * (0 + 1) = 0,238 \text{ кг.}$$

Время горения дуги

$$t_0 = \frac{G_H}{I_{CB} a_H}, \quad (57)$$

$$t_0 = \frac{238,8}{315 * 15,6} = 0,05 \text{ ч.}$$

Полное время сварки

$$T = \frac{t_0}{K_{\Pi}}, \quad (58)$$

$$T = \frac{0,05}{0,6} = 0,08 \text{ ч.}$$

Определим расход электроэнергии

$$A = \frac{U_{ДІСВ}}{\eta * 1000} * t_0 + W_0(T - t_0), \quad (59)$$

$$A = \frac{33 * 315}{0,6 * 1000} * 0,05 + 2 * (0,08 - 0,05) = 0,93 \text{ кВт/ч.}$$

#### 2.6.4 Определяем режим сварки для соединения Т6

Соединение Т6 показано на рисунке 14.

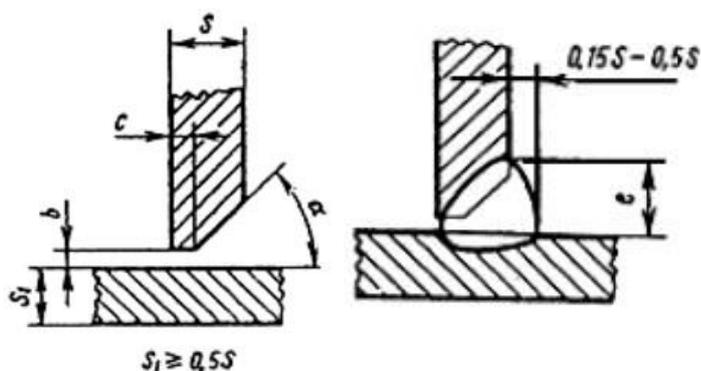


Рисунок 14 – Соединение Т6 [11]

Основные параметры:

$$S = 10 \text{ мм;}$$

$$c = 1;$$

$$b = 0;$$

$$e = 12 \text{ мм;}$$

$$\alpha = 55^\circ.$$

Это соединение будем использовать для сварки трубных решеток к корпусу сепаратора, производить будет механизированной сваркой плавящимся электродом в среде защитного газа, в качестве электрода будет использована сварочная проволока Св-04Х19Н9, 2 мм. Химический состав проволоки показан в таблице 9.

Таблица 9 – Химический состав проволоки Св-04Х19Н9, ГОСТ 2246-70 [12]

Марка проволоки	С, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	S, %	P, %
Св-04Х19Н9	Не более 0,06	0,5-1	1-2	18-20	8-10	Не более 0,18	Не более 0,025

Площадь поперечного сечения составляет

Согласно [11] катет шва выбираем по приложению 1.

$$F = \frac{K_y * K^2}{2}, \quad (60)$$

где  $K = 9\text{мм}$ ;

$$F = \frac{1,05 * 9^2}{2} = 42,5\text{мм}^2.$$

При сварке швов площадь сечения корневого слоя шва должна быть в пределах  $F_1 = (6..8)d_3$ ;

При сварке швов площадь сечения заполняющих швов должна быть в пределах  $F_n = (8..12)d_3$ .

Отсюда следует

$$F_1 = (6..8)d_3 = (6..8)2 = 12..16\text{мм}^2, \quad (61)$$

$$F_n = (8..12)d_3 = (8..12)2 = 16..24\text{мм}^2, \quad (62)$$

Зная общую площадь поперечного сечения наплавленного металла вычислим необходимое количество проходов.

$$n = \frac{F - F_1}{F_n}, \quad (63)$$

$$n_{max} = \frac{F - F_1}{F_n} = \frac{42,5 - 12}{16} = 1,9,$$

$$n_{min} = \frac{F - F_1}{F_n} = \frac{42,5 - 16}{24} = 1,1.$$

Таким образом мы видим, что для заполнения соединения Тб необходимо сделать два прохода.

Рассчитаем силу сварочного тока

$$I_{CB} = \frac{\pi d_3^2}{4} * j, \quad (64)$$

$$I_{CB} = \frac{3,14 * 2^2}{4} * 100 = 314 \text{ A.}$$

Примем  $I_{CB} = 315 \text{ A.}$

Рассчитываем напряжение дуги

$$U_D = 20 + 0,04 * I_{CB}, \quad (65)$$

$$U_D = 20 + 0,04 * 315 = 32,6 \text{ В.}$$

Примем  $U_D = 33 \text{ В.}$

Находим скорость подачи электродной проволоки

$$V_{PP} = \frac{4 * a_p * I_{CB}}{\pi * d_3^2 * \rho}, \quad (66)$$

$$a_p = 3,0 + \frac{0,08 * I_{CB}}{d_3}, \quad (67)$$

$$a_p = 3,0 + \frac{0,08 * 315}{2} = 15,6,$$

$$V_{PP} = \frac{4 * 15,6 * 315}{3,14 * 4 * 7,8} = 200 \text{ м/ч.}$$

Рассчитываем скорость сварки

$$V_{CB} = \frac{a_H * I_{CB}}{100 * F * \rho}, \quad (68)$$

$$a_H = a_p * (1 - \psi), \quad (69)$$

$$a_H = 15,6 * (1 - 0) = 15,6.$$

При сварке корневого шва

$$V_{CB} = \frac{15,6 * 315}{100 * (0,12..0,16) * 7,8} = (52,5..39) \text{ м/ч.}$$

При сварке заполняющего шва

$$V_{CB} = \frac{15,6 * 315}{100 * (0,16..0,24) * 7,8} = (39..26) \text{ м/ч.}$$

Определяем расход аргона

$$Q_{\Gamma} = \frac{(I_{CB} - 30)}{51,3}, \quad (70)$$

$$Q_{\Gamma} = \frac{(315 - 30)}{51,3} = 5,6 \text{ л/мин.}$$

Рассчитаем массу наплавленного металла

$$G_H = F * l * \rho, \quad (71)$$

где  $l$  – длина шва, посчитаем по диаметру корпуса циклона большего диаметра 600 мм;

$$l = \frac{2\pi D}{2} = \frac{2 * 3,14 * 2400}{2} = 7536 \text{ мм},$$

$$G_H = 0,425 * 753,6 * 7,8 = 2498 \text{ г} \approx 2,5 \text{ кг}.$$

Определяем расход проволоки

$$Q_{\text{ПР}} = G_H(\psi + 1), \quad (72)$$

$$Q_{\text{ПР}} = 2,5 * (0 + 1) = 2,5 \text{ кг}.$$

Время горения дуги

$$t_0 = \frac{G_H}{I_{\text{СВ}} a_H}, \quad (73)$$

$$t_0 = \frac{2498}{315 * 15,6} = 0,5 \text{ ч}$$

Полное время сварки

$$T = \frac{t_0}{K_{\text{П}}}, \quad (74)$$

$$T = \frac{0,5}{0,6} = 0,84 \text{ ч}.$$

Определим расход электроэнергии

$$A = \frac{U_{\text{Д}} I_{\text{СВ}}}{\eta * 1000} * t_0 + W_0(T - t_0), \quad (75)$$

$$A = \frac{33 * 315}{0,6 * 1000} * 0,5 + 2 * (0,8 - 0,5) = 9,3 \text{ кВт/ч}.$$

## 2.7 Выбор оборудования

Выбор оборудования производим по расчетам режима сварки для каждого соединения таким образом, чтобы оборудование было универсальным и подходило по параметрам и технологическим потребностям под все соединения. Нет смысла покупать два разных сварочных аппарата, один из которых работает в среде активного газа (MAG), а другой в среде активного газа (MIG), когда можно выбрать один аппарат, который будет совмещать эти две функции.

Так как в данном проекте используются толстостенные листы стали, которые перед сборкой и сваркой необходимо скрутить, а некоторые даже

вырезать. Поэтому выбор оборудования будем производить поочередно с момента получения стальных листов и труб на склад. Для начала выберем оборудование для вальцовки металла.

Корпус сепаратора представляет собой две обечайки толщиной 60мм, выполненного из листа стали 04X18Н10. На сегодняшний день промышленным способом вальцовки можно отнести станки марки MG. Это итальянская фирма долгое время занимается, как промышленного оборудования, так и «гаражного». Из всего сегмента выпускаемой продукции можно рассмотреть две модели MG PH 3.760 и MG G 3065I, все характеристики приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристики вальцевых машин MG PH 3.760 и MG G 3065I

Модель	Тип привода	Рабочая длина, мм	Толщина металла, мм	Диаметр валов, мм	Цена, тыс.р.
MG PH 3.760	Электрический	3100	75	620/590	42620
MG G 3065I	Электрический	3100	65	610/570	35740

Из таблицы 10 видим, в этом случае самый ближайший вариант, который подходит для сборки сепаратора является модель MG G 3065I и по цене существенно экономичнее. Но если имеются заказы на более массивный аппарат или емкость под давлением, можно выбрать на будущее и другой вариант.

Так как холодный способ вальцовки возможно использовать только для сталей, у которых временное сопротивление ниже  $240 \text{ Н/мм}^2$ , а сталь из которой будет выполнен сепаратор имеет временное сопротивление  $490 \text{ Н/мм}^2$ . Перед вальцовкой сталь необходимо нагреть ниже точки  $A_K$ . А значит подберем оборудование для нагрева стали. Есть два основных метода нагрева стальных листов – это индукционный и газовый. И в том и другом методе используются печи. В первом случае в печах установлены проводники в виде спирали к которым подводится электрический ток в следствии чего возникает магнитное

поле, которое и нагревает лист стали. Во втором методе используется газ, который сгорает внутри печи тем самым нагревает сталь. Из принципа работы можно сделать вывод, что газовый метод намного экономичнее индукционного. Но по скорости проигрывает, так как сроки изготовления нам не обозначены возьмем газовый метод для нагревания листов стали для корпуса сепаратора. Так как у нас имеется два днища предлагается взять пресс для фланжировки турецкой фирмы Bendmak, модель ВМВР 1200хD, единственный станок, который подходит под толщину заданной детали. С его помощью можно фланжеровать днища уже с отверстиями.

Следующий шаг выберем оборудование для резки листов под необходимый размер и форму. В данной работе присутствует необходимость резки кромок при сварке в соединениях С17 и Т6, для этого можно выбрать полуавтоматические ленточные станки Kesmak серии KSY. Он способен разрезать лист с размерами 1600х2500 мм, также трубу диаметром 1600 мм. Имеется возможность наклона ленточного полотна под угол до 90°. Это хороший вариант, если не считать одно, но. В проекте так же имеется множество отверстий под корпус циклона и выходные трубки, отверстие для входной-выходной трубы и обвязывающего оборудования, и детали не стандартной формы. Чтобы не докупать еще дополнительно оборудование для других операций, рекомендуется заменить ленточный станок, на установку гидроабразивной резки с ЧПУ фирмы Waterjet Corp модель SUPREMA DXD 1240, основные характеристики указаны в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики установки SUPREMA DXD 1240

Модель	Зона реза (X, Y, Z), мм	Скорость перемещения, м/мин	Точность позиционирования, мм
SUPREMA DXD 1240	4000, 12200, 180	0 - 30	±0,08

Так же это оборудование имеет возможность резки под углом, как видим из таблицы все возможные части сепаратора сможем легко изготовить на этом станке. Его цена конечно велика, но позволит сократить на дополнительном оборудовании, еще один плюс его можно использовать в будущем для производства более сложных конструкций. Для отрезания труб больших диаметров воспользуемся ленточным станком Pilous ARG 330 H.F., который способен пилить трубы диаметром 325 мм, для экономии можно заменить данный станок на обычную УШМ-230/2300, но по времени это будет дольше.

Последний этап – это выбор сварочного оборудования. На сегодняшний день есть большое количество сварочных аппаратов, которые отличаются друг от друга способом сварки, техническими данными (силой тока и напряжением дуги), габаритами, защитными функциями, длительностью непрерывной сварки, стоимостью. Из всего этого разнообразия требуется найти самый экономичный, но удовлетворяющий наши потребности. Требования, которые будем предъявлять для сварочного оборудования:

1. Работа по заданным режимам,
2. Работа с данной толщиной проволоки,
3. Безопасность в эксплуатации,
4. Наличие защитных функций от перегрева,
5. Малые габариты,
6. Низкая стоимость.

На основе этих требований было взято два сварочных аппарата. Это ТСС pro MIG/MMA-500F и Telwin MASTERMIG 500. Их сравнительные характеристики указаны в таблице 12.

Таблица 12 – Сравнительные характеристики ТСС pro и Telwin.

Модель	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Мощность, кВт	Диаметр проволоки, мм	Габариты ДхШхВ, мм	Масса, кг	Цена, р
ТСС pro MIG/MMA- 500F	40-500	16-40	24,6	0,6-2	870x420x700	69	127589
Telwin MASTERMIG 500	50-500	16-40	25	0,6-2	945x565x830	120	224600

Из таблицы можно увидеть, что сварочный аппарат для автоматической сварки ТСС pro MIG/MMA-500F выигрывает по всем показателям, согласно этим, данным выбираем его, но так как сам сепаратор будет производиться в несколько сварочных операций рекомендуется приобрести два таких аппарата. Так же для ускорения сварки предлагается выбрать систему стыковки обечаяк с последующей сваркой. Для этого необходимо приобрести установку с автоматической сваркой FITZ-100, с возможностью крепежа выбранного сварочного аппарата. Сама сварка будет происходить в автоматическом режиме благодаря вращению обечайки вокруг стационарно расположенной горелки с помощью роликов.

### **3 Технология сборки и сварки**

#### **3.1 Заготовительные операции**

После выполнения расчетов на сварку и выбора оборудования следует произвести раскрой материала необходимого для изготовления сепаратора таким образом, чтобы количество отходов металла было минимальным, но также необходимо сделать припуск на механическую обработку детали и усадку от сварки. Рекомендации по размерам припусков указаны в таблице 13.

Первым делом перед началом работы, необходимо убедиться в достоверности размеров доставленных материалов, поэтому перед разметкой надо измерить все параметры, они должны совпадать с размерами ГОСТ с небольшими погрешностями, что опять же прописано в ГОСТ. Также необходимо проверить все материалы на отсутствие трещин, впадин, пор и каких-либо дефектов. Так же подготовленную проволоку надо проверить на чистоту и отсутствие грязи, пыли и смазки. Баллоны с газом необходимо поставить в их рабочее место рядом со сварочным постом.

Проведем разметку и подготовку каждого элемента в отдельности.

Таблица 13 – Рекомендации по размерам припусков

Назначение припуска	Характеристика припуска	Размер припуска, мм	
На ширину реза	При ручной кислородной резке листового проката для толщины стали, мм	5-25	4,0
		26-50	5,0
		50-100	6,0
	При машинной кислородной и плазменно-дуговой резке листового проката для толщины стали, мм	5-25	3,0
		26-50	4,0
		50-100	5,0
На усадку при сварке	Стыковые швы листовой прокат толщиной, мм	до 16	1,0
		16-40	2,0
		более 40	3,0-4,0
	Уголок, швеллер, трубы, балки с высотой стенки, мм	400 и менее	1,0
		более 400	1,5
		Продольные угловые швы, на каждый 1м	1,0
На приварку пары ребер жесткости длиной шва до 400мм	0,5		

## - Корпус сепаратора

Корпус сепаратора представляет собой две обечайки одинакового диаметра, но разной высоты. Одна обечайка высотой 3000 мм, вторая 2925 мм соединенных друг с другом, на концах которых привариваются днища. Обечайки это скрученный лист стали толщиной 60мм и внешним диаметром 2520 мм. Для начала необходимо выбрать лист металла из проката [5], так как обечайки имеют одинаковую длину окружности 7913 мм и почти одинаковую высоту 3000 мм, возьмем 2 листа с размерами (ДхШхТ, мм) 8000х3000х60. Существуют предельные отклонения по длине и ширине проката, +50 мм и +25 мм соответственно, рекомендуется произвести обрезку лишней части металла, затем произвести срез кромок, как показано [11] под углом  $20^{\circ}$ , все размеры по раскрою с припусками показаны на рисунке 15. Данные операции будет проводить на станке SUPREMA DXD 1240. Так как мы используем два листа одинаковых размеров, производить операции, показанные на рисунке 15, необходимо только с одним листом, второй лист оставить назначенных размеров.

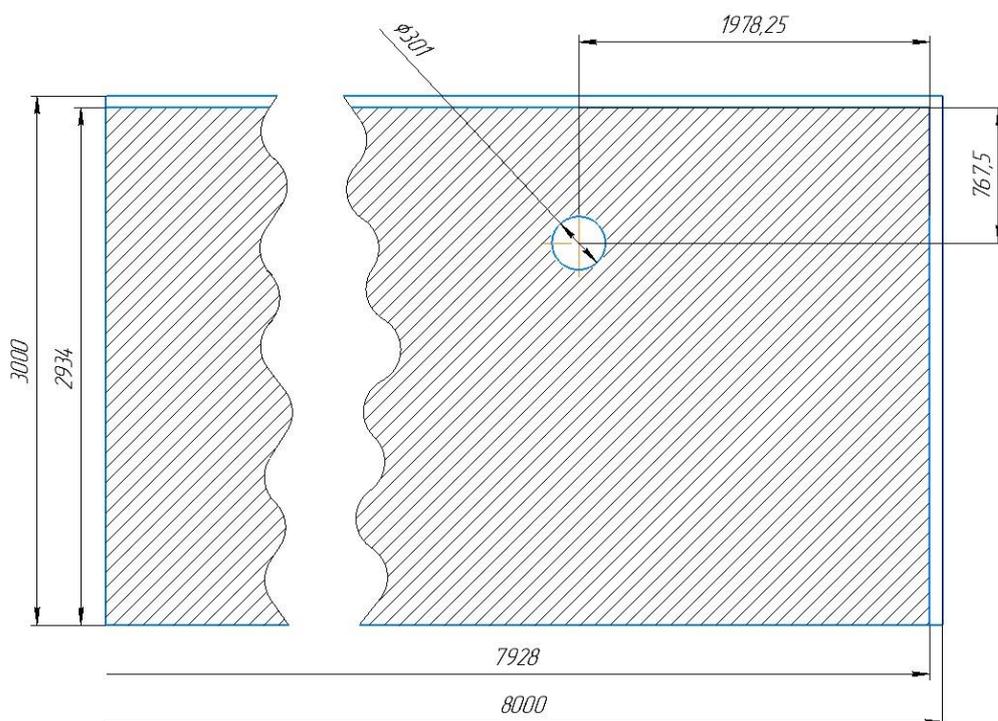


Рисунок 15 – Раскрой листа 04X78Н10 размерами 8000х3000х60 [5]

Отход металла составит 4%.

Так как на раскройном листе присутствует отверстие, большого диаметра, его тоже можно вырезать с помощью станка гидроабразивной резки. После того, как произведен разрез заготовки и подрез всех кромок со всех сторон под необходимый угол. Лист заготовки отправляется в печь на нагревания. Так как процесс вальцовки может быть долгим рекомендуется листы греть поочередно, чтобы не перегреть металл. Для вальцовки будем использовать станок MG G 3065I, для этого разогретый лист пропускают между трех валков, необходимого диаметра для придания необходимой круглой формы. Переднюю и заднюю часть листа металл, которые остались без загиба, произвести догиб с помощью более толстого метала. Так, как металл очень горячий ( $800^{\circ}\text{C}$ ) рабочий персонал должен быть одет в огнеупорный костюм с использованием СИЗ. Как только две обечайки будут готовы, можно приступать к подготовке следующих узлов.

- Днище сепаратора

Днище будет изготовлено из такого же толстого листа стали марки 04X18H10 эллиптической форм. Выбор будем производить из сортамента [5], по предварительным расчетам необходимо взять заготовку диаметром 3069мм, для этого подойдет лист с размерами 3200x3200x60. Предварительно вырезав отверстия необходимо нагреть ее как обечайки и на флунжерном прессе Vendmak, модель ВМВР 1200xD произвести необходимый загиб. Все размеры с припусками указаны на рисунке 16.

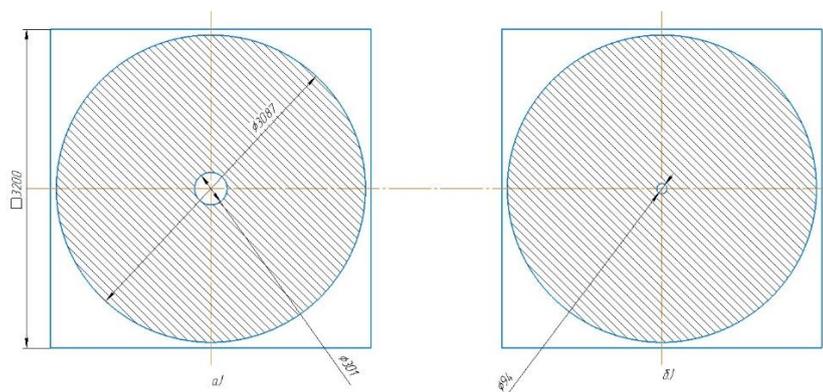


Рисунок 16 – Раскрой листа 04X18H10 с размерами 3200x3200x60 [5].

а.) – верхнее днище, б.) – нижнее.

Отход металла составит 27%

## - Трубные решетки

Представляют собой диск диаметром 2400 мм и толщиной 10 мм. Для это выберем из [5], лист с размерами 5000x2500x10. Таким образом с одного листа сможем вырезать два диска для экономии материала. Все размеры с припусками указаны на рисунке 17. Так как трубные решетки будут вариться внутри корпуса сепаратора тавровым соединением Т6 необходимо срезать кромку с одной стороны под угол  $55^{\circ}$  по всей окружности. Резку трубных досок и отверстий будем производить на станке SUPREMA DXD 1240. Отверстия верхней и нижней трубной решетки отличаются диаметрами, поэтому вырезку отверстий необходимо проводить поочередно. Размеры отверстий нижней и верхней решетки можно увидеть по рисункам 5 и 6 соответственно. После подготовки трубных решеток, следующий этап будет вырезка раскроя под усеченный конус и отрезка труб диаметром 200 мм.

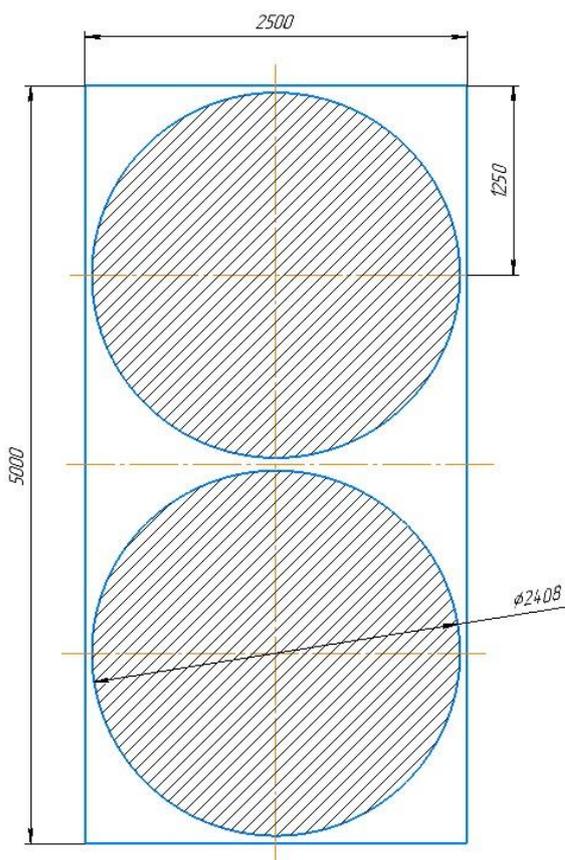


Рисунок 17 – Раскрой листа 04X18H10 с размерами 5000x2500x10 [5]

Отход металла составит 28%.

## - Корпус циклона и выходные трубки

Корпус циклона представляет собой усеченный конус с размерами (DxdxB, мм), 600x300x1100 основание с большим диаметр, которого приваривается к нижней трубной решетке соединением У4. Выходная трубка представляет собой трубку длиной 1000 мм, диаметром 200 мм и толщиной стенки 3 мм, приваривается к верхней трубной решетке соединением У4. Корпус циклона будет выполнен из сортамента [5], для этого будет необходимы 2 листа с размерами 6000x1400x5 и один лист 4000x1400x5. Данные листы разрежем с помощью гидроабразивного станка SUPREMA DXD 1240. Оптимальный раскрой показан на рисунке 18 и 19. Выходную трубу мы выберем из сортамента [8], а именно трубу с диаметром 200 мм, длиной 7 метров и толщиной стенки 3мм и разрежем с припуском с помощью УШМ или же отрезного станка Pilous ARG 330 H.F. Все размеры по раскрою выходной трубки показаны на рисунке 20.

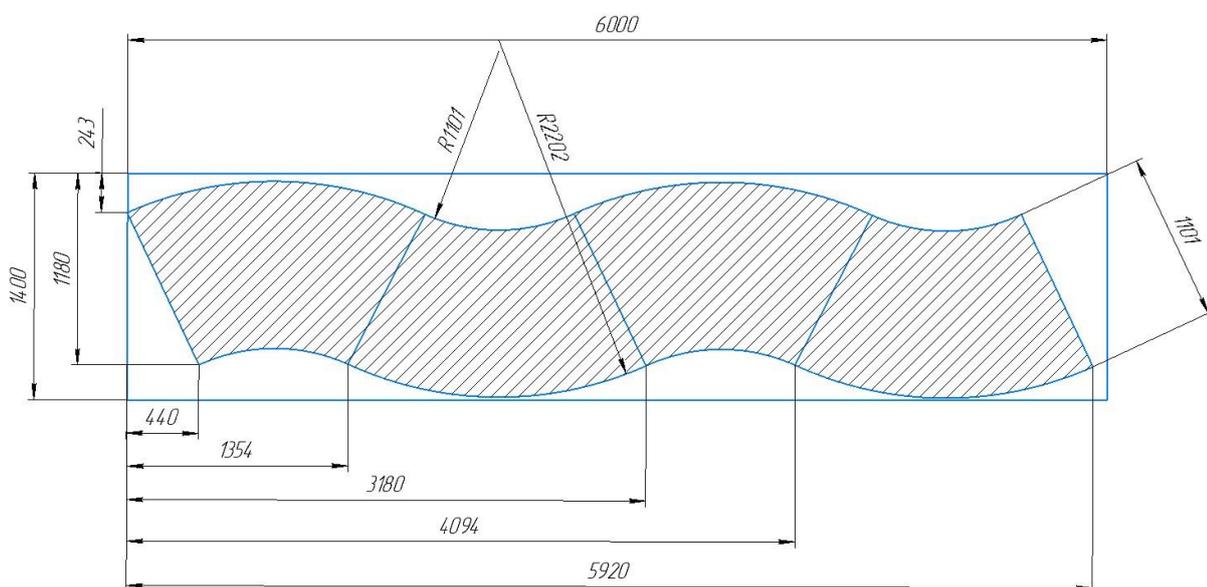


Рисунок 18 – Раскрой листа 04X18Н10 с размерами 6000x1400x5 [5]

Отходы составили 26%.

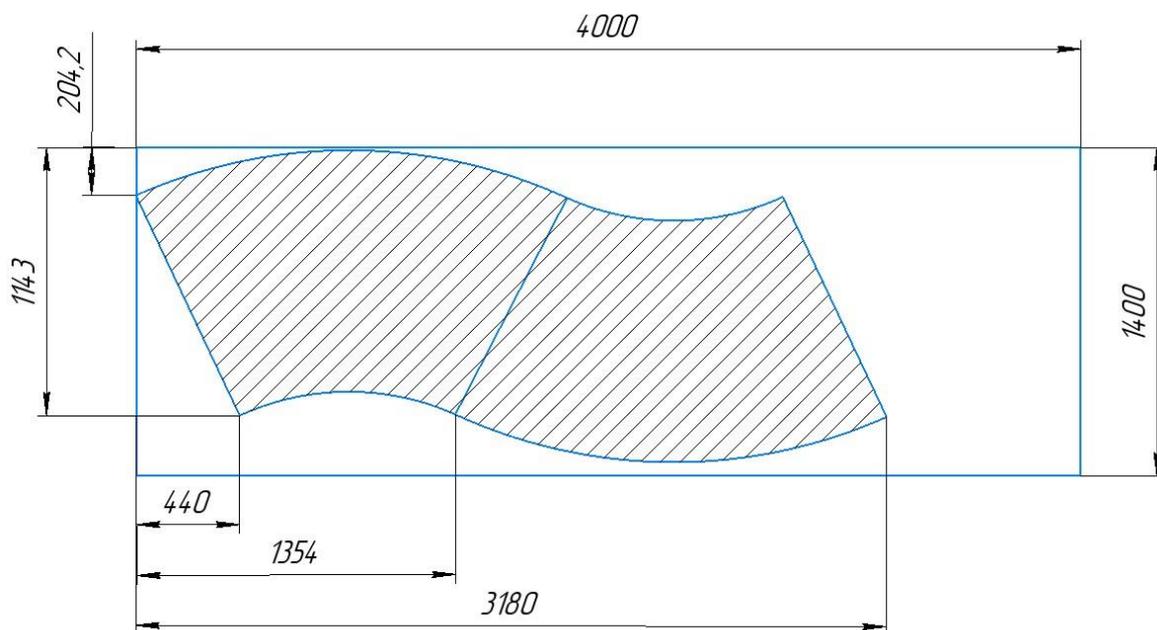


Рисунок 19 – Раскрой листа 04X18Н10 с размерами 4000x1400x5 [5]

Отходы составили 45%.

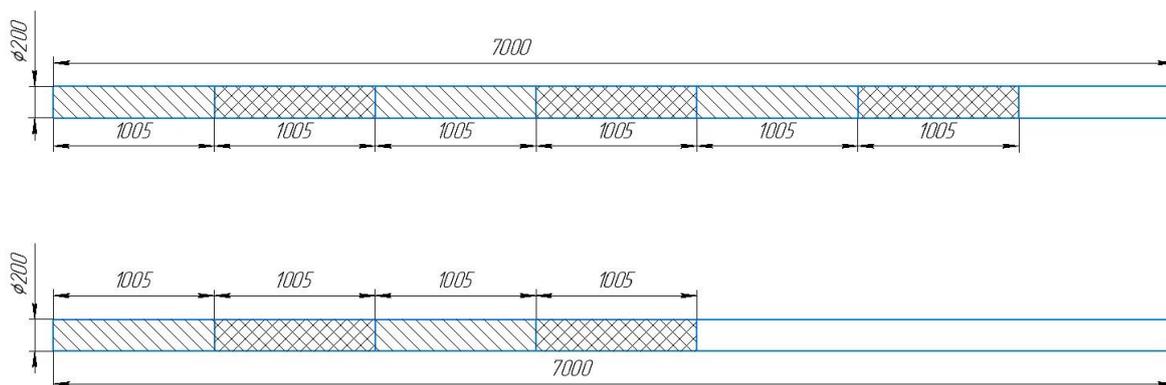


Рисунок 20 – Раскрой трубы 200x7000x3 [8]

Отходы составили 29%.

- Входная и выходная труба газо-водяной смесью

Входная и выходная труба приварены к корпусу сепаратора соединением У18, по ним движется газ. Выбор труб будет производить из сортамента бесшовных горячедеформированных труб [7]. Из расчетов толщины стенки и сортамента выберем трубу с размерами диаметр 325 мм, толщина стенки 12 мм, длина 6500 мм. Раскрой показан на рисунке 21.

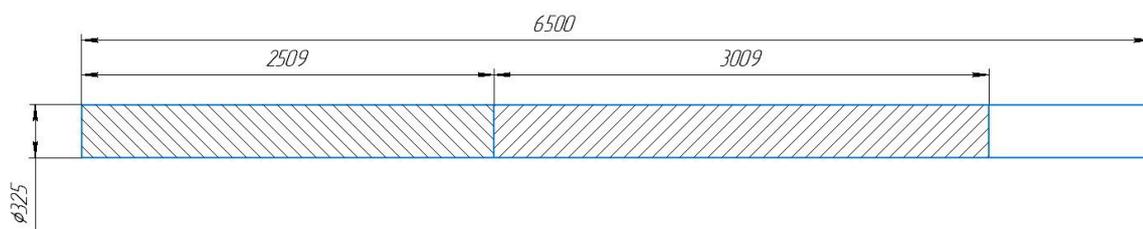


Рисунок 21 – Раскрой трубы 325x6500x12 [7]

Отходы составили 15%

#### - Выходная труба метанола-сырца

По данной трубе метанол-сырец вместе с водой выходит из сепаратора и движется дальше по производственному циклу. Данная труба приваривается к низу сепаратора соединением У18. В данном случае выбираем трубу из сортамента [8]. Из расчетов толщины стенки и сортамента выберем трубу холоднодеформированную с диаметром 102 мм, толщиной стенки 4 мм и длиной 7000 мм. Раскрой со всеми размерами показан на рисунке 22.

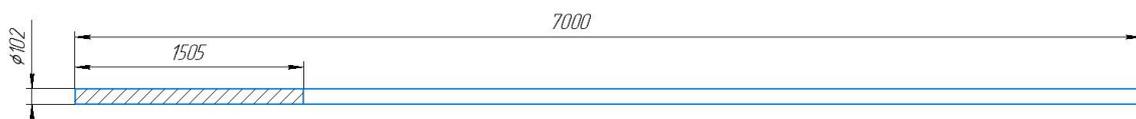


Рисунок 22 – Раскрой трубы 102x7000x4 [8]

Отходы составили 79%. Так как отходы составляют большую часть трубы, согласно расчетам, меньшую толщину стенки взять не можем, а согласно ГОСТ других длин под заданные размеры не производят. Поэтому есть два варианта выхода из этой ситуации:

1. Оставшуюся часть трубы продать заказчику, так как она потребуется для дальнейшего использования в проекте.
2. Договориться с производителем труб и сделать трубу не по ГОСТ.

#### - Трубы обвязывающего оборудования

Так как по условию все трубы крепления обвязывающего оборудования выполнены трубой с диаметром 20 мм, на расстоянии от корпуса сепаратора максимум один метр, подберем оптимальное количество труб. Выбор будем

производить из сортамента [8]. Из расчетов толщины стенки труб и сортамента выберем трубы диаметром 20 мм, толщиной стенки 0,8 мм и длиной 7000 мм. Полный раскрой со всеми припусками указан на рисунке 23.

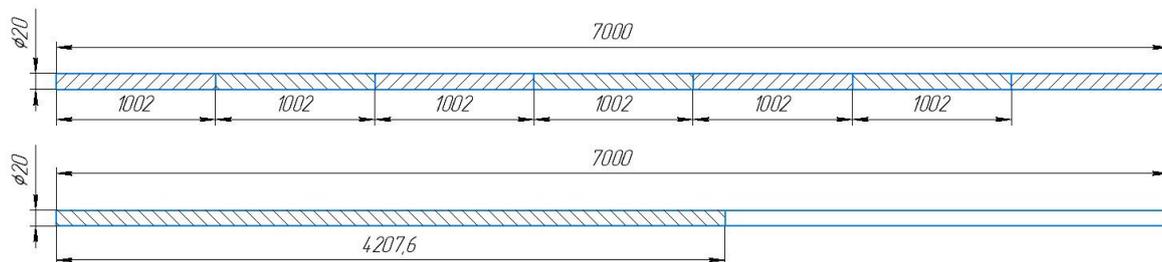


Рисунок 23 – Раскрой трубы 20x7000x0,8 [8]

Отходы составили 20%.

### 3.2 Сборочные и сварочные операции

После всех подготовительных операций, когда все изделия вырезаны и кромки подрезаны под необходимый угол. Производим поочередную сборку и сварку изделий в один общий аппарат, но перед этим необходимо принять меры по безопасной и безаварийной работе. Все места сварщика должны быть оборудованы вытяжной вентиляцией особенно, где используется углекислый газ, так же необходимо обеспечить защиту персонала от искр, излучения и вредных газов. Сварку необходимо производить от краев к центру, не задерживаясь на одном участке, равномерно прогревая весь металл.

Сборка начинается с малых узлов, для этого необходимо сначала с помощью механизированной сварки сварить вальцованные корпуса циклонов (10 штук) продольным швом. Одновременно с этим можно сварить продольным швом две обечайки согласно п. 2.6.1 используя данные режима сварки. Сварка обечаек друг с другом пока производиться не будет, так как необходимо установить внутри две трубные доски. После этого производится механизированная сварка корпуса циклона и выходных трубок к нижней и верхней трубным решеткам соответственно согласно п. 2.6.3 используя данные

режима сварки. Главное произвести правильную установку элементов относительно стороны трубной решетке. Так как трубная решетка имеет скос кромок под  $55^{\circ}$ , перед сваркой элементов необходимо установить нижнюю трубную решетку скосом кромок вниз, а верхнюю трубную решетку скосом кромок верх и приварить все элементы. Далее после сварки обечаек поперечным швом необходимо сделать отверстие диаметром 18 мм согласно ГОСТ 885-77 [13] под обвязку сепаратора. После этого внутри обечайки убирается вся стружка, грязь, и продукты производства. Производится установка сначала нижней трубной решетки, таким образом, чтобы начало трубной решетки было на уровне отверстия диаметром 301 мм, которое мы предварительно вырезали. Скос кромок позволит приварить согласно п. 2.6.4, используя данные режимы сварки. Установку верхней трубной решетки вместе с выходными трубками производим с другого конца обечайки, привариваем на расстоянии 400 мм от нижней трубной решетки. Предварительно центруем их одну относительно другой, таким образом, чтобы выходные трубки свободно заходили в корпус циклона. Сварку производим согласно п. 2.6.4 используя данные режима сварки. Сварка корпуса сепаратора в одно целое будет производиться на автоматическом станке FITZ-100, будет происходить в 5 этапов: установка нижней обечайки с размерами 8000x3000x60, установка верхней обечайки с размерами 7928x2934x60 с условием поворота относительно продольного шва двух обечаек на  $90^{\circ}$ , 3 прихватки вместе стыков двух обечаек с разбросом  $120^{\circ}$  (для того чтобы на автоматическом станке они обе вращались одинаково), сварка двух обечаек в одну емкость и сварка двух днищ согласно п. 2.6.1. На этом Сварка сосуда под давлением закончена. Остальные сварочные работы проще произвести на месте установки сепаратора, чтобы облегчить его транспортировку и ничего не повредить (замять). Трубы будут свариваться с корпусом сепаратора согласно п. 2.6.2 с данным режимом сварки.

### 3.3 Техника безопасности при проведении работ

Согласно [14] к сварке допускаются работники, прошедшие обучение и аттестацию согласно своей квалификации и не имеющие медицинских противопоказаний согласно роду занятия. Сборочные и сварочные работы выполняются согласно технических карт и режимов.

При выполнении работ существуют следующие вредные и опасные факторы:

- Поражение электрическим током,
- Ожоги от горячих предметов и разбрызгивания металла,
- Поражение глаз при сварке,
- Поражение кожи из-за долгого влияния инфракрасного излучения,
- Вращающиеся и движущиеся элементы станков,
- Падение предметов и работника с высоты,
- Отравление углекислым и природным газом,
- Газоопасные работы,
- Ушибы и порезы при подготовке изделий к сварке.

Чтобы избежать всех выше перечисленных нежелательных влияний, необходимо проверить целостность оборудования, а также всех силовых кабелей и провести инструктаж о ТБ на рабочем месте и ПБ с росписью каждого работника в журнале инструктажей, а так предоставить средства защиты.

Для предотвращения поражения электрическим током, необходимо проверить правильность подключения всех силовых элементов производства, целостность изоляции на кабелях и присутствие заземления. Автоматы и предохранители должны быть выбраны в соответствии с необходимым потреблением.

Чтобы не происходило ожогов у работника, необходимо использовать огнеупорный костюм для работы с горячим металлом, и костюм сварщика с крагами для работы со сваркой так же он хорошо помогает защитит от инфракрасного излучения.

Чтобы защитить глаза используют сварочные маски.

При работе на станках необходимо полное следование инструкций по безопасной работе разработанных на производстве. Ни какие вращающиеся части не следует трогать, держать и поправлять. Все ремонтные или поправочные работы делаются при полном отключении оборудования от сети с видимым разрывом.

Каждый работник должен перемещаться в каске, а для работ на высоте использовать еще и монтажный пояс, который должен быть поверен с обязательно биркой следующей поверки.

Так как на производстве для сварки и сборочных операциях используется газ необходимо осуществить жесткий контроль для предотвращения отравления, удушья и опасности взрыва. Для этого в цеху, где работает газовая печь для нагрева листов стали, топливом в которой является метан необходимо развешать датчики сигнализации загазованности. Их необходимо установить на верхних точках цеха (под потолком), вывести звуковую и световую сигнализацию и проработать с персоналом порядок действия при их срабатывании. В цехах, где используется газ для сварки или как топливо необходимо сделать приточно-вытяжную вентиляцию. В месте работы сварочного аппарата в среде углекислого газа брать пробу воздуха на наличие кислорода не реже одного раза в час. При показаниях содержания кислорода ниже 19% все работы прекратить.

Газоопасные работы при сборке сепаратора будут проводиться при сварке трубных решеток внутри аппарата. Так как защитный газ при данной сварке выступает аргон, он снижает процентное содержание кислорода в воздухе тем самым может вызвать удушье. Тем самым чтобы этого избежать необходимо постоянно измерять содержание кислорода внутри сепаратора, при снижении кислорода ниже 19%, сварочные работы должны быть прекращены. Чтобы случайно не испортить качество шва при преждевременном окончании работы, сварку можно производить в сварочной маске с принудительной подачей воздуха. Так же обязательное присутствие наблюдателя в безопасной зоне.

Ушибы и порезы неотъемлемая часть любой сборочной работы. Для их предотвращения необходимо соблюдать технику безопасности. А, если произошли, то обязательно обратиться к врачу или медпункт.

### **3.4 Контроль качества сварных соединений**

Согласно [15], все сварные соединения необходимо проверить методами неразрушающего контроля. Первым делом необходимо проверить все сварные соединения визуальному и измерительному контролю [16]. Все соединения стыковых и угловых швов проверяются на наличие:

- Трещин,
- Свищей и пористости наружной поверхности шва,
- Подрезов,
- Наплывов, прожогов, незаплавленных кратеров,
- Не прямолинейность соединяемых элементов,
- Не соответствие формы и размеров швов требованиям технической документации.

Перед ВИК поверхность сварного шва необходимо отчистить, а также поверхности прилегающего к нему металла на расстояние 20 мм в обе стороны. Контролю подвергается 100% сварных швов. ВИК проходит с помощью инструментов таких, как:

- УШС-3, УШС-4,
- Лупа,
- Оптических приборов с увеличением до 10 раз,
- Фонарик,
- Линейка.

Внешние дефекты такие как трещины, незаплавленные кратеры, наплывы, прожоги, свищи, подрезы – не допускаются.

Так как сепаратор является сосудом, работающий под давлением. Основное и более сильное внимание будет уделяться сварным швам корпуса сепаратора. Для этого назначим на продольное сварное соединение обечаек, а также на поперечное соединение обечаек капиллярный контроль, который будем проводить цветным раствором [17]. Это необходимо сделать чтобы обнаружить пустоты и несправы в шве.

Для сварного шва соединяющий обечайки с днищем сепаратора, мы выберем ультразвуковой метод неразрушающего контроля [18]. Так как сепаратор будет полностью закрыт предлагается выбрать эхо-теневой прямым способом. Что позволит это сделать с внешней стороны. Данный метод позволит выявить внутренние пустые полости или нарушения сварного шва.

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Данный раздел выпускной квалификационной работы предназначен для анализа конкурентоспособности, ресурсоэффективности и расчёта бюджета проводимой разработки. Настоящая работа проводится в домашних условиях и предполагает исследование эффективности способа решения поставленной инженерной задачи, а именно технология сборки и сварки сепаратора. Оценка перспективности, планирование и формирование бюджета научного исследования позволяют анализировать его экономическую эффективность.

### **4.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Объектом разработки является технология сборки и сварки сепаратора. Данные аппараты работающие, как под избыточным давлением, так и под атмосферным являются неотъемлемой частью почти любого производства. Они необходимы для разделения мелких механических фракций от воздушной смеси. Они используются для удаления пыли, золы, песка, жидкости и других веществ. Так же эти аппараты используются в нефтеперерабатывающей промышленности, в лесной промышленности, на мелких производствах, а также в пищевой. Так, как этот аппарат чаще всего является сосудом, работающим под давлением на него, действуют правила Ростехнадзора, а значит имеются требования его проверки и эксплуатации. В таблице 14 приведены примерные сегменты использования данного оборудования в промышленности.

Таблица 14 – Карта сегментирования

		Сфера использования		
		Химические предприятия	Нефтегазовые предприятия	Пищевые предприятия
Размер организации	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

В приведённой карте сегментирования показана примерная часть использования сепараторов в промышленности, конечно каждый сепаратор можно сказать уникален и его разработка будет отталкиваться от рабочих условий, необходимых значений и конечно же от материала, который будет использоваться для его изготовления. Конечно из этого следует, что принцип работы и степень сепарирования будут отличаться, но назначения и принцип остается неизменным.

#### 4.2 Анализ конкурентных технических решений

На российском рынке в качестве производителей сепараторов есть много компаний, но выберем две компании для сравнения. Это будут «Дмитровский экспериментальный механический завод» (ДЭМЗ) и «Завод нестандартного оборудования ПензГидромаш» (ПензГидромаш).

Компания ДЭМЗ специализируется на производстве изделия металлообработки, производственном оборудовании, приспособления высокого качества. Компания предлагает вентиляционно-вытяжные агрегаты, вентиляционные башни, валы, втулки, газосепараторы. Список продукции очень широк и разнообразен. Находится компания в Московской области, город Дмитров.

ПензГидромаш осуществляет деятельность в проектировании, производстве и ремонте оборудования для нефтяной, газовой, металлургической

и химической промышленности включая емкостное (сепараторы, скрубберы, ресиверы, воздухоборники), теплообменное, колонное оборудование. Находится компания в Пензенской области, город Пенза.

Сравнительная таблица конкурирующих технических решений приведена в таблице 15.

Таблица 15 – Сравнение конкурирующих технических решений

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>
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
Удобство монтажа	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
Долговечность	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
Надежность	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
Безопасность	0,2	4	4	4	0,8	0,8	0,8
Качество сепарации	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
Многопоточность	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
Цена	0,2	5	3	4	1	0,6	0,8
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
Послепродажное обслуживание	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Доступность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>48</b>	<b>43</b>	<b>42</b>	<b>4,6</b>	<b>4,15</b>	<b>4,35</b>

По результатам расчётов таблице 16 можно заключить, что разрабатываемый сепаратор проигрывает в категории удобство эксплуатации, за счет сложности монтирования сепаратора по сравнению с сепараторами других производителей. Зато в разрабатываемом сепараторе имеется многопоточность,

что значительной мере увеличит объем газ для сепарирования, также цена сепаратора конкурентоспособна со всеми сравниваемыми предложениями.

### 4.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ проводится для комплексной оценки внешней и внутренней среды проекта. В силу того, что разработка сепаратора является лишь частным способом применения рассмотренного подхода, при SWOT-анализе рассматриваются сильные и слабые стороны, возможности и угрозы применительно к способу решения поставленной задачи. Итоговая матрица SWOT-анализа приведена в таблице 16.

Таблица 16 – Матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны:</b></p> <p>С1. Предварительное проектирование.</p> <p>С2. Возможность применения сложных алгоритмов управления.</p> <p>С3. Возможность быстрого программного изменения алгоритма управления.</p> <p>С4. Экономия на среднем уровне АСУ ТП за счёт переноса управляющей программы на ПК.</p>	<p><b>Слабые стороны:</b></p> <p>Сл1. Затраты на ПО для моделирования.</p> <p>Сл2. Затраты на дополнительное обучение разработчика и/или оператора.</p> <p>Сл3. Необходимость проведения более точных расчетов.</p> <p>Сл4. Сложность применения подхода для управления быстротекущими процессами.</p>
<b>Возможности:</b>	V1B2C1C2.	V1B2Сл1Сл2.

<p>В1. Рост стоимости оборудования и, следовательно, рост цены ошибки без применения проектирования.</p> <p>В2. Рост спроса со стороны ответственных и/или опасных производств.</p> <p>В3. Разработка подсистемы автоматической работы</p>	<p>Эффективность предварительного проектирования сепаратора будет только возрастать.</p> <p>В3С3. Автоматическая работа в цикле только ускорит процесс.</p>	<p>Потенциальная стоимость вероятной ошибки значительно больше стоимости ПО для моделирования.</p> <p>В3Сл3. При реализации автоматизации есть шанс в скорости отработки сигналов.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Рост спроса на автоматические регуляторы и клапана.</p> <p>У2. Повышенные требования к безопасности данных</p> <p>У3. Оптимизация затрат на предприятии</p>	<p>У1С2С3. Обновление программ на платформе Delta-V</p>	<p>У1Сл3. Приведет к возможной ненужности оборудования</p> <p>У3Сл1Сл2. Возможен отказ от рассмотренного проекта.</p>

По итогам SWOT-анализа выявлены возможности для дальнейшего развития как технологии сборки и дальнейшей эксплуатации оборудования, так и в целом подхода к созданию данных аппаратов.

1. Для противодействия угрозе У1 в систему следует заключить договора поставки автоматических клапанов и регуляторов на длительный срок без

возможности повышения цены как минимум на 5 лет, или закупить в небольшом количестве данное оборудование КИПиА.

2. В случае предъявления повышенных требований к безопасности данных (угроза У2) необходимо подбирать оборудование КИПиА совместимо с загруженной версией программы Delta-V.

3. Для противодействия угрозе У3 и сокращения затрат на технологию сборки и сварки, необходимо оценить цены на все доступное оборудование, подходящее под необходимые параметры, возможно будет необходимость использовать российские аналоги. А также подсчитать необходимую площадь цеха под работы с учетом всех рабочих мест и установленных станков.

## **4.4 Планирование научно-исследовательской работы**

### **4.4.1 Структура работ**

Прежде чем начать работу над проектом, необходимо провести планирование этапов работы, обозначив при этом занятость каждого из участников, а также привести сроки выполнения каждого этапа. Структура работ и распределение занятости исполнителей приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Структура работ

Этапы работы	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач исследования	НР – 80% И – 20%
Обзор литературы	И – 100%
Разработка технического задания	НР – 20% К – 10% И – 70%
Разработка календарного плана работ	НР – 20% И – 80%
Идентификация объекта	И – 100%
Создание объекта в КОМПАС	И – 100%
Расчет параметров объекта	И – 100%
Расчет параметров сварки	К – 10% И – 90%
Обработка полученных результатов	К – 15% И – 85%
Оформление расчётно-пояснительной записки	И – 100%
Подведение итогов	НР – 100%

#### 4.4.2 Разработка графика проведения научно-технического исследования

Трудоёмкость выполнения исследования оценивается экспертным путём в силу вероятностного характера величины. За единицу измерения трудоёмкости принимаются человеко-дни. Ожидаемая трудоёмкость рассчитывается по формуле [76]:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (76)$$

где  $t_{ож}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения работы чел.дн;

$t_{\min}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы, чел.дн;

$t_{\max}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы, чел.дн.

Для построения графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ в рабочих днях переводится в календарные дни по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot K_{КД}, \quad (77)$$

где  $T_{КД}$  – продолжительность выполнения работы в календарных днях;

$T_{РД}$  – продолжительность выполнения работы в рабочих днях;

$K_{КД}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$K_{КД} = \frac{T_{КД}}{T_{КД} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (78)$$

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

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

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

Значение коэффициента календарности для 2021 года [18]:

$$K_{КД} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22. \quad (79)$$

С учётом данных таблицы 18 и приведённых выше формул составляется расчётная таблица 18. Диаграмма Ганта, представляющая собой календарный график работ, приведена на рисунке 24.

Таблица 18– Расчёт трудозатрат на выполнение работ

Наименование работы	Исполнители работы	Длительность работ, дн.			Трудоёмкость работ по исполнителям, чел.дн					
		$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{ож}}$	$T_{RD}$			$T_{KD}$		
					НР	К	И	НР	К	И
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
Постановка целей и задач исследования	НР, И	3	4	3,4	2,72	0	0,68	3,318	0	0,83
Обзор литературы	И	5	7	5,8	0	0	5,8	0	0	7,076
Разработка технического задания	НР, К, И	12	24	16,8	3,36	1,68	11,76	4,099	2,05	14,35
Разработка календарного плана работ	НР, И	3	6	4,2	0,84	0	3,36	1,025	0	4,1
Идентификация объекта	И		12	8,4	0	0	8,4	0	0	10,25
Создание объекта в КОМПАС	И	12	18	14,4	0	0	14,4	0	0	17,57
Расчет параметров объекта	И	6	10	7,6	0	0	7,6	0	0	9,272
Расчет параметров сварки	К, И	6	10	7,6	0	0,76	6,84	0	0,927	8,345
Обработка полученных результатов	К, И	6	10	7,6	0	1,52	6,08	0	1,854	7,418
Оформление расчётно-пояснительной записки	И	12	18	14,4	0	0	14,4	0	0	17,57
Подведение итогов	НР	2	4	2,8	2,8	0	0	3,416	0	0
<b>Итого:</b>				<b>93</b>	<b>9,72</b>	<b>3,96</b>	<b>79,32</b>	<b>11,86</b>	<b>4,831</b>	<b>96,77</b>

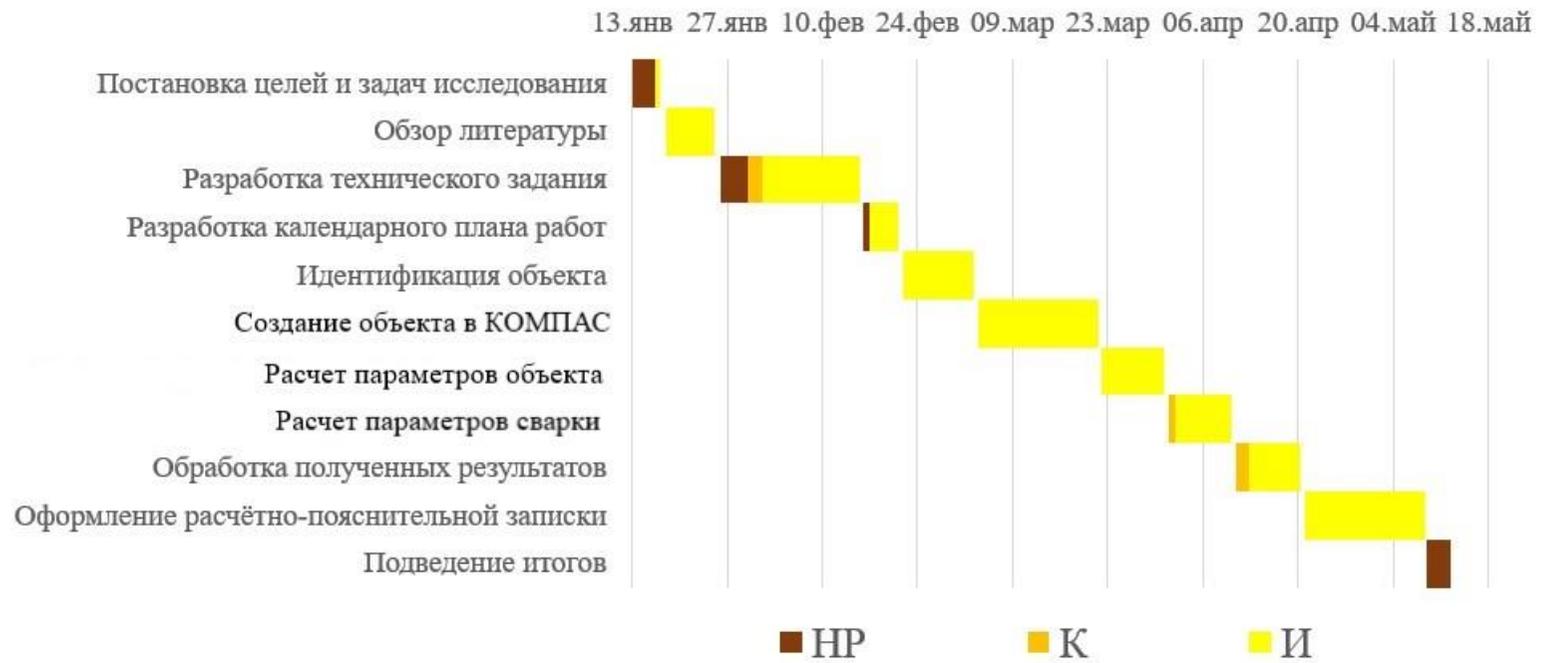


Рисунок 24 – Диаграмма Ганта

Из диаграммы на рисунке 24 видно, что практическая часть всего исследования занимает порядка двух календарных месяцев. Сравнительно большой промежуток времени на составление технического задания выделен для лучшей его проработки и исключения необходимости возвращаться к этому этапу в дальнейшем.

#### **4.5 Бюджет научно-технического исследования**

Планирование бюджета позволяет оценить затраты на проведение исследования до его фактического начала и позволяет судить об экономической эффективности работы. В данном разделе подсчитываются следующие статьи расходов:

- материальные затраты;
- амортизационные отчисления;
- заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

##### **4.5.1 Расчёт материальных затрат**

В этом подразделе оценивается стоимость всех материальных ценностей, непосредственно расходуемых в процессе выполнения работ.

Теоретические исследования, а также моделирование системы требуют ряд программных продуктов: MicrosoftOffice, Mathcad, КОМПАС, Paint др. Большинство из них предоставляются бесплатно для студентов ТПУ, другие находятся в свободном доступе в сети «Интернет». Таким образом, затраты на материалы включают в себя расходы на канцелярские принадлежности, бензин для поездки на работу для консультации. Для исследований используется

персональный компьютер с бесплатным доступом к лицензии КОМПАС. В материальные затраты также включаются транспортно-заготовительные расходы (ТЗР) в пределах от 5% до 20% от общей цены материалов. Расчёт материальных затрат приведён в таблице 19.

Таблица 19 – Материальные затраты

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во, шт.	Сумма, руб.
Офисная бумага, упак. 500 листов	310	1	310
Тетрадь общая, 48 л.	50	1	50
Шариковая ручка	30	3	90
Бензин АИ-95	45	10	450
<b>Итого</b>			<b>900</b>
<b>Итого с учётом ТЗР (10%)</b>			<b>990</b>

#### 4.5.2 Расчёт амортизационных отчислений

Написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 5 месяцев. Для моделирования и проведения расчётов используется персональный компьютер первоначальной стоимостью 60000 рублей. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет [19]

Норма амортизации  $H_A$  рассчитывается как [20]:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\% , \quad (80)$$

где  $T$  – срок полезного использования, лет.

Если принять срок полезного использования равным 3 годам, тогда норма амортизации  $H_A$ :

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\% \quad (81)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_{год} = 60000 \cdot 0,33 = 19800 \text{ руб.} \quad (82)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_{мес} = \frac{19800}{12} = 1650 \text{ руб.} \quad (83)$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 1650 \cdot 5 = 8250 \text{ руб.} \quad (84)$$

#### 4.5.3 Расчёт заработной платы и отчислений во внебюджетные фонды

Оклад научного руководителя (в должности доцента) составляет 40 000 рублей, оклад консультанта (в должности ассистента) – 12 664 рублей. Оклад студента (инженера) принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации, т.е. ассистента и составляет 12 664 рублей. В 2021 году с учётом 48-дневного отпуска 252 рабочих дня. Среднее количество рабочих дней в месяце составит 21 день. Среднедневная заработная плата для руководителя составит 1 904,76 рублей в день, для консультанта и инженера – 603,05 рублей в день.

Заработная плата включает в себя основную и дополнительную части. При этом основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{осн} = ЗП_{дн} \cdot T_{РД} \cdot (1 + K_{пр} + K_{д}) \cdot K_p, \quad (85)$$

где  $ЗП_{дн}$  – среднедневная заработная плата, руб.;

$T_{РД}$  – трудоёмкость выполнения работы в рабочих днях;

$K_{пр}$  – коэффициент премирования;

$K_d$  – коэффициент доплат;

$K_p$  – районный коэффициент.

Результаты расчёта основной заработной платы по формуле (85) приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$ЗП_{дн}$	$K_p$	$K_d$	$K_{пр}$	$T_{РД}$	$ЗП_{осн}$ , руб
Руководитель	1904,76	0,3	0,2	1,3	9,72	29352,73
Консультант	603,05	0,3	0,2	1,3	3,96	3725,4
Инженер	603,05	0,3	0,2	1,3	79,32	74620,92
<b>Итого</b>						<b>107699,05</b>

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{дон} = ЗП_{осн} \cdot 0,12, \quad (86)$$

где  $ЗП_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

Отчисления во внебюджетные фонды в соответствии с Налоговым кодексом РФ рассчитываются по формуле:

$$ЗП_{внеб} = (ЗП_{осн} + ЗП_{дон}) \cdot 0,3, \quad (87)$$

где  $ЗП_{осн}$  – основная заработная плата, руб;

$ЗП_{дон}$  – дополнительная заработная плата, руб.

Результаты расчётов по формулам (86) и (87) приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Расчёт дополнительной заработной платы и отчислений

Исполнители	$ЗП_{дон}$	$ЗП_{внеб}$
Руководитель	3522,33	9862,5
Консультант	447,5	1251,73
Инженер	8954,51	25072,63
<b>Итого</b>	<b>12924,34</b>	<b>36186,86</b>

Накладные расходы принимаются в размере 10% от величины всех остальных расходов.

#### 4.5.4 Расчёт общей себестоимости

Рассчитанные в пунктах 4.5.1-4.5.3 расходы сведены в таблицу 22.

Таблица 22 – Суммарные расходы

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты	990	0,542
Затраты на амортизацию	8250	4,51
Основная заработная плата	107699,05	58,96
Дополнительная заработная плата	12924,34	7,07
Страховые взносы	36186,86	19,81
Накладные расходы	16605,03	9,09
<b>Итого</b>	<b>182655,28</b>	<b>100</b>

В ходе подсчёта затрат на разработку проекта выявлено, что основная часть (66,03%) средств расходуется на заработную плату исполнителей.

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

Эффективность разработки сравнивается аналогичными аппаратами:

1. Сепаратор компании ПензГидромаш общей стоимостью 1875000 руб. ГС2-8,8-2000
2. Сепаратор ДЭМЗ общей стоимостью 21630380 руб. ДЭ-8-1200

Эффективность разработки определяется путём расчёта интегрального финансового показателя:

$$I_{фин}^i = \frac{\Phi_i}{\Phi_{max}}, \quad (88)$$

где  $I_{фин}^i$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_i$  – стоимость i-ого варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения проекта (зависит от сложности АСУ).

$$I_{фин} \frac{182655,28}{21630380} = 0,008, \quad (89)$$

$$I_{фин}^1 \frac{18750000}{21630380} = 0,86, \quad (90)$$

$$I_{фин}^1 \frac{21630380}{21630380} = 1. \quad (91)$$

Сравнительная оценка ресурсоэффективности рассматриваемых аналогов приведена в таблице 23.

Таблица 23 – Сравнительная оценка ресурсоэффективности

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Ресурсоэффективность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
Удобство монтажа	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
Долговечность	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
Надежность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Безопасность	0,2	4	4	4	0,8	0,8	0,8
Качество сепарации	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
Многопоточность	0,05	5	4	4	0,25	0,25	0,2
<b>Итого</b>	<b>0,55</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>3,95</b>	<b>4,1</b>	<b>3,8</b>

Интегральный показатель эффективности разработки  $I^i$  вычисляется на основании рассчитанных выше интегрального финансового показателя  $I_{фин}^i$  (6.6.2 – 6.6.4) и показателя ресурсоэффективности  $I_p^i$  (табл. 6.6.1):

$$I^i = \frac{I_p^i}{I_{фин}^i} . \quad (92)$$

Для разрабатываемой системы:

$$I = \frac{3,95}{0,008} = 493,75. \quad (93)$$

Для рассматриваемых аналогов:

$$I^1 = \frac{4,1}{0,86} = 4,038, \quad (94)$$

$$I^2 = \frac{3,8}{1} = 3,8. \quad (95)$$

Сравнительная эффективность разрабатываемой системы и рассматриваемых аналогов рассчитывается как:

$$\mathcal{E} = \frac{I}{I^i} . \quad (96)$$

Сравнительная эффективность разрабатываемой системы с аналогами приведена в таблице 24.

Таблица 24 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог №1	Аналог №2
1	Интегральный финансовый показатель $I_{фин}$	0,008	0,86	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности $I_p$	3,95	4,1	3,8
3	Интегральный показатель эффективности $I$	493,75	4,038	3,8
4	Сравнительная эффективность разработки к аналогам Э		122,27	129,93

Сравнение значений интегральных показателей эффективности показало, что разрабатываемая технология сепаратора по отделению метанола-сырца от газо-воздушной смеси уступает по ресурсоэффективности, однако превосходит его по интегральному показателю эффективности за счёт меньшей стоимости разработки.

### Выводы по разделу

В данном разделе оценены экономические аспекты исследуемого подхода к построению системы технологии сборки и сварки сепаратора:

1. Выявлены потенциальные потребители результатов исследования. Разработка может быть применена на небольших предприятиях пищевой, химической промышленности, а также на крупных нефтеперерабатывающих станциях (см. подраздел 6.1).

2. Проведён анализ конкурентных технических решений. Выявлено два конкурента: компания «ДЭМЗ» и Пензенский завод ПензГидромаш.

Разрабатываемый сепаратор на текущем этапе уступает конкурентам по удобству использования (см. подраздел 6.2), однако выигрывает за счёт многопоточности и качества сепарации, что позволяет работать с большими объемами газа.

3. В ходе SWOT-анализа основными угрозами обозначены: рост спроса на автоматические клапана и регуляторы; повышенные требования к безопасности; оптимизация затрат на предприятии. Возможные пути снижения влияния выявленных угроз представлены в подразделе 6.3.

4. Подсчёт затрат на разработку позволяет заключить, что основной статьёй расходов в научно-исследовательской работе является заработная плата исполнителей: основная – 107699,05 руб. (58,96%), дополнительная – 12924,34 руб. (7,07%). На втором месте страховые взносы – 36186,86 руб. (19,81%). Затем идут накладные расходы – 16605,03 руб. (9,09%). Меньше всего средств уходит на амортизацию оборудования – 8250 руб. (4,64%) и на материальные затраты – 990 руб. (0,542%). Общий бюджет разработки составил 182655,28 руб. При этом запланированная продолжительность работы составляет 114 дней.

5. В подразделе 6.6 оценена экономическая эффективность разработки. Разрабатываемая технология уступает аналогу №1 по ресурсоэффективности в виду не лучшего удобства монтажа на данном этапе, однако по сравнительному показателю эффективности разработка превосходит аналогичные системы за счёт меньшей стоимости. Экономия достигается за счёт многопоточности сепарированного газа и эффективной методики производства

В целом, эффективность исследуемого подхода предварительного моделирования технологии в каждом конкретном случае можно оценить исходя из вероятных затрат на восстановление работоспособности объекта при ошибке монтажа или качества производства.

## **5 Социальная ответственность**

### **5.1 Введение**

В данном разделе будут затронуты темы обеспечения безопасности работников в технологическом процессе сборки и сварки сепаратора, а также обеспечения надлежащей безопасности окружающей среды и защиты ее от продуктов металлообработки и технологий.

Так как сепаратор используется почти во всех сферах производства, от пищевой промышленности больших производств, до деревообрабатывающих промышленностей малых производств. Они могут работать, как под избыточным, так и под атмосферным давлением. Из-за разновидности их использования необходимо очень тщательно подходить к средствам и инструкциям по безопасности персонала. Также материал конструкции данных аппаратов заставляет разрабатывать качественные схем по предотвращению загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы, так как в основном сепараторы состоят из металла, который разлагается очень долгое время.

Данный проект будет производиться в Томской области, город Томск, закрытый и огороженный цех. В связи с особенностью сварки плавящимся электродом в среде защитного газа, одним из которых является углекислый газ, предъявляются особые требования к безопасности персонала. Невыполнение этих требований может привести к несчастным случаям: отравлению газами, поражение лучистой энергией сварочной дуги, и электрическим током и т.д. В связи с множеством вредных факторов при производстве необходимо соблюдать технику безопасности, в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Санитарно-гигиенические условия и обязательные мероприятия по охране труда в сварочном производстве регламентируются «Системой стандартов безопасности труда», «Строительными нормами и правилами» (СНиП), правилами техники безопасности и производственной санитарии,

правилами устройства и эксплуатации отдельных видов оборудования, различными инструкциями.

Все лица, приступающие к работе должны пройти инструктаж в полном объеме с росписью в журнале инструктажей и не иметь никаких медицинских противопоказаний. Сварщики и работники, работающие по наряд-допуску должны быть проинструктированы, обучены и аттестованы, если такое необходимо для выполнения работы.

## **5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

К работе допускаются только лица старше 18 лет, прошедшие инструктаж в полном объеме по технике безопасности на рабочем месте, по пожарной и электробезопасности, инструктаж по вредным и опасным факторам, а также оказание первой медицинской помощи и не имеющие противопоказаний к выполнению работы. Персонал должен знать, что необходимо сделать при возникновении пожара или несчастного случая. Руководитель принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации соблюдение требования безопасности в помещении.

Обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний осуществляется в Российской Федерации с января 2000 года в соответствии с Федеральным законом от 24.07.1998г. №125-ФЗ – Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, которым установлены правовые, экономические и организационные основы обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний и определен порядок возмещения вреда, причиненного жизни и здоровью работника при исполнении им обязанностей по трудовому договору [19]

В соответствии со статьей 212 Трудового кодекса Российской Федерации обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда возлагаются на работодателя.

### **5.3 Производственная безопасность**

Анализ вредных и опасных факторов производится после их идентификации в соответствии со спецификой данного типа производства.

Идентифицировать вредные и опасные факторы необходимо согласно ГОСТ 12.0.003-2015 – Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Перечень вредных и опасных факторов согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [20] приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Опасные вредные факторы.

Факторы по ГОСТ 12.0.003-2015	Этапы работ			Нормативный документ
	Подготовительные работы	Сборка под сварку	Сварочные работы	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4-548-96[21]
Превышение уровня шума	+	+	+	СНиП 23-03-2003 [22]
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	+	+	+	СП 52.13330.2016 [23]
Возможное поражение электрическим током	+	+	+	ГОСТ 12.3.003-86 [20]
Наличие неионизирующего излучения, в том числе ультрафиолетовое			+	ГОСТ 12.3.003-86 [20]
Наличие повышенного теплового излучения	+		+	ГОСТ 12.3.003-86 [20]
Брызги, окалины раскаленного металла	+		+	ГОСТ 12.3.003-86 [20]
Механические повреждения	+	+	+	ГОСТ 12.3.003-86 [20]

## 5.4 Анализ опасных и вредных производственных факторов

### 5.4.1 Отклонение показателей микроклимата

Данный фактор относится к вредным производственным факторам. Влияет на здоровье рабочего персонала в целом и здоровье сердечно-сосудистой системы. Зависит от правильности подобранной системы приточно-вытяжной

вентиляции и естественного проветривания помещения. Так, как на производстве используется высоко энергетическое оборудование (газовая печь и станок автоматической сварки), необходимо тщательно подойти к проектированию системы вентиляции. Металл на рабочем месте разогревается около  $800^{\circ}\text{C}$ , поэтому чтобы рабочий персонал не испытывал дискомфорта в работе от высокой температуры, необходимо установить кондиционеры для придания благоприятного климата в рабочей зоне. Так же зимой необходимо позаботиться о отоплении цеха. Согласно [21] сварочные работы относятся к категории III (энергозатраты более 290Вт), таким образом установленная температура воздуха должна быть:

- В холодный период времени  $16-18^{\circ}\text{C}$ ,
- В теплый период времени  $18-20^{\circ}\text{C}$ .

Относительная влажность при этом должна составлять 60-40%, а движение воздуха 0,3м/с. Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменение температуры воздуха в течении смены не должна превышать  $2^{\circ}\text{C}$ . К предлагаемым средствам защиты относятся сезонная одежда и СИЗ, к коллективным средствам защиты относится вентиляция, система кондиционирования, отопление и система автоматического регулирования температуры в рабочей зоне

#### **5.4.2 Превышение уровня шума**

Данный фактор относится к вредным производственным факторам. Источником возникновения могут быть станки, аппараты, работающее оборудование, внутрицеховые грузоподъемные механизмы, работа слесарным инструментом. Может вызывать, такие негативные последствия, как дезориентация, головная боль, рассеянность и снижение работоспособности на фоне повышенной утомляемости. А также может вызвать ухудшение слуха или в последствии глухоту в следствии постоянного напряжения барабанной перепонки. По данным [22] уровень звука для производственных помещений

должен быть в диапазоне 80дБА до 95дБА. К коллективным средствам защиты относят шумоизоляция помещений, а к индивидуальным средствам защиты наушники и беруши.

#### **5.4.3 Отсутствие или недостаток необходимо искусственного освещения**

Данный фактор относится к вредным производственным факторам. Источником возникновения данного фактора является недостаточная освещенность рабочего места или цеха в общем, отсутствие локального источника света или перекрытие приборов освещения станками или другими заградительными приспособлениями. В результате чего на глаз действует повышенная нагрузка, ухудшается точность и четкость зрения. Повышается давление внутри глазного яблока, что приводит к утомляемости работника и уменьшению внимательности. Согласно [23] уровень освещенности для промышленного помещения с проведением работ малой точности при комбинированном расположении приборов освещенности должен составлять не менее 400лк. К коллективным средствам защиты относятся цеховые осветительные приборы, а к индивидуальным переносные лампы, фонарики, локальные источники света.

#### **5.4.4 Возможное поражение электрическим током**

Данный фактор относится к опасным производственным факторам. Источником возникновения являются, оголенные провода, отсутствие заземления, не правильно подобранный предохранитель или автомат, нарушение инструкции по эксплуатации станков или аппаратов, производство работ не профессиональным электриком. В следствии поражения электрическим током у пострадавшего происходит резкое сокращение мышц и тканей, в следствии чего происходит травма мышц, костей, кожного покрова. Чаще всего все

заканчивается летальным исходом, так как на производствах больших мощностей используется ток высоких показателей. Необходимо проработать с персоналом инструкции по эксплуатации электрооборудования, а также оказание первой помощи пострадавшему в результате удара током. Согласно [20] опаснее для человека переменный ток, который может травмировать уже при 42В, когда как постоянный ток опасен только выше 500В. Чтобы обезопасить работника от этого фактора, необходимо проверять заземление и целостность силовых кабелей станков перед каждой рабочей сменой. Для коллективной защиты все силовые распределительные коробки и автоматы должны находиться в недоступном для работника месте, доступ к ним должен иметь только специализированный электрик. Любое отключение станков делается электриком с явным разрывом. Также индивидуальная защита представляет собой использование обуви с резиновой подошвой не токопроводящую и использование резиновых перчаток.

#### **5.4.5 Наличие неионизирующего излучения, в том числе ультрафиолетовое**

Данный фактор является вредным и опасным производственным фактором. Источником возникновения ультрафиолета является сварочный аппарат, а точнее сварочная дуга, которая испускает при сварке коротковолновое излучение. В следствии чего оно действует на незащищенные участки тела (руки, лицо, шея) и может вызывать ожоги. В малых дозах ультрафиолет полезет и не вызывает негативных последствий. А при частых и длительных воздействиях может вызывать расширение кожных и подкожных сосудов, злокачественные образования, рак кожи, при воздействии на глаза может вызвать помутнение зрения, отслоение сетчатки Согласно [20] ультрафиолетовое излучение при сварке имеет характер коротковолнового излучения УФ-С (180-290нм), допустимая нормами УФ-С при соблюдении требований безопасности на сварочном посту является 200-280нм. К коллективным средствам защиты

относят ширмы, несгораемые стены. К индивидуальным средствам защиты относят сварочная роба, маска, краги.

#### **5.4.6 Наличие повышенного теплового излучения**

Данный фактор является вредным и опасным фактором, все зависит от времени его воздействия. Воздействие теплового излучения на человека обусловлено ожогами разной степени тяжести Согласно [20] тепловое излучение не должно превышать  $140\text{Вт/м}^2$ , при условии, что излучению подвергается не более 25% тела работающего персонала с соблюдением всех норм и техник безопасности. Так как в цеху будет установлена еще и газовая печь, и работа будет проводиться с горячим металлом, необходимо провести мероприятия по коллективной защите персонала, для этого используем ширмы или стены с негорючих материалов. А для индивидуальной защиты используем форму сталевара, сварочную робу, краги, маску, вспомогательный слесарный инструмент.

#### **5.4.7 Брызги, окалины раскаленного металла**

Данный фактор относится к опасным производственным факторам. Он возникает в результате воздействия сварочной дуги на сам металл заготовки. Результатом воздействия на кожу человека приводит к ожогам разной степени тяжести, а также пожарам. К коллективным средствам защиты относят ширмы и стенки из несгораемого материала. К индивидуальным средствам относят сварочную робу, краги, каски.

#### **5.4.8 Механические повреждения**

Данный фактор относится к опасным производственным факторам. Он возникает в результате воздействия вращающихся частей станка или аппарата,

падение инструмента или детали с высоты, движущиеся части аппаратов, нарушение техники безопасности при работе на станках, а также не аккуратная работа с грузоподъемными механизмами. Воздействие данного фактора приводит к травмам разной степени тяжести, ушибам, ссадинам, переломам, что иногда является причиной смерти. Для предотвращения механических повреждений, должны быть разработаны инструкции по безопасной эксплуатации станков и механизмов. Каждый работник должен пройти инструктаж в полном объеме и расписаться в журнале инструктажей. Каждый работник должен знать, как работать на станке безопасно. Коллективные средства защиты относятся крепежные элементы, предотвращающие падение оборудования, защитные экраны на всех вращающихся механизмах. таблички с обозначением опасных узлов оборудования. К индивидуальным средствам защиты относятся верхонки, каски, ботинки с металлическим носком, ремни.

### **5.5 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего**

Решения для обеспечения снижения влияние вредных и опасных факторов:

- Провести со всеми работниками инструктажи (вводный и первичный) в полном объеме. Провести проверку знаний о технике безопасности, пожарной безопасности, оказании первой медицинской помощи пострадавшему, а также действия персонала в случае возникновения аварийной ситуации. В цеху необходимо развешать таблички с номерами вызова пожарной бригады, медицинской службы и начальника производства.
- Обеспечить работников средствами индивидуальной защиты: каски, верхонки, очки, сварочные робы, краги, сварочные маски, сезонная спец. одежда, прорезиненные сапоги с металлическим носком, беруши, наушники, высотные пояса.

- Обеспечить работников средствами коллективной защиты: приточно-вытяжной вентиляции, отоплением, источниками искусственного освещения, системой кондиционирования или автоматического поддержания температуры, предупреждающие знаки, таблички, а также щитами стенками из негорючих материалов.

Так же необходимо провести мероприятия для безопасной эксплуатации оборудования и технологического процесса:

- Проводить целевой инструктаж в полном объеме при выполнении работ разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями (погрузочно-разгрузочные, уборка территории).

- Снабдить оборудования табличками с краткой характеристикой оборудования и инструкциями по эксплуатации. Также необходимо указать на табличке инвентарный номер, дату проверки и дату следующей проверки.

- Обеспечить своевременную проверку, ремонт и обход оборудования.

- Обеспечить работникам доступ к информационным плакатам, табличкам. На корпусе вращающихся и двигающихся элементов необходимо установить табличку «Осторожно».

- В электрических щитах необходимо установить табличку «Не влезай убит»

- При ремонте оборудования на отключенной сети вывешивать плакат «Не включать работают люди».

- Снабдить персонал необходимыми технологическими картами, инструкциями и памятками.

Требования безопасности к проведению сварочных работ:

- Запрещено производить сварочные работы вблизи легковоспламеняющихся и горючих материалов.

- Запрещено производить сварочные работы в сырых помещениях.

Запрещено проводить работы без средств индивидуальной и коллективной защиты.

- Запрещено проводить работы с использованием неисправного оборудования или оборудования работающего не по заданным параметрам, с непрошедшим проверку в установленный срок.

Согласно общей классификации по [23] помещение сварочного поста относится к категории Г.

## **5.6 Экологическая безопасность**

Разработанный технологический процесс по сборке и сварке сепаратора предполагает негативное влияние на окружающую среду. Таким образом:

- На атмосферу влияют выбросы аэрозолей, продуктов горения, возникающие при сварочных работах, а также газы, которые используются при сварке (аргон и углекислый газ). Вредными влияниями на атмосферу оказывают такие элементы как: железо, кремний, цинк, хром, никель. Те элементы, которые находятся в сварочной проволоке. Эти вещества не являются составляющими частями атмосферы, что может пагубно влиять на все живые организмы. Методами защиты от выбросов в атмосферу является устройство санитарно-защитных зон и очистка выбросов от вредных примесей.

- На литосферу влияют твердые отходы полученные в результате резки металла и конструкций, а также огарки сварочной проволоки, которые утилизированы с нарушением требований по переработки. Отравление почвы легирующими элементами может привести к непригодности жизни живых организмов. Для защиты от негативного влияния необходимо тщательная уборка и дальнейшая сдача на переработку всех металлосодержащих отходов.

- На гидросферу оказывают влияние абразивные частицы, используемые в станках гидроабразивной резки, а также не правильной утилизацией металлических и неметаллических отходов. Для исключения загрязнения гидросферы, необходимо сделать рабочий контур гидроабразивного станка замкнутым, то есть вся рабочая жидкость остается внутри контура и

никуда не уходит. А металлические и неметаллические отходы необходимо утилизировать по средствам переплавки.

## **5.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Для данного технологического процесса возможны следующие чрезвычайные ситуации:

### **5.7.1 Поражение электрическим током.**

Поражение электрическим током может быть вызвано оголенными проводами, из-за изношенной изоляции, отсутствия заземления, неисправное сварочное оборудование. Для предотвращения ЧС следует соблюдать ряд правил:

- Допускать к эксплуатации оборудование, которое прошло проверку.
- Своевременно проводить осмотр и ремонт.
- Не допускать до работы персонал не прошедший инструктаж.
- Работы с подключением и отключением оборудования должен проводить квалифицированный электрик.
- При выводе оборудования в ремонт, необходимо сделать открытый разрыв электросети и повесить табличку «Не включать работают люди».
- В начале каждой смены производить осмотр на наличие неисправностей.
- Эксплуатацию оборудования производить только по инструкции.

В случае возникновения поражения электрическим током работника необходимо:

- Обесточить участок сети или цех, посредством отключение автоматом энергопитания.
- Оказать первую медицинскую помощь пострадавшему.

- Вызвать скорую помощь, указав свою фамилию, адрес и место происшествия.
- Оповестить начальника цеха о случившемся происшествии и вызванной скорой помощи.
- Обеспечить короткий путь для бригады скорой помощи.
- В случае летального исхода, постараться сохранить все рабочее место в целостности до приезда следственной группы и установления всех деталей произошедшего. При этом менять и трогать ничего нельзя.

### **5.7.2 Пожар**

Пожар — это неконтролируемое распространение огня. Пожар может возникнуть из-за нарушения техники безопасности при работе с огнем или другими искрообразующими инструментами. Так, в технологическом процессе используется сварка и газовая печь, необходимо уделить большое внимание предотвращению данному ЧС, для этого необходимо:

- Провести инструктаж по пожарной безопасности.
- Снабдить определенным и безопасными местами для курения персонала.
- Тщательно проверит рабочее место на отсутствие легковоспламеняющихся и горючих материалов (ветоши, тряпок).
- Убедиться и знать где находятся средства пожаротушения (огнетушитель, асбестовое полотно, песок).
- Проводить подготовку перед началом огнеопасных работ.
- По окончании огнеопасных работ проверять место работ на предмет горения или тления в течении 3 часов.
- Обеспечить наличие плана эвакуации помещений.

В случае обнаружения возгорания необходимо:

- Первый заметивший окликом информирует о возгорании рядом находящихся людей.
- Позвонить в пожарную часть назвать свою фамилию, объяснить где горит и что горит.
- Оповестить начальника цеха о возгорании, уточнить, что пожарную бригаду уже вызвал.
- Оценить возможность произвести тушение пожара подручными средствами или средствами пожаротушения. Если самому произвести тушение невозможно, то необходимо покинуть зону и двигаться до пункта сбора. Покидать помещение необходимо на расстоянии не менее 2м от стен.
- Ожидать приезда пожарного расчета, при необходимости показать место.

### **Вывод по разделу**

Практическая значимость полученных результатов раздела «Социальная ответственность» имеет достаточное обоснование, так как при проведении работы были использованы нормативные документы, действующие стандарты и инструкции. В этом разделе получили результаты загрязнения окружающей среды и необходимости их устранения по средству отчистки, переработки и уменьшения их выделения. Внедрение данных рекомендаций целесообразно на предприятиях осуществляющих технологическую сборку и сварку сепараторов.

## **Заключение**

В выпускной квалификационной работе была разработана технология сборки и сварки металлической конструкции сепаратора. Конструкция была изготовлена из стали 04X18H10, а также были показаны расчеты параметров сварки. Выполненные расчеты по подбору толщины стали всех элементов показывают, что имеется большой запас по толщине металла в соотношении максимального рабочего давления.

В ходе разработки технологий было подобрано оборудование для основных и вспомогательных операций необходимых для производства полностью готового агрегата. Так как наша конструкция является габаритной, то была выбрана механизированная и автоматическая сварка. Также были разработаны рекомендации по защите персонала от несчастных случаев и экологии от различных вредных выбросов.

Из показателей экономической оценки инвестиций, сравнив значение интегральных показателей эффективности, можно сделать вывод, что реализация технологии является эффективным вариантом решения поставленных задач.

### **Список используемых источников**

1. ГОСТ 2222-95 – Метанол технический.
2. ASTM A240 – Международный стандарт для плоского проката из жаропрочной, хромистой, хромоникелевой нержавеющей стали для сосудов высокого давления и общего применения.
3. ГОСТ 5632-2014 – Нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные.
4. ГОСТ 7350-77 – Сталь толстолистовая коррозионно-стойкая, жаростойкая, жаропрочная.
5. ГОСТ 19903-2015 – Прокат листовой горячекатаный. Сортамент.
6. ГОСТ 6533-78 – Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов.
7. ГОСТ 9940-81 – Трубы бесшовные горячедеформированные из коррозионно-стойкой стали.
8. ГОСТ 9941-81 – Трубы бесшовные холодно- и теплодеформированные из коррозионно-стойкой стали.
9. ГОСТ 14249-89 – Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
10. ГОСТ 32388-2013 – Трубопроводы технические. Нормы и методы расчета на прочность, вибрацию и сейсмические воздействия.
11. ГОСТ 14771-76 – Дуговая сварка в защитном газе.
12. ГОСТ 2246-70 – Проволока стальная сварочная.
13. ГОСТ 885-77 – Сверла спиральные. Диаметры.
14. Приказ Ростехнадзора от 11.12.2020 N519 – Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Требования к производству сварочных работ на опасных производственных объектах».
15. ГОСТ 3242-79 – Соединения сварные. Методы контроля качества.
16. РД 03-606-03 – Инструкция по визуальному и измерительному контролю.

17. ГОСТ 18442-80 – Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования.
18. ГОСТ Р 55724-2013 – Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
19. ФЗ N125 от 24.07.1998 – Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.
20. ГОСТ 12.0.003-2015 – Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
21. СанПиН 2.2.4.548-96 – Сация неблагоприятного воздействия одного параметра микроклимата изменением другого, спецодежда и другие средства индивидуальной защиты, помещения для отдыха и обогрева, регламентация времени работы, в частности перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, уменьшение стажа работы и др.
22. СНиП 23-03-2003 – Защита от шума. Система кондиционирования воздуха этих объектов, центральные тепловые пункты, хозяйственные дворы магазинов, спортивные и игровые площадки, стройплощадки и др.
23. СП 52.13330.2016 – Естественное и искусственное освещение.
24. Николаев Г.А., Куркин С.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Прочность сварных соединений и деформации конструкции / Дубровский А.В., Аношина К.И. – Москва, «Высшая школа», 1982. – 272стр.
25. Масаков В.В., Масакова Н.И., Мельзитдинова А.В. Сварка нержавеющей сталей / Масаков В.В., Масакова Н.И., Мельзитдинова А.В. – Тольятти, «ТГУ», 2011. – 184стр.
26. ГОСТ 16037-80 – Соединения сварных стальных трубопроводов.
27. Бабенко Э.Г., Казанова Н.П. Расчет режимов электрической сварки и наплавки / Бабенко Э.Г., Казанова Н.П. – Хабаровск, 1999. – 54стр.
28. ТУ2114-003-49632579-2009 – Смеси газовые сварочные.
29. Чебан В.А. Сварочные работы / Изд. 8-ое – Ростов н/Д, «Феникс», 2011. – 412стр.

30. Катаев Р.Ф., Расчет основных параметров режима механизированной дуговой сварки плавящимся электродом / Шалимов М.П. – Екатеринбург «УГТУ-УПИ», 2009. – 37стр.
31. Куликов В.П., Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки / Куликов В.П., Червинская А.Т., Полевничая А.П. – Могилев, «Белорусско-Российский университет», 2015. – 19стр.
32. Патон Б.Е. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. // Москва, «Машиностроение», 1974. – 456стр.
33. СП 53-101-98 – Изготовление и контроль качества стальных строительных конструкций.

















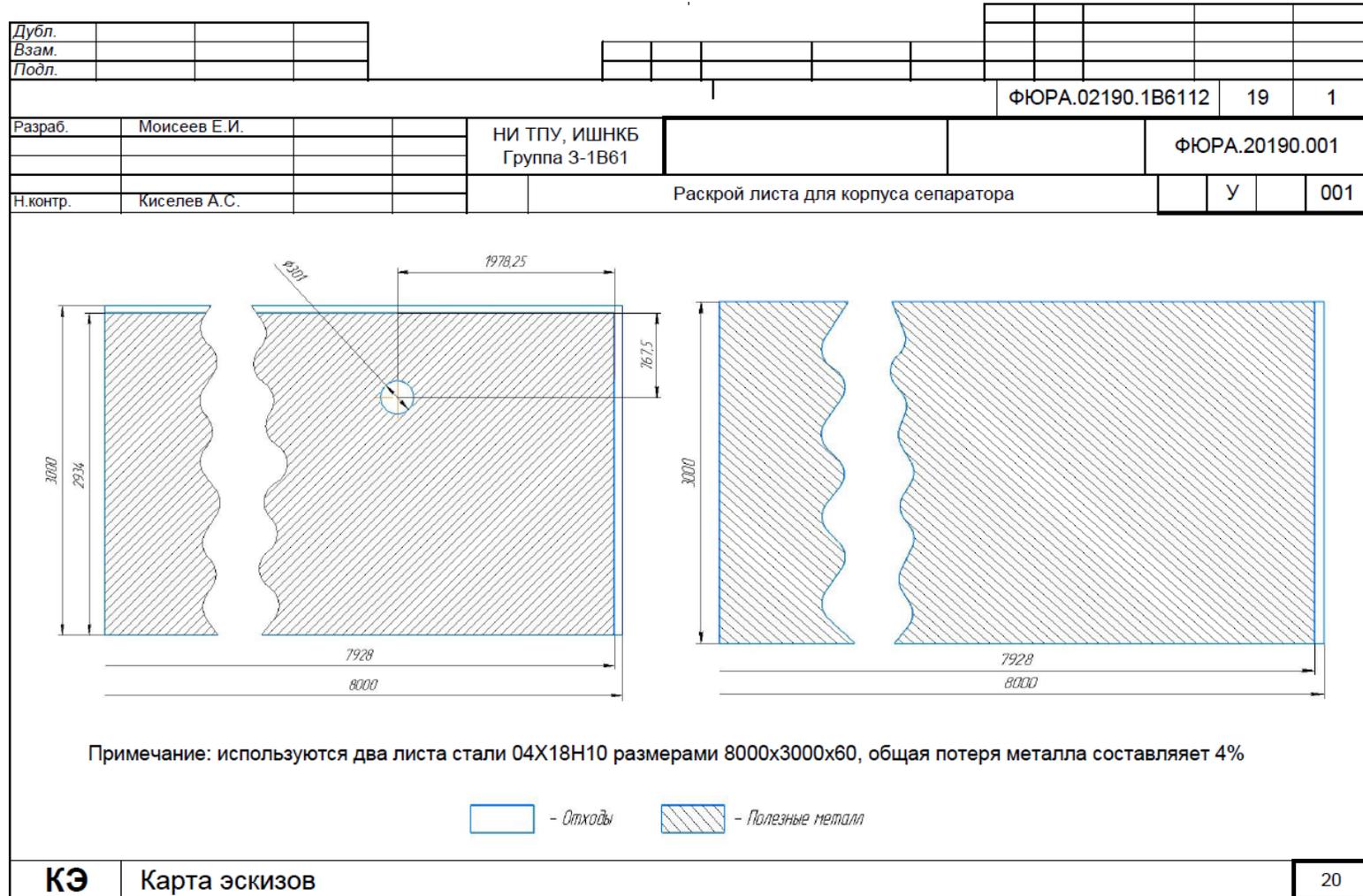




# Приложение Г

(обязательное)

## Карта эскизов





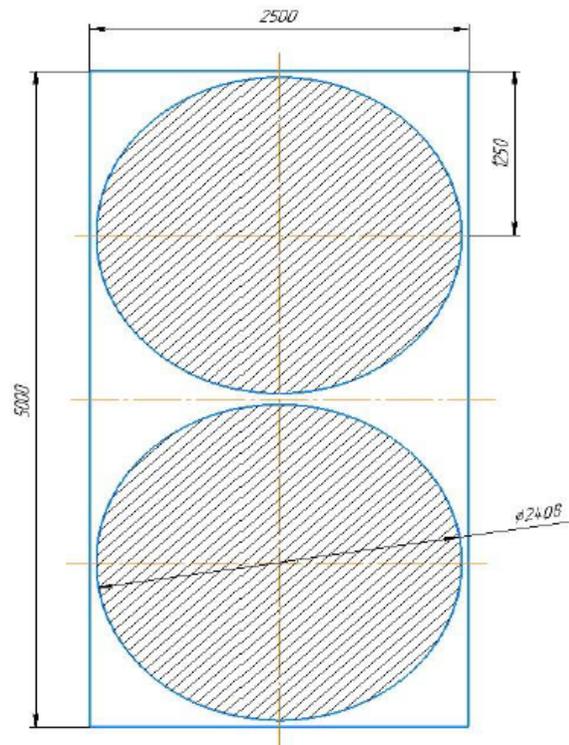






Дубл.			
Взам.			
Подл.			


				ФЮРА.02190.1В6112		19	6
Разраб.	Моисеев Е.И.			НИ ТПУ, ИШНКБ			ФЮРА.20190.006
				Группа 3-1В61			
Н.контр.	Киселев А.С.	Раскрой листа для трубной решетки				У	001



Примечание: используется лист стали 04X18Н10 размерами 5000x2500x60, общая потеря металла составляет 28%



- Отходы



- Полезные металлы

**КЭ**

Карта эскизов

20









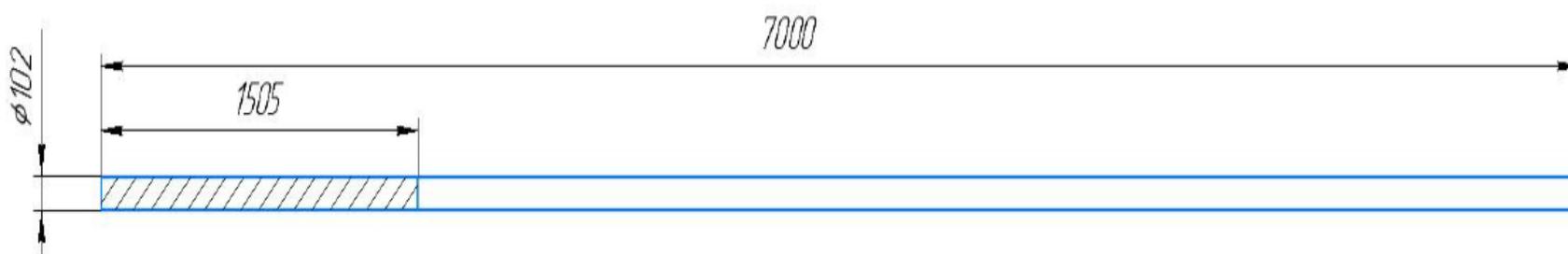


Дубл.			
Взам.			
Подл.			

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

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

				ФЮРА.02190.1В6112				19	12
Разраб.	Моисеев Е.И.			НИ ТПУ, ИШНКБ			ФЮРА.20190.0012		
				Группа 3-1В61					
Н.контр.	Киселев А.С.			Раскрой трубы для выходной трубы метанола-сырца				У	001



Примечание: используются трубы 04X18H10 размерами 102x7000x4, общая потеря металла составляет 79%

Так как отходы составляют большую часть трубы, согласно расчетам, меньшую толщину стенки взять не можем,

а согласно ГОСТ других длин под заданные размеры не производят. Поэтому есть два вариант выхода из этой ситуации:

Так как отходы составляют большую часть трубы, согласно расчетам, Поэтому есть два вариант выхода из этой ситуации:

1. Оставшуюся часть трубы продать заказчику, так как она потребуется для дальнейшего использования в проекте.
2. Договориться с производителем труб и сделать трубу не по ГОСТ.

 - Отходы       - Полезные металлы

КЭ

Карта эскизов

20

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

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

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

ФЮРА.02190.1В6112 19 13

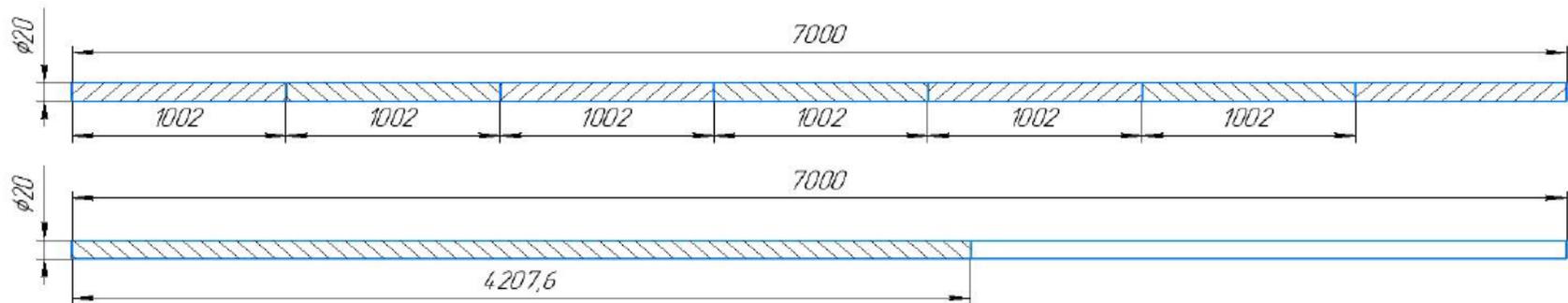
Разраб.	Моисеев Е.И.		
Н.контр.	Киселев А.С.		

НИ ТПУ, ИШНКБ  
Группа 3-1В61

ФЮРА.20190.0013

Раскрой труб обязывающего оборудования

У 001



Примечание: используются трубы 04X18Н10 размерами 20x7000x0,8, общая потеря металла составляет 20%

 - Отходы  - Полезные металл

**КЭ**

Карта эскизов

20









Дубл.			
Взам.			
Подл.			

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

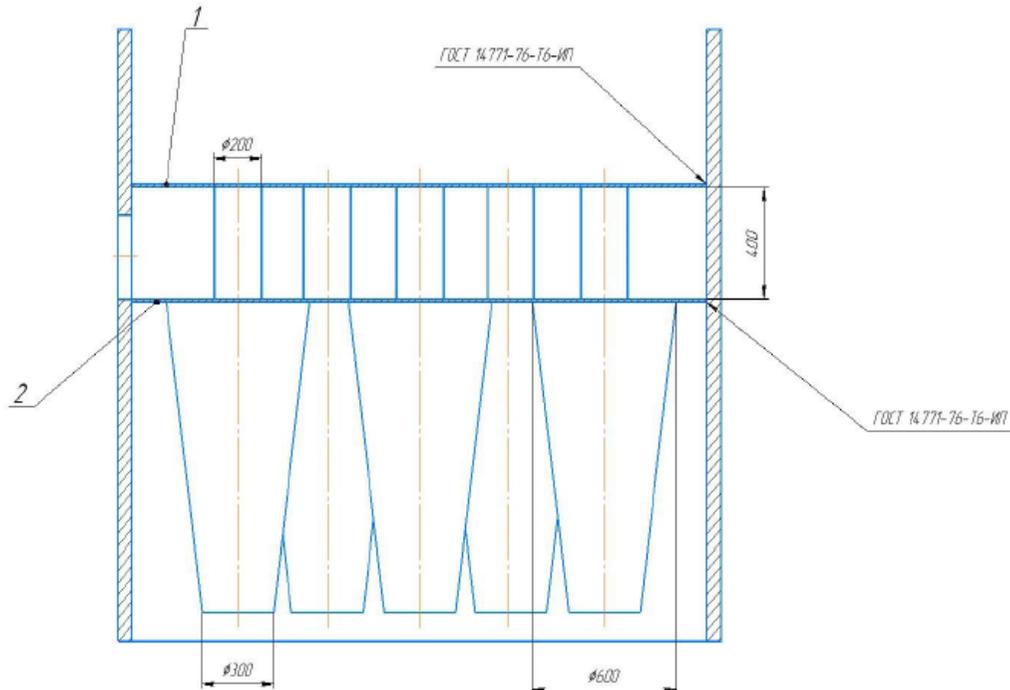
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА.00000.00015

ФЮРА.02190.1В6112

ФЮРА.20190.0018

18



№	Позиция	Комментарий
1	1	Верхняя трубная решетка
2	2	Нижняя трубная решетка

**КЭ**

Карта эскизов

20

