Бланк на обложку ВКР

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»
ДЗЕРЖИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

_____Галкин Сергей Алексеевич_____
(фамилия, имя, отчество)

Факультет _____Инженерно-технологический_____

Кафедра Технологическое оборудование и транспортные системы

Группа_____16-ТМО_____

Дата защиты «____»_____

Индекс

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»
(НГТУ)
ДЗЕРЖИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет Инженерно-технологический
Направление подготовки (специальность) 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»,
Направленность (профиль) образовательной программы «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств»
Кафедра Технологическое оборудование и транспортные системы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

бакалавра
(бакалавра, магистра, специалиста)

Студента Галкина Сергея Алексеевича группы 16-ТМО
(Ф.И.О.)
на тему Разработка роторно-пленочного испарителя для регенерации отработанного моноэтаноламина

СТУДЕНТ:
_____ Галкин С.А.
(подпись) (фамилия, и., о.)
30.06.2020
(дата)

РУКОВОДИТЕЛЬ:
_____ Суханов Д.Е.
(подпись) (фамилия, и., о.)
_____
(дата)

РЕЦЕНЗЕНТ:
_____ _____
(подпись) (фамилия, и., о.)
_____
(дата)

ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ
Диков В.А._____
(подпись)
_____
(дата)

КОНСУЛЬТАНТЫ:
1. По разделу «Экономика и организация производства»
_____ Куфтырева Н.А.
(подпись) (фамилия, и., о.)
_____
(дата)

2. По разделу «Безопасность и экологичность проекта»
_____ Постникова И.Н.
(подпись) (фамилия, и., о.)
_____
(дата)

3. По _____
_____ _____
(подпись) (фамилия, и., о.)
_____
(дата)

ВКР защищена _____
(дата)
протокол № _____
с оценкой _____

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»
(НГТУ)
ДЗЕРЖИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра __Технологическое оборудование и транспортные системы_

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой
_____ В.А. Диков
«___» _____ 20___ г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

по направлению подготовки (специальности) 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», направленность образовательной программы «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств» _____

студенту_____Галкину Сергею Алексеевичу_____группы_16-ТМО_____
(Ф.И.О.)

1. Тема ВКР__Разработка роторно-пленочного испарителя для регенерации отработанного моноэтаноламина_____
(утверждена приказом по вузу от 30.04.2020г № 95/5)

2. Срок сдачи студентом законченной работы 29.06.2020г_____

3. Исходные данные к работе Производительность аппарата по исходной смеси – 160 кг/ч. Давление в аппарате – 200 мбар.

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень вопросов, подлежащих разработке)
Ведение; 1 Характеристика вопроса по литературным и производственным данным и производственным данным. Технико-экономическое обоснование проекта; 2 Описание технологии производства и конструкций разрабатываемого аппарата; 3 Расчет роторно-пленочного испарителя; 4 Подбор насосно-компрессорного, теплообменного и вспомогательного оборудование; 5 Технология изготовления детали; 6. Монтаж аппарата; 7 Ремонт роторно-пленочного испарителя; 8. Безопасность и экологичность проектных решений; 9 Организация и экономика производства; Выводы; Список литературных источников; Приложения

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)
Технологическая схема; Чертеж расположения оборудования; Чертеж общего вида; Чертежи сборочных единиц; Чертежи технически сложных деталей; Технологическая карта изготовления детали; Таблица технико-экономических показателей.

6. Консультанты по ВКР (с указанием относящихся к ним разделов)

Консультант по разделу «Экономика и организация производства» доцент ДПИ НГТУ Куфтырева Наталья Александровна.

Консультант по разделу «Безопасность и экологичность проекта» доцент ДПИ НГТУ Постникова Ирина Николаевна.

Нормоконтроль доцент ДПИ НГТУ Балахнин Игорь Александрович

7. Дата выдачи задания 30.04.2020 г.

Код и содержание Компетенции	**Задание**	**Проектируемый результат**	**Отметка о выполнении**
ПК-5 – способность принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования	Определить габаритные размеры аппарата (машины), ее технологические, энергетические и функциональные показатели Рассчитать элементы аппарата (машины) на прочность в соответствии с рабочими условиями, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования	Раздел пояснительной записки (ПЗ) «Расчеты машины (аппарата)», чертежи общих видов проектируемой машины (аппарата), сборочные чертежи узлов, чертежи деталей	
ПК-6 – способность разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	Оформить пояснительную записку и графическую часть к выпускной работе в соответствии со стандартами ЕСКД и требованиями к ВКР НГТУ	Пояснительная записка и графическая часть к ВКР	
ПК-7 – умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений	Выполнить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений	Подраздел ПЗ «Технико-экономическое обоснование выбора проектных решений»	
ПК-10 – способность обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий	Разработать технологию изготовления детали согласно задания в том числе маршрутную карту изготовления детали	Раздел ПЗ «Технология изготовления детали», чертеж – технологическая карта изготовления детали	
ПК-11 – способность проектировать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование	Выполнить описание технологической схемы и конструкции проектируемого оборудования Разработать чертеж расположения оборудования	Раздел ПЗ «Описание технологии производства и конструкции разрабатываемой машины (аппарата)» Чертеж расположения оборудования	

ПК-12 – способность 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	Подобрать технологическое оборудование для изготовления детали, выполнить выбор заготовки, определить припуски на обработку и размеры заготовки, определить режимы обработки для технологических операций, рассчитать время на обработку. Предусмотреть комплекс монтажных работ проектируемого оборудования на площадке эксплуатирующей организации	Разделы ПЗ «Технология изготовления детали», «Монтаж машины (аппарата)»	
ПК-13 – умение проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования	Предусмотреть комплекс ремонтных работ и мероприятий по обслуживанию оборудования, дать рекомендации по периодичности технического освидетельствования	Раздел ПЗ «Ремонт машины (аппарата)»	
ПК-14 – умение проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ	Описать виды производственных опасностей и способов защиты обслуживающего персонала	Раздел ПЗ «Безопасность и экологичность проектных решений»	
ПК-15 – умение выбирать основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении технологических машин	Произвести аргументированный выбор конструкционных материалов на основе анализа агрессивного воздействия среды	Раздел ПЗ «Описание технологии производства и конструкции разрабатываемой машины (аппарата)» (подраздел «Выбор конструкционных материалов»)	
ПК-16 – умение применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий	Правильно выбрать расчетные показатели для выполнения прочностного расчета исходя из физико-химических свойств конструкционных материалов и сплавов, с учетом их состава	Раздел ПЗ «Расчеты машины (аппарата)», (подраздел «Прочностной расчет»), раздел ПЗ «Описание технологии производства и конструкции разрабатываемой машины (аппарата)» (подраздел «Выбор конструкционных материалов»)	
ПСК-1 – способность обеспечивать работы по монтажу, ремонту, испытаниям технологического оборудования химических и нефтехимических производств, составлять заявки на оборудование и запасные части, подготавливать техническую документацию на ремонт химического и нефтехимического оборудования	Предусмотреть комплекс работ по монтажу, ремонту и вводу в эксплуатацию проектируемого химического и нефтехимического оборудования на площадке эксплуатирующей организации	Разделы ПЗ «Монтаж машины (аппарата)», «Ремонт машины (аппарата)»	
ПСК-2 – способность участвовать в работах по расчетам и проектированию нового и модернизируемого технологического оборудования химических и нефтехимических производств	Определить габаритные размеры вновь проектируемого аппарата (машины), технологические, энергетические и функциональные показатели, или привязку модернизируемых узлов к существующей конструкции, рассчитать элементы аппарата (машины) на прочность в соответствии с рабочими условиями	Раздел пояснительной записки (ПЗ) «Расчеты машины (аппарата)», чертежи общих видов проектируемой машины (аппарата), сборочные чертежи узлов, чертежи деталей	

ПСК-3 – способность выполнять расчеты технологического оборудования и обеспечивать оптимальное управление его работой на основе понимания сущности процессов в химико-технологических системах	Описать режимные и технологические параметры, оказывающие влияние на достижение требуемого качества выпускаемой продукции, дать точки контроля на технологической схеме производства	Раздел ПЗ «Описание технологии производства и конструкции разрабатываемой машины (аппарата)» (подраздел «Описание технологии производства»), чертеж – технологическая схема производства	
ПСК-4 – способность рационально подбирать гидравлическое, электротехническое, емкостное и другое вспомогательное химическое и нефтехимическое оборудование для обеспечения высоких технологических показателей и требуемого качества продукции	Осуществить подбор и расчет основных показателей вспомогательного оборудования	Раздел ПЗ «Подбор насосно-компрессорного, теплообменного и вспомогательного оборудования»	
ПСК-6 – умение выполнять ориентировочные технико-экономические расчеты, определять себестоимость продукции, проводить анализ и оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений, рассчитывать затраты на доставку и монтаж химического оборудования	Выполнить ориентировочные технико-экономические расчеты, определить себестоимость продукции, рассчитать затраты на доставку и монтаж химического оборудования, привести сравнительную таблицу технико-экономических показателей	Раздел ПЗ «Организация и экономика производства», таблица технико-экономических показателей	

Руководитель ____Суханов Д.Е.____ / _____ /
(подпись)

Задание принял к исполнению 30.04.2020
(дата)

Студент ____Галкин С.А._____ / _____ /
(подпись)

Примечания:

1. Это задание прилагается к законченной работе и в составе пояснительной записки предоставляется в ГЭК.

2. До начала консультаций студент должен составить и утвердить у руководителя календарный график работы на весь период выполнения ВКР (с указанием сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов).

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»
(НГТУ)
ДЗЕРЖИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

АННОТАЦИЯ
к выпускной квалификационной работе

по направлению подготовки (специальности) 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

студента Галкин С.А. группы 16-ТМО
(Ф.И.О.)

по теме Разработка роторно-пленочного испарителя для регенерации отработанного моноэтаноламина

Выпускная квалификационная работа выполнена на 139 страницах, содержит 2 диаграммы, 29 таблиц, библиографический список из 64 источников, 7 приложений.

Актуальность: Актуально для химических производств диоксида углерода

Объект исследования: Блок регенерации МЭА

Предмет исследования Роторно-пленочный испаритель

Цель исследования: Разработка аппарата для регенерации отработанного МЭА

Задачи исследования: Разработка не типовой конструкции роторно-пленочного испарителя для регенерации МЭА

Методы исследования: опытно-статистический

Структура работы: Ведение; 1 Характеристика вопроса по литературным и производственным данным и производственным данным. Технико-экономическое обоснование проекта; 2 Описание технологии производства и конструкций разрабатываемого аппарата; 3 Расчет роторно-пленочного испарителя; 4 Подбор насосно-компрессорного, теплообменного и вспомогательного оборудование; 5 Технология изготовления детали; 6. Монтаж аппарата; 7 Ремонт роторно-пленочного испарителя; 8. Безопасность и экологичность проектных решений; 9 Организация и экономика производства; Выводы; Список литературных источников; Приложения

Во введении… Отражена необходимость и значение производимой продукции

В разделе «Характеристика вопроса по литературным и производственным данным. Технико-экономическое обоснование выбора проектных решений» Были описаны все типовые аппараты, проведен анализ и выбор разрабатываемого аппарата

В разделе «Описание технологии производства и конструкции разрабатываемой машины (аппарата)» Описана технологическая схема производства. Выбраны материалы для изготовления

В разделе «Расчеты машины (аппарата)» были произведены расчеты основных характеристик аппарата, а также прочностные и энергетические расчеты

В разделе «Подбор насосно-компрессорного, теплообменного и вспомогательного оборудования» Был произведен расчет и подбор стандартного теплообменного, насосного и емкостного оборудования

В разделе «Технология изготовления детали» Определены параметры изготовления центробежного колеса

В разделах «Монтаж машины (аппарата)» и «Ремонт машины (аппарата)» Описаны процедуры по ремонту и монтажу роторно-пленочного испарителя

В разделах «Безопасность и экологичность проектных решений» и «Организация и экономика производства Приведены опасные вещества и факторы, присущие данному производству и описаны методы предосторожности

В заключении…описаны достигнутые результаты

Выводы:

1. Разработан роторно-пленочный испаритель для регенерации МЭА

2. Регенерации МЭА протекает в устойчивом температурном диапазоне

Рекомендации:

1.

2.

_____/ Галкин С.А.

подпись студента /расшифровка подписи

«30» 04 20 20 г.

Содержание

Ведение 4

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ВОПРОСА ПО ЛИТЕРАТУРНЫМ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ДАННЫМ. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ 5

1.1 Сведения о сырье, реагентах и продуктах 5

1.2 Общая характеристика производства 8

1.3 Обзор действующей схемы, описание недостатков 9

1.4 Аналитический обзор испарительных аппаратов 10

1.5 Аналитический обзор конструкций теплообменных аппаратов 16

1.6 Технико-экономическое обоснование проектных решений 18

2 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА. КОНСТРУКЦИЯ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО АППАРАТА 21

2.1 Описание технологической стадии производства 21

2.3 Устройство и принцип работы роторно-пленочного испарителя 23

2.3 Выбор конструкционных материалов 25

3 РАСЧЕТ РОТОРНО-ПЛЕНОЧНОГО ИСПАРИТЕЛЯ 26

3.1 Расчет в Aspen ONE 26

3.2 Технологический расчет 29

3.3 Энергетический расчет 37

3.4 Прочностной расчет основных элементов аппарата 39

4 ПОДБОР НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО, ТЕПЛООБМЕННОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ 50

4.1 Теплообменное оборудование 50

4.2 Насосное оборудование 50

4.3 Емкостное оборудование 52

5. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ 53

5.1 Определение типа производства и формы организации работ 53
5.2 Выбор вида заготовки и определение припусков на обработку . 53
5.3 Выбор технологических баз 54
5.4 Установление плана и методов обработки 54
5.5 Выбор оборудования, приспособлений и инструментов 55
5.6 Определение режимов резания 55
5.7 Расчет норм времени 58
6. МОНТАЖ РОТОРНО-ПЛЕНОЧНОГО ИСПАРИТЕЛЯ 61
6.1 Порядок приемки оборудования в монтаж 61
6.2 Описание технологии монтажа и выверки РПИ 62
7 РЕМОНТ РОТОРНО-ПЛЕНОЧНОГО ИСПАРИТЕЛЯ 65
7.1 Годовой график ТО и ремонта оборудования 65
7.2 Перечень работ при ТоиР 65
7.3 Ремонт аппарата 68
8. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ 72
8.1 Вредные и опасные производственные факторы 72
8.2 Санитарно – гигиенические мероприятия 72
8.3 Электробезопасность. Защита от статического электричества. Молниезащита 81
8.4 Пожарная безопасность 83
8.5 Основные требования безопасности к проектируемому оборудованию 84
8.6 Экологичность проекта 90
8.7 Безопасность в условиях чрезвычайных ситуаций 91
8.8 Заключение 94
9 ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА 95
9.1 Организационная часть 95
9.2 Организация ремонта оборудования 96
9.3 Экономическая часть 98

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 110
СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ 111
Приложение А. Опись чертежей 115
Приложение Б. Роторно-пленочный испаритель. Спецификация 116
Приложение В. Ротор. Спецификация 117
Приложение Г. Опора мотор-редуктора. Спецификация 118
Приложение Д. Ролик. Спецификация 119
Приложение Е. Отчет из пассата 120
Приложение Ж. Расчет теплообменного оборудования «Ридан» 133

ВВЕДЕНИЕ

В настоящие время современная нефтехимическая промышленность, перерабатывает значительные количество природных ресурсов в готовую продукцию, производя значительное количество отходов. Одним из таких является дымовой газ, который наносит экологический ущерб, а именно содержанием в нем такого вещества как диоксид углерода (CO_2). Соответственно, главной задачей на сегодняшний день является снижение ресурсоёмкости и уменьшение отходов, как в рамках решения проблем вредных выбросов и рационального природопользования, так и для повышения экономической эффективности предприятий.

Одним из таких предприятий по переработке дымовых газов в углекислоту и сухой лед является ООО ЦНТ «Реал Инвест». Метод очистки, который использует компания, довольно распространённый как в России, так и за рубежом, а именно абсорбция углекислого газа раствором МЭА. Схемы массообменной аппаратуры доведены до совершенства, а вот процесс регенерации МЭА, после его долгой эксплуатации в этом оборудовании, остается на том же уровне, что и в первоначальных схемах. Восстановление происходит в рекуператоре. Данный метод имеет значительный недостаток: высокая энергоэффективность.

Для решений проблемы эффективного регенерированные отработанного МЭА компания ООО ЦНТ «Реал Инвест» обратилась за разработкой блока регенерации в ДПИ НГТУ. Производительность блока регенерации по сырью должна составлять 1,325 тыс.т/год.

Процесс регенерации предполагается проводить в роторно-пленочном испарителе с использованием специально подобранного температурного режима, позволяющего эффективно восстанавливать отработанный МЭА. В связи с наращиванием мощности по производству углекислоты и сухого льда в работе предлагается произвести установку блока регенерации МЭА, оснащённого роторно-пленочным испарителем,

Задачей выпускной работы является разработка роторно-пленочного испарителя низкого давления блока регенерации МЭА.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ВОПРОСА ПО ЛИТЕРАТУРНЫМ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ДАННЫМ. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

1.1 Сведения о сырье, реагентах и продуктах

В настоящее время все большее количество отходящих технологических газов содержит т.н. «парниковые» компоненты, в частности, диоксид углерода. Содержание этого вещества в газах различных производств изменяется в широких пределах от сотых до процентов. Диоксид углерода в присутствии воды образует кислоты, которые вызывают электрохимическую и химическую коррозию металлов. Присутствие большого количества диоксида углерода в газе значительно снижает его теплоту сгорания. Кроме всего прочего, негативное влияние диоксида углерода на климат Земли уже давно не вызывает сомнений. Эти причины привели к разработке и промышленной реализации множества способов очистки технологических отходящих газов от него [1].

По способу очистки газа от диоксида углерода, можно выделить две основные группы:

– сухая очистка, при которой диоксид углерода извлекается путем пропускания газа через слои твердых поглотительных масс (адсорбент);

– мокрая газоочистка, осуществляется путем промывки газа теми или иными поглотительными растворами (абсорбентами).

В России и в зарубежной практике, для очистки газа от диоксида углерода более широко распространен второй способ, абсорбционная технология извлечения CO_2 с применением аминов. Основными достоинствами этой технологии являются:

– высокая и надежная степень очистки газа независимо от парциального давления углекислоты;

– низкая вязкость водных поглотительных растворов;

– легкость регенерации загрязненных растворов;

– низкая стоимость абсорбента;

– низкая абсорбция углеводородов, что гарантирует высокое качество извлеченных кислых газов.

Очистка газов растворами этаноламинов является типичным процессом хемосорбции, широко распространенным в настоящее время в промышленности. Изучению этого процесса посвящено много работ, однако

и в настоящее время продолжаются исследования с целью его усовершенствования и интенсификации.

Но использование аминовых растворов в процессах очистки имеет и ряд недостатков, основными из которых являются:

– высокая коррозионная активность рабочего раствора;

– смолообразование;

–уменьшение с течением времени его поглотительной способности [1].

В качестве абсорбента применяются водные растворы аминов: диэтаноламина, моноэтаноламина, дигликольамина, метилдиэтаноламина, диизопропаноламина и т.д.

Физико-химические свойства этаноламинов приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1 - Физико-химические свойства этаноламинов

Наименование показателей	Моноэтаноламин	Диаэтаноламин	Триэтаноламин
Молекулярная масса	61	105	149
Плотность при 20 ^{0}С впределах, г/см^3	1,015-1,018	1,094-1,110	1,095-1,135
Температура кипения,^{0}С	104	125	157
Показатель преломления	1,4538	1,4776	1,4852
Вязкость при 60^{0}С,10^{6}Пас	312	483	771
Теплота испарения, при10 ^{0}С, ккал/кг	196	139	115
Теплота образования, ккал/моль	65	112,6	159,5
Молекулярная рефракция	16,2	27,3	38,1
Зависимость плотности от температуры	-	1,1135-0,0007318t	1,1366-0,000617t

Этаноламин или оксиэтиламин — относится к аминам гликолей неполного замещения или гидраминам. Получается при действии аммиака на хлоргидрин этиленгликоля CH2ClCH2OH, при чем получаются еще диэтаноламин (C2H5O)2NH и NH4Cl с МЭА получается еще при действии концентрированного аммиака на окись этилена C2H4O, при чем вместе с МЭА образуется (C2H5O)2NH и третичный амин (C2H5O)3N — триэтаноламин. В этом случае смесь выпаривают на водяной бане, нейтрализуют соляной кислотой и обрабатывают безводным спиртом. Хлористо-водородная соль третичного основания остается нерастворимой, а в спиртовой фильтрат прибавляют PtCl4 и небольшое количество эфира. Сначала осаждается двойная соль вторичного основания в виде ромбических призм, при большем же прибавлении эфира — соль первичного основания, т. е. Э. в виде листочков (Wurtz). Кроме того, МЭА получается при нагревании (200—220°) в продолжение трех часов 10 грамм бромэтилфалимида C8H4O2.N.CH2CH2Br с 14 куб. см серной кислоты и 28 куб. см воды (Gabriel). Азотнокислая соль МЭА образуется при выпаривании виниламина с азотной кислотой (Gabriel) или же при продолжительном нагревании бромистого бромэтиламина CH2Br-CH2-NH2-HBr с азотнокислым серебром.

При эксплуатации раствора моноэтаноламина его качество постепенно ухудшается и поглотительные свойства снижаются, что обусловлено накоплением примесей и термостабильных солей. Часть примесей – это смолы, образованные при окислении моноэтаноламина воздухом. Имеются также механические примеси, вызванные коррозионным воздействием раствора на металл оборудования и трубопроводов.

Таблица 1.2 - Требования и нормы моноэтаноламина технического

Наименование показателей	Норма	
	Высший сорт	Первый сорт
1 Массовая доля моноэтаноламина, % не менее	98,8	98
2 Массовая доля диэтаноламина, % не более	0,6	1
3 Массовая доля воды, % не более	0,6	1
4 Цветность в единицах Хазена, не более	50	-
5.Плотность при 20ОС, г/см3	1,015-1,018	1,015-1,018

На действующем производстве ЗАО ЦНТ «Реал-Инвест» углекислый газ извлекается из потока отходящих дымовых газов, поступающих с

теплоэнергогенераторов – газопоршневых установок. Таким образом, происходит практически полная утилизация ценного компонента и очистка газовых выбросов производства от парниковых составляющих.

1.2 Общая характеристика производства

В России ведущее место занимает процесс моноэтаноламиновой (МЭА) очистки, который отличается высокой поглотительной способностью и возможностью проведения глубокой очистки при сравнительно невысоких расходах реагента.

Традиционная схема очистки газа с регенерацией моноэтаноламина приведена на рисунке 1.1 [1].

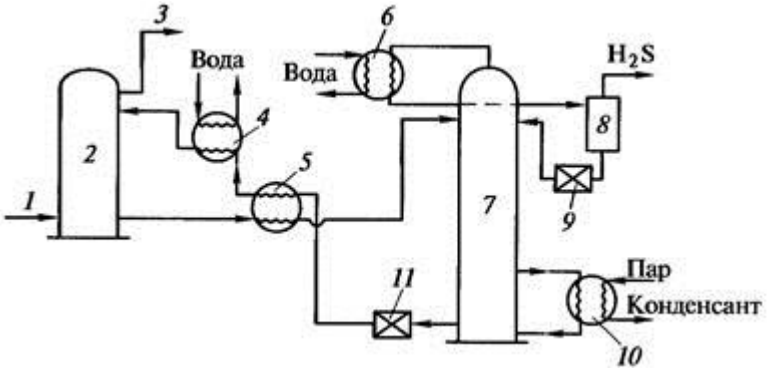


Рисунок 1.1. Традиционный процесс очистки газа с регенерацией МЭА.
1, 3 – газопроводы; 2 – абсорбер; 4, 6 – холодильники; 5 – теплообменник; 7 – выпарная колонна; 8 – сепаратор; 9, 11 – насосы; 10 – кипятильник

При очистке газов МЭА неочищенные газы поступают по газопроводу 1, проходят по абсорбере 2 снизу-вверх, контактируют со встречным потоком моноэтаноламина, поступающего из тарелки сверху-вниз, освобождаются от углекислого газа и уходят в газопровод 3. Продукты химического соединения МЭА с CO2 проходят через теплообменник 5 и поступают в выпарную колонну 7, где подогреваются. Кроме того, дополнительный подогрев проводится в кипятильнике 10. Здесь при температуре около 100°С реакция протекает в обратном направлении с регенерацией МЭА и выделением CO_2, которые содержат в себе пары МЭА. В холодильнике 6 эти пары смеси охлаждаются и в сепараторе 8 разделяются на газы и конденсат. Конденсат забирается насосом 9 и направляется в выпарную колонну 7, а газы идут на дальнейшую переработку для получения серы, серной кислоты или обезвреживаются (сжижаются). Регенерированный раствор

моноэтаноламинов из нижней части выпарной колонны 7 насосом 11 подается снова в абсорбер 2. При этом раствор охлаждается в теплообменнике 5 и холодильнике 4.

Как видно, в промышленных условиях очистки газов, регенерация раствора МЭА происходит в выпарной колонне где подвергается существенной термохимической деструкции амина, скорость которой возрастает с увеличением насыщения амина кислыми газами и повышенной температуры насыщенного абсорбента. В этих условиях концентрация продуктов деструкции МЭА (ПДМ) может составлять до 50% от массы исходного МЭА в растворе. Основными продуктами превращения в результате необратимого взаимодействия с CO_2 являются оксазолидоны, производные этилендиаминов и пиперазина. В значительно меньших количествах присутствуют производные имидазолидона и аминоэтиловых эфиров. Кроме ПДМ в растворах абсорбентов могут накапливаться термостабильные соли (ТСС), которые представляют собой нелетучие продукты взаимодействия органических кислот (муравьиной, уксусной, щавелевой, тиосерной) со щелочами, в частности с МЭА.

Наличие в растворе ПДМ и ТСС повышает вязкость раствора, способствует его вспениванию, т.е. приводит к снижению производительности и увеличению энергетических затрат. Для нормальной эксплуатации установки очистки газа необходимо осуществлять очистку раствора от ПДМ и ТСС.

Недостатками способа являются существенные потери МЭА, обусловленные термическим разложением из-за достаточно высокой температуры процесса, а также повышенные энергетические затраты за счет использования для отгонки амина из раствора водяного пара.

1.3 Обзор действующей схемы, описание недостатков

Для регенерации МЭА на действующем производстве используется т.н. риклеймер для удаления термостабильных солей и других продуктов деградации, которые не удаляются фильтром раствора МЭА. Действующая схема регенераторной установки показана на рисунке 1.2

Небольшой поток раствора МЭА непрерывно подается в риклеймер из десорбера. Циркуляционный насос обеспечивает циркуляцию раствора МЭА и повышает температуру. В сосуде риклеймера часть раствора МЭА испаряется и уходит в абсорбер. Термостабильные соли остаются в жидкой

фазе, постоянно увеличивая концентрацию. При отводе потока через циклон соли отделяются, сливаясь в дренаж. Для улучшения процесса риклеймер добавляет NaOH с помощью автоматического дозирующего насоса.

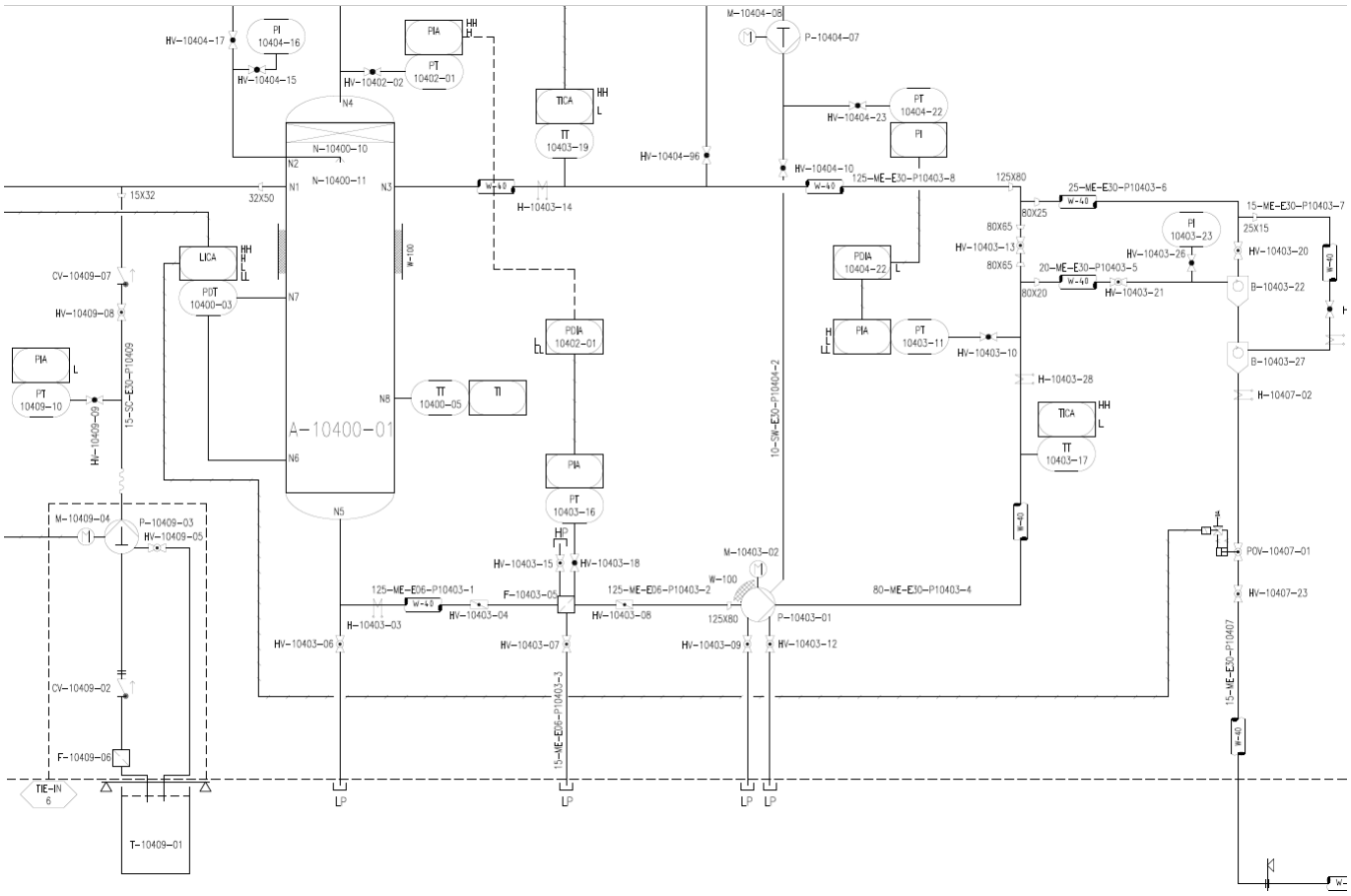


Рисунок 1.2. Схема регенерации МЭА с помощью риклеймера.

Недостатком этой схемы является наличие щелочей в растворе МЭА и гидроциклона на выходе, для разделения смесей. Щелочи вместе с термостабильными солями кристаллизуются и забивают гидроциклон, создавая вязкую густую массу.

На данном этапе установка регенерации не эксплуатируется, отработанный моноэтаноламин складируется, взамен него приобретается новый.

1.4 Аналитический обзор испарительных аппаратов

Решением данной проблемы может служить замена риклеймера на испаритель. Данный аппарат относится к новому способу очистки раствора МЭА от примесей, включающему нагрев загрязненного водного раствора

МЭА, содержащего продукты деструкции МЭА и термостабильные соли, с последующим получением парожидкостной смеси.

Промышленные испарительные аппараты принято делить на два основных класса:

- Испарители с паровым пространством;
- Испарители с падающей пленкой.

1.4.1 Испарители с паровым пространством

Испарители с паровым пространством с плавающей головкой ИП и с U-образными трубами ИУ предназначены для испарения газовых фракций из жидких сред, могут быть использованы как выпарные аппараты в химической, нефтяной, нефтехимической, газовой и других отраслях промышленности.

Для обеспечения достаточной поверхности зеркала испарения и объема парового пространства расстояние от верха сливной перегородки до верхней части корпуса принимают не менее 1/3 диаметра корпуса. Уровень жидкости в испарителе поддерживается сливной перегородкой, имеющей зубчатую кромку для равномерного перелива жидкости. В испарителях с паровым пространством применяют такие же трубчатые пучки, как у аппаратов с плавающей головкой или с U – образными трубками. При этом диаметр неподвижной трубной решетки несколько больше, что необходимо для того, чтобы плавающая головка в собранном виде могла свободно пройти через горловину при демонтаже.

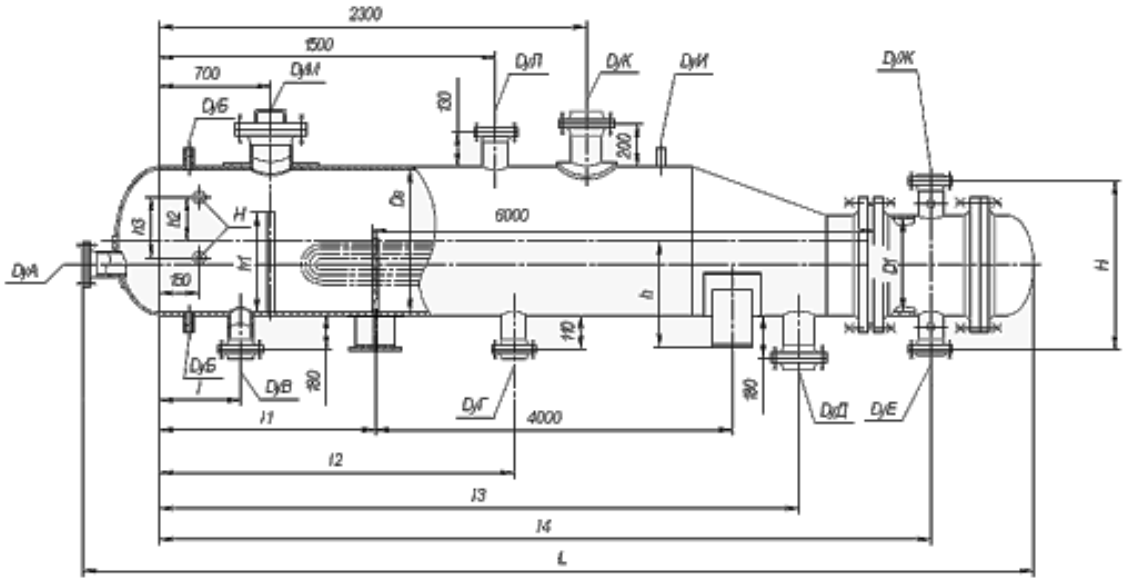


Рисунок 1.3. Испаритель с паровым пространством (kettle).

Обычно в качестве горячего теплоносителя используется насыщенный водяной пар, так как расход перегретого водяного пара вследствие его малой теплоемкости высок, а коэффициент теплоотдачи от перегретого пара к теплообменной поверхности мал. Водяной пар подается в трубное пространство испарителя, а в межтрубное пространство поступает жидкость, где она нагревается и частично испаряется. Пары возвращаются, а жидкость перетекает через перегородку и отводится в качестве готового продукта.

Основными недостатками данного аппарата являются:

- большие габаритные размеры;
- объемное испарение;
- забивка трубного пучка, как следствие работы с вязкими жидкостями с твердыми включениями.

1.4.2 Испарители с падающей пленкой

Принцип с падающей пленкой требует равномерного распределения исходной жидкости. Чтобы добиться такого распределения один или более распределительных лотка находятся в верхней головной части испарителя над трубной решеткой.

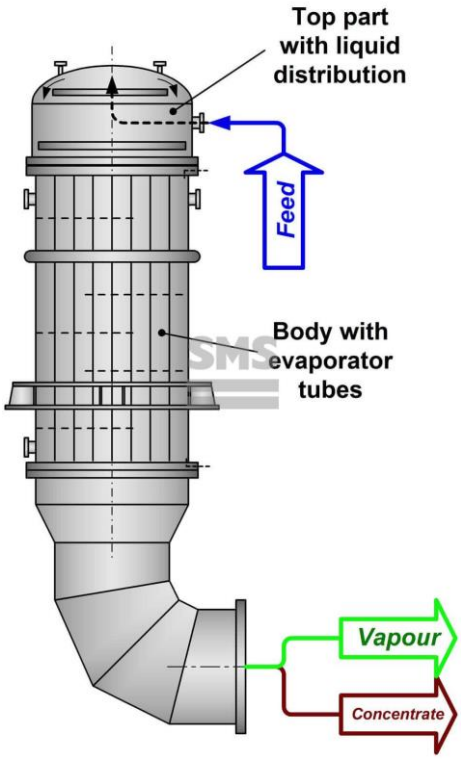


Рисунок 1.4. Испаритель с падающей пленкой прямоточного действия.

Жидкая пленка спускается вниз под силой гравитации. Тепло, применяемое через стенки труб, влияет на отпаривание легкой фракции от

пленки. На рисунке 1.4 показан испаритель с прямоточным действием, где пар и жидкость уходят со дна испарителя в сосуд сепаратора. Преимуществами испарителя являются:

- большая мощность до 2,000 метрических тонн в день;
- снижение содержания влаги до 0,1 %;
- атмосферная работа;
- высокий коэффициент понижения;
- легкая эксплуатация;
- низкие затраты на техническое обслуживание;

Недостатки:

- невозможность работы с вязкими жидкостями.

1.4.3 Роторно-пленочные испарители с падающей пленкой

Для концентрирования растворов с высокой вязкостью или выпаривания до высокой концентрации сухих веществ широкое распространение получили роторные пленочные испарители.

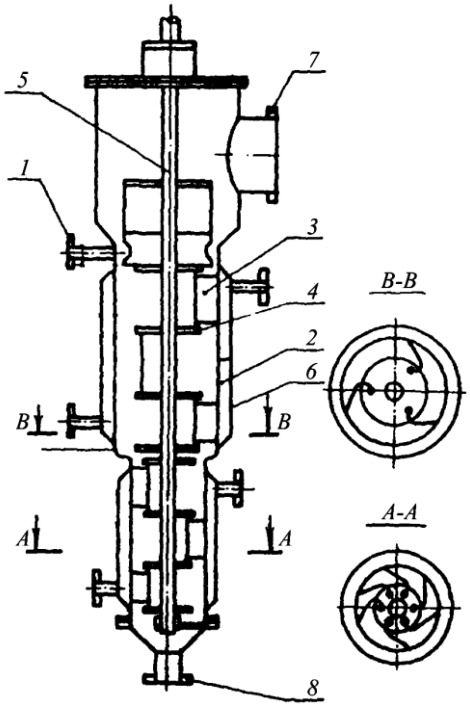


Рисунок 1.5. – Роторный испаритель со ступенчатым корпусом: 1– штуцер ввода исходного раствора;2– корпус;3– лопатка;4– диск;5– вал ротора;6– рубашка;7– штуцер выхода вторичного пара;8– штуцер выхода готового продукта

Различают две группы роторных пленочных аппаратов. К первой группе, относятся аппараты, у которых процесс протекает в пленке,

создаваемой на внутренней поверхности неподвижного корпуса при помощи вращающегося ротора. Аппараты первой группы получили наибольшее распространение благодаря универсальности, позволяющей осуществлять в них различные технологические процессы: выпаривание, глубокое концентрирование растворов, дистилляцию, ректификацию, дезодорацию и др. Аппараты второй группы имеют вращающуюся поверхность контакта фаз в виде конуса, спирали, цилиндра и т. д., по которым под действием центробежной силы движется раствор.

Важной особенностью роторных пленочных испарителей является интенсификация процесса за счет проведения его в тонкой интенсивно перемешиваемой пленке, а также удобство выгрузки конечных продуктов из аппарата.

Основными элементами этих аппаратов являются корпус с роторной мешалкой и распределительным устройством. Пленка в роторных испарителях создается ротором, на котором укреплены жесткие или шарнирные лопатки.

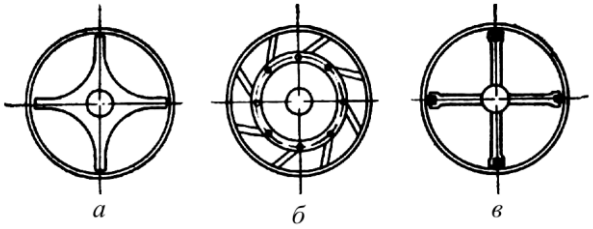


Рисунок 1.6. Роторные мешалки: а– жесткие;б– с шарнирно закрепленными лопастями;в– с подвижными скребками

Образование пленки на вертикальной поверхности корпуса аппарата обеспечивается (при равномерной подаче раствора) распределительным кольцом и роторной мешалкой. В аппаратах с жестким ротором рис. 1.6а между корпусом и ротором создается строго фиксированный зазор, а в аппаратах с шарнирными или подвижными лопастями рис. 1.6б,в толщина пленки определяется величиной центробежной силы и физико-химическими свойствами раствора. Стекающая пленкой жидкость размазывается вращающимся ротором по периметру поверхности нагрева, что способствует интенсификации процесса теплоотдачи и, следовательно, испарению растворителя. Вторичный пар удаляют из аппарата через штуцер в верхней части аппарата, а готовый продукт удаляют из испарителя через штуцер в конусном днище.

Одним из отрицательных явлений, сопровождающих работу роторных пленочных аппаратов, является уменьшение количества выпариваемого раствора по высоте аппарата. При этом на стенках может образоваться несмачиваемая поверхность, что крайне отрицательно влияет на работу аппарата.

Для устранения этого явления применяют аппараты со ступенчатым корпусом, у которых поверхность теплообмена уменьшается по мере перемещения раствора вниз рис. 1.5).

1.4.4 Выбор испарителя

В ходе выбора аппарата для дальнейшего проектирования была составлена критическая таблица баллов по основным критериям работы.

Таблица 1.3 - Критическая таблица баллов по основным критериям работы

№	Критерий	Тип аппарата		
		Роторно-пленочный испаритель	Испаритель с падающей пленкой	Испаритель с паровым пространством
1	Работа с термостабильными веществами	4	4	3
2	Удобство эксплуатации	3	3.	3
3	Контроль процесса	3	2	3
4	Опыт изготовления и использования	2	3	4
5	Работа с включениями твердой фазы	4	2	2
6	Энергопотребление	3	3	2
7	Габариты	3	3	2
8	Сложность конструкции	2	3	4
	Стоимость (тыс. рублей)	575	600	750
	ИТОГ	16	15	15

Анализируя Приведенную таблицу, останавливаемся на выборе роторно-пленочного испарителя.

1.5 Аналитический обзор конструкций теплообменных аппаратов

Для полноценной работы схемы рис.1.1 необходимо грамотно подобрать холодильник и кипятильник. Кипятильник выполняет роль предварительного нагрева МЭА, поступающего в роторно-пленочный испаритель, выпаривая под вакуумом до 80% воды из раствора. Холодильник, в свою очередь, конденсирует дистиллят на выходе из роторно-пленочного испарителя, направляя регенерированный раствор МЭА в сепаратор.

По принципу действия теплообменники подразделяются на рекуператоры и регенераторы. В рекуператорах движущиеся теплоносители разделены стенкой. К этому типу относится большинство теплообменников различных конструкций. В регенеративных теплообменниках горячий и холодный теплоносители контактируют с одной и той же поверхностью поочерёдно. Теплота накапливается в стенке при контакте с горячим теплоносителем и отдаётся при контакте с холодным, как, например, в кауперах доменных печей.

От условий применения зависит конструкция теплообменника. Существуют аппараты, в которых одновременно с теплообменом протекают и смежные процессы, такие как фазовые превращения, например, конденсация, испарение, смешение. Такие аппараты имеют свои наименования: конденсаторы, испарители, градирни, конденсаторы смешения.

В зависимости от направления движения теплоносителей рекуперативные теплообменники могут быть прямоточными при параллельном движении в одном направлении, противоточными при параллельном встречном движении, а также при взаимно поперечном движении двух взаимодействующих сред.

1.5.1 Кожухотрубные теплообменники

К корпусу, кожуху по торцам приварены трубные решетки, в которых закреплены пучки труб. В основном трубы в решетках крепятся с уплотнением развальцовкой или каким-то другим способом в зависимости от материала труб и давления в аппарате. Трубные решетки закрываются крышками на прокладках и болтах или шпильках.

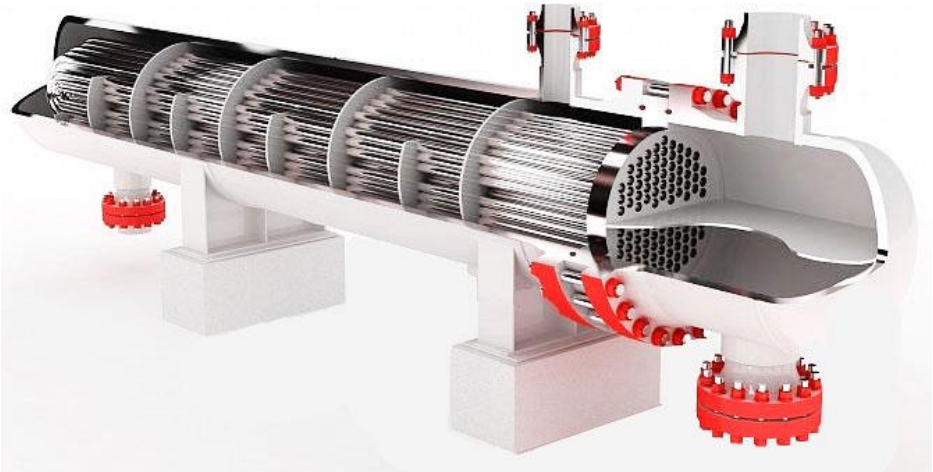


Рисунок 1.7. Кожухотрубный теплообменник

На корпусе имеются патрубки (штуцера), через которые один теплоноситель проходит через межтрубное пространство. Второй теплоноситель через патрубки (штуцера) на крышках проходит по трубам. В многоходовом теплообменнике в корпусе и крышках установлены перегородки для повышения скорости теплоносителей. Для увеличения теплоотдачи применяют оребрение теплообменных труб, которое выполняется или накаткой, или навивкой ленты. В случае необходимости, конструкция аппарата должна предусматривать его очистку.

1.5.2 Пластинчатые теплообменники

Такие теплообменники состоят из набора пластин, в которых отштампованы волнистые поверхности и каналы для протока жидкости. Пластины уплотняются между собой резиновыми прокладками и стяжками.

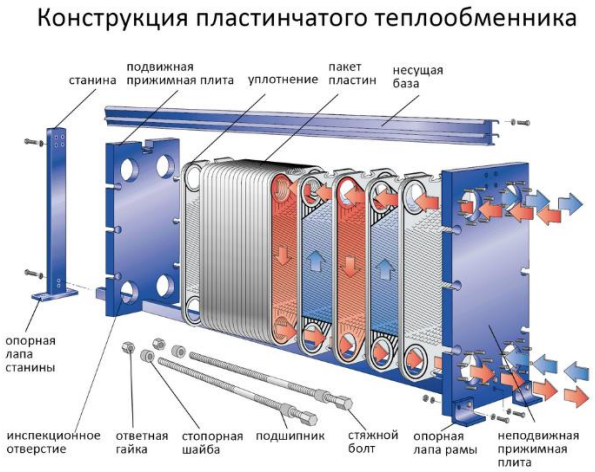


Рисунок 1.8. Пластинчатый теплообменник

Такой теплообменник прост в изготовлении, легко модифицируется (добавляются или убираются пластины), его легко чистить, у него высокий коэффициент теплопередачи, но его нельзя применять при высоких давлениях.

1.5.3 Теплообменники типа «труба в трубе»

Теплообменный элемент такого аппарата показан на рисунке. Отдельные элементы соединены между собой патрубками и калачами, образуя цельный аппарат необходимого размера. Эти теплообменники находят себе применение при небольших расходах теплоносителей и при высоких давлениях.

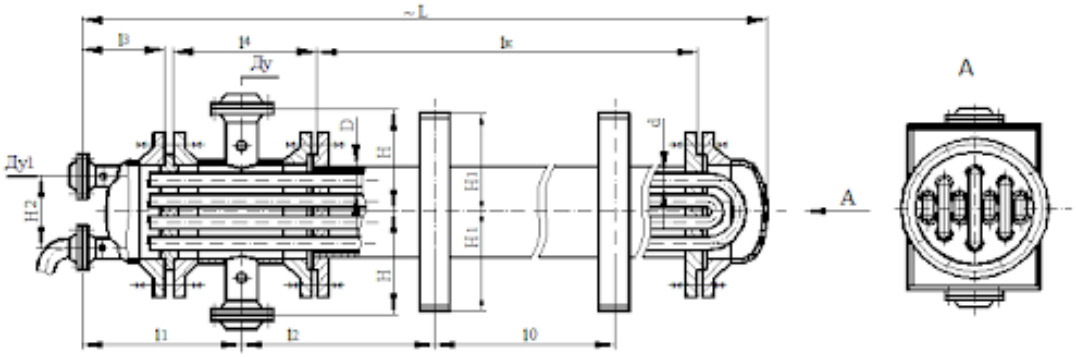


Рисунок 1.9. Теплообменник типа «труба в трубе».

Вследствие высокой интенсивности и малых габаритов к исполнению в данном проекте будут приняты пластинчатые теплообменные аппараты.

1.6 Технико-экономическое обоснование проектных решений

На существующем производстве ЗАО «ЦНТ «Реал-Инвест» реализуется следующий производственный цикл:

– генерация электрической энергии посредством переработки и утилизации тепла сгорания природного газа в газопоршневых установках (ГПУ) модульно-контейнерного типа;

– снятие избыточного тепла сгорания природного газа и использование его для собственных технологических нужд и отопления пгт. Гидроторф;

– утилизация парникового компонента дымовых газов – CO_2 и доокисление окислов азота, т.е. осуществление барьерных природоохранных мероприятий на выходе технологической цепочки.

Утилизация CO_2 из отходящих дымовых газов реализована по технологии хемосорбционного связывания его 35% водным раствором моноэтаноламина (МЭА). Последующее извлечение CO_2 из раствора МЭА проводится в десорбере. Таким образом, основной цикл выработки CO_2 представляет собой пару взаимосвязанных процессов «абсорбция-десорбция».

Применение раствора моноэтаноламина объясняется его высокой поглотительной способностью, относительно низкой стоимостью и доступностью. По прогнозам мировой экономики, потребление МЭА в ближайшее время все так же продолжит расти на 3-4% в год, особенно в индустриальных странах. При этом стоит стремиться к использованию рециркуляционных схем производства, максимально замыкающих ресурсные потоки внутри себя.

Вследствие несовершенства существующей технологии регенерации отработанного МЭА ЗАО «ЦНТ «Реал-Инвест» вынуждено периодически останавливать производство для ремонтной очистки всего производственного оборудования цикла МЭА и полностью заменять поглотитель новым. Такие остановки осуществляются с периодичностью 1 раз в 6 месяцев (период отработки МЭА и накопления продуктов его деградации). Объем абсорбента, подлежащего регулярной замене, составляет 20 тонн. Таким образом, производственное потребление свежего МЭА составляет 40 т/год.

Предлагаемый комплекс мероприятий по совершенствованию существующей технологии включает в себя разработку и монтаж установки локальной регенерации МЭА как в непрерывном режиме на действующей установке, так и обработка складского объема, накопленного отходного МЭА с возвратом его в производственный цикл. В результате принятых проектных решений по разработке нового блока регенерации МЭА взамен старого ожидается снижение себестоимости готовой продукции за счет возврата части абсорбента обратно в производственный цикл.

В качестве основного аппарата, в котором планируется производить тепловую регенерацию МЭА, предлагается роторно-пленочный аппарат (РПИ) с роликовыми скребками. Его применение позволит контролируемо сократить период теплового воздействия на продукт и управляемо отвести его из зоны нагрева с последующим выводом из аппарата.

Цена закупки нового аппарата составит –6,105 млн. руб.

Стоимость доставки и установки составит 3,663млн. руб.

Ориентировочный срок окупаемости капитальных вложений составляет 8,5 месяцев, что говорит о достаточно высокой экономической эффективности принимаемых проектировочных решений.

Новая технологическая схема по сравнению со старой имеет следующие преимущества:

– эффективный процесс регенерации МЭА в более мягком устойчивом температурном режиме, не позволяющем смеси деградировать с образованием высоковязких адгезионно опасных компонентов;

– более удобный способ контроля и регулирования рабочих параметров процесса за счет применения современных систем ПИД-регулирования в блоке управления нагревом РПИ.

Внедрение предлагаемой технологической схемы позволит:

– увеличить пропускную способность технологии за счет исключения ремонтных остановов;

– снизить себестоимость производимой продукции за счет более полного использования внутренних тепловых и энергетических потоков существующего производства, часть из которых планируется использовать для энергоснабжения предлагаемой технологии.

Вышеперечисленное позволяет сказать о целесообразности разработки проекта. Более подробно экономический эффект будет отражен в разделе «Организация и экономика производства».

2 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА. КОНСТРУКЦИЯ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО АППАРАТА

2.1 Описание технологической стадии производства

Технологическая схема блока для регенерации МЭА показана на рисунке 2.1.

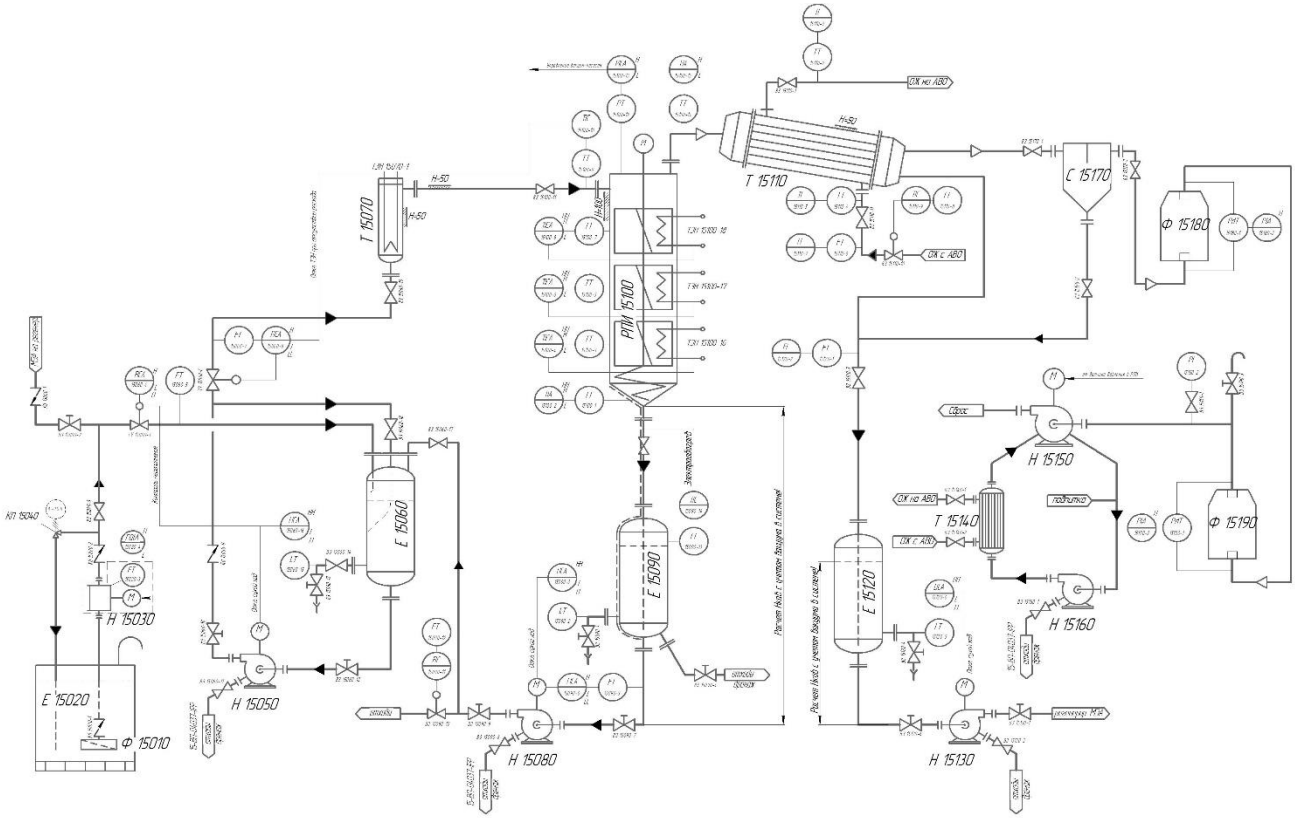


Рисунок 2.1. Технологическая схема блока регенерации моноэтаноламина. РПИ15100 – роторно-пленочный испаритель; Н15150 - вакуум насос; Т15070 – Подогреватель МЭА; Т15110 – конденсатор; Е15020 – складская емкость; Е15090 – емкость кубового продукта; Е15120 – емкость для дистиллята; Е15060 – емкость буферная; Ф15180 – адсорбер абгазов; Ф 15190– фильтр угольный.

Загрязненный моноэтаноламин поступает в накопительную емкость Е15020, откуда под действием вакуума, значение которого примерно равно 0,2 кгс/см^2, создаваемого насосом Н15150, по трубопроводу через буферную емкость Е15060, предварительно нагретый до температуры 80 ^{o}С в теплообменнике Т15070, перетекает в роторно-пленочный испаритель РПИ15100. Корпус аппарата нагревается до температуры 140 ^{o}С при помощи двух рубашек с паром. После прохождение загрязненного раствора МЭА

через роторно-пленочный испаритель создается две фазы, парожидкостная и твердая. Твердая фаза содержит продукты деструкции МЭА (ПДМ) и термостабильные соли (ТСС), которые представляют собой нелетучие продукты взаимодействия органических кислот (муравьиной, уксусной, щавелевой, тиосерной) со щелочами. Весь этот шлам выводится через штуцер в коническом днище аппарата в приемный бункер Е15090. Предварительно можно отобрать пробу через трехходовой вентиль, для дальнейшего изучения продуктов реакции. Пар образовавшийся в процессе испарения раствора в аппарате поднимется на верх. Далее через штуцер и по изолируемому трубопроводу поступает в конденсатор Т15110, схема данного теплообменника приведена на рисунке 2.2.

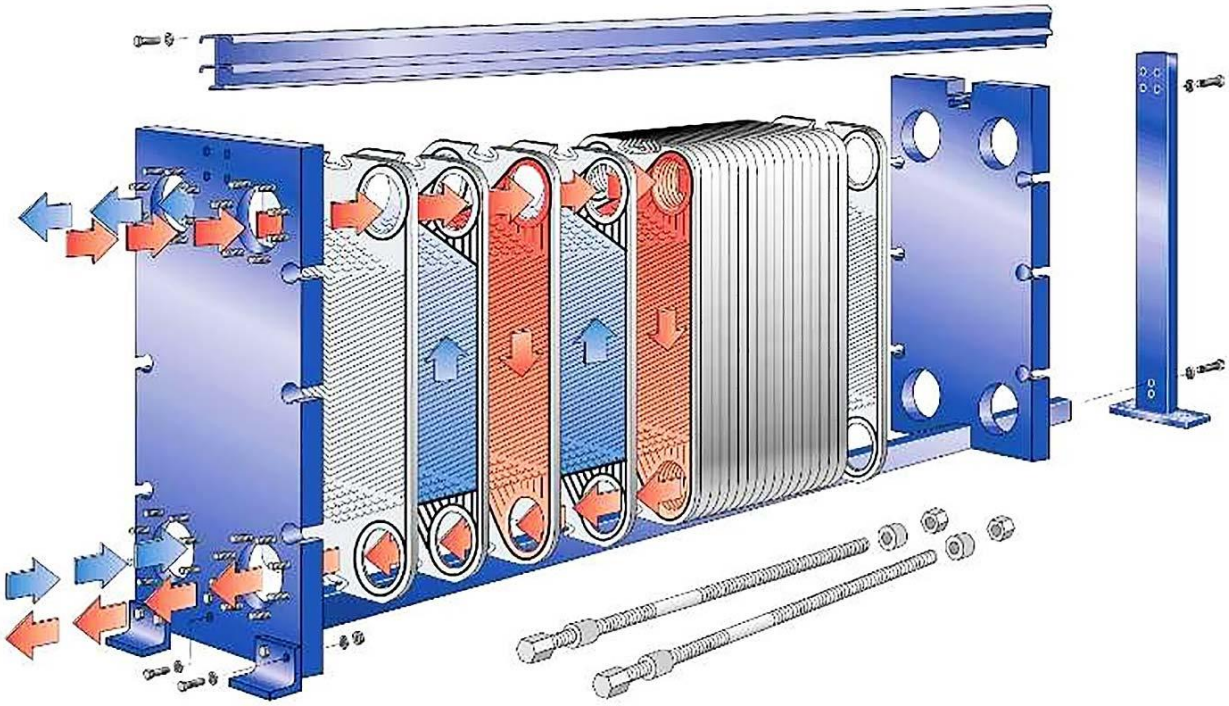


Рисунок 2.2. Система охлаждения дистиллята.

Пар проходя через теплообменник пластинчатого типа, конденсируется и превращается в дистиллят, который поступает в емкость Е15120. По аналогии с потоком шлама можно отобрать пробу через трехходовой вентиль, для дальнейшего изучения раствора. Поскольку в установке вакуум, а температура в аппарате 135 ^{o}C, а основными компонентами рабочей среды испарителя являются МЭА и вода, продуты реакции смеси моноэтаноламин–вода является токсичным веществом и с едким удушливым запахом. Для очищения загрязнённого воздуха от этих веществ перед вакуум насос предусмотрено система очистки типа абсорбер-угольный фильтр, которые предотвращают выброс этих продуктов в окружающею среду.

2.2 Устройство и принцип работы роторно-пленочного испарителя

Конструкция роторно-пленочного испарителя для регенерации МЭА представлена на рисунке 2.3.

Аппарат состоит из цилиндрической обечайки 2. При помощи фланцевого соединения типа шип паз, к обечайке присоединяется коническое днище 9 и верхняя царга 1, к которой крепится плоская крышка. Для нагрева корпуса, аппарат оснащён двумя рубашками 3 с наружи и стаканом 13 внутри корпуса. Ввод и вывод теплоносителя в стакан осуществлен при помощи патрубков 6 и 7, а в рубашку через штуцера 4,5. Ввод исходной смеси происходит за счет распределительного устройства 18. Внутри корпуса расположен вращающийся ротор-распределитель 17 представляющий собой обечайку, на котором с определенным шагом закреплены двенадцать роликов 14. Задвижка 8 осуществляет сброс кубового остатка. Вывод дистиллята осуществляется через штуцер 10. Верхний конец вала ротора крепится с валом привода с помощью муфты 16. Вал привода проходит через торцевое уплотнение 12. Ротор приводится во вращение от электродвигателя 11.

Раствор МЭА поступает в роторно-полночный испаритель через распределительное устройство 18, далее попадает на центробежное колесо 17, которое дает более равномерную и стабильную пленку, оно хаотично капельками забрызгивает МЭА, далее они стыкают под действием гравитационных сил по корпусу испарителя. Часть МЭА подпадает на отражатель 15, направляя поток на внутреннюю и наружную поверхность стакана. Достигая теплообменной поверхности их подхватывают фторопластовые полотна роликов. Теплообменная поверхность обогревается рубашкой с паром снаружи и стаканом изнутри. По мере прохождения жидкости по аппарату она нагревается и разделяется на две фазы шлам и пар. Шлам образовавшийся в процессе испарения растворителя уходит из аппарата через коническое днище. Пар направляется через штуцер в крышке в конденсатор типа труба в трубе.

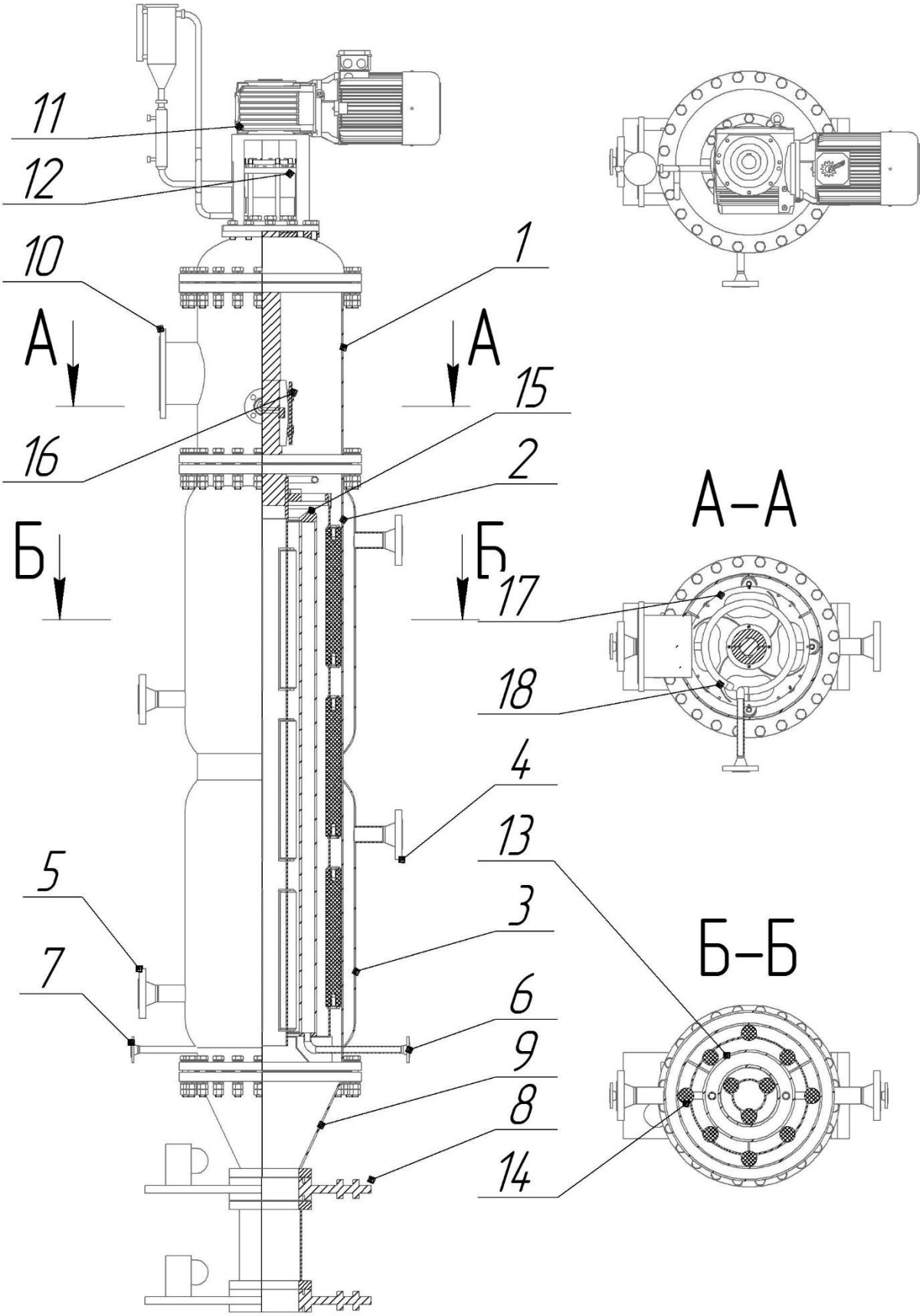


Рисунок 2.3. Конструкция роторного-пленочного испарителя.

2.3 Выбор конструкционных материалов

Основным критерием при выборе конструкционных материалов является коррозионная стойкость в рабочей среде при заданных рабочих температуре и давлении.

В РФ в зависимости от скорости коррозии (проницаемости – П, мм/год) все материалы разделены на десять групп – от «нестойких» (П $\leq$ 10 мм/год) до «совершенно стойких» (П $\leq$ 0,001 мм/год).

Практически к применению рекомендуются коррозионно-стойкие материалы со скоростью коррозии (П $\leq$ 0,1 мм/год) [9, 10].

Рабочая среда в аппарате - МЭА. Среда – токсичная, коррозионная, вызывает межкристаллитную коррозию. Рабочая температура в РПИ достигает 110°С, рабочее давление 0,2 бар. Исходя из заданных условий применяется сталь 03Х18Н11 ГОСТ 5632-72 для изготовления основных узлов корпуса аппарата: днищ, обечайек, , штуцеров, опоры примем. Сталь относится к высоколегированной, «стойкой» к среде СЭА (П $\leq$ 0,1 мм/год), отвечает всем предъявляемым требованиям для изготовления аппаратов. Температурные пределы использования стали - от -200 до +650°С, по давлению - без ограничений.

Изготовление внутренних элементов – «стакан», ротор, распределительное устройств так же из легированной стали 03Х18Н11 ГОСТ 5632-72.

В качестве основного материала внешних устройств – монтажные проушины, опоры-лапы примем обыкновенного качества углеродистую сталь ВСт3сп5 ГОСТ 380-2005. Сталь сваривается всеми видами сварки и обладает достаточно высокими пластическими свойствами.

Выбор материала крепёжных изделий основывается на рекомендациях [9]. Для шпилек принимаем сталь 35Х ГОСТ 5632-2014, для гаек сталь 35 ГОСТ 1050-88. Эти материалы применяются при давлениях до 20 МПа и 10 МПа соответственно, температуре от минус 40 до +400оС и от минус 50 до +450оС.

В качестве материала прокладок выбираем EPDM, который имеет отличную стойкость к озону, воде и пару, щелочам и кислотам, соляным растворам и окисленным растворителям. EPDM имеет очень высокое сопротивление низкой температуре и отличные диэлектрические свойства

3 РАСЧЕТ РОТОРНО-ПЛЕНОЧНОГО ИСПАРИТЕЛЯ

3.1 Расчет в Aspen ONE

Для определения основных температурных и расходных параметров была смоделирована расчетная схема блока регенерации МЭА в программном комплексе AspenONE рис. 3.1

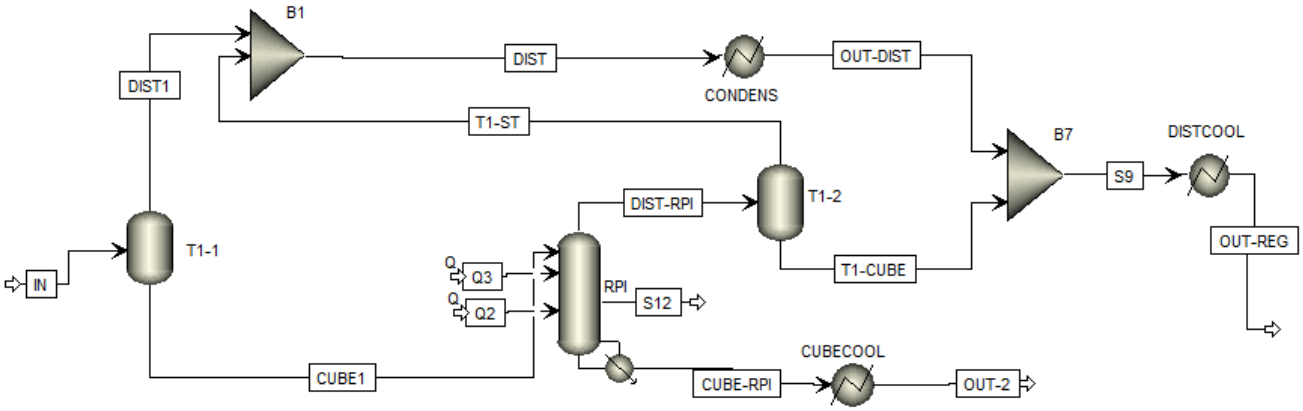


Рисунок 3.1. Расчетная схема блока регенерации МЭА в программном комплексе AspenONE

Исходная смесь поступает в теплообменник Т1-1, испарившаяся часть воды поступает в смеситель В1, подогретая смесь попадает в роторно-пленочный испаритель RPI с двумя зонами нагрева, где низкокипящее компоненты: вода и МЭА, испаряются и снова поступают в пластинчатый теплообменник Т1-2, тем самым нагревая исходную смесь. Обозначенные на расчетной схеме позиции Т1-1 и Т1-2 являются одним. Кубовый остаток состоящий из высококипящих компонентов попадает в холодильник CUBECOOL, остывая направляется в емкость.

Материальные и тепловые балансы для блока регенерации МЭА были рассчитаны, с учетом разработанной модели, с использованием уравнения фазовых состояний ENRTL-RK.

В расчетной модели был учтен состав исходная смеси, состоящей из следующих компонентов: вода, МЭА, смолы, ТСС, оксазолидоны.

В таблице 3.1 представлены состав и свойства материальных потоков при производительности установки по исходному раствору – 160 кг/ч.

Таблица 3.1 – Расчетные данный из программного комплекса AspenONE

Описание		IN	DIST1	CUBE1	DIST-RPI	T1-CUBE	T1-ST	OUT-DIST
Из			T1-1	T1-1	RPI	T1-2	T1-2	CONDENS
В		T1-1	B1	RPI	T1-2	B7	B1	B7
Фаза		Жидкая фаза	Паровая фаза	Жидкая фаза	Паровая фаза	Жидкая фаза	Паровая фаза	Жидкая фаза
Температура	C	11	74,1677	74,1677	105,750	80,5733	80,5733	60
Давление	bar	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Массовая доля пара		0	1	0	1	0	1	0
Массовая доля жидкости		1	0	1	0	1	0	1
Массовые расходы	kg/hr	160	31,3942	128,605	116,746	68,9866	47,7595	79,1537
Вязкость, смесь	Pa-sec	0,00204		0,00057		0,00067		0,00048
Об. расход	l/min	2,61823	2763,79	2,17551	8277,28	1,18419	4172,51	1,34173
Массовые доли								
WATER			0,98754		0,62348		0,95141	0,96574
MONOE-01			0,01184		0,35832		0,04825	
N-2-H-01			0,00061		0,01818		0,00032	0,00043
2-OXA-01			0		0		0	0

Для основного разрабатываемого аппарата – роторно-пленочного испарителя были полученные более подробные данные, представленные в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Расчетные данный PRI

	Ед. изм..	IN-1	OUT-1	ST-OUT	ST-IN
Из			B2	B2	
В		B2			B2
Фаза					Пар. фаза
Температура	C	80	110	143,688595	144
Давление	bar	0,3	0,3	4	4
Массовая доля пара		2,37E-06	0,63152147	0,77336765	1
Массовая доля жидкости		0,999997627	0,36847852	0,22663234	0
Массовая доля твердого вещества		0	0	0	0
Масс. плот.	gm/cc	0,973755127	0,00039638	0,00274499	0,002122639

Продолжение табл. 3.2

	Ед. изм..	IN-1	OUT-1	ST-OUT	ST-IN
Массовые расходы	kg/hr	85	85	200	200
WATER	kg/hr	31,9592961	31,9592961	200	200
MONOE-01	kg/hr	40,3361373	40,3361373	0	0
N-2-H-01	kg/hr	12,7045664	12,7045664	0	0
Массовые доли					
WATER		0,37599171	0,37599171	1	1
MONOE-01		0,47454279	0,47454279	0	0
N-2-H-01		0,14946548	0,14946548	0	0
Об. расход	cum/hr	0,08729094	214,440430	72,8600049	94,2223122
Массовая теплоемкость, смесь	J/kg-K	3229,448277	2145,45663	2483,10488	1951,94552
Температура точки начала кипения	C	79,99992924	79,9999292	143,688594	143,688594
Паровая фаза					
Масс. плот.	gm/cc	0,00019006	0,00025036	0,00212431	0,00212263
Массовые расходы	kg/hr	0,000201687	53,679325	154,6735311	200
WATER	kg/hr	0,00019342	29,5827274	154,673531	200
MONOE-01	kg/hr	7,93E-06	22,7100442	0	0
N-2-H-01	kg/hr	3,34E-07	1,38655337	0	0
Массовые доли					
WATER		0,95903327	0,55110095	1	1
MONOE-01		0,03931159	0,42306873	0	0
N-2-H-01		0,00165512	0,02583030	0	0
Об. расход	cum/hr	0,00106115	214,408482	72,8108744	94,2223122
Массовая теплоемкость, смесь	J/kg-K	1872,41309	1791,35200	1951,87256	1951,94552
Вязкость, смесь	Pa-sec	1,18E-05	1,21E-05	1,42E-05	1,42E-05
Теплопроводность, смесь	Watt/m-K	0,022451031	0,023956394	0,028415805	0,028445472
Температура точки начала кипения	C	69,39595237	75,27314745	143,6885945	143,6885945
Жидкая фаза					
Масс. плот.	gm/cc	0,9857359	0,980381049	0,922571764	
Массовые расходы	kg/hr	84,9997983	31,320675	45,3264688	
WATER	kg/hr	31,9591027	2,37656875	45,3264688	
MONOE-01	kg/hr	40,3361294	17,6260931	0	
N-2-H-01	kg/hr	12,7045661	11,3180131	0	
Массовые доли					
WATER		0,37599033	0,07587859	1	
MONOE-01		0,47454382	0,56276223	0	
N-2-H-01		0,14946583	0,36135916	0	
Об. расход	cum/hr	0,08622978	0,03194745	0,04913056	

Продолжение табл. 3.2

	Ед. изм..	IN-1	OUT-1	ST-OUT	ST-IN
Массовая теплоемкость, смесь	J/kg-K	3229,45149	2752,34322	4295,89950	
Вязкость, смесь	Pa-sec	0,00071311	0,00114486	0,00018791	
Теплопроводность, смесь	Watt/m-K	0,26063689	0,19959476	0,68580888	
Температура точки начала кипения	C	79,9999892	110,000000	143,688594	

Полученные в ходе расчета схемы блока регенерации моноэтаноламина данные помогают нам провести технологический расчет для определения размеров аппарата, а именно роторно-пленочного испарителя.

3.2 Технологический расчет

- теплоноситель пар с температурой на входе в рубашку РПИ θ_1 = 144°С;
- температура подаваемой смеси МЭА t_1 = 80°С;
- температура кубового остатка на выходе t_2 = 110°С.

Принимаем в первом приближении температуру теплоносителя на выходе из рубашки θ_2 = 143°С. Так как у нас в аппарате протекает 2 процесса: нагрев МЭИ и испарение низкокипящих компонентов проведём расчет двух тепловых зон. Составим температурную схему процесса теплопередачи для противотока теплоносителей:

$$\theta_1 = 144^{o}C \rightarrow \theta_2 = 143^{o}C$$
$$t_2 = 110^{o}C \leftarrow t_1 = 80^{o}C$$
$$\Delta t_б = 34\,^{o}C \quad \Delta t_м = 63\,^{o}C$$

$$\theta_1 = 144^{o}C \rightarrow \theta_2 = 143^{o}C$$
$$t_2 = 110^{o}C \leftarrow t_1 = 110^{o}C$$
$$\Delta t_б = 34\,^{o}C \quad \Delta t_м = 33\,^{o}C$$

Средняя разность температур

$$\Delta t_{ср1} = (\Delta t_б + \Delta t_м)/2 = (34 + 63)/2 = 48{,}5\,^{o}C.$$
$$\Delta t_{ср2} = (\Delta t_б + \Delta t_м)/2 = (34 + 33)/2 = 33{,}5\,^{o}C.$$

Средняя температура МЭА

$$t_1 = (t_1 + t_2)/2 = (110 + 80)/2 = 95^{o}C.$$

$$t_2 = (t_1 + t_2)/2 = (110 + 110)/2 = 110^{\circ}\text{C}.$$

Средняя температура теплоносителя

$$\theta_1 = t + \Delta t_{\text{ср1}} = 95 + 48,5 = 143,5^{\circ}\text{C}.$$

$$\theta_2 = t + \Delta t_{\text{ср2}} = 110 + 33,5 = 143,5^{\circ}\text{C}.$$

Производительность по очищенному (низкокипящему) равна

$$G_{\text{нк}} = 0,01491 \text{ кг/с};$$

производительность по кубовому остатку

$$G_{\text{вк}} = 0,0087 \text{ кг/с};$$

средний массовый расход через аппарат

$$G_{\text{ср}} = 0,02361 \text{ кг/с}.$$

Тепловой поток, необходимый для нагревания МЭА и испарения его низкокипящей части, т.е. тепловую нагрузку аппарата, определим из уравнения теплового баланса:

$$Q = G_{\text{ср}} c_p (t_2 - t_1) + G_{\text{нк}} r_{\text{и}}, \qquad (3.1)$$

где c_p, $r_{\text{и}}$ – удельная теплоёмкость, Дж/(кг·К), и удельная теплота испарения МЭА, Дж/кг.

Так, по обобщённым данным МЭА условно содержит три фракции: тяжёлую, среднюю и лёгкую. Их свойства приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3. Физико-химические свойства МЭА по данным

Фракция	Содержание, %	Плотность P_{95}, г/см^3	Вязкость динамическая, мПа·с	Теплоемкость, Дж/кг·К
			μ_{95}	C_{95}
Тяжёлая	14,95	1,021	713	3230
Средняя	47,46	0,985		
Лёгкая вода	37,59	0,963		

Примечание. Индекс при символе означает температуру измерения.

Используя данные табл.1, найдём среднюю плотность МЭА при температуре 95°С:

$$\rho_{\text{ср}} = \sum x_i \rho_i = 0,1495 \cdot 1021 + 0,4746 \cdot 985 + 0,3759 \cdot 963 = 986 \text{ кг/м}^3.$$

Теплоту парообразования при средней температуре плёнки найдём по диаграмме Боме [11]. Величину градуса Боме определим по формуле:

$$\text{Be} = 140/\rho - 130 = 140/0,986 - 130 = 11,9.$$

По величине Be = 11,9 и температуре 95°С из диаграммы находим характеристики МЭА при температуре кипения: удельную теплоту

парообразования $r_и = 81$ ккал/кг $= 339$ кДж/кг и среднюю молярную массу испаряемых компонентов М = 33,57 кг/кмоль.

Удельную теплоту парообразования можно определить по правилу Трутона [11] по формуле

$$r_{и1} = \frac{K_{кип} T_{кип}}{М} = \frac{79,9(273+95)}{33,57} = 857,8 \text{ кДж/кг}.$$

Для гарантии принимаем большее значение, т.е. $r_и = 865$ кДж/кг.

Подставив известные величины в уравнение (3.1), получим

$$Q_1 = 0,02361 \cdot 3,23(110-80) + 0,01491 \cdot 865 = 35,8 \text{ кВт}.$$

$$Q_1 = 0,02361 \cdot 3,23(110-110) + 0,01491 \cdot 865 = 12,9 \text{ кВт}.$$

Расход теплоносителя найдём из уравнения теплового баланса

$$G_т = \frac{Q}{\eta c_т (\theta_1 - \theta_2)}, \qquad (3.2)$$

где $c_т$ – удельная теплоёмкость теплоносителя, кДж/(кг·К); η = 0,95 – 0,97 – КПД теплопередачи.

Примем для средней температуры θ = 143,5°С теплоемкость пара $c_т$ = 2315 Дж/(кг·К). КПД теплопередачи примем равным 95%. Подставив известные величины в уравнение (3.2), найдём

$$G_{т1} = \frac{35,8}{0,95 \cdot 2,315(144-143)} = 16,28 \text{ кг/с}.$$

$$G_{т2} = \frac{12,9}{0,95 \cdot 2,315(144-143)} = 6,56 \text{ кг/с}.$$

Необходимую минимальную площадь поверхности теплообмена найдём из уравнения теплопередачи:

$$F = \frac{Q}{K \Delta t_{ср}}. \qquad (3.3)$$

Коэффициент теплопередачи K, Вт/(м²·К), найдём по формуле

$$K = \frac{1}{1/\alpha_1 + \sum r_{ст} + 1/\alpha_2}, \qquad (3.4)$$

где α_1, α_2 – коэффициент теплоотдачи от теплоносителя к стенке и от стенки к плёнке, Вт/(м²·К); $\sum r_{ст}$ – термическое сопротивление стенки аппарата и загрязнений на её сторонах, м²·К/Вт.

Параметры уравнения (3.4) зависят от геометрических размеров элементов аппаратов, поэтому необходимо выбрать типовой аппарат на основе величины F, рассчитанной по ориентировочно принятому значению коэффициента теплопередачи. При допущении турбулентного течения

теплоносителя в рубашке аппарата и опираясь на рекомендации [12], примем ориентировочно $K_{ор}$ = 140 Вт/(м^2 ·К) и из уравнения (3.3) найдём

$$F = \frac{35800}{140 \cdot 48,5} = 3,5 \text{ м}^2 .$$

$$F = \frac{12900}{140 \cdot 33,5} = 1,7 \text{ м}^2$$

Для целей процесса, ориентируясь на рекомендации заказчика, разрабатываем не типовой плёночно-роторный аппарат РПИ-15100 с площадью теплообменной поверхности 5 м^2, диаметром корпуса 500 мм, толщиной стенки его 6 мм и с вертикальным ротором, несущим 12 валикообразных лопастей. Корпус цельносварной, снабжен двумя гладкими теплообменными рубашками диаметром 600 мм.

Для расчёта коэффициента теплоотдачи от теплоносителя, кроме теплоёмкости, необходимо знать его плотность, вязкость и теплопроводность при средней температуре. По данным пар имеет следующие характеристики:

- плотность при температуре 143,5°С $\rho_{143,5} = 0,216$ г/см^3 ;
- кинематическая вязкость при температуре 143,5°С соответственно $\nu_{143,5} = 6,86$ сСт $(13,54 \cdot 10^{-6}$ Па · с);
- теплопроводность при температуре 143,5°С $\lambda_{143,5} = 0,028$ Вт/(м · К).
- плотность пара при температуре 143,5°С равна 2,163 кг/м^3

Для определения вида расчётной зависимости коэффициента теплоотдачи от пара найдём величину критерия Рейнольдса

$$\mathrm{Re}_1 = \frac{4G_т}{\pi(D_р + D_н)\mu} = \frac{4 \cdot 16,28}{3,14(0,6 + 0,512)13,54 \cdot 10^{-6}} = 1,38 \cdot 10^6.$$

$$\mathrm{Re}_2 = \frac{4G_т}{\pi(D_р + D_н)\mu} = \frac{4 \cdot 6,56}{3,14(0,6 + 0,512)13,54 \cdot 10^{-6}} = 4,7 \cdot 10^5.$$

При $\mathrm{Re} > 10^4$ для течения среды в пространстве между двумя цилиндрическими стенками коэффициент теплоотдачи может быть рассчитан по критериальному уравнению [13]

$$\mathrm{Nu} = \alpha(D_р - D_н)/\lambda = 0,023\mathrm{Re}^{0,8}\mathrm{Pr}^{0,4}(D_р / D_н)^{0,45}, \qquad (3.5)$$

где $\mathrm{Pr} = c\mu/\lambda$ – критерий Прандтля; $D_р$ – внутренний диаметр рубашки; $D_н$ – наружный диаметр корпуса аппарата.

Подставив известные величины в уравнение (3.5), получим

$$\mathrm{Nu}_1 = 0,023(1,38 \cdot 10^6)^{0,8}(2163 \cdot 6,86 \cdot 10^{-6} / 0,028)^{0,4}(0,600 / 0,512)^{0,45} = 1564$$

$$\mathrm{Nu}_2 = 0,023(4,7 \cdot 10^5)^{0,8}(2163 \cdot 6,86 \cdot 10^{-6} / 0,028)^{0,4}(0,600 / 0,512)^{0,45} = 661$$

и $\alpha_1 = \mathrm{Nu} \cdot \lambda/(D_р - D_н) = 1564 \cdot 0,028/(0,600 - 0,512) = 497$ Вт/(м$^2 \cdot$К).

и $\alpha_2 = \mathrm{Nu} \cdot \lambda/(D_р - D_н) = 661 \cdot 0,028/(0,600 - 0,512) = 210$ Вт/(м$^2 \cdot$К)

Общее термическое сопротивление определяется суммой

$$\sum r_{ст} = r_1 + \delta_{ст}/\lambda_{ст} + r_2, \qquad (3.6)$$

где $r_1 = 1,1 \cdot 10^{-4}$ м$^2 \cdot$К/Вт – термическое сопротивление загрязнений стенки со стороны пара [УСД- задач.]; $\delta_{ст} = 6$ мм – толщина стенки корпуса [чертёж]; $\lambda_{ст} = 17,6$ Вт/(м $\cdot$ К) – коэффициент теплопроводности стали 03Х18Н11 при средней температуре $t_{ст} = (\theta + t)/2 = (143,5 + 95)/2 = 119,3^{o}$С [11]; $r_1 = 5,1 \cdot 10^{-4}$ м$^2 \cdot$К/Вт – термическое сопротивление загрязнений стенки со стороны МЭА [12].

Подставив известные величины в уравнение (3.6), получим

$$\sum r_{ст} = 1,1 \cdot 10^{-4} + 0,006/17,6 + 5,1 \cdot 10^{-4} = 1,53 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

При средней температуре 95°С динамическая вязкость МЭА равна

$$\mu = 0,713 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Кинематическая вязкость $\nu = \mu/\rho = 0,713 \cdot 10^{-3}/986 = 7,23 \cdot 10^{-7}$ м^2/с.

По данным [14] при величинах вязкости менее $50 \cdot 10^{-6}$ м^2/с ориентировочное значение коэффициента теплоотдачи α_2 от стенки роторного аппарата к перемешиваемой плёнке может быть принято равным 1000 Вт/(м^2·К).

Подставив известные величины в уравнение (3.4), получим

$$K_1 = \frac{1}{1/497 + 1,53 \cdot 10^{-3} + 1/1000} = 145 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

$$K_2 = \frac{1}{1/210 + 1,53 \cdot 10^{-3} + 1/1000} = 136 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Из уравнения (3.3) находим большее приближение к требуемой величине площади теплообменной поверхности:

$$F_1 = \frac{35800}{145 \cdot 48,5} = 3,4 \text{ м}^2.$$

$$F_2 = \frac{12900}{149 \cdot 33,5} = 1,6 \text{ м}^2$$

Приближённая величина площади поверхности теплообмена получилась ненамного больше имеющейся в разрабатываемом аппарате РПИ-15100, поэтому требуется выполнить *уточнённый расчёт аппарата*, который выполним в следующей последовательности [14].

Сначала установим режим работы лопастей: режим «стирания», когда кромка лопасти трётся о внутреннюю поверхность корпуса, либо режим «плавания», когда между кромкой лопасти и корпусом образуется самоустанавливающийся зазор Δ. Определить режим работы позволяет сравнение значений коэффициента мощности K_{Ni}, рассчитанных по эмпирическим формулам.

В предположении, что лопасти работают в режиме «стирания», коэффициент мощности определяется по формуле

$$K_{N3} = 7{,}75 z \psi^2 \left(1 + \frac{102}{\psi \, \mathrm{Re}_{\text{цб}}}\right), \tag{3.7}$$

где $z = 12$ – число лопастей; $\mathrm{Re}_{\text{цб}} = nD^2/\nu$ – центробежный критерий Рейнольдса; $n = 1{,}33\,\text{с}^{-1}$ – частота вращения ротора [чертёж]; D = 0,5 м – диаметр корпуса; $\nu = 7{,}23 \cdot 10^{-7}$ – кинематическая вязкость жидкости; ψ – гидродинамический параметр, рассчитываемый по формуле

$$\psi = 2{,}4 z^{-0{,}33} \mathrm{Re}_{\text{пл}}^{0{,}27} \mathrm{Re}_{\text{цб}}^{-0{,}38} \mathrm{Fr}_{\text{цб}}^{0{,}17} \sin\beta; \tag{3.8}$$

$\mathrm{Re}_{\text{пл}} = 4\Gamma_{\text{ср}}/\nu$ – критерий Рейнольдса для плёнки; $\Gamma_{\text{ср}} = G_{\text{ср}}/(\pi D \rho_{\text{ж}})$ – линейная плотность орошения, м²/с; $\mathrm{Re}_{\text{цб}} = nD^2/\nu$; $\mathrm{Fr}_{\text{цб}} = n^2 D/g$ – центробежный критерий Фруда.

Вычислим плотность орошения и числа подобия уравнений (3.7) и (3.8):

$$\Gamma_{\text{ср}} = 0{,}02361/(3{,}14 \cdot 0{,}5 \cdot 986) = 1{,}53 \cdot 10^{-5} \quad \text{м}^2/\text{с};$$

$$\mathrm{Re}_{\text{пл}} = 4 \cdot 1{,}53 \cdot 10^{-5} / 7{,}23 \cdot 10^{-7} = 84{,}6;$$

$$\mathrm{Re}_{\text{цб}} = 1{,}33 \cdot 0{,}5^2 / 7{,}23 \cdot 10^{-7} = 4{,}59 \cdot 10^5;$$

$$\mathrm{Fr}_{\text{цб}} = 1{,}33^2 \cdot 0{,}5 / 9{,}81 = 0{,}0902.$$

Подставляем известные величины последовательно в формулы (3.7), (3.8) и получим

$$\psi = 2{,}4 \cdot 12^{-0{,}33} \cdot 84{,}6^{0{,}54} (4{,}59 \cdot 10^5)^{-0{,}38} 0{,}0902^{0{,}17} \sin 60 = 0{,}0471;$$

$$K_{N3} = 7{,}75 \cdot 12 \cdot 0{,}0471^2 \left(1 + \frac{102}{0{,}0471 \cdot 4{,}59 \cdot 10^5}\right) = 0{,}2073.$$

В предположении, что аппарат работает в режиме «плавания» лопасти, когда образуется самоустанавливающийся зазор Δ, коэффициент мощности определяется по формуле

$$K_{N1} = 15{,}5\frac{zm_{лп}}{\rho_ж D^2}\frac{b+2c}{b+c}\sin 2\beta, \qquad (3.9)$$

где z – число лопастей; $m_{лп}$ – масса лопасти высотой 1 м, кг/м; b, c – длина лопасти и её шарнира, м; β – угол атаки лопасти по отношению к окружности корпуса; $\rho_ж = \rho_{95}$ – плотность жидкости, кг/м^3; D = 0,5 м – диаметр корпуса аппарата.

Согласно чертежу РПИ-15100, z = 12 c = 25 мм, b = 50 мм, $\beta = 0^o$, толщина лопасти $\delta_{лп} = 4$ мм. Масса стальной ($\rho_{лп} = 7850$ кг/м^3) лопасти высотой 1 м равна:

$$m_{лп} = \rho_{лп}\delta_{лп}b = 7850 \cdot 0{,}004 \cdot 0{,}05 = 1{,}57 \text{ кг}.$$

Подставив известные величины в формулу (3.9), получим

$$K_{N1} = 15{,}5\frac{12 \cdot 1{,}57}{986 \cdot 0{,}5^2} \cdot \frac{0{,}05 + 2 \cdot 0{,}025}{0{,}05 + 0{,}025}\sin(2 \cdot 60) = 1{,}185.$$

В рассматриваемом случае $K_{N3} < K_{N1}$, следовательно лопасти работают в режиме «стирания» и зазор Δ = 0. Коэффициент мощности K_{N2}, характеризующий затраты энергии на вращение ротора, с учётом трения лопастей о корпус, вычислим по формуле

$$K_{N2} = \frac{f}{1 + f\text{tg}\beta}\left(\frac{2(K_{N1} - K_{N3})}{\sin 2\beta} + K_{N3}\right), \qquad (3.10)$$

где f – коэффициент трения лопастей о стенки корпуса (сталь по стали f =0,17).

Подставив известные величины в (3.10), получим

$$K_{N2} = \frac{0{,}17}{1 + 0{,}17\text{tg}60}\left(\frac{2(1{,}185 - 0{,}2073)}{\sin(2 \cdot 60)} + 0{,}2073\right) = 0{,}36.$$

Мощность на преодоление сил трения лопастей ротора о стенки корпуса и перемешивание плёнки найдём по формуле [13]

$$N = K_{N2}\rho_ж n^3 D^4 H = 0{,}36 \cdot 986 \cdot 1{,}33^3 \cdot 0{,}5^4 \cdot 1{,}6 = 94 \text{ Вт}, \qquad (3.11)$$

где H = 1,6 м – высота рабочей части корпуса аппарата.

Среднее время пребывания жидкости в плёнке рассчитывается как

$$\tau_{ср} = \upsilon_ж \rho_ж / G_{ср}, \qquad (3.12)$$

где $\upsilon_ж$ – удерживаемый на теплообменной поверхности объём жидкости, м^3, величина которого рассчитывается по формуле

$$\upsilon_ж = (\pi D\delta + zf_{вл})H\ . \qquad (3.13)$$

В формуле (3.13) δ – толщина плёнки за лопастью, которая в режиме «стирания» может быть принята равной нулю, а $f_{вл}$ – площадь сечения жидкостного валика, образующегося перед лопастью, м^2. Величина $f_{вл}$ принимается наибольшей из рассчитанных по формулам:

$$f_{вл} = 3{,}75\left(\frac{V_{вл}\nu_ж}{g\sin\beta}\right)^{0{,}5}; \qquad (3.14)$$

$$f_{вл}/D^2 = 0{,}95\,\mathrm{Re}_{цб}^{-0{,}76}\,\mathrm{Fr}_{цб}^{0{,}56}\left(\frac{K_{N2}}{z}\right)^{0{,}12}\left(\frac{V_{вл}}{\nu_ж D}\right)^{0{,}56}(\sin\beta)^{-0.32}, \qquad (3.15)$$

где $V_{вл}$ – расход жидкости через сечение валика перед лопастью, м^3/с, определяемый по формуле

$$V_{вл} = (V_ж - V_{пл})/z; \qquad (3.16)$$

$V_ж = G_{ср}/\rho_ж$ – общий расход жидкости, м^3/с; $V_{пл}$ – расход жидкости через плёнку, образующейся за лопастью, м^3/с.

При работе лопасти в режиме стирания $V_{пл} = 0$. Тогда

$$V_{вл} = G_{ср}/\rho_ж z = 0{,}02361/(986\cdot 12) = 1{,}99\cdot 10^{-6}\ м^3/с.$$

Подставляя известные величины в формулы (3.14) и (3.15), находим

$$f_{вл} = 3{,}75\left(\frac{1{,}99\cdot 10^{-6}\cdot 7{,}23\cdot 10^{-7}}{9{,}81\cdot\sin 60}\right)^{0{,}5} = 1{,}54\cdot 10^{-6}\ м^2;$$

$$f_{вл} = 0{,}95\cdot 0{,}5^2(4{,}59\cdot 10^5)^{-0{,}76}0{,}0902^{0{,}56}\left(\frac{0{,}36}{12}\right)^{0{,}12}\times$$

$$\times\left(\frac{1{,}99\cdot 10^{-6}}{7{,}23\cdot 10^{-7}\cdot 0{,}5}\right)^{0{,}56}(\sin 60)^{-0.32} = 1{,}99\cdot 10^{-5}\ м^2.$$

Принимаем площадь сечения валиков равной наибольшему из найденных значений $f_{вл} = 1{,}99\cdot 10^{-5}$ м^2.

Удерживаемый на теплообменной поверхности объём жидкости по формуле (3.13) равен

$$\upsilon_ж = (0 + 12\cdot 1{,}99\cdot 10^{-5})1{,}6 = 3{,}82\cdot 10^{-4}\ м^3.$$

Среднее время пребывания жидкости на теплообменной поверхности, согласно (3.12), составит

$$\tau_{ср} = 3{,}82\cdot 10^{-4}\cdot 986/0{,}02361 = 15{,}9\ с.$$

Найденное время невелико и не создаёт условий для термической деструкции продукта.

Коэффициент теплоотдачи к плёнке для режима «стирания» рассчитаем по формуле [13]

$$\alpha_2 = 1{,}13(zn\lambda_ж\rho_ж c_p)^{0,5}\frac{500}{1750+\mathrm{Pr}}, \qquad (3.17)$$

где $\mathrm{Pr} = c_p\mu_ж/\lambda_ж$ – критерий Прандтля; $\lambda_ж$ – коэффициент теплопроводности жидкости (МЭА), Вт/(м·К).

По данным исследований при температуре 95°С коэффициент теплопроводности принимаем равным $\lambda_ж = 0,26$ Вт/(м·К). Тогда

$$\mathrm{Pr} = 2163\cdot 0,713\cdot 10^{-3}/0,028 = 5,93.$$

Подставив известные величины в уравнение (3.17), получим

$$\alpha_2 = 1{,}13(12\cdot 1,33\cdot 0,26\cdot 986\cdot 2163)^{0,5}\frac{500}{1750+5,93} = 957 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

Уточним коэффициент теплопередачи

$$K_1 = \frac{1}{1/497+0,96\cdot 10^{-3}+1/957} = 151 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

$$K_2 = \frac{1}{1/210+0,96\cdot 10^{-3}+1/957} = 148 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

Уточнённая площадь поверхности теплообмена равна

$$F_1 = \frac{Q-N}{K\Delta t_{ср}} = \frac{35800-97}{151\cdot 48,5} = 3,33 \text{ м}^2.$$

$$F_2 = \frac{Q-N}{K\Delta t_{ср}} = \frac{12900-97}{148\cdot 33,5} = 1,58 \text{ м}^2.$$

Полученная величина $F < F_{ст} = 5$ м^2. Следовательно, аппарат РПИ-15100 при выбранных параметрах процесса обеспечивает заданную производительность по регенерируемому МЭА.

3.3 Энергетический расчет

Целью данного расчета состоит в том, чтобы подобрать оптимальный электропривод.

3.3.1 Подбор привода ротора

В роторном плёночном аппарате максимальная мощность затрачивается при сухом трении лопастей о стенки корпуса, поэтому эффективная мощность на валу ротора рассчитывается по формуле [13]

$$N_э = (N_{тр} + N_{уп})/\eta, \qquad (3.18)$$

где $N_{тр}$ – мощность, затрачиваемая на вращение ротора в режиме сухого трения; $N_{уп}$ – мощность, затрачиваемая в торцовых уплотнениях вала; $\eta = 0{,}85 - 0{,}9$ – КПД привода.

Составляющая $N_{тр}$ рассчитаем по формуле [13]

$$N_{тр} = 31 z m_{лп} n^3 D^2 H \frac{b+2c}{b+c} \cdot \frac{f}{1+f\mathrm{tg}\beta} = \tag{3.19}$$

$$= 31 \cdot 12 \cdot 1{,}57 \cdot 1{,}33^3 \cdot 0{,}5^2 \cdot 1{,}6 \frac{0{,}05+2\cdot 0{,}025}{0{,}05+0{,}025} \cdot \frac{0{,}17}{1+0{,}17\mathrm{tg}60} = 96 \text{ Вт.}$$

Мощность, затрачиваемая в торцовом уплотнении, рассчитывается по эмпирической формуле [14]

$$N_{уп} = 6020 d_в^{1,3}, \tag{3.20}$$

где $d_в$ – диаметр вала, м.

В аппарате РПИ-15100 диаметр вала $d_в = 65$ мм и одно торцовое уплотнение. Мощность по (3.20) равна

$$N_{уп} = 6020 \cdot 0{,}065^{1,3} = 172 \text{ Вт.}$$

По формуле (3.18) имеем

$$N_э = (96+172)/0{,}85 = 315 \text{ Вт}.$$

По [9, табл П.15.2] подбираем стандартный электропривод $N_{ном}$ = 1 кВт и частотой вращения 160 мин$^{-1}$.

3.3.3 Расчет и подбор изоляции

Расчет изоляции ведем согласно [5].

Найдем толщину тепловой изоляции из равенства удельных тепловых потоков через слой изоляции в окружающую среду:

$$a_в (t_{ст} - t_в) = \frac{\lambda_и}{\delta_и} \cdot (t_{ст1} - t_{ст2}), \tag{3.21}$$

где $\alpha_в$ – коэффициент теплоотдачи от внешней поверхности изоляционного материала в окружающую среду найдем по формуле (3.21).

$$a_в = 9{,}3 + 0{,}058 t_{ст2}, \tag{3.22}$$

где $t_{ст2}$=40 ºС температура изоляции со стороны окружающей среды.

$$a_в = 9,3 + 0,058 \cdot 40 = 11,6\,Вт/м^2 \times К.$$

$t_в$ –температура окружающей среды (воздуха).

λ_u –коэффициент теплопроводности изоляционного материала.

Выберем в качестве материала для изоляции совелит (85% магнезии асбеста)

$$\lambda_u = 0,09\,Вт/м^2К.$$

Тогда толщина изоляции будет

$$\lambda_u = \frac{0,09(100-40)}{11,6(40-20)} = 0,023\,м.$$

Принимаем толщину изоляции 25мм. Плотность совелита 400 кг/м^3.

3.4 Прочностной расчет основных элементов аппарата

Целью расчета является определение размеров деталей роторно-пленочного испарителя, исходя из условий, обеспечивающих прочность, жесткость и устойчивость формы. Данный раздел включает в себя расчет толщины стенок обечайки и днища, расчет.

Расчет ведем согласно [18-20].

3.4.1 Определение расчётных параметров

Сталь 03Х18Н11 при статических однократных нагрузках $[\sigma]$, *МПа*, определяем по формуле:

для рабочего состояния,

$$[\sigma] = \eta \cdot \min\left\{\frac{\sigma_Т^t}{n_Т}; \frac{\sigma_В^t}{n_В}\right\} \qquad (3.23)$$

где σ_T^t– предел текучести для материала колонны при расчетной температуре, для стали 03Х18Н11 при t = 120°С σ_T^t=420 МПа [18];

σ_B^t– предел прочности при растяжении для материала колонны при

расчетной температуре, для стали 03Х18Н11 при t = 110°С σ_B^t=314 МПа [1];

n_T – коэффициент запаса прочности по пределу текучести, n_T=1,5 [18];

n_B – коэффициент запаса прочности по пределу прочности на растяжение, n_B=2,4 [8];

η – поправочный коэффициент к допускаемым напряжениям, для листового проката η = 1 [8].

$$[\sigma] = 1 \cdot \min\left\{\frac{420}{1,5} = 280; \frac{314}{2,4} = 131\right\} = 131 \text{ МПа}.$$

Модуль продольной упругости для материала корпуса (сталь 03Х18Н11): при температуре 20^0С E_{20}=2,15·10^5 МПа; при расчётной температуре E=2,15·10^5 МПа [8].

Коэффициент запаса устойчивости: в рабочем состоянии $n_У$=2,4.

Проверим необходимость расчёта аппарата на внутреннее пробное давление, проверив условие

$$p_{\text{РИ}} < 1,35 p_{\text{Р}} \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}, \tag{3.24}$$

где $p_{\text{РИ}}$ – расчётное давление гидроиспытания, в нашем случае

$p_{\text{РИ}} = p_{\text{ПР}} = 0,2$ МПа;

$[\sigma]_{20}$ – допускаемое напряжение для материала корпуса колонны при 20°С, для стали 03Х18Н11 $[\sigma]_{20}$=183 МПа [8];

$$0,03 \text{ МПа} < 1,35 \cdot 0,106 \frac{183}{175} = 0,15 \text{ МПа}.$$

Условие выполняется, следовательно, необходимости проводить расчёт на прочность, корпуса аппарата в условиях гидроиспытания нет.

3.4.2 Расчет цилиндрической обечайки

Исходные данные:

Материал: 03Х18Н11;

Внутр. диаметр D = 500 мм;

Толщина стенки s = 6 мм;

Прибавка для компенсации коррозии и эрозии c_1 = 1 мм;

Прибавка для компенсации минусового допуска c_2 = 0,8 мм;
Прибавка технологическая c_3 = 0 мм;
Сумма прибавок к расчётной толщине стенки, с = 1,8 мм;
Длина обечайки L = 1800 мм.
Коэффициенты прочности сварных швов:
Продольный шов $\varphi_1 = 1$;
Окружной шов $\varphi = 1$.

Расчётная схема представлена на рисунке 3.2.

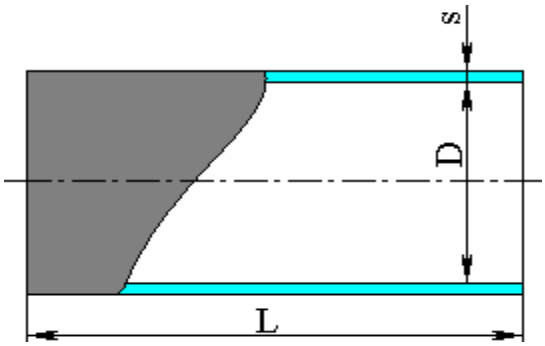


Рисунок 3.2. Расчетная схема обечайки.

Гладкая обечайка, нагруженная наружным давлением (п. 5.3.2)
Расчётная длина для расчёта от действия давления l_p = 795 мм.

$$B_1 = \max\left\{1,0; 0,47\left(\frac{p}{10^{-5}\cdot E}\right)^{0,067}\cdot\left(\frac{1}{D}\right)^{0,4}\right\}. \qquad (3.25)$$

$$B_1 = \max\left\{1,0; 0,47\left(\frac{0,2}{10^{-5}\cdot 1,996\cdot 10^{5}}\right)^{0,067}\cdot\left(\frac{795}{500}\right)^{0,4}\right\} = 1.$$

Расчётная толщина стенки с учетом прибавок

$$s_p + c = \max\left\{1,06; \frac{10^{-2}\cdot D}{B}\left(\frac{p}{10^{-5}\cdot E}\cdot\frac{l}{D}\right)^{0,4}; \frac{1,2\cdot p\cdot D}{2\cdot[\sigma]-p}\right\}. \qquad (3.26)$$

$$s_p + c = \max\left\{\begin{array}{l} 1,06; \dfrac{10^{-2}\cdot 500}{1}\left(\dfrac{0,08}{10^{-5}\cdot 1,996\cdot 10^{5}}\cdot\dfrac{795}{500}\right)^{0,4} \\ ; \dfrac{1,2\cdot 0,08\cdot 500}{2\cdot 131-0,08} \end{array}\right\} + 1,8 = 3,5613\,\text{мм}.$$

3,5613 мм меньше 6 мм

Заключение: Условие работоспособности выполнено.

$$[p]_1 = \frac{[p]_{1П}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_{1П}}{[p]_{1Е}}\right)^2}}$$

Допускаемое наружное давление из условия устойчивости

$$[p_1] = \frac{2,1825}{\sqrt{1+\left(\frac{2,1825}{0,070429}\right)^2}} = 0,67025\,\text{МПа}.$$

Допускаемое наружное давление из условия устойчивости обечайки между кольцами жесткости

$$[p]_2 = \frac{[p]_{2П}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_{2П}}{[p]_{2Е}}\right)^2}}$$

$$[p_2] = \frac{2,1825}{\sqrt{1+\left(\frac{2,1825}{0,070429}\right)^2}} = 0,67025\,\text{МПа}.$$

Допускаемое наружное давление:

$[p] = \min\{[p]_1;[p]_2\}$

[p] = min{0,67025;067025}

0,67025 МПа > 0,08 МПа.

Заключение: Условие прочности и устойчивости выполнено.

3.4.3 Расчет конического днища

Исходные данные:

Материал: 03Х18Н11;

Внутр. диаметр D = 500 мм;

Диаметр меньшего основания D_1 = 220 мм;

Толщина стенки s = 6 мм;
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии c_1 = 1 мм;
Прибавка для компенсации минусового допуска c_2 = 0,8 мм;
Прибавка технологическая c_3 = 0 мм;
Сумма прибавок к расчётной толщине стенки, c = 1,8 мм;
Длина обечайки L = 400 мм.
Коэффициенты прочности сварных швов:
Продольный шов φ_1 = 1;
Окружной шов φ = 1.

Расчётная схема представлена на рисунке 3.3.

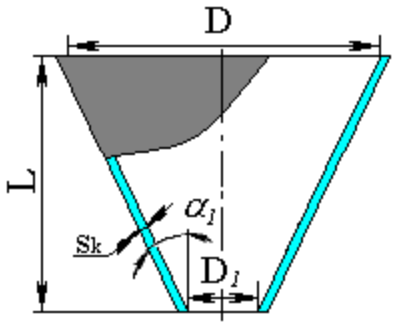


Рисунок 3.3. Расчетная схема днища.

Максимальный угол наклона стенки

$$a_1 = \mathrm{arctg}\left(\frac{D - D_1 + 2}{2 \cdot L}\right). \qquad (3.27)$$

$$a_1 = \mathrm{arctg}\left(\frac{500 - 220 + 2}{2 \cdot 400}\right) = 19,29°.$$

Расчетный диаметр в текущем сечении

$$D_{\mathrm{E}} = \max\left\{\frac{D + D_1}{2 \cdot \cos a_1}; \frac{D}{\cos a_1} - 0,31 \cdot (D + D_1) \cdot \sqrt{\frac{D + D_1}{s_{\mathrm{k}} - c}} \cdot \mathrm{tg} a_1\right\}. \qquad (3.28)$$

$$D_{\mathrm{E}} = \max\left\{\begin{array}{l} \frac{500 + 220}{2 \cdot \cos 19,29°}; \frac{500}{\cos 19,29°} - 0,31 \cdot (500 + 220) \cdot \\ \sqrt{\frac{500 + 220}{6 - 1,8}} \cdot \mathrm{tg} 19,29° \end{array}\right\} = 427,46 \text{ мм}.$$

$$l_E = \frac{D - D_1}{2 \cdot \sin a_1}. \qquad (3.29)$$

$$l_E = \frac{500 - 220}{2 \cdot \sin 19,29°} = 423,79.$$

$$B_1 = \min\left\{1; 9,45 \frac{427,46}{423,79} \cdot \sqrt{\frac{427,46}{100 \cdot (6 - 1,8)}}\right\} = 1. \qquad (3.30)$$

Расчётная толщина стенки обечайки с учётом прибавок (при давлении, п. 8.3.2.2.

$$s_{kp} = \max\left\{1,06 \frac{10^{-2} D_E}{B_1} \cdot \left(\frac{p}{10^{-5} \cdot E} \cdot \frac{l_E}{D_E}\right)^{0,4}; \frac{1}{\cos a_1} \cdot \frac{1,2 \cdot p \cdot D_E}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - p}\right\} + c. \qquad (3.31)$$

$$s_{kp} = \max\left\{\begin{array}{l} 1,06 \frac{10^{-2} \cdot 427,46}{1} \cdot \left(\frac{0,08}{10^{-5} \cdot 1,996 \cdot 10^5} \cdot \frac{423,79}{427,46}\right)^{0,4}; \\ \frac{1}{\cos 19,29°} \cdot \frac{1,2 \cdot 0,08 \cdot 484,73}{2 \cdot 1 \cdot 131 - 0,2} \end{array}\right\} + 1,8 = 3,05 \text{мм}.$$

Допускаемое наружное давление из условия прочности

$$[p]_п = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot (s_k - c)}{\frac{D_E}{\cos a_1} + (s_k - c)}. \qquad (3.32)$$

$$[p]_п = \frac{2 \cdot 131 \cdot (6 - 1,8)}{\frac{484,73}{\cos 19,59°} + (6 - 1,8)} = 2,1253 \text{МПа}.$$

Допускаемое наружное давление из условия устойчивости

$$[p]_E = \frac{2,08 \cdot 10^{-5} \cdot E}{n_у + B_1} \cdot \frac{D_E}{l_E} \left[\frac{100 \cdot (s_k - c)}{D_E}\right]^{2,5}. \qquad (3.33)$$

$$[p]_{\text{E}} = \frac{2,08\cdot10^{-5}\cdot1,996\cdot10^{5}}{2,4\cdot1}\cdot\frac{427,46}{423,79}\left[\frac{100\cdot(6-1,8)}{427,46}\right]^{2,5} = 1,6714\,\text{МПа}.$$

Допускаемое давление

$$[p] = \frac{2,1253}{\sqrt{1+\left(\frac{2,1253}{1,6714}\right)^{2}}} = 1,3138\,\text{МПа}.$$

1,3138 МПа > 0,08 МПа.

Заключение: Условие прочности и устойчивости выполнено

3.4.4 Расчет фланцевого соединения

Исходные данные:
Тип фланцев: Плоские приварные;
Исполнение: Шип-паз.
Данные о фланце:
Материал фланца: 03Х18Н11;
Материал смежного элемента: 03Х18Н11;
Наружный диаметр фланца, $D_н$ = 640 мм;
Толщина фланца, h = 29 мм;
Толщина стенки смежного элемента, s = 7 мм.

Расчётная схема представлена на рисунке 3.4.

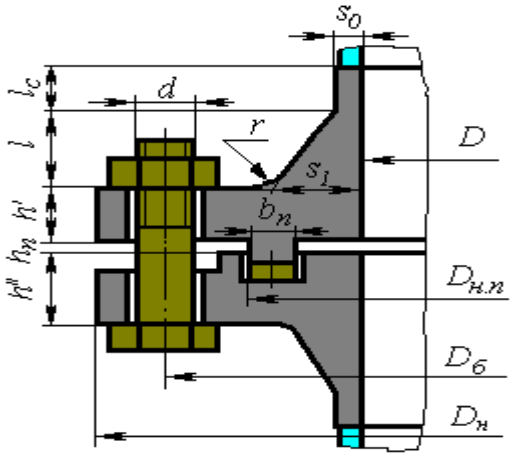


Рисунок 3.4. Расчётная схема фланцевого соединения.

Расчет в сечении s_0 в рабочих условиях

Расчётная температура фланца по [8]

$$t_{Ф} = 0,96t$$
$$t_{Ф} = 0,96 \cdot 110 = 105,6\,^{o}C \qquad (3.34)$$

Расчётная температура болтов соединения по [8]

$$t_{Б} = 0,95t$$
$$t_{Б} = 0,95 \cdot 110 = 104,5\,^{o}C. \qquad (3.35)$$

Средний диаметр прокладки по [8]

$$D_{пср} = D_1 - b_n \qquad (3.36)$$

где b_n - ширина уплотнительной прокладки, мм, для прокладки из EPDM согласно [6] принимаем b_n = 12,5 мм.

Тогда

$D_{n\,ср}$ = 543-12,5 = 530,5 мм.

Определим вспомогательные величины.

Эквивалентная толщина втулки s_E = s = 6 мм.

Безразмерный параметр согласно [8]

$$K = \frac{D_{ф}}{D}.$$
$$K = \frac{640}{500} = 1,28 \qquad (3.37)$$

Безразмерный параметр согласно [8]

$$\omega = \frac{1}{1 + 0,9\lambda(1 + \psi j^2)}, \qquad (3.38)$$

где λ – коэффициент, согласно [6] при K = 1,28 λ = 0,38;

ψ_1 – коэффициент, согласно [6] при K = 1,28 ψ_1 = 0,09;

j – безразмерный параметр по [6]

$$j = \frac{h}{s_E}, \qquad (3.39)$$

$$j = \frac{25}{6} = 4{,}17$$

Тогда

$$\omega = \frac{1}{1 + 0{,}9 \cdot 0{,}38(1 + 0{,}09 \cdot 4{,}17^2)} = 0{,}53.$$

Безразмерный параметр T согласно [8] при K = 1,28 T = 1,84. Коэффициент ψ_2 согласно [6] при K = 1,2 ψ_2 = 11,4.

Угловая податливость фланца согласно [6]

$$У_ф = \frac{0{,}91 \cdot 0{,}21394}{2 \cdot 10^5 \cdot 7^2 \cdot 0{,}98439 \cdot 59{,}161} = 0{,}98439 / (МН \times м) \qquad (3.40)$$

Угловая податливость фланцевой крышки по [6]

$$У_{кр} = \frac{x_{кр}}{h_{кр}^3 E_{кр}}, \qquad (3.41)$$

где $h_{кр}$ - толщина фланцевой части крышки, м, согласно [6]

$h_{кр}$= 0,022 м;

$E_{кр}$ – модуль продольной упругости материала крышки, МПа, $E_{кр}$ = E.

$x_{кр}$ – безразмерный параметр, согласно [6]

$$x_{кр} = \frac{0{,}67\left[K_{кр}^2(1 + 8{,}55 \lg K_{кр}) - 1\right]}{(K_{кр} - 1)\left[K_{кр}^2 - 1 + (1{,}857 K_{кр}^2 + 1)\left(\frac{\delta_{кр}}{h_{rh}}\right)^3\right]}, \qquad (3.42)$$

где $\delta_{кр}$ – толщина, м, согласно [6] $\delta_{кр}$ = 0,029 м;

$K_{кр}$- безразмерный параметр, по [6]

$$K_{кр} = \frac{D_ф}{D_{ср}}, \qquad (3.43)$$

$$K_{кр} = \frac{640}{561} = 1{,}14$$

Тогда $$x_{кр} = \frac{0{,}67\left[1{,}14^2(1 + 8{,}55 \lg 1{,}14) - 1\right]}{(1{,}14 - 1)\left[1{,}14^2 - 1 + (1{,}8571{,}14^2 + 1)\left(\frac{0{,}024}{0{,}022}\right)^3\right]} = 0{,}943$$

и

$$У_{кр} = \frac{0,943}{0,0229^3 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0,391/(\text{МН}\times\text{м})$$

Линейная податливость прокладки по [6]

$$y_n = \frac{s_n}{\pi D_{пср} \cdot b_n \cdot E_n}, \qquad (3.44)$$

где E_n – модуль продольной упругости материала прокладки, МПа, согласно [6] E_n = 2000 МПа;

s_n – высота прокладки, принимаем h_n = 2 мм.

Тогда

$$y_n = \frac{6}{\pi \cdot 152 \cdot 2 \cdot 2000} = 3,14 \cdot 10^{-3} \text{ м/МН.}$$

Расчетная длина болта согласно [6]

$$l_Б = l_{Б0} + 0,28d, \qquad (3.45)$$

где $l_{Б0}$ – длина болта между опорными поверхностями головки болта и гайки, м.

Расчетная длина болта

$$l_Б = 32 + 26 + 2 = 60 \text{ мм.}$$

Окружное мембранное напряжение от действия давления во втулке в рабочих условиях в сечении s_0:

$$\sigma_{0mo}^{p} = \frac{p \cdot D}{2 \cdot (s_0 - c)}. \qquad (3.46)$$

$$\sigma_{0mo}^{p} = \frac{-0,08 \cdot 500}{2 \cdot (6 - 2,8)} = -1,69\, МПа.$$

Меридиональное мембранное напряжение во втулке в рабочих условиях в сечении s_0 (+):

$$\sigma_{0mo}^{p+} = \frac{Q_o + F + \dfrac{4 \cdot M}{D_{сп}}}{\pi \cdot (D + s_0)(s_0 - c)}. \qquad (3.47)$$

$$\sigma_{0mo}^{p+} = \frac{-2861 + 0 + \frac{4 \cdot 0}{540}}{\pi \cdot (500+6)(6-1,8)} = -0,96\,МПа.$$

Меридиональное мембранное напряжение во втулке в рабочих условиях в сечении s_0 (–)

$$\sigma_{0mo}^{p-} = \frac{-2861 + 0 - \frac{4 \cdot 0}{540}}{\pi \cdot (500+6)(6-1,8)} = -0,96\,МПа.$$

Условие статической прочности в рабочих условиях в сечении s_0:

$$\max\left\{\left|\sigma_{0mo}^{p}\right|;\left|\sigma_{0mm}^{p}\right|\right\} \le \left[\sigma\right]_{ф}. \qquad (3.48)$$

$$\max\left\{\left|-1,69\right|;\left|-0,96\right|\right\} = 1,69\,МПа.$$

1.69 МПа < 150 МПа, Условие прочности выполнено

Жёсткость фланца

Угол поворота фланца в рабочих условиях

$$\Theta = M^{p} \cdot y_{ф} \frac{E^{20}}{E}. \qquad (3.49)$$

$$\Theta = 105,1 \cdot 0,98 \frac{2 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^5} = 0,0026°.$$

Допускаемый угол поворота фланца, $\left[\Theta\right]$ = 0.7448 °

Коэффициент увеличения допускаемого угла поворота фланцев: K_o = 1

Условие выполнения жесткости фланцев

$$\Theta \le K_o \cdot \left[\Theta\right]. \qquad (3.50)$$

$$0,7448° \le 1 \cdot 0,7448°.$$

Условие жёсткости выполнено

4 ПОДБОР НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО, ТЕПЛООБМЕННОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В данном разделе произведен подбор стандартного оборудования блока регенерации МЭА (рисунок 2.1).

Произведен подбор насосного оборудования (насос Н15050), теплообменного оборудования (теплообменник Т15110) и емкостного оборудования (емкость Е15020).

4.1 Теплообменное оборудование

В качестве теплообменного оборудования были выбраны теплообменники пластинчатого типа, ввиду положительного опыта использования на производстве.

Для выбора типовой модели был заполнен опросный лист и отправлен производственно-инжиниринговой компании «Ридан». Исходя из потребностей и пожеланий были предложены теплообменники. Основные параметры приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 основные характеристики пластинчатых теплообменников

Параметр	Т15070	Т15110
Тепловая нагрузка, ккал/час	70549	37464
Эффективная площадь, м^2	4,94	8,06
Число пластин	21	33
Внутренний объём, л	7,5	12
Коэффициент теплопередачи, ккал/м^2*ч*К	469/548	236/441

Подробные характеристики теплообменников представлены в «Приложение Г».

4.2 Насосное оборудование

Насос Н15050 предназначен для подачи в подогреватель Т15070 раствора МЭА с расходом по объему $V_р$ = 0,15709434 м^3/ч (таблица 3.1).

Скорость движения в трубопроводе из уравнения расхода составляет

$$w = \frac{V_р}{0{,}785 d^2} = \frac{0{,}1571}{3600 \cdot 0{,}785 \cdot 0{,}025^2} = 2{,}57 \text{ м/с}. \quad (4.1)$$

где d = 0,025 м – диаметр трубопровода.

Критерия Рейнольдса:

$$\mathrm{Re} = \frac{w\rho d}{\mu} = \frac{2,57 \cdot 1010 \cdot 0,025}{0,8 \cdot 10^{-3}} = 2,11 \cdot 10^{5}. \quad (4.2)$$

Относительная шероховатость труб составляет

$$\varepsilon = \frac{\Delta_э}{d_в} = \frac{0,0002}{0,025} = 0,008, \quad (4.3)$$

где $\Delta_э$ = 0,0002 м –принятая абсолютная шероховатость труб [14].

Коэффициент трения при Re = $2,11 \cdot 10^5$ определим по формуле [14]

$$\lambda = \left\{ \frac{1}{-2\lg\left[\varepsilon / 3,7 + \left(6,81 / \mathrm{Re}\right)^{0,9}\right]} \right\}^2. \quad (4.4)$$

Подставив численные значения, получим:

$$\lambda = \left\{ \frac{1}{-2\lg\left[0,008 / 3,7 + \left(6,81 / 2,21 \cdot 10^5\right)^{0,9}\right]} \right\}^2 = 0,0272.$$

Потери напора на трение и местные сопротивления определим по формуле [14]

$$h_{пот} = \left[1 + \frac{\lambda\left(L + \sum L_э\right)}{d}\right]\frac{w^2}{2g}, \quad (4.5)$$

где L = 10 м – длина трубопровода подачи исходной смеси; $\Sigma L_э$ – суммарная эквивалентная длина трубопровода, имеющего такое же гидравлическое сопротивление, как и местные сопротивления (повороты, арматура и т.д).

Приняв эквивалентную длину $\Sigma L_э$ = 3 м, получим:

$$h_{пот} = \left[1 + \frac{0,0272\left(10 + 3\right)}{0,025}\right]\frac{2,57^2}{2 \cdot 9,81} \approx 5 \text{ м}.$$

Подбор насоса проведем по формуле [13]

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + H_г + h_{пот}, \quad (4.6)$$

где p_2 = 0,02 МПа – абсолютное давление в грелке; p_1 = 0,1 МПа – давление в ёмкости отработанного МЭА [1]; $H_г$ = 3 м – высота подъема раствора.

Подставив численные значения, получим:

$$H = \frac{(0,02-0,01)10^6}{961 \cdot 9,81} + 3 + 5 = 9 \text{ м.}$$

Из литературы [4] принимаем насос 2НВР-60Д (НВР-16Д) с мощностью электродвигателя 2,2 кВт с максимальной производительностью 18 м^3/ч.

4.3 Емкостное оборудование

Номинальный объем емкости отработанного раствора МЭА Е15020 определим по формуле

$$v_н = \frac{L_р \tau}{\varphi \rho_ж}, \quad (4.7)$$

где $L_р$ = 160 кг/ч – расход отработанного раствора МЭА; τ = 0,5 ч – запас продукта в емкости; φ = 0,8 – коэффициент заполнения.

Подставив численные значения, получим:

$$v_н = \frac{160 \cdot 1}{0,8 \cdot 961} = 0,48 \text{ м}^3.$$

Согласно данным [16] примем емкость объемом 0,5 м^3.

5 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Целью раздела являются вопросы технологии изготовления центробежного диска, включающие: определение размеров заготовки, разработку маршрута обработки и расчет технических норм на изготовление.

Расчет проведем согласно рекомендациям [25, 26].

5.1 Определение типа производства и формы организации работ

Исходя из заданной программы выпуска и вида изделия (ротор-распределитель) устанавливаем единичный тип производства.

Что касается формы организации работ, то для единичного производства основной является форма организации работ по видам оборудования.

Тип производства и форма организации работ определяют характер технологического процесса и его построение.

5.2 Выбор вида заготовки и определение припусков на обработку

Способ изготовления роторов выбирается в зависимости от их размеров, марки стали, припусков на механическую обработку и пр.

В индивидуальном производстве изготовление ротора при D = 150-450 мм осуществляется вырезкой из листового проката с последующей механической обработкой.

В качестве заготовки для нашей детали принимаем листовой прокат. Обозначение принятой заготовки:

$$\text{Лист}\ \frac{30\,ГОСТ\,19904-90}{03X18H11\,ГОСТ\ 5632-72}$$

Определение припусков на обработку заготовки:

$$Z_d = \frac{D^{0,4}L^{0,05}}{IT^{0,45}}, \qquad (5.1)$$

где D – наибольший диаметр детали, мм;

L – длина детали, мм;

IT – квалитет на диаметр D.

$$Z_d = \frac{426^{0,4}27^{0,05}}{5^{0,45}} = 6,4\,мм.$$

$$Z_l = D^{0,3} L^{0,05}, \tag{5.2}$$

$$Z_l = 426^{0,3} 27^{0,05} = 7,3 мм.$$

Определение масс заготовки и детали:

$$M_{дет} = 14,4\ кг$$

$$V_{заг} = \frac{\pi \cdot 0,4324^2}{4} \cdot 0,0196 = 29 \cdot 10^{-4}\ м^3,$$

$$M_{заг} = 29 \cdot 10^{-4} \cdot 7900 = 22,91 кг.$$

Определение коэффициента использования материала:

$$k_{им} = \frac{M_{дет}}{M_{заг}}, \tag{5.3}$$

$$k_{им} = \frac{14,4}{22,91} = 0,63.$$

5.3 Выбор технологических баз

Выбор технологических баз производим, исходя из основных принципов базирования.

Так как в качестве вида заготовки взят листовой прокат, то установочной базой при заготовительной операции будет являться плоскость листа и кромка.

В качестве основной базы при токарной обработке будет взят трехкулачковый самоцентрирующийся патрон, с базированием по наружному или по внутреннему диаметру, без упора в торец.

Базирование по наружной поверхности обеспечивает надежное закрепление и передачу большого крутящего момента.

При сверлильной операции установочной базой будет являться торец заготовки, и деталь будет установлена на столе станка и прижата прижимом.

Измерительной базой будет являться центр детали, от которого производят все измерения.

5.4 Установление плана и методов обработки

Основными операциями по получению готовой детали в нашем случае будут: разметочная операция, резка, токарная, сверлильная, слесарная, контрольная. Подробнее они изложены в маршрутной карте.

5.5 Выбор оборудования, приспособлений и инструментов

В соответствии с разработанным технологическим процессом изготовления фланца нами были выбраны оборудование, приспособления, инструменты и вспомогательные материалы для каждой технологической операции. Подробно с этими данными можно ознакомиться в маршрутной карте.

Токарная обработка производится на токарно-револьверном станке 16К20. Его преимущество в том, что данный станок широко представлен на производстве и на этом станке можно обрабатывать тела вращения различной формы. Также выбранная модель станка отвечает всем необходимым показателям: мощность, подача и т.д.

При обработке торцов детали, закрепленной в патроне, применим проходной отогнутый резец, а чистовую обработку ведем с подачей от центра к периферии. Для обработки наружных диаметров применяем проходной упорный резец.

При центровке отверстия применяем специальное центровочное сверло, а при сверлении и рассверливании используем цилиндрические сверла с коническим хвостовиком, которые вставляются в заднюю бабку станка.

Для сверлильной операции заготовку устанавливаем на столе сверлильного станка и прижимаем её сверху прижимами.

Для операции сверления используется вертикально-сверлильный станок 2Н135.

5.6 Определение режимов резания

В нашем случае обрабатываемые поверхности – 1,2,3,5,6,7 (точение) и 4,8 (сверление) – см. рисунок 5.1.

Рассчитаем для них режимы обработки.

Расчет ведем на примере поверхности 1.

Определение глубины резания

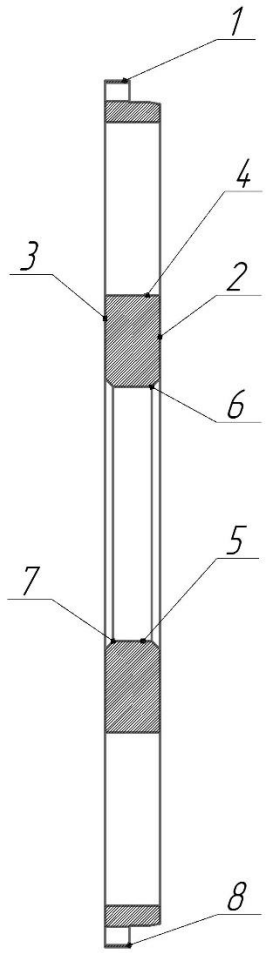


Рисунок 5.1 – Обрабатываемые поверхности

Согласно [11, стр. 261] при черновой (предварительной) обработке назначается по возможности максимальная глубина резания t, равная всему припуску на обработку. Таким образом, принимаем t = 2,9 мм = 2900 мкм. Для чистового точения примем однопроходный режим с учетом довольно высокой шероховатости детали на этой поверхности. Глубина резания в этом случае t = 0,5 мм = 500 мкм.

Определение подачи

Для чернового точения принимаем подачу s = 1,0 мм/об согласно [11, табл. 11, стр. 266]. Для чистовой обработки поверхности принимаем подачу s = 0,51 мм/об согласно [11, табл. 14, стр. 268].

Определение скорости резания

Скорость резания υ, м/мин рассчитывается по формуле [11, стр. 265]

$$\upsilon = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v, \qquad (5.4)$$

где C_v – коэффициент, по [11, табл. 17, стр. 269] принимаем для чернового точения $C_v = 340$, для чистового точения – $C_v = 350$;

T – период стойкости режущего инструмента, согласно [11, стр. 268] для одноинструментной обработки T = 30 – 60 мин., принимаем T = 40 мин.;

m, x, y – показатели степени, согласно [11, табл. 17, стр. 269] принимаем для чернового точения m = 0,2, x = 0,15, y = 0,45, для чистового точения m = 0,2, x = 0,15, y = 0,35;

K_v – коэффициент, который определяется по формуле

$$K_v = K_{мv} K_{пv} K_{иv}, \qquad (5.5)$$

где $K_{мv}$ – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки, согласно [11, табл. 1, стр. 261] $K_{мv} = K_г \left(\frac{750}{\sigma_в}\right)^{n_v}$. Для нашей детали согласно [11, табл. 2, стр. 262] $K_{мv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{500}\right)^1 = 1{,}5$;

$K_{пv}$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки, согласно [11, табл. 5, стр. 263] $K_{пv} = 1$; $K_{иv}$ – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала, согласно [11, табл. 6, стр. 263] для резца из стали Т15К6 $K_{иv} = 1$.

Тогда $K_v = 1{,}5 \cdot 1 \cdot 1 = 1{,}5$.

Таким образом, окончательно имеем

для чернового точения $\upsilon = \frac{340}{40^{0,2} 2{,}9^{0,15} 1^{0,45}} \cdot 1{,}5 = 207{,}9$ м/мин.

для чистового точения $\upsilon = \frac{350}{40^{0,2} 0{,}5^{0,15} 0{,}51^{0,35}} \cdot 1{,}5 = 352{,}8$ м/мин.

Определение силы резания

Сила резания Pz ,H рассчитывается по формуле [11, стр. 271]

$$P_z = 10 \cdot C_p t^x s^y v^n K_p, \qquad (5.6)$$

где $C_р$ – коэффициент, по [11, табл. 22, стр. 273] $C_р = 300$;

n, x, y – показатели степени, согласно [11, табл. 22, стр. 273] принимаем n = -0,15, x = 1, y = 0,75;

$K_р$ – коэффициент, который определяется по формуле

$$K_р = K_{мр} K_{\varphi р} K_{\gamma р} K_{\lambda р} K_{rр}, \qquad (5.7)$$

где $K_{мр}$ – коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости, по [11, табл. 9, стр. 264] $K_{мр} = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^n = \left(\frac{500}{750}\right)^{0,75} = 0,74$;

$K_{\varphi р}$, $K_{\gamma р}$, $K_{\lambda р}$, $K_{rр}$ – факторы, учитывающие влияние индивидуальных геометрических параметров резца, по [1, табл. 23, стр. 275] $K_{\varphi р} = 1$, $K_{\gamma р} = 1$, $K_{\lambda р} = 1$, $K_{rр} = 1$.

Тогда $K_р = 0,74 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,74$.

Таким образом, окончательно имеем

для чернового точения $P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,9^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 207,9^{-0,15} \cdot 0,74 = 2891,2$ Н.

для чистового точения $P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^1 \cdot 0,51^{0,75} \cdot 352,8^{-0,15} \cdot 0,74 = 331,5$ Н.

Определение мощности резания

Мощность резания N, кВт рассчитывается по формуле [11, стр. 271]

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} \qquad (5.8)$$

Таким образом, окончательно имеем

для чернового точения $N = \frac{2891,2 \cdot 207,9}{1020 \cdot 60} = 9,82$ кВт.

для чистового точения $N = \frac{331,5 \cdot 352,8}{1020 \cdot 60} = 1,9$ кВт.

Таким образом, выбранный ранее станок 16К20 вполне удовлетворяет данным режимам обработки, как по мощности, так и по силовым факторам ($N_{ý.ñò.} = 11$кВт)

5.7 Расчет норм времени

Рассчитаем технически обоснованную норму времени на операцию обработки резанием.

Для упрощения подсчета нормы времени можно пользоваться формулой

$$t_{шт} = (t_o + t_в) \cdot (1 + \frac{\alpha + \beta + \gamma}{100}), \text{мин}, \qquad (5.9)$$

где t_o – основное (технологическое) время;

$t_в$ – вспомогательное время, используемое для обслуживания технологического процесса;

$t_в = 5 мин$;

α - процент оперативного времени, выражающий время технического обслуживания рабочего места в процессе работы, которое включает в себя:

- подналадку и регулировку станка;
- смену затупившегося инструмента;
- время на правку инструмента;

принимаем $\alpha = 2\%$;

β - процент оперативного времени, выражающий время организационного обслуживания рабочего места, которое включает в себя:

- время на раскладку инструмента в начале смены и уборку его после смены;
- время на чистку и смазку станка;
- время на осмотр и опробование станка;

принимаем $\beta = 8\%$;

γ - процент оперативного времени, выражающий время перерывов в работе на отдых и физические потребности;

принимаем $\gamma = 5\%$.

Основное (технологическое) время - это время, в течение которого производится снятие стружки. Основное время при станочной обработке определяют расчетным путем по формуле:

$$t_o = \frac{l \cdot i}{S_{об} \cdot n}, \text{ мин} \qquad (5.10)$$

где l – расчетная длина обработки в направлении подачи, мм;

i – число проходов при выполнении перехода;

$S_{об}$ – подача на один оборот детали;

n – число оборотов в минуту.

Расчетная длина обработки при отсутствии пробных стружек определяется по формуле:

$$l = l_o + l_{вр} + l_n, \text{ мм} \qquad (5.11)$$

где l_o - длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_{вр}$ - длина врезания и подхода инструмента, мм;

$l_п$ - длина перебора (выхода) инструмента, мм.

$$l = 27 + 3 + 3 = 33 мм,$$

Тогда по формуле (5.10):

$$t_o = \frac{33 \cdot 3}{1 \cdot 500} = 0,2 \text{ мин.}$$

По формуле (5.9) штучное время

$$t_{шт} = (0,2 + 5) \cdot (1 + \frac{2 + 8 + 5}{100}) = 5,89 мин..$$

6 МОНТАЖ РОТОРНО-ПЛЕНОЧНОГО ИСПАРИТЕЛЯ

6.1. Порядок приемки оборудования в монтаж

В соответствии со СНиП III–31–88 при передаче оборудования в монтаж его осматривают без разборки на узлы и детали, при этом проверяют соответствие оборудования проекту, а по заводской документации – выполнение предприятием-изготовителем контрольной сборки, обкатки, стендовых и других испытаний, предусмотренных стандартами или техническими условиями на оборудование, в том числе, наличие предусмотренных техническими условиями предприятия-изготовителя специального инструмента и приспособлений, наличие и полноту заводской документации, необходимой для выполнения монтажных работ, отсутствие видимых повреждений и дефектов оборудования, сохранность окраски, консервирующих и специальных покрытий, сохранность пломб.

Заводская готовность, монтажная технологичность и комплектность оборудования должны соответствовать ГОСТ 24444–90 «Оборудование технологическое. Общие монтажно-технологические требования».

Оборудование в монтаж передается по заявкам монтажной организации в установленные сроки и в соответствии с принятой последовательностью производства строительно-монтажных работ. Для передачи оборудования в монтаж заказчиком и монтажной организацией должны быть уполномочены соответствующие работники. Передачу оборудования в монтаж оформляют актом.

Если монтажная организация установит некомплектность, дефекты оборудования и отклонения от технических условий на его изготовление и поставку (при приемке в монтаж или в процессе монтажа и испытаний), она обязана известить об этом заказчика и должна принять участие в составлении акта. Составление актов и предъявление рекламаций предприятию-изготовителю являются обязанностью стороны,

заключившей договор на поставку. Выявленные дефекты устраняются силами и средствами предприятия-изготовителя или привлекаемой им организацией.

При получении оборудования потребителю следует проверить комплектность поставки в соответствии с эксплуатационной и товарно-сопроводительной документацией, провести поверку его наружным осмотром и убедиться в отсутствии повреждений. Необходимо проверить наличие и полноту технической документации, необходимой для

производства монтажных работ. Сборку и монтаж оборудования производить в цехе-потребителе на месте.

6.2. Описание технологии монтажа и выверки РПИ

Монтаж РПИ производится в полном соответствии с требованиями, предъявляемыми к аппаратам с технологическими перемешивающими устройствами [20]

РПИ устанавливается в закрытом помещении, поэтому примем транспортирование с помощью электролебедки [20].

Монтаж производится в следующей последовательности:

- демонтаж мотор-редуктора, распломбирование и расконсервация;
- наружный и внутренний осмотр, особенно тщательно проверяется корпус – он не должен иметь наружных дефектов, также проверяются рубашка, стойка привода, подшипниковые узлы, соединительные муфты, вал, мешалка и уплотнение;
- укладка аппарата и мотор-редуктора на монтажную тележку автокраном и подтаскивание ее в помещение через ворота электролебедкой до места установки;
- подъем и установка аппарата в проектное положение электроталью;
- выверка аппарата на опорах-лапах по уровню в двух взаимно перпендикулярных направлениях; уровень устанавливается на металлической линейке, прикладываемой к установочной поверхности

фланца стойки привода; регулировка вертикальности производится с помощью подкладок;

- закрепление фундаментных болтов;
- установка привода электроталью;
- центрирование валов по полумуфтам подкладками; при этом должно соблюдаться расстояние между торцами полумуфт, после центрирования на полумуфты наносятся риски для облегчения дальнейших разборки и сборки;
- закрепление болтов стойки;
- подготовка и проведение испытаний на прочность и герметичность корпуса, рубашки, проверка прочности соединения вала с мешалкой и муфтой;
- наружный осмотр.

Схема укладки аппарата на монтажную тележку автокраном, перевоз ее в помещение электролебедкой до места установки аппарата представлена на рисунке 6.1. Установка привода электроталью показана на рисунке 6.2.

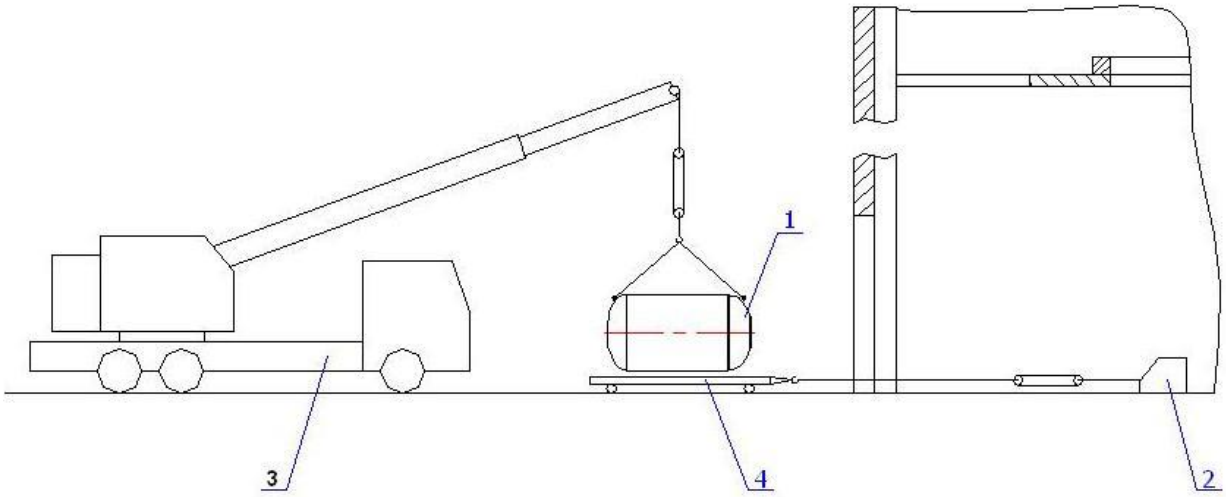


Рисунок 6.1 – Схема транспортировки аппарата
1 – аппарат; 2 – лебедка; 3 – автокран; 4 – монтажная тележка

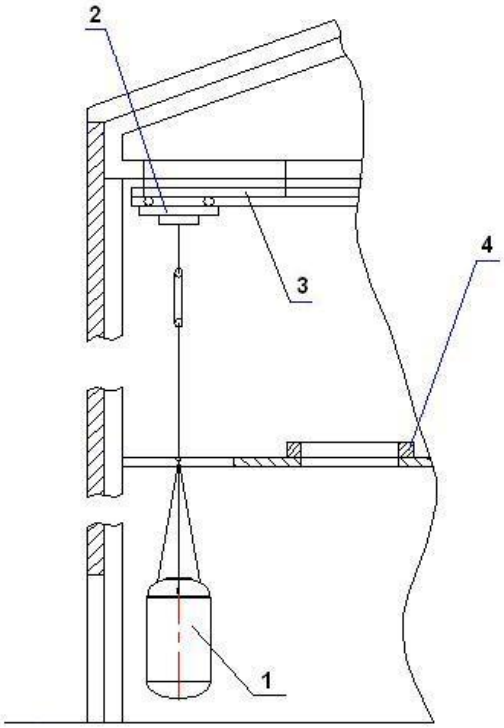


Рисунок 6.2 – Схема установки аппарата
1 – аппарат; 2 – таль; 3 - монорельс; 4 – стойка аппарата

При монтаже необходимо соблюдать вертикальность вала и исключать вероятность заметного дисбаланса собранной мешалки относительно оси вращения.

Проверку устойчивости и сбалансированности мешалки производят с помощью рейсмуса в процессе пробного пуска ротора.

Первый пуск вала рекомендуется проводить при атмосферном давлении в аппарате и минимальном давлении уплотняющей жидкости в уплотнении. При этом в первые часы работы уплотнения необходимом контролировать утечку жидкости чрез уплотнение. При выходе аппарата на режим, имитирующий по давлению технологический процесс, обкатка торцевого уплотнения производится в течение 8 часов. При этом контролируется работоспособность уплотнения.

После прохождения обкатки аппарат теплоизолируется.

7 РЕМОНТ РОТОРНО-ПЛЕНОЧНОГО ИСПАРИТЕЛЯ

7.1 Годовой график ТО и ремонта оборудования

Выполнение программы выпуска товарной продукции обеспечивается системой технического обслуживания и ремонта (ТОиР) оборудования [30]. На основе ТОиР строится график планово-предупредительных ремонтов колонны (ППР).

Количество капитальных ремонтов за ремонтный цикл - 1.

Количество текущих ремонтов за межремонтный цикл равно

$$N_{тр} = \frac{T_{рц}}{T_{тр}} - K = \frac{T_{рц}}{T_{тр}} - K = \frac{33600}{8280} - 1 = 3. \quad (7.1)$$

где $T_{рц}$ = 33600 ч – время работы оборудования в межремонтном цикле; $T_{тр}$ = 8280 ч – время работы оборудования между текущими ремонтами; K = 1 – коэффициент использования оборудования.

Длительность ремонтного цикла составляет

$$Д = \frac{T_{рц}}{T_{н}} = \frac{33600}{8760} = 4 \text{ года}, \quad (7.2)$$

где $T_{н}$ = 8760 ч – номинальное время работы оборудования (365 дней).

Время простоя оборудования в ремонтах составляет

$$T_{пр} = t_{кр} + N_{тр}t_{тр} + t_{ос} = 360 + 2\cdot48 + 24 = 480 \text{ ч}, \quad (7.3)$$

где $t_{кр}$ = 360 ч – длительность капитального ремонта; $N_{тр}$ = 2 – число текущих ремонтов; $t_{тр}$ = 48 ч – длительность текущего ремонта; $t_{ос}$ = 24 ч – время технического осмотра.

Эффективный фонд рабочего времени установки за год

$$T_{эф} = \frac{T_{рц} - T_{пр}}{Д} = \frac{33600 - 480}{4} = 8280 \text{ ч}. \quad (7.4)$$

Коэффициент экстенсивного использования оборудования

$$K_{эф} = \frac{T_{эф}}{T_{н}} = \frac{8280}{8760} = 0{,}945. \quad (7.5)$$

Годовой график ППР РПИ приведен в таблице 7.1.

7.2 Перечень работ при ТоиР

Система ППР предусматривает следующие виды обслуживания и ремонтов [30]: техническое (межремонтное) обслуживание; плановое

техническое обслуживание; текущий ремонт; капитальный ремонт; внеплановый ремонт.

Техническое обслуживание предусматривает повседневный уход за аппаратом и контролем за его состоянием.

Таблица 7.1- Годовой график ППР РПИ

Наименование оборудования	Нормативный ресурс между ремонтами			График ремонтов и технического обслуживания												Годовой простой в ремонте, ч,	рабочего времени,
	КР	ТР	ТО	Январь	Феврал	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентяб	Октябр	Ноябрь	Декабр		
Колонна	33600	8280	-	-	КР	-	-	-	ТР	-	-	-	ТР	-	-	480	8280
Условные обозначения: ТО – техническое обслуживание; ТР – текущей ремонт; КР – капитальный ремонт.																	

В обслуживание входят следующие работы:

– содержание аппарата в чистоте;

– осмотр фланцев, люков, патрубков;

– проверка состояния крепежных деталей;

– проверка наличия и исправности защитных ограждений;

– проведение ремонтных работ по устранению мелких дефектов.

Плановое техническое обслуживание предусматривает проверку состояния изнашивающихся деталей и сборочных единиц. Периодические осмотры проводят перед текущим и капитальным ремонтами без разборки аппарата. При осмотре проверяется правильность и прочность крепления отвесных деталей. Эти работы проводятся в период вынужденных простоев.

Текущий ремонт выполняется с разборкой отдельных сборочных единиц аппарата. Он включает следующие операции:

– промывку аппарата;

– регулировку сборочных единиц, подверженных наибольшему износу и несущих набольшие нагрузки;

– ремонтом деталей, срок службы, которых соответствует длительности одного межремонтного периода;

– сборку и проверку отремонтированных сборочных единиц;
– ремонт антикоррозионных покрытий;
– проведение работ, общих для периодических осмотров.

Текущий ремонт должен обеспечить работу оборудования до очередной замен основных деталей, установленных между капитальными ремонтами.

Капитальный ремонт характеризуется одновременной сменой большого количества деталей, сборочных единиц и комплексов. При капитальном ремонте аппарат полностью восстанавливается, а его эксплуатационные характеристики доводятся до соответствия техническим условиям.

В состав капитальных работ входят:
– текущий ремонт;
– промывка всего аппарата;
– ремонт (замена) деталей, сборочных единиц;
– регулировка (выверка) координат аппарата до установленных технической документацией норм точности;
– проверка фундамента;
– сборка аппарата с проверкой качества сборки;
– проверка аппарата под нагрузкой.

В капитальный ремонт могут быть включены работы по модернизации аппарата, а так же по автоматизации и механизации технологического процесса.

По окончании капитального ремонта аппарат сдается по акту комиссии в составе главного механика, инженера отдела технического надзора, инженера по технике безопасности, начальника производства.

Внеплановый ремонт. При аварии аппарата составляется акт о содержании и причинах аварии с указанием ее виновников и перечисленных мер к ее ликвидации. Аварийный ремонт выполняется как срочная внеплановая работа.

Основным документом для проведения ремонта технологической установки является дефектная ведомость.

Ведомость дефектов составляется начальником и механиком установки, обсуждается на совещании ИТР и передается на утверждение и согласование со всеми заинтересованными службами.

В дефектную ведомость включаются работы по графику ППР. Дефектная ведомость включает следующие разделы: подготовительные

работы; ремонтные работы; работы по т/б и охране труда; работы по ремонту электрооборудования, приборов КИПиА; работы по реконструкции и модернизации; строительные работы.

Дефектная ведомость подается на согласование со всеми службами за 90 дней до начала капитального ремонта и за 30 дней до начала текущего ремонта. Дефектная ведомость утверждается главным инженером предприятия.

7.3 Ремонт аппарата

В аппаратах колонного типа наибольшему износу подвергается корпус. Корпус может иметь повреждения целостности, возможны так же утечки во фланцевых соединениях. Наиболее распространенным видом ремонта является промывка поверхностей для удаления отложений.

При текущем ремонте колонны выполняются следующие работы:

- все операции периодического обслуживания;
- замена прокладок;
- ремонт покрытий (покраска);
- ревизия арматуры;
- замена быстроизнашивающихся деталей.

Перечень работ составляется механиком цеха, или начальником участка, утверждается руководителями инженерных служб и является обязательным приложением к ремонтному журналу.

При капитальном ремонте колонны выполняются следующие работы:

- работы текущего ремонта;
- восстановление или замена изношенных деталей и узлов;
- выверка и центровка колонны;
- восстановление или замена опорной части;
- чистка внутренней поверхности корпуса, распределителей жидкости;
- промывка насадки;
- замена части корпуса и изношенных деталей;
- послеремонтные испытания.

Готовят аппарат к ремонту следующим образом.

Доводят давление до атмосферного, удаляют рабочую среду, после чего пропаривают паром и промывают водой. Пропарка и промывка может чередоваться несколько раз. Время операций оговорено в производственной

инструкции. Промывка водой способствует быстрому остыванию аппарата. Приступать к ремонтным работам можно только, если температура промывной воды не превышает 50°С. При промывке для сокращения времени остывания отворачивают часть болтов на люках (штуцерах), которые будут вскрываться.

Пропаренный и промытый аппарат отсоединяют от коммуникаций заглушками. Установку и снятие заглушек регистрируют в специальном журнале.

Ремонт аппарата начинают с его вскрытия. Открывают верхний люк, и далее нижний. Категорически запрещается открывать люки одновременно. Нельзя также открывать сначала нижний, а затем верхний люк, так как вследствие разности температур происходит сильный приток воздуха в колонну, что может привести к образованию взрывоопасной смеси.

После открывания люков аппарат проветривается в результате естественной конвекции воздуха. Возможность проведения ремонтных работ внутри аппарата устанавливают по результатам лабораторного анализа воздуха в нем. Доступ людей в аппарат разрешается, если концентрация углеводородов не превышает 20% от нижнего предела взрываемости.

При работе внутри аппарата должны тщательно соблюдаться правила ТБ:

– рабочий должен иметь предохранительный пояс с веревкой, конец которой выведен и надежно закреплен снаружи;

– за работой находящегося внутри рабочего наблюдает специально выделенный для этой цели рабочий;

– продолжительность непрерывной работы в колонне не более 15 мин, после этого необходим такой же отдых вне аппарата (обычно рабочий и наблюдатель меняются местами);

– при первых признаках появления в аппарате взрывоопасных, горючих или токсичных жидкостей, паров и газов работу следует немедленно прекратить;

– участок колонны, на котором производится сварка, отделяется металлическими или пропитанными водой деревянными настилами, накрытыми кошмой;

– внутри колонны применяют лампы с напряжением не более 12 В.

Корпус колонны подвергают осмотру, который включает:

– визуальный осмотр корпуса и участков, подверженных наибольшему износу;

– измерение остаточной толщины корпуса УЗ дефектоскопов, микрометрированием или контрольным просверливанием отверстий;

– проверку на плотность сварных швов и разъемных соединений и т. д.

По характеру дефектов устанавливают объем и способ ремонта корпуса.

Неплотные сварные швы вырубают, зачищают и заваривают соответствующим электродом.

Наиболее изношенные участки корпуса колонны вырезают, а на их место ставят новый участок, заранее свальцованный по радиусу колонны. Сварку производят встык. Вырезание больших участков корпуса может привести к ослаблению сечения и нарушению устойчивости. Поэтому до вырезания дефектного участка его укрепляют стойками, устанавливаемыми внутри или снаружи (рисунок 7.1).

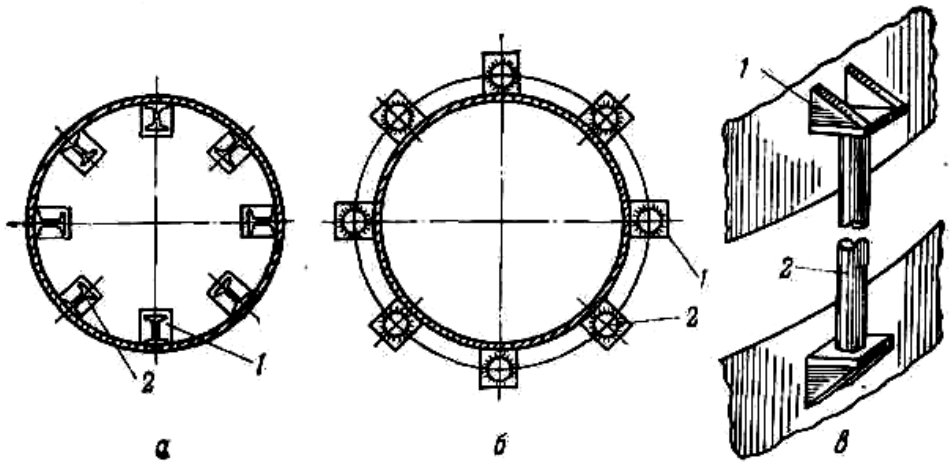


Рисунок 7.1- Усиление колонны в местах вырезаемых поясов:
а- внутренними стойками; *б* – наружными стойками; *в* – схема крепления стойки;*1* – лапа; *2* – стойка

Изношенные штуцера и люки вырезают и заменяют новыми с обязательной установкой укрепляющих колец. Укрепляющие кольца должны иметь больший диаметр, чем старые.

После капитального ремонта колонну опрессовывают. Опрессовка с целью проверки прочности и плотности аппарата производится на пробное давление 1,34 МПа.

Наиболее распространена гидравлическая опрессовка, заключающаяся в следующем.

В колонну нагнетают воду при открытой на самой верхней точке аппарата воздушнике. Появление воды в воздушнике свидетельствует о заполнении колонны. Закрыв, воздушник, медленно повышают давление в аппарате, пока оно не достигнет значения опрессовочного давления. При таком давлении аппарат выдерживают в течение 5 мин, после чего давление медленно снижают до рабочего и приступают к осмотру корпуса, одновременно обстукивая, сварные швы молотком массой 0,5-1,5 кг.

При гидравлической опрессовке колонны следует учитывать величину гидростатического столба опрессовочной воды, поэтому перед опрессовкой по паспорту проверяют допустимость гидравлического испытания в рабочем положении. Оно может проводиться, если нагрузка на стенку нижнего пояса аппарата от суммы пробного давления и давления столба жидкости не превышает 0,8 величины предела текучести металла корпуса при температуре опрессовки.

В тех случаях, когда указанное условие не выполняется или возникает опасность перегрузки фундамента аппарата, по разрешению и в присутствии инспектора Ростехнадзора можно производить опрессовку воздухом или инертным газом. К пневматической опрессовке прибегают также тогда, когда по условиям технологического процесса присутствие воды в колонне может вызвать аварию при выходе ее на рабочий режим.

Пневматическая опрессовка требует соблюдения особых мер предосторожности. В частности, перед опрессовкой воздухом необходимо убедиться в полном отсутствии в аппарате взрыво- и пожароопасных жидкостей, паров и газов. Для этого колонну предварительно продувают инертным газом или водяным паром. Колонну, находящуюся под давлением воздуха, обстукивать молотком нельзя; сварные швы обстукивают до начала опрессовки. В момент повышения давления стоять вблизи аппарата запрещено.

При проверке сварных швов смазыванием их керосином в течение 20-40 мин (в зависимости от толщины каждого шва) следят за появлением пятен на смазанной мелом обратной (обычно внешней) стороне шва.

Колонну из капитального ремонта сдается комиссии в составе: главного механика, начальника производства, начальника цеха и лица ответственного за проведение капитального ремонта. Составляется акт приемки, утверждающийся заместителем директора по производству.

8 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

Основной целью раздела «Безопасность и экологичность проекта» является разработка требований безопасности к конструкции проектируемого аппарата, а также мероприятий, направленных на исключение возможности производственного травматизма, профессиональных отравлений и заболеваний, возникновения взрывопожароопасных и аварийных ситуаций, загрязнения окружающей среды при изготовлении аппарата.

8.1 Вредные и опасные производственные факторы

Вредные производственные факторы делятся на физические и химические, психофизиологические [31, 32].

К числу физических факторов относятся: наличие напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; повышенная температура поверхностей, которая может явиться причиной получения термических ожогов; наличие быстровращающихся элементов механизмов.

Психофизические опасные и вредные производственные факторы подразделяются:

- умственное перенапряжение;
- монотонность труда;
- эмоциональные перегрузки.

Биологические опасные и вредные производственные факторы установке регенерации МЭА не характерны.

К химическим факторам относятся: наличие газов, обладающих удушающим воздействием (двуокись углерода); наличие водяного пара и моноэтаноламина высокой температуры, способных вызвать термические ожоги незащищенных участков тела.

8.2 Санитарно-гигиенические мероприятия

8.2.1 Токсические свойства обращающихся в производстве веществ. Меры и средства, обеспечивающие безопасную работу

Основные вредные вещества производства приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1- Характеристика токсических свойств сырья, полупродуктов, готового продукта и отходов производства

Параметр	Двуокись углерода CO_2	Моноэтаноламин (МЭА)
Агрегатное состояние	Газ	Жидкость
Плотность газов и паров, г/см^3	1,53	2,34
Класс опасности вещества	IV	II
ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м^3	9	0,5
Литература	[33,34,35]	[33,34,35]

Производство относится к I классу промышленных предприятий, ширина санитарно-защитной зоны не менее 1000 м [36].

Для предупреждения воздействия вредных веществ на организм человека необходим контроль за их наличием в воздухе рабочей зоны. Укажем методы контроля, а также требования к контролю за соблюдением их максимально разовой ПДК, согласно [35]:

– отбор проб должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях;

– контроль содержания вредных веществ в воздухе проводится на наиболее характерных рабочих местах;

– содержание вредного вещества в данной конкретной точке характеризуется следующим суммарным временем отбора: для токсических веществ - 15 мин, для веществ преимущественно фиброгенного действия - 30 мин. За указанный период времени может быть отобрана одна или несколько последовательных проб через равные промежутки времени. Результаты, полученные при однократном отборе или при усреднении последовательно отобранных проб, сравнивают с величинами $ПДК_{МР.РЗ}$;

– при возможном поступлении в воздух рабочей зоны вредных веществ с остронаправленным механизмом действия должен быть обеспечен непрерывный контроль с сигнализацией о превышении ПДК;

– периодичность контроля устанавливается в зависимости от класса опасности вредного вещества: для II класса - не реже 1 раза в месяц, IV класса – не реже 1 раза в квартал.

Указанные в таблице 8.1 вещества обладают следующим действием на организм человека:

1. Двуокись углерода – согласно [37] не токсичен, наркотически воздействует на организм. Вызывает удушье, угнетает дыхательный центр.

2. Моноэтаноламин – согласно [37], опишем воздействие на организм человека:

- при отравлении ингаляционным путем вызывает головокружение, головную боль, одышку, чувство першения в горле, кашель, чувство удушья, нарушение частоты и ритма дыхания, в тяжелых случаях вызывает клонико-тонические судороги;

- при воздействии на кожу вызывает покалывание, зуд, покраснение, боль, ожоги кожи;

- при попадании в глаза вызывает слезотечение, раздражение, покраснение склер, птоз век, резь, помутнение роговицы, сильные глубокие ожоги;

- при отравлении пероральным путем вызывает головокружение, головную боль, тошноту, боль в животе, ощущение жжения, боль или коллапс.

Так как эти вещества могут нанести серьезный вред организму человека, то необходимо указать меры оказания первой помощи при воздействии данных веществ, а также средства индивидуальной зашиты для предотвращения их воздействия, используемые в производстве:

1. Двуокись углерода – необходим свежий воздух, кислород. При нарушении дыхания – искусственное дыхание, камфора, кофеин. В тяжелых случаях – кровопускание с последующим вливанием физиологического раствора.

Меры предупреждения – при высоком содержании CO_2 и нормальном содержании O_2 – шланговые противогазы (ПШ – 1; ПШ – 2 и др.). При низком содержании O_2 обязательны кислородные изолирующие приборы.

2. Моноэтаноламин – согласно [37], опишем меры оказания первой помощи:

- при воздействии на кожу промыть ее большим количеством проточной воды;

- при попадании в глаза их проточной водой при широко раскрытой глазной щели. В случае необходимости обратиться за медицинской помощью;

- при отравлении пероральном путем – необходимо обильное питье воды, активированный уголь, солевое слабительное, внутрь принимать слизистые отвары. Направить пострадавшего к врачу.

Поскольку аргон имеет свойство стелиться по полу производственного помещения, положение сварщика во время работы выбирается таким образом, чтобы оно было выше уровня зоны сварки.

При ведении сварочных работ внутри аппарата для защиты органов дыхания применяется противогаз шланговый ПШ-1 с воздуходувкой Т9-16-2054-76 [26] .

При ведении сварочных работ снаружи аппарата возможно применение противопылевых респираторов ЩБ-1 «Лепесток» ГОСТ 12.4.026-76, предназначенных для защиты органов дыхания от пыли [26] .

Сборщикам следует применять специальную одежду для защиты от механического воздействия, воздействия воды и щелочи: костюм МпРуЩ20 ГОСТ 12.4.038-78. Сварщикам необходимо использовать костюм ТрТУ17-08-69-79, защищающий от брызг расплавленного металла [26] .

Для защиты ног от воздействия электрического тока и механических воздействий следует применять специальную обувь Муп100 ТУ17-06-112-85 [28].

Для защиты рук от механического воздействия следует использовать хлопчатобумажные рукавицы с текстильной подкладкой М8 ГОСТ 12.4.010-75, ТО 78-349-75 [26] .

Для защиты органов слуха следует использовать наушники ВНИИОТ-2М ТУ 400-26-126-76, предназначенные для защиты от средне- и высокочастотного шума с уровнем до 145дБ. Также для защиты от низкочастотного шума до 105дБ используются противошумные вкладыши «Беруши» ТУ 6-16-240-80. Для защиты лица и органов зрения применяется щиток НН-С702091 ГОСТ 12.4.035-78, предназначенный для защиты от ультрафиолетового и инфракрасного излучений, искр и брызг металла [26] .

8.2.2 Метеорологические условия. Вентиляция. Отопление

Блок регенерации МЭА расположен в здании, относящимся ко 2 категории помещений по условиям пребывания и характеру труда в них людей. Категория тяжести работ по энергозатратам легкая I – б, так как работы с энергозатратами от 140 до 174 Вт производятся сидя, стоя или связаны с ходьбой, но не требуют систематического физического напряжения или поднятия и переноски тяжестей [40].

Оптимальные и допустимые условия микроклимата воздуха рабочей зоны для данной категории приведены в таблице 8.2.

В помещении блока отчистки МЭА для создания нормальных метеорологических и санитарно – гигиенических условий предусмотрена приточно-вытяжная вентиляция, организованная естественным и искусственным способами [40].

Таблица 8.2 – Допустимые величины показателей микроклимата [37]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Отн-ая вл-ть воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже опт-ых величин	диапазон выше опт-ых величин			для тем-р ниже опт-х, не более	для тем-р выше опт-х, не более**
Холодный	Iб (140-174)	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
Теплый		20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75*	0,1	0,3

Примечание: * При температуре воздуха на рабочих местах 25°С и выше максимально допустимые величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы: 70% - при 25°С; 65% - при 26°С; 60% - при 27°С; 55% - при 28°С.

** Для теплого периода года при температуре воздуха 26-28°С скорость движения воздуха, должна соответствовать диапазону 0,1-0,3 м/с.

Таблица 8.3 – Оптимальные параметры метеорологических условий воздуха рабочей зоны для теплого и холодного периодов года [35]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воз-духа, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый		22-24	21-25	60-40	0,1

Скорость выделений вредных и токсичных веществ (двуокиси углерода) определим по формуле

$$\Sigma G = 3{,}77\cdot10^{-2}\eta\ m\ p\ V\sqrt{M/T}\ , \qquad (8.1)$$

где ΣG – скорость выделения веществ в воздух рабочей зоны, кг/ч; η = 1,5 – коэффициент, учитывающий ухудшение герметичности оборудования [1]; m = 0,05% $ч^{-1}$ – коэффициент негерметичности [36]; p = 0,84 МПа – давление в аппарате; V = 12,3 $м^3$- объем аппарата; M = 1,19 – относительная плотность паров; T = 333 К – абсолютная температура.

Подставив численные значения, получим:

$$\Sigma G = 3{,}77\cdot10^{-2}\cdot1{,}5\cdot0{,}05\cdot0{,}84\cdot12{,}3\sqrt{1{,}19/333} = 1{,}8\cdot10^{-3}\ кг/ч.$$

Объем воздуха, подаваемого в производственное помещение, определим по формуле [37]

$$V_в = \frac{\sum G_{вр}\cdot10^6}{C_{пдк} - C_о} = \frac{1{,}8\cdot10^{-3}\cdot10^6}{9-3} = 300\ м^3/ч, \qquad (8.2)$$

где $C_{пдк}$ – предельно допустимая концентрация двуокиси углерода; $C_{пдк}$ = 9 мг/$м^3$; $C_о$ – концентрация вредных веществ в воздухе, поступающих в помещении; $C_о$ = 3 мг/$м^3$ [1].

Кратность воздухообмена определим по формуле

$$K = \frac{V_в}{V} = \frac{300}{1200} = 0{,}25 \text{ ч}^{-1}, \quad (8.3)$$

где $V = 1200$ м^3 – объем помещения блока отчистки МЭА.

Принятая кратность воздухообмена для аварийной вентиляции – 8 ч$^{-1}$ [36].

Помещение обслуживается двумя приточными системами, на воздуховодах которых устанавливаются перекидные и обратные клапаны. Выбросы вытяжных систем приняты факельными с расположением выхлопного отверстия на высоте 1 м выше конька кровли здания и на 6 м выше воздухозаборных отверстий, или на одной высоте с ними при горизонтальном расстоянии между ними не менее 20 м [41].

Отопление блока регенерации МЭА запроектировано по климатическим условиям предприятия на расчетную температуру (-30°С) и осуществляется подогревом воздуха, подаваемого приточной вентиляцией. В качестве теплоносителя воздуха используется водяной пар с температурой 150°С.

8.2.3 Характеристика производственного шума и вибрации

Основным источником шума и вибрации на блоке являются насосы и технологические трубопроводы.

Допустимые уровни шума на рабочих местах отражены в таблице 8.4.

Таблица 8.4- Допустимые уровни шума на рабочих местах [38]

Рабочие места	Уровни звукового давления, ДБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц.									
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Уровни звука, ДБ
Постоянные рабочие места в производственных помещениях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

По способу передачи на человека вибрация, создаваемая компрессорами является общей, так как передается на тело человека через опорную поверхность по источнику возникновения - относится к технологической вибрации, так как возникает при работе стационарных машин.

Гигиенические нормы вибрации, воздействующей на человека в производственных условиях соответствуют требованиям [33].

Для снижения вредного воздействия шума и вибрации на организм человека в результате работы компрессоров, они расположены в отдельном помещении. Для защиты от шума предусмотрены специальные кожухи, устанавливаемые на агрегатах, использование наушников и противошумные вкладыши «Беруши». Кожухи изготавливаются из тонких стальных листов и облицовываются звукопоглощающим материалом. При установке кожухов на пол необходимо использовать резиновые прокладки. Для уменьшения вибрации кожухов на них наносят слой резины или битума. Однако, более эффективная защита от шума и вибрации в источнике их образования, поэтому необходима тщательная балансировка вращающихся деталей, а также выверка и центровка валов при монтаже компрессоров.

Для понижения уровня вибрации от пневмоинтрумента использовать рукавицы антивибрационные $М_в$.

Нормы вибрационной нагрузки на оператора устанавливаются [43] и приведены в таблице 8.5.

Таблица 8.5- Санитарные нормы одночисловых показателей вибрационной нагрузки на оператора для длительности смены 8 ч

Тип вибрации	Категория вибрации по санитарным нормам	Нормативные, корректированные по частоте и эквивалентные корректированные значения			
		Виброускорения		Виброскорости	
		м·с^{2}	ДБ	м·с·10^{-2}	ДБ
Общая	3 тип А	0,1	100	0,2	92

Для снижения вибрации разработан ряд мероприятий:

− уменьшение шума и вибрации тщательной балансировкой вращающихся деталей;

− изоляция источника шума и вибрации с помощью виброгасящих и виброизолирующих материалов;

− использование звукоизоляции (стен, перегородок, кожухов);

− применение средств индивидуальной защиты (противошумовые наушники ВНИИСТ-2М, противошумные вкладыши);

− своевременный ремонт и смазка движущихся и вращающихся механизмов;

− обеспечение звукоизоляции кабин машинистов и аппаратчиков.

8.2.4 Освещение производственных помещений

Помещение операторной относится к помещениям со зрительными работами малой точности, разряд V, подразряд – а (малый контраст объекта с темным фоном) [44].

Характеристика фона – средний, темный [34]. Виды освещения – естественное и искусственное, то есть совмещенное. Вид естественного освещения – совмещенное комбинированное. Нормированное значение коэффициента естественного освещения при совмещенном комбинированном освещении (КЕО) определяется по формуле [38]:

$$l_N = l_H \cdot m_N \tag{9.7}$$

где m_N – номер группы обеспеченности естественным светом, для Нижегородской области = 1; l_H – значение КЕО для совмещенного комбинированного освещения = 1,8.

$$l_N = 1{,}8 \cdot 1 = 1{,}8$$

Искусственное освещение делится на рабочее и аварийное. Аварийное подразделяется на освещение безопасности и эвакуации. Аварийное освещение имеет свою подстанцию, не зависящую от рабочего освещения. Допускается применение аварийного освещения от аккумуляторов или сухих элементов.

Система рабочего освещения общая, источник света – лампы типа ДРЛ, мощностью 700 Вт, нормированная освещенность E = 200 лк. Расчет искусственного освещения ведем согласно [38].

Количество светильников в ряду определяется по формуле [38]:

$$n_P = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot K}{F \cdot N \cdot Ц} \tag{9.8}$$

где E = 200 лк – нормированная освещенность; z = 1,1 – 1,3 – поправочный коэффициент светильника, принимаем z = 1,2; K = 1,1 – 1,3 – коэффициент запаса, для ламп ДРЛ K = 1,15; S = 4399,92 м^2 – площадь цеха; Ц – коэффициент использования светового потока от типа светильника, индекса помещения; F = 35000 лм – световой поток лампы.

Для определения коэффициента использования находится индекс помещения и предположительно оцениваются коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка, стен, пола.

Индекс помещения находится по формуле [38]:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_P \cdot (A + B)} \tag{9.8}$$

где A = 183,33 м – длина помещения; B = 24 м – ширина помещения; H_P = 10 м = высота подвеса светильников.

Отношение L/H_P = 1,5, тогда L = 10 · 1,5 = 15 м – расстояние между рядами.

$$i = \frac{183{,}33 \cdot 24}{10 \cdot (183{,}33 + 24)} = 2{,}1$$

По таблице 5.7 [40] определим Ц = 0,57, коэффициенты отражения поверхностей: 50 %, 30 %, 10 %.

Количество рядов составит:

$$N = \frac{B}{L} + 1 = \frac{24}{15} + 1 = 2{,}6$$, принимаем N = 2.

Подставляем полученные значения в формулу (9.7):

$$n_P = \frac{200 \cdot 4399{,}33 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}15}{35000 \cdot 0{,}57 \cdot 2} = 30{,}4$$

Принимаем n_P = 30.

Общее количество светильников составит:

$$n = n_P \cdot N$$

$$n = 30 \cdot 2 = 60$$

Удельная мощность лампы рассчитывается по формуле [38]:

$$W = \frac{n \cdot P}{S} \qquad (9.10)$$

где P = 1000 Вт – мощность лампы; n = 60 – число ламп; S = 4399,33 м^2 – площадь цеха.

$$W = \frac{30 \cdot 1000}{4399{,}33} = 6{,}82 \text{ Вт/м}^2$$

Аварийное освещение для продолжения работы необходимо в помещениях и на открытых пространствах, если прекращение нормальной работы из-за отсутствия рабочего освещения может вызвать:

- Взрыв, пожар, отравление людей;
- Опасность травматизма в местах массового скопления людей.

Аварийное освещение для эвакуации людей (в зданиях или вне их) необходимо:

- В местах, опасных для прохода людей;
- По пути эвакуации людей из производственных и общественных зданий, где пребывает более 50 человек;

Во всех производственных помещениях, с числом работающих более 50, и остальных помещениях, где пребывает более 100 человек.

Первое аварийное освещение создается на поверхностях, освещенность 5% нормированной для одного общего освещения, причем при отсутствии

обоснований – в пределах от z – 30 лк в зданиях и от 1 до 5 лк вне их. Второе аварийное освещение должно создаваться в проходах: освещенность 0,5 лк в зданиях и 0,2 лк вне их. При этом создавать наименьшую освещенность внутри зданий более 30 лк при лампах накаливания допускается только при наличии соответствующего обоснования.

8.3 Электробезопасность. Защита от статического электричества. Молниезащита

Помещения установки регенерации МЭА по опасности поражения электрическим током согласно ПУЭ [46] приравнивается к особо опасным (3 класс), так как в наличии имеется два условия опасности – токопроводящие полы и возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий с одной стороны и к металлическим корпусам с другой стороны [46, 47].

Напряжение используемого электрического тока 380/220 В. по степени опасности поражения людей электрическим током помещение относится к особоопасным помещениям (3 класс): токопроводящие полы, возможность одновременного прикосновения человека к заземленным механизмам с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования с другой [36].

Основными мерами защиты от поражения электрическим током являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением, для случайного прикосновения (изоляция, размещение на недоступной высоте, ограждения и др.);
- электрическое разделение сети (трансформатор);
- устранение опасности поражения при появлении на корпусах, кожухах и других частях электрооборудования, использование двойной изоляции (рабочая и дополнительная), защитным заземлением [36,37];
- применение специальных электрозащитных средств (изоляция, ограждение, предохраняющие).

Защита человека от поражения электрическим током заключается в:

- применении токов безопасного напряжения для переносного электроинструмента и переносных светильников;
- изоляции и механической защите токоведущих частей;
- защитном заземлении и занулении всего оборудования;
- применении защитных отключений и блокировок;

− применении персоналом первичных средств защиты (перчаток, калош);

− использовании электрозащитных средств (штанги, клещи и т.д.).

Сопротивление заземления не должно превышать 4 Ом [37].

Средняя за год продолжительность гроз для Нижегородской области составляет около 40 часов.

Для котельно-сборочного цеха категория помещения по устройству молниезащиты – III (здания и сооружения III, IIIа, IIIб, IV, V) степени, огнестойкость в которых отсутствует, помещение относится по ПУЭ к зонам взрыво- и пожароопасных классов [43]. Место расположения в местностях со средней продолжительностью гроз 20 часов в год и более.

Для обеспечения безопасности людей, предохранения зданий, сооружений, оборудования и материалов от взрывов, пожаров и разрушений, возможных при воздействии молнии, здания и сооружения, относимые по устройству молниезащиты к III категории, должны быть защищены от прямых ударов молнии и запаса высокого потенциала через наземные (подземные) металлические коммуникации [43].

Защита от прямых ударов молнии котельно-сборочного цеха (кровля неметаллическая) выполняется установленными на объекте двойными стержневыми молниеотводами.

Тип молниеприемника – вертикальный, стержневой.

Токоотводы по наружным стенам зданий расположены не ближе трех метров от входов или в местах, недоступных для прикосновения людей.

В качестве заземлителей используется железобетонный фундамент зданий и искусственные заземлители. Сопротивление заземлителей не должно превышать 10Ом.

Разрешено применение молниеприемников и токоотводов с минимальным диаметром 6мм, а в качестве заземлителя – один вертикальный и горизонтальный электрод с минимальным диаметром 10мм, опущенный на глубину не менее 0,5 метра.

Для защиты от захвата высокого потенциала по внешним наземным (подземным) металлическим коммуникациям, их необходимо на вводе в здание присоединить к заземлителю защиты от прямых ударов молнии [43].

Молниезащита – комплекс защитных устройств и мероприятий, предназначенных для обеспечения безопасности людей, сохранности зданий, сооружений и аппаратов от разрядов молнии. На крыше здания предусмотрены необходимые меры молниезащиты. Помещение блока

регенерации МЭА относится к зоне класса П-IIа по взрывоопасности, из этого следует что, в местностях со средней продолжительностью гроз 10ч/год и более относятся ко II категории по молниезащите [46, 47].

Объекты II категории защищают от прямых ударов молний, вторичных проявлений молнии и заноса высокого потенциала. Для защиты зданий от ударов молнии предусмотрены стержневой или тросовый молниеприемник, который имеет не менее двух молниеотводов. Устанавливают непосредственно на сооружении. Сопротивление заземления при молниезащите должно быть не более 10 Ом [49].

8.4 Пожарная безопасность

В ходе работы блока регенерации МЭА не применяются взрывоопасные вещества и материалы. По помещение можно прировнять к категории Д – это зона, находящиеся в помещениях, в которых используются негорючие вещества и материалы. Следовательно, электротехническое оборудование применяется в обычном исполнении [57].

Строительный материал наружных и внутренних стен и перекрытий помещения блока регенерации МЭА – железобетонные плиты и блоки, которые можно определить к негорючим материалам. Здание определяться ко II степени огнестойкости [53].

В таблице 8.6 показаны пределы огнестойкости строительных конструкций зданий [54].

Таблица 8.6 – Пределы огнестойкости строительных конструкций зданий

Степень огнестойкости здания	Предел огнестойкости строительных конструкций, не менее						
	Несущие элементы здания	Наружные не несущие стены	Перекрытия междуэтажные (в т.ч. чердачные и над подвалами)	Элементы бесчердачных покрытий		Лестничные клетки	
				Настилы (в т.ч. с утеплителем)	Фермы, балки, прогоны	Внутренние стены	Марши и площадки лестниц
II	R90	E15	RE145	RE15	R15	RE190	R60

Для здания II степени огнестойкости и для помещения категории В1 допустимое число этажей 8. Блок регенерации МЭА находится в здании, состоящим из 2 этажей. Блок расположена на первом этаже и площадь помещения менее 1200 м^2. Из здания предусмотрен один эвакуационный выход [54].

В помещении применяется автоматическая пожарная сигнализация с выводом на пульт управления на проходную предприятия. Первичные средства тушения пожара, порошковый огнетушитель ОП-1 и песок [54].

8.5 Основные требования безопасности к проектируемому оборудованию

Разрабатываемый в работе роторно-пленочный испаритель блока регенерации МЭА отвечает требованиям [58, 59].

Безопасность производственного оборудования должны обеспечиваться:

- выбором принципов действия, конструктивных схем, безопасных элементов конструкции и т.п.;
- применение в конструкции средств механизации, автоматизации и дистанционного управления;
- применением в конструкции средств защиты;
- выполнение эргономических требований;
- включением требований безопасности в техническую документацию по монтажу, эксплуатации, ремонту, транспортированию и хранению;

использованием в конструкции соответствующих материалов.

8.5.1.1 Требования к основным элементам конструкции

Для изготовления элементов аппарата, соприкасающихся с рабочей средой, применяются стали марки 09Г2С и 12Х18Н10Т, для изготовления остальных элементов углеродистая сталь марки Вст3сп ГОСТ 380-2005.

Применяемые в конструкции производственного оборудования материалы не должны быть опасными или вредными для здоровья человека[16,17].

Составные части производственного оборудования (в том числе трубопроводы, кабели и т.п.) должны быть выполнены с таким расчетом, чтобы исключилась возможность их случайного повреждения, вызывающего опасность. Движущиеся части производственного оборудования, если они

являются источником опасности, должны быть ограждены или снабжены другими средствами защиты.

В случаях, если исполнительные органы или движущиеся части производственного оборудования, представляющие опасность для людей, не могут быть ограждены или снабжены другими средствами защиты из-за функционального назначения, должны быть предусмотрены средства сигнализации, предупреждающие о пуске оборудования, и средства остановки и отключения от источников энергии.

Элементы конструкции производственного оборудования не должны иметь острых углов, кромок и поверхностей с неровностями, представляющих источник опасности, если их не определяется функциональным назначением оборудования. В последнем случае должны быть предусмотрены меры защиты от возможного травмирования.

Конструкция производственного оборудования в целях предотвращения производственного травматизма должна исключать возможность случайного сопротивления работающих с горячими и переохлаждающими частями.

Производственное оборудование, обслуживание которого связано с перемещением персонала, должно быть снабжено безопасными и удобными по конструкции и размерам проходами и приспособлениями или устройствами для ведения работ (рабочими площадками, переходами, лестницами, перилами и т.п.)

Конструкцией производственного оборудования должны быть предусмотрены сигнализация (при нарушении нормального режима работы), а в необходимых случаях – средства автоматической остановки и отключения оборудования от источников энергии при опасных неисправностях, авариях и при режимах работы, близких к опасным.

8.5.1.2 Требований к органам управления

Органы управления аппаратом – запорные и регулирующие вентили, кнопочные станции пуска и остановки насосов и компрессоров.

Органы управления производственным оборудованием должны соответствовать следующим основным требованиям [16,17]:

− иметь форму, размеры и поверхность, безопасные и удобные для работы;

− располагаться в рабочей зоне так, чтобы расстояние между ними, а также по отношению к другим элементам конструкций, не затрудняло выполнение операций;

– размещаться с учетом требуемых для их перемещения усилий и направлений; компоновка органов управления должна учитывать последовательность и частоту их использования, а также значимость их функций;

– приводиться в действие усилиями, не превышающими установленных стандартами норм с учетом частоты пользования.

Органы управления производственным оборудованием должны быть выполнены или размещены так, чтобы исключалась неправильная последовательность операций, или иметь схемы и надписи, наглядно указывающие правильность операций.

Конструкция и расположение органов управления должны исключать возможность непроизвольного и самопроизвольного включения и выключения производственного оборудования.

Органы управления аварийного отключения должны быть красного цвета, отличаться формой от остальных элементов управления, иметь указатели их нахождения, надписи о назначении, быть легко доступными для персонала и исключать возможность пуска оборудования до устранения аварийной ситуации.

8.5.1.3 Требования к средствам защиты, входящим в конструкцию оборудования

Приводы насосов и компрессоров имеет блокировку от несанкционированного отключения и включения при неисправной защите.

Средства защиты должны приводиться в готовность до начала функционирования оборудования так, чтобы функционирование оборудования было невозможно при отключенных или неисправных средствах защиты.

Съемные, откидные и раздвижные ограждения рабочих органов, предотвращающие опасность при работе производственного оборудования, а также открывающие дверцы, крышки, щитки в этих ограждениях или корпусе оборудования должны иметь устройства, исключающие их случайное снятие или открывание (замки, снятие при помощи инструмента и т.п.), а при необходимости иметь блокировки, обеспечивающие прекращение рабочего процесса при съеме или открывании ограждения.

Средства защиты должны быть доступны для обслуживания и контроля.

Части производственного оборудования, представляющие опасность для людей, должны быть окрашены в сигнальные цвета. На них должны быть нанесены знаки безопасности.

8.5.2 Техническая характеристика разрабатываемого оборудования

РПИ предназначен для регенерации МЭА. Производительность–160 кг/ч. Режим работы – непрерывный.

Внутренний объем корпуса – 3,2 м

- Рабочее давление корпуса: 0,5 МПа;
- Расчетное давление - 0,5 МПа.
- Пробное давление: в вертикальном положении - 0,63 МПа;

в горизонтальном положении - 0,66 МПа.

- Испытательная среда и продолжительность испытания - вода, 10 мин.
- Температура испытательной среды - 5- 40 C^0
- Расчётная температура стенки корпуса - 140 C^0.
- Минимально допустимая температура стенок - положительная
- Рабочая среда –МЭА
- Характеристика рабочей среды:
- ядовитость - да;
- воспламеняемость - да;
- взрывоопасность - нет;
- максимальная температура - 140 С;
- минимальная температура - положительная;
- масса аппарата при гидроиспытании - 4759 кг.
- Материал корпуса - 03Х18Н11
- Габаритные размеры- 2350х2350х4495 мм.
- Масса аппарата - 2175 кг.
- Способ изготовления - сварной[18]

8.5.3 Котлонадзорностъ разрабатываемого оборудования

Аппарата подлежит действию правил ГОСГОРТЕХНАДЗОРА.

Аппарат подлежит регистрации в органах ГОСГОРТЕХНАДЗОРА.

Для обеспечения возможности внутреннего осмотра, очистки, ремонта реактора, а также монтажа и демонтажа внутренних устройств, предусмотрены люки D_y = 400мм, а также внутри аппарата предусмотрена лестница.

Периодичность освидетельствования:

− наружный и внутренний осмотр;

а) ответственным по надзору – 1 раз в 2 года,

б) инспектором ГОСГОРТЕХНАДЗОРа – 1 раз в 4 года;

− гидроиспытания пробным давлением под наблюдением инспектора ГОСГОРТЕХНАДЗОРа – 1 раз в 8 лет.

Для обеспечения герметичности фланцевых соединений используется уплотнительная поверхность выступ-впадина. Материал прокладок – фторопласт Ф-4.

Метод контроля сварных швов – ультразвуковой контроль (УЗК).

Реактор снабжена технологическими штуцерами КИП, строповочными устройствами, устройством для заземления.

Условия гидравлических испытаний колонны рассмотрены в разделе «Ремонт роторно-пленочного испариеля».

8.5.4 Анализ опасностей, возникающих при эксплуатации проектируемого оборудования

При работе аппарата в регламентном режиме опасностей не возникает.

Однако, возможны ситуации:

– повышение температуры регенерированного МЭА на выходе из РПИ более 135°С при недостаточном расходе раствора МЭА. Для устранения ситуации необходимо: увеличить расход МЭА в РПИ; проверить работу теплообменного аппарата ЕА-15;

– повышение выше 80% или понижение не ниже 30% уровня в кубе РПИ при неисправности регулятора уровня. Для устранения ситуации необходимо:

– перевести регулирование уровня на ручное;

– произвести ремонт регулятора.

В случае разлива МЭА необходимо засыпать жидкость сухим песком, который затем вынести в специально отведенное место.

8.5.5 Требования, предъявляемые к технологическим трубопроводам и арматуре

Трубопроводы и арматура аппарата отвечают требованиям «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов для горючих, токсичных и сжиженных газов».

Для трубопроводов используются трубы бесшовные горячекатаные по ГОСТ 8732-78. Материал труб для воздуховодов и водопроводов – Вст3сп5, для технологических трубопроводов 16Г09Г2С.

Соединение труб сварное, выполненное ручной электродуговой сваркой и фланцевыми соединениями. На фланцевых соединениях устанавливаются перемычки. Все трубопроводы заземлены.

Для снижения потерь тепла трубопроводы теплоизолированы.

8.5.6 Механизация трудоемких, тяжелых и опасных работ

При изготовлении и монтаже данного аппарата для облегчения и снижения опасности работ должны применяться следующие средства механизации [18]:

- электромостовой кран грузоподъемностью 75 тонн, марки ЭМК – 75;
- передвижные тележки;
- трубчатая мачта грузоподъемностью 60 тонн.

Технологическое освидетельствование транспортных и подъемно-транспортных средств производиться в следующие сроки:

- внешний осмотр через 12 месяцев;
- статические и динамические испытания через 3 года.

8.5.7 Техническое обслуживание и ремонт технологического оборудования и трубопроводов

Все оборудование проходить планово-предупредительные ремонты согласно графику, утвержденному главным инженером предприятия. Вопросы ремонта оборудования рассмотрены в разделе «Ремонт роторно-пленочного испарителя».

Ремонтные работы, связанные с применением огня, проводятся после соответствующей подготовки аппарата, согласно разрешению на проведение огневых работ, согласованного с отделом техники безопасности, пожарной охраны и утвержденного главным инженером предприятия или начальником производственного отдела.

При подготовке аппарата к огневым работам проводятся мероприятия:

- отбирается проба воздуха из аппарата и помещения на взрываемость;
- на ремонтируемом оборудовании должны быть вскрыты крышки люков, отсоединены трубопроводы и установлены заглушки;
- трубопроводы, подлежащие сварочным работам, должны быть открыты с обеих сторон, пропарены, продуты азотом.

8.6 Экологичность проекта

На установке образуются газообразные, жидкие и твердые отходы, которые могут являться источниками загрязнения [60].

Сведения по твердым отходам установки приведены в таблице 8.7.

Таблица 8.7- Твердые отходы

Наименование отхода, аппарат	Место склад., тара, транспорт	Период. обр.	Кол., т/год.,	Состав	Кл. опас. для окр. среды	Способ обезвреж.
ТПО: 1. Элементы колонных аппаратов 2. Катализатор	На площадке для временного хранения	При ремонте 1 раз в 4 года	1,5 128	Сталь 09Г2С, 12Х18Н10Т, 08Х13	5 5	Передача в металлолом Утилизация
ТБО: 1. Ветошь 2.Спецодежда, спецобувь	На площадке для временного хранения	постоянно 1 раз в год	-	Хлопок, шерсть, кожа, резина	5	Утилизация

Твердые отходы:

- катализаторы гидроочистки перед утилизацией отгружаются на переработку для извлечения металлов;

- шлам от очистки оборудования вывозится специализированной организацией.

Данные по сточным водам приведены в таблице 8.8.

Таблица 8.8- Сточные воды

Наименование сбрасываемых сточных вод	Место сбрасывания	Кол-во стоков, $м^3$/сут, ($м^3$/год)	Периодичность сброса	Характеристика выброса		
				Содержание вредных веществ, мг/л	$ПДК_в$ и $ПДК_{рыб.хоз}$	Допустимое количество, мг/л, (кг/сут)
Промывные воды технологического оборудования	Станция нейтрализации	1,5 (36)	Перед ППР, 1 раз в месяц	Кислотность, не более – 0,25%; Нитраты – 72,8	pH 6,5-8,5 40 мг/л	Нитраты – 73,54 (441,23)

Сведения о выбросах в атмосферу приведены в таблице 8.9.

Таблица 8.9- Выбросы в атмосферу

Наименование источников выбросов	Объём, $м^3$/с	Период.	Характеристика выброса			Доп. кол. вредных веществ, т/год
			Тем., °С	Состав выброса (наименование загрязняющих веществ), мг/$м^3$	ПДК (ОБУВ) мг/$м^3$	
Апп. помещение	–	Непл. оборуд.	20	1) диоксид углерода. CO_2 – 0,09	(54,0)	3,285
				2) МЭА $HO-CH_2CH_2-NH_2$ – 0,01	(110,0)	3,48

Основными источниками загрязнений являются [18]:

- пыль, образующаяся при шлифовке и при истирании поверхностей строительных конструкций;
- сливная вода и вода после гидроиспытаний;
- опилки, стружки, обрезки материалов, образующиеся при изготовлении аппарата;
- шумы и вибрации, порождающиеся вентиляторами, сварочными генераторами, инструментами котельщиков, прессами; уровень шума достигает до 100 Дб.

Мероприятия по защите окружающей среды**.**

Для защиты окружающей среды от перечисленных загрязнений должны применяться:[55]

- для защиты атмосферы от $Co2_2$;– санитарно–защитная зона шириной 1000 м, так как количество выделяющихся вредных газов не велико, то применение их нейтрализации не требуется;
- для защиты атмосферы от пыли должны применяться циклоны, устанавливаемые после вытяжных вентиляторов системы общей вентиляции; уловленная пыль утилизируется в почве;
- для защиты гидросферы от сливных вод и вод гидроиспытаний, представляющих из себя взвеси частиц металлов, стекла, красок, масел и других веществ должны применяться гидроциклоны;
- для защиты почвы от вредных отходов должна предусматриваться их сборка, сортировка и вывозка на переработку;

для защиты атмосферы от шума и вибрации должна предусматриваться санитарно-защитная зона шириной 1000 м, а также желательно использовать экранирование в виде зелёных насаждений.

8.7 Безопасность в условиях чрезвычайных ситуаций

8.7.1 Характеристика проектируемого производства с точки зрения безопасности в условиях ЧС

Установка производства углекислоты с блоком регенерации МЭА имеет народнохозяйственное значение.

Исходные вещества и продукты являются токсичными, поэтому возможно возникновение вторичных факторов поражения. В этом случае

происходит полная остановка производства с эвакуацией персонала и вывозом сырья, промежуточных продуктов и готовой продукции.

Район, в котором находится данное производство, расположен вблизи автомагистрали и железной дороги, что обеспечивает легкость подвоза сырья и вывоза готовой продукции.

Места постоянного нахождения персонала: операторная, кабинеты, рабочие комнаты и мастерские. При возможном возникновении пожара он локализуется внутри помещений. Образование завалов не происходит, так как в исключена возможность взрыва газообразных продуктов.

Основное производственное оборудование установки размещено на открытой площадке. Предусмотрены подземные коммуникации (канализация), надземные наружные коммуникации (технологические трубопроводы, тепловые сети), которые прокладываются по эстакаде. Эстакады – проходные, одноярусные.

Инженерно-технические мероприятия на установке в период нападения предусматривают: перевод рабочих на 2-х сменную работу (по 12 часов); круглосуточное дежурство ответственных руководителей, специалистов; разбор легковоспламеняющихся сооружений; вывоз документации в загородную зону; проверку работоспособности сетей и коммуникаций.

8.7.2 Организация оповещения работающих об угрозе возникновения чрезвычайной ситуации

Оповещение осуществляется передачей сигнала по радиотрансляционной сети, подачей сигнала сиренами и световыми табло. В необходимых случаях сообщение дублируется по телефону или посыльными [18,56].

Места установки громкоговорителей радиотрансляционной сети: во всех производственных корпусах по восемь громкоговорителя. Цеховые сирены устанавливаются на каждом производственном корпусе. Световые табло, на которых высвечивается текст соответствующего сигнала гражданской обороны, устанавливается в бытовых помещениях и в механических мастерских.

Оповещение работающих о чрезвычайной ситуации и включение сирены осуществляется по трансляционной сети с командного пункта гражданской обороны. Световые табло включаются начальниками формирования по ГО и ЧС в цехе [18,56].

8.7.3 Действия персонала цеха по сигналам ГО

По сигналу «Воздушная тревога» (ВТ) цех останавливается в соответствии с «Инструкцией по безаварийной остановке цеха». Все работы цеха прекращаются. Рабочие и служащие, кроме дежурного персонала и дежурного электрика, уходят в убежище. Дежурный электрик производит отключение электричества на вводе от городской магистрали. После выполнения названных операций дежурный персонал уходит в убежище [18,56].

По сигналу «Радиационная опасность» (РО) принимаются меры по герметизации помещений путем заделки щелей, неплотностей, частичной закладки оконных проемов. На системе приточной вентиляции устанавливаются фильтры, вытяжная вентиляция отключается, и ее приемные отверстия закрываются заглушками. Все работы останавливаются, рабочие и служащие уходят в укрытие [18,56].

8.7.4 Проектирование защитных сооружений

Планом гражданской обороны заранее планируется рассосредоточение рабочих мест в загородной зоне, а также эвакуация их семей. Для укрытия рабочих и служащих на предприятии имеются убежища и укрытия, которые оборудуются вблизи мест пребывания людей. Для укрытия работающей смены сборочного цеха предусматриваются убежища капитального типа. Вход в убежище располагается в 100 метрах от цеха[57-59].

Убежище обеспечивает защиту укрывающихся в нем людей от всех поражающих факторов ядерного взрыва, отравляющих и бактериологических средств, оборудуется самостоятельной системой водоснабжения, канализацией и вентиляцией. Убежище рассчитано на давление во фронте ударной волны до 0,2МПа и допускает пребывание людей до двух суток. Система воздухоснабжения убежища основана на базе фильтровентиляционного агрегата ФВА – 49. Убежище имеет телефонную связь с пунктом управления предприятием и репродуктор, подключенный к объектовой радиотрансляционной сети, а также радиосвязь. электроснабжение осуществляется от внешней сети объекта, а при необходимости от расположенной в отдельном укрытии отдельной электростанции. В убежище имеется противопожарное оборудование, инструмент для ведения аварийно-спасательных работ, медицинская аптечка, электрофонари. Предусматривается наличие двух независимых выходов из убежища. Организация обслуживания обеспечивается персоналом в количестве семи человек. Убежище приводится в боевую готовность в течение четырех часов.

Средства индивидуальной защиты рабочих и служащих имеются у каждого работающего и хранится в непосредственной близости от рабочего места.

8.8 Заключение

В данном разделе дипломного проекта были рассмотрены следующие вопросы по безопасности и экологичности:

- характеристика опасных и вредных производственных факторов;
- санитарно-гигиенические мероприятия;
- метеорологические условия, вентиляция, отопление;
- характеристика шума и вибрации, освещение производственных помещений;
- электробезопасность, пожарная безопасность;
- требования безопасности проектируемого оборудования;
- экологичность проекта.

Разработанные мероприятия позволяют снизить риск производственного травматизма, профессиональных отравлений и заболеваний, возникновения взрывопожароопасных и аварийных ситуаций, загрязнения окружающей среды при изготовлении аппарата.

Преимуществ в разрабатываемом проекте аппарата по безопасной его эксплуатации по сравнению с аналогом нет.

9 ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА

9.1 Организационная часть

Установка регенерации отработанного моноэтаноламином является непрерывной и автоматизированной.

Продолжительность каждой смены – 8 часов. Количество смен составляет

$$\frac{24}{8} = 3 \text{ смены.}$$

После I смены – двухдневный выходной, после II и III смены – однодневный выходной.

I смена: 4 рабочих дня – 2 выходных дня.

II смена: 4 рабочих дня – 1 выходной день.

III смена: 4 рабочих дня – 1 выходной день.

Сменооборот

12 рабочих дней + 4 выходных дней = 16 дней.

Общее число выходных дней в году

$$\frac{366}{16} \cdot 4 = 91 \text{день.}$$

Общее годовое рабочее время составляет

366·24 = 8784 часов.

Среднемесячное количество рабочих часов

$$\frac{8784}{12} = 732 \text{ часа.}$$

Среднегодовое количество рабочих часов при 8 часовом рабочем дне

(366 – 91,5)8 = 2200 часов.

Среднемесячная норма рабочего времени

$$\frac{2200}{12} = 183{,}3 \text{ часа.}$$

Необходимое число бригад при 8 часовом рабочем дне

$$\frac{732}{183{,}3} = 4 \text{ бригады.}$$

По результатам расчетов имеем 4-х бригадный график сменности. Каждый рабочий по графику за сменооборот, который имеет продолжительность 16 дней, отрабатывает 12 рабочих смен по 8 часов и имеет 4 выходных дня.

График сменности бригад приведен в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – График сменности

Смена	Часы работы	Рабочие дни месяца															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I	7-15	А	А	А	А	Б	Б	Б	Б	В	В	В	В	Г	Г	Г	Г
II	15-23	В	В	Г	Г	Г	Г	А	А	А	А	Б	Б	Б	Б	В	В
III	23-7	Б	Б	Б	В	В	В	В	Г	Г	Г	Г	А	А	А	А	Б
Выходной		Г	Г	В	Б	А	А	Г	В	Б	Б	А	Г	В	В	Б	А

По приведенному графику сменности смена А имеет 8 дневных, 8 ночных смен и 14 выходных дней. График смен Б, В, Г аналогичен графику смены А.

Баланс рабочего времени представлен в таблице 9.2.

Таблица 9.2- Баланс рабочего времени

Состав рабочего времени	Время работы	
	дни	часы
Календарное время	366	2928
- выходные дни	91	732
Номинальный фонд рабочего времени	275	2200
Невыходы:		
- отпуск	35	280
- болезни	5	40
- уход за ребенком	5	40
- выполнение государственных обязанностей	2	16
- учебный отпуск	2	16
Эффективный фонд рабочего времени	226	1808

Как видно из таблицы, эффективный фонд рабочего времени составляет 226 дней или 1808 часов.

9.2 Организация ремонта оборудования

Вопросы ремонта оборудования установки роторно-пленочного испарителя рассмотрены в разделе «Ремонт роторно-пленочного испарителя».

Структура ремонтного цикла включает в себя: техническое обслуживание; текущий ремонт; капитальный ремонт.

Техническое обслуживание проводится ежемесячно без остановки производства в течение 2 часов. Текущий ремонт проводится через каждые 8280 часов работы с остановкой оборудования на 48 часов.

Первый капитальный ремонт аппаратов проводится через четыре года, каждые последующий через 33600 часов в течение 360 часов, когда останавливается все производство. Коэффициент использования оборудования составляет 0,945.

Монтаж РПИ проводиться монтажной организацией в период капитального ремонта.

График ППР оборудования блока представлен в таблице 9.3.

Таблица 9.3- Годовой график ППР и ТО оборудования

Наименование оборудования	Нормативы ресурса между ремонтами и ТО, ч			Нормативы простоя в ремонте и ТО, ч			Годовой простой в ремонте и ТО, ч	Годовой фонд рабочего времени, ч
	КР	ТР	ТО	КР	ТР	ТО		
Роторно-пленочный испаритель	33600	8280	720	360	96	24	480	8280

Численность рабочих приведена в таблице 9.4. Так как расчет ведется по действующему производству, численность рабочих по проекту такое же, как и по аналогу.

Таблица 9.4 – Численность обслуживающего персонала по категориям

№	Категория	Аналог	Проект
		Численность, чел.	Численность, чел.
1	2	3	5
1	Руководители	2	2
2	Специалисты	2	2
3	Служащие	2	2
4 4.1	Рабочие всего, в т.ч. Основные производственные рабочие	24 10	24 10
4.2 4.3	Вспомогательные рабочие по уходу и надзору за оборудованием Вспомогательные по ремонту оборудования	5 5	5 5
	Всего по цеху	30	30

9.3 Экономическая часть

9.3.1 Расчет капитальных затрат

В объем капитальных затрат включается стоимость зданий и сооружений, машин и оборудования, КИП и средств автоматизации, технологические трубопроводы, затраты на монтаж и т.д.

Стоимость вновь устанавливаемого оборудования приведена в табл. 9.5.

Таблица 9.5 – Стоимость устанавливаемого оборудования

Наименование оборудования	Проект		
	Количество, шт.	Стоимость, тыс. руб.	
		за единицу	всего
Роторно-пленочный испаритель	1	6105	6105
Итого		6105	6105

Стоимость приобретения и монтажа оборудования складывается:

- из затрат на тару и упаковку, которые принимаются в процентах к отпускной цене оборудования: по среднему оборудованию 1 – 1,2 %;
- из транспортных расходов по доставке оборудования, размер которых определяется исходя из фактических затрат на транспортировку. В ВКР транспортные расходы принимаются в размере 7–10 % от стоимости оборудования;
- из заготовительно-складских расходов, которые принимаются в размере 1 - 2 % от стоимости оборудования;
- стоимости монтажа, которая принимается в размере 60–120 % от отпускной цены на оборудование, включая транспортирование и упаковку.

Стоимость приобретения и монтажа оборудования рассчитывается и заносится в табл. 9.6.

Таблица 9.6 – Стоимость приобретения и монтажа оборудования

Стоимость оборудования, всего тыс. руб. (табл. 3.1)	Затраты, тыс. руб.				Общая стоимость приобретения и монтажа оборудования, тыс. руб.
	Тара и упаковка	Транспортировка	Заготовительские операции	Монтаж	
6105	63	488	61	3663	10380

Необходимо провести демонтаж заменяемого оборудования. Все расходы, связанные с демонтажом приведены в таблице 9.7.

Таблица 9.7 – Стоимость демонтируемого оборудования

Наименование оборудования	Аналог		
	Количество, штук	Стоимость, тыс. руб.	
		За ед.	Всего
Рекляймер	1	1190	1190
Итого		1190	1190

Стоимость демонтажа определим методом применения коэффициентов. Для оборудования, предназначенного в лом, коэффициент составляет 0,3. Результаты приведены в таблице 9.8.

Таблица 9.8 – Стоимость демонтажа оборудования

Стоимость оборудования, всего тыс. руб. (табл. 3.3)	Затраты на демонтаж, тыс. руб.
1190	357

Реализуемая стоимость демонтируемого оборудования по цене лома:

$$C_л = Ц_л \cdot M_{д.о.}, \quad (9.1)$$

где $C_л$ - стоимость аппарата по цене лома, руб.; $Ц_л = 55 руб/кг$ - цена 1 кг лома, руб.; $M_{д.о.}$ - вес части демонтируемого оборудования, подлежащего сдаче в лом, $кг$.

$$C_л = 55 \cdot 5000 = 275000 руб.$$

Продажа по остаточной стоимости потребителю:

$$C_{ост} = C_п(1 - \frac{T \cdot H_a}{100\%}) \quad (9.2)$$

где $C_{ост}$ − остаточная стоимость оборудования, тыс. руб.; $C_п$ − первоначальная стоимость оборудования, подлежащего продаже, тыс. руб.; Т − число лет работы оборудования к моменту демонтажа, годы; H_a – норма амортизации, %.

$$C_{ост} = 1190\left(1 - \frac{5 \cdot 9\%}{100\%}\right) = 654{,}5 \text{ тыс. руб} = 654500 \text{ руб}$$

Так как продажа по остаточной стоимости потребителю выгоднее чем продажа по стоимости лома в сводной смете капитальных затрат будем учитывать остаточную стоимость

Сводная смета капитальных затрат приведена в таблице 9.9.

Таблица 9.9 – Сводная смета капитальных затрат по проекту, тыс. руб.

Наименование	Сумма капитальных затрат, тыс. руб
Стоимость оборудования	6105
Затраты на приобретение и монтаж устанавливаемого оборудования	4275
Затраты на отправку и демонтаж оборудования	357
Остаточная стоимость (вычитается)	654,5
Итого	10082,5

9.3.2 Определение себестоимости продукции

Себестоимость годового объёма продукции определяется по всей номенклатуре производства.

Полная себестоимость калькуляционной единицы определяется суммированием затрат по всем калькуляционным статьям. Полная себестоимость годового объема выпуска продукции определяется умножением полной себестоимости калькуляционной единицы на годовой объем выпуска.

Калькуляцию себестоимости производства и реализации продукции содержат следующие статьи затрат:

1. Сырье и материалы.
2. Вспомогательные материалы.
3. Полуфабрикаты собственного производства.
4. Возвратные отходы.
5. Топливо на технологические цели.
6. Энергия на технологические цели.
7. Заработная плата основных производственных рабочих.
8. Отчисления на социальные нужды.
9. Расходы на подготовку и освоение производства.
10. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, в т.ч. амортизация.
11. Цеховые расходы.
12. Общезаводские расходы.
13. Прочие производственные расходы.
14. Попутная продукция.
15. Внепроизводственные расходы.

Расчет стоимости сырья, материалов, покупных изделий и полуфабрикатов, топлива и энергии на технологические нужды производится по форме табл. 9.10.

Таблица 9.10 – Расход и стоимость материальных ресурсов, топлива и энергии

Наименование	Ед. измерения	Цена, тыс. руб	Затраты на единицу продукции				Затраты на годовой выпуск			
			Количество		Сумма, тыс. руб.		Количество		Сумма, тыс. руб.	
			аналог	проект	аналог	проект	аналог	проект	аналог	проект
Сырье										
МЭА	т	15	1,033	1,033	15,495	15,495	1368,73	1368,73	21208,39	21208,39
Катализатор	т	25	0,00172	-	0,43	_	1,8	-	45,580	_
Итого (строка 1)					15,925	15,495			21253,97	21208,39
Материалы и услуги					0,32	0,32			9016	9124
Итого (строка 2)					0,32	0,32			9016	9124
Топливо										
Пар	гКал	1,27	-	1,1	-	1,40	-	1457,5	-	1851
Вода	тыс, $м^3$	6,22	0,018	0,02	0,12	0,13	19,08	26,5	123,2	164
Итого (строка 3)					0,12	1,53			123,2	2015
Энергия										
Электроэнергия	тыс. кВт·ч	7	0,834	0,243	5,838	1,701	884	322	6188	2254
Итого (строка 4)					5,838	1,701			6188	2254

Как видно из таблицы стоимость материальных топлива и энергии на единицу продукции составляет 1,701 тыс. руб, а на годовой выпуск 2254 тыс.руб.

Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования включают затраты предприятия (цеха), связанные с эксплуатацией, обслуживанием,

наладкой и ремонтом технологического, силового и подъемно-транспортного оборудования. Размер затрат определяется на основе составления сметы по форме табл. 9.11.

Таблица 9.11 – Схема расходов, связанных с содержанием и эксплуатацией оборудования

Наименование статей затрат	Сумма, руб.	Условия расчета
1.Заработная плата, основная и дополнительная, вспомогательных рабочих, занятых обслуживанием оборудования	6743236	По расчету
2.Отчисления на социальные нужды	2070173	30,7% от п.1
3.Вспомогательные материалы	3371618	50% от п.1
4.Амортизация производственного оборудования и транспортных средств	549450	По расчету
5.Ремонт оборудования и транспортных средств	274725	50% от амортизации
6.Возмещение износа малоценного и быстроизнашивающегося инвентаря	1011485	15% от фонда оплаты труда вспомогательных рабочих
7.Прочие расходы	10149	10% от суммы предыдущих
Итого	14030836	

Годовой размер амортизационных отчислений рассчитаем по формуле:

$$A = \frac{C_0 \cdot H_a}{100}, \qquad (9.12)$$

где C_0 – первоначальная стоимость производственного оборудования, руб. Используются данные табл. 9.5; H_a – норма амортизационных отчислений, %.

$$A = \frac{6105000 \cdot 9}{100} = 549450.$$

Следует помнить, что для налогового учета к амортизируемому имуществу относится имущество стоимостью более 100 000 рублей и сроком полезного использования более 12 месяцев.

Расчет амортизационных отчислений представляется в виде табл. 9.12.

Таблица 9.12 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование производственного оборудования, транспортных средств	Первоначальная стоимость, тыс. руб.	Норма амортизации, %	Годовая сумма амортизационных отчислений, тыс. руб.
Роторно-пленочный испаритель	6105	9	549,45
Итого			549,45

Цеховые расходы составляют 60–80 % от суммы основной заработной платы основных производственных рабочих и расходов по содержанию и эксплуатации оборудования.

Общезаводские расходы включают затраты: на управление и организацию производства на предприятии в целом; на содержание дирекции, амортизацию, содержание и текущий ремонт основных средств общезаводского назначения; подготовку кадров, общехозяйственные нужды, расходы по охране труда и технике безопасности, охрану завода и т.д. Эти расходы принимаются равными 200–250 % от фонда основной и дополнительной заработной платы основных производственных рабочих.

Прочие производственные расходы включают отчисления на научно-исследовательские работы, затраты на стандартизацию. Общая сумма расходов определяется в размере 20–50 % от основной заработной платы основных производственных рабочих.

Внепроизводственные расходы. Это расходы, связанные с реализацией готовой продукции (расходы на рекламу, на тару и упаковку, на доставку и другие расходы, связанные со сбытом готовой продукции). Внепроизводственные расходы принимаются в размере 3 – 5 % от общезаводской (производственной) себестоимости.

Полная (коммерческая) себестоимость продукции определяется суммированием всех статей затрат.

9.3.3Составление калькуляции себестоимости продукции

Калькуляция себестоимости продукции может быть представлена в виде табл. 9.13.

Таблица 9.13 – Калькуляция себестоимости продукции

№	Наименование статьи	Затраты в тыс. руб			
		на 1т. продукции			На годовой проектируемый объем
		аналог	проект	отклонения	
1	2	3	4	5	6
1	Сырье				
1.1	МЭА отработанный	15,495	15,495	–	21208,39
1.2	Катализатор	0,43	–	-	–
	Итого по строке 1	15,925	15,495	-0,43	21208,39
2	Энергия			0	
2.1	Электроэнергия	5,838	1,701	-4,137	2254
2.2	Пар	-	1,4	1,4	1851
2.3	Вода оборотная	0,12	0,13	0,01	164
	Итого по строке 2	5,948	3,231	-2,717	4269
	Итого по строкам 1-2	21,873	18,726	-3,147	25477,39
3	Зарплата основных производственных рабочих			0	
3.1	Основная	5,344	4,275	-1,069	5664,375
3.2	Дополнительная	1,017	0,814	-0,203	1078,919
4	Отчисления на социальные нужды	1,953	1,562	-0,391	2070,173
5	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, в т. ч. амортизация производственного оборудования	13,237	10,589	-2,648	14030,836
6	Цеховые расходы	3,206	2,565	-0,641	3398,6
	Итого цеховая себестоимость	46,63	38,531	-8,099	51720,293
7	Общезаводские расходы	12,723	10,178	-2,544	13486,588
8	Прочие производственные расходы	1,068	0,855	-0,213	1132,8
	Итого себестоимость производства	60,421	49,564	-10,856	66339,681
9	Внепроизводственные расходы	0,636	0,508	-0,127	674,329
	Итого полная себестоимость	61,057	50,073	-10,983	67014,010

Полная себестоимость выпускаемой продукции снизилась на 10,983 рублей из-за снижения расходов по статье электроэнергии, и увеличении производительности установки на 20%, что в свою очередь повлияло на процент ФОП на единицу продукта.

Продуктом является МЭА. Годовая мощность: по аналогу – 1060 т/год; по проекту – 1325 т/год.

Таблица 9.14 Структура себестоимости продукции

№	Статьи калькуляции	Затраты на единицу продукции по аналогу		Затраты на единицу продукции по проекту	
		в тыс. руб	в %	в тыс. руб	в %
1	Сырье и материалы	15,925	26,08	15,495	30,94
2	Энергия				
2.1	Электроэнергия	5,838	9,56	1,701	3,38
2.2	Пар	-	-	1,4	2,8
2.3	Вода оборотная	0,12	0,19	0,13	0,26
3	Заработная плата основных производственных рабочих				
3.1	Основная	5,344	8,75	4,275	8,54
3.2	Дополнительная	1,017	1,67	0,814	1,63
4	Отчисления на социальные нужды	1,953	3,20	1,562	3,12
5	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, в т. ч. амортизация производственного оборудования	13,237	21,67	10,589	21,15
6	Цеховые расходы	3,206	5,25	2,565	5,12
7	Общезаводские расходы	12,723	20,83	10,178	20,33
8	Прочие производственные расходы	1,068	1,75	0,855	1,71
9	Внепроизводственные расходы	0,636	1,04	0,508	1,01
	Итого полная себестоимость:	61,057	100	50,073	100

9.3.4Оценка экономической эффективности инвестиций

9.3.4.1 Чистый дисконтированный доход

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) определяется как сумма текущих эффектов за весь расчетный период, приведенная к начальному шагу, или как превышение интегральных результатов над интегральными затратами.

Величина ЧДД для постоянной нормы дисконта вычисляется по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t-0}^{\text{T}} (R_t - З_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t} - K, \qquad (9.13)$$

где Т – горизонт расчета, количество лет эффективного функционирования оборудования, принимаем 5 лет;t– номер расчета, в качестве отрезка времени, соответствующего шагу расчета, принимается

год;E – номер дисконта (данные на год реализации проекта);K – капитальные вложения на реконструкцию (капитальные вложения осуществляются в течении одного шага расчета при t=0 и соответствуют капитальным затратам проекта (см. табл. 3.5);

R_t – результат, достигаемый на шаге расчета t, определяется по формуле:

$$R_t = D_2 - D_1 = Ц_2В_2 - Ц_1В_1, \quad (9.14)$$

где D_1 – выручка от реализации продукции до проведения мероприятий, тыс. руб.;

$Ц_1$ – оптовая цена единицы продукции по аналогу, тыс.руб.;$В_1$ – выпуск продукции за год по аналогу, тонн;D_2 – выручка от реализации продукции после проведения мероприятий, тыс. руб.;$Ц_2$ – оптовая цена единицы продукции по проекту, тыс.руб.;$В_2$ – выпуск продукции за год по проекту, тонн;

$З_t$ – затраты, осуществляемые на шаге расчета t, определяются по формуле:

$$З_t = З_2 - З_1 = С_2 \cdot В_2 - С_1 \cdot В_1, \quad (9.15)$$

где $З_1$ – затраты на весь объем производства по аналогу, тыс.руб.; $З_2$ – затраты на весь объем производства по проекту, тыс.руб.; $С_1$ – себестоимость единицы продукции по аналогу, тыс.руб.; $С_2$ – себестоимость единицы продукции по проекту, тыс.руб.;

ЧДД рассчитывается отдельно для каждого шага расчета.

Оптовую цену единицы продукта для аналога и проекта принимаем равной $Ц_1 = Ц_2 = 62$ тыс. руб/т

Подставим значения в формулу (9.14):

$$R_t = 62 \cdot 1325 - 62 \cdot 1060 = 15900 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты, осуществляемые на момент расчета шага t согласно формуле (9.15):

$$З_t = 50{,}073 \cdot 1325 - 61{,}057 \cdot 1060 = 1626{,}305 \text{ тыс. руб.}$$

Величина ЧДД согласно формуле (9.13):

$$ЧДД = (15900 - 1626{,}305) \cdot \frac{1}{(1 + 0{,}22)^1} - 10082 = 1618 \text{тыс. руб.}$$

Так как ЧДД инвестиционного проекта положителен и достаточно высок, можно сделать вывод что проект эффективен и окупается в период первого года установки.

9.3.4.2 Срок окупаемости

Срок окупаемости – минимальный временной интервал (номер шага расчета – t), за пределами которого значение ЧДД становится и в дальнейшем является неотрицательным. Срок окупаемости определяется графически по расчету ЧДД на рисунке 9.1.

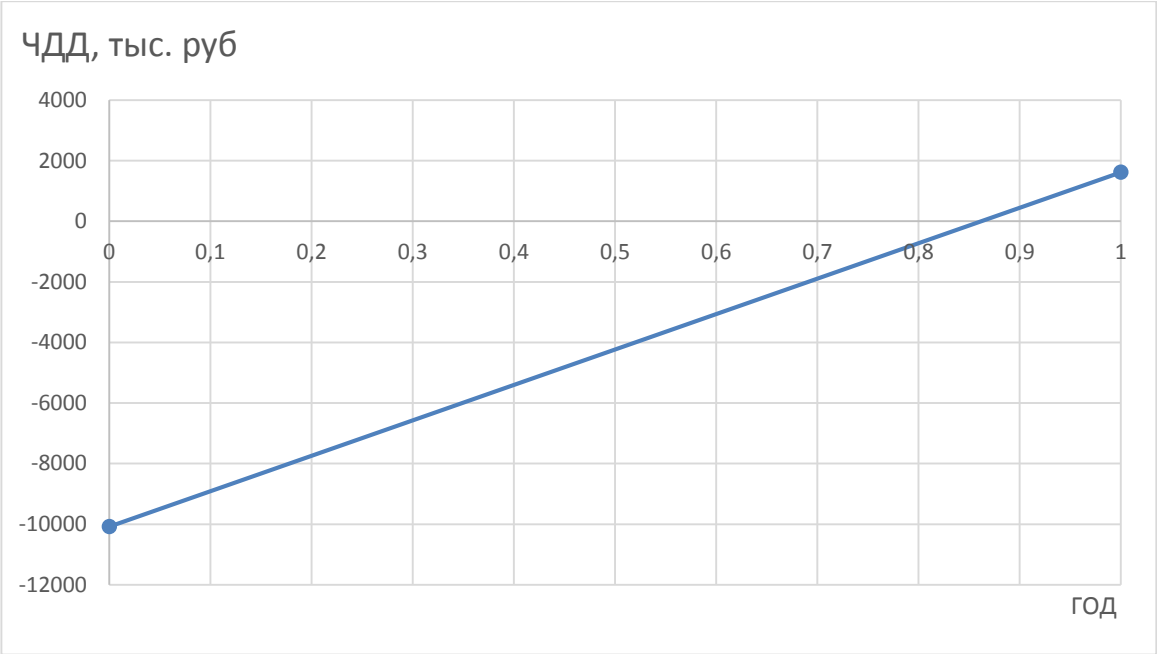


Рисунок 9.1. Определение срока окупаемости проекта

где К – дополнительные капитальные вложения, соответствуют капитальным затратам на замену оборудования К = 10082 тыс. руб.;

Таким образом, срок окупаемости принятого инвестиционного проекта составляет примерно 8,5 месяцев.

9.3.4.3 Индекс доходности

$$ИД = \frac{1}{K}\sum_{t=0}^{T}(R_t - З'_t)\cdot\frac{1}{(1+E)^t}, \quad (9.17)$$

$$ИД = \frac{1}{10082}(15900 - 1626)\cdot\frac{1}{(1+0,22)^1} = 1,16$$

Инвестиционный проект является эффективным, так как ИД> 1.

9.3.4.4 Индекс доходности

Внутренняя норма доходности (ВНД) показывает, при какой норме дисконта ЧДД=0. Внутренняя норма доходности определяйся путем расчета значений ЧДД для различных норм дисконта, начиная с Е = 0 и заканчивая Е,

при которой ЧДД отрицательно. Окончательное определение ВНД производится графически.

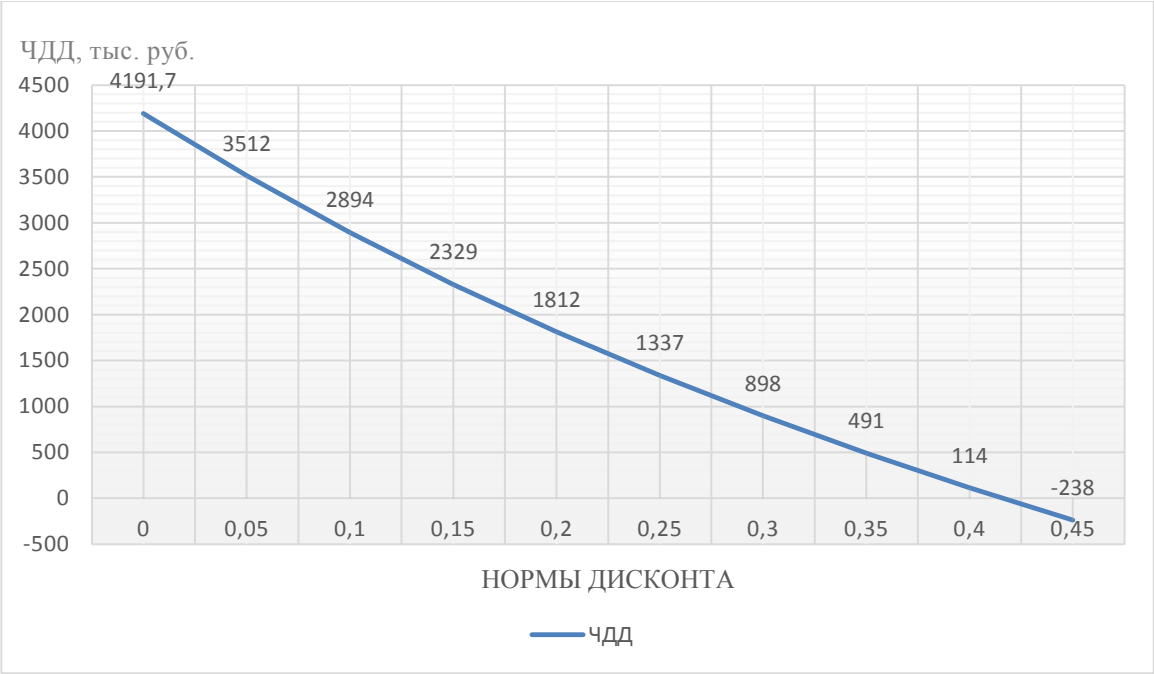


Рисунок 9.2. Определение ВНД проекта

Линия ЧДД пересекает ось абсцисс в значении равном 0,42. соответственно ВНД = 42%

9.3.5 Расчет основных технико-экономических показателей.

Расчет основных технико-экономических показателей эффективности проведения проектируемых мероприятий

Прибыль от реализации продукции, тыс. руб. определяется по формуле:

$$П = (Ц - С) \cdot В, \quad (9.18)$$

где $Ц$ - оптовая цена единицы продукции, тыс.руб.; $С$ - себестоимость единицы продукции, тыс.руб.; $В$ - выпуск продукции за год, тонн.

Определим прибыль от реализации продукции по аналогу:

$$П_а = (62 - 61,057) \cdot 1060 = 999,58 тыс.руб.$$

Определим прибыль от реализации продукции по проекту:

$$П_п = (62 - 50,073) \cdot 1325 = 15803,275 тыс.руб.$$

Рентабельность продукции $R_{пр}$ определяется по формуле 9.19:

$$R_{пр} = \frac{П}{С} \cdot 100\%, \quad (19.9)$$

где $П$ - прибыль от реализации продукции предприятия, тыс. руб.; $С$ - полная себестоимость продукции предприятия, тыс. руб.

Рентабельность продукции по аналогу составит:

$$R_{пр} = \frac{999,58}{64720,42} \cdot 100\% = 15,44\%$$

Рентабельность продукции по проекту составит:

$$R_{п} = \frac{15803,275}{66346,725} \cdot 100\% = 23,82\% .$$

Результаты расчетов приводятся в таблице 9.15.

Таблица 9.15 Сравнительная таблица технико-экономических показателей

Наименование показателей	Единицы измерения	Проект	Аналог	Отклонение
Годовой выпуск продукции: в натуральном выражении в стоимостном выражении	тыс. тонн тыс. руб.	1,325 79500	1,060 63600	0,265 15900
Количество единиц используемого оборудования	штук	12	12	-
Производственная мощность цеха, отделения, производственной линии	тонн	1325	1060	265
Капитальные вложения (инвестиции)	тыс. руб.	10082	-	-
Себестоимость единицы продукции	тыс. руб./ тонн	50,073	61,057	-10,984
Численность основных производственных рабочих	чел.	24	24	-
Годовой фонд оплаты труда основных рабочих	тыс. руб.	6743,236	6743,236	-
Рентабельность продукции	%	23,82	15,44	8,38
Годовой объем прибыли	тыс. руб.	15803	999	14804
ЧДД	тыс. руб.	1618	-	-
ВНД	%	42		
Срок окупаемости	лет	<1	-	-
Индекс доходности	руб./руб.	1,16	-	-

Таблица 9.15 является итоговой и представляет собой источник формирования выводов по предложенным мероприятиям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе в соответствие с заданием разработан роторно-пленочный испаритель низкого давления блока регенерации моноэтаноламина.

В проекте приводятся характеристика вопроса по литературным и производственным данным, описание технологии регенерации МЭА, выполнены расчеты РПИ и подбор насосно-компрессорного, теплообменного и емкостного оборудования. Также разработана технология изготовления детали и рассмотрены вопросы монтажа и ремонта аппарата. Кроме этого в проекте отражены вопросы безопасности и экологичности проекта, экономики и организации производства.

Технико-экономическое сравнение базового и проектируемого вариантов показало, что при реализации проектных решений повышаются технико–экономические показатели производства. Годовая прибыль от реализации продукции возрастает на 15,9 млн. руб., рентабельность производства увеличивается на 8,38 %. Срок окупаемости проектных решений 8,5 месяца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ТР-0148636-24-100-ИОС7.1. Технологический регламент установки регенерации моноэтаноламина.
2. Мановян, А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа: учеб. пос. для вузов / А.К. Мановян. - М.: Химия, 2001 - 568 с.
3. Технология переработки природного газа и конденсата: Справочник: В 2 ч. - М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. - Ч. 1. - 517 с.
4. Рамм, В.М. Абсорбция газов / В.М. Рамм. – М.: Химия, 1975. – 767 с.
5. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки: справочник / Рабинович Г.Г., Рябых П.М., Хохряков П.А. и др.; под ред. Е.Н. Судакова.- М.: Химия, 1979.- 568 с.
6. Машины и аппараты химических производств: Учебник для вузов/ А.С. Тимонин, Б.Г. Балдин, В.Я. Борщев, Ю.И. Гусев и др. / Под общей редакцией А. С. Тимонина. — Калуга: Издательство Н.Ф. Бочкаревой, 2008. - 872 с.
7. Сидягин, А.А. Колонные аппараты для массообменных процессов: учеб. посо-бие для вузов / А.А. Сидягин. – Н.Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т, 2009. – 115 с.
8. Тимонин, А.С. Основы конструирования и расчета технологического и природоохранного оборудования. Справочник. В 3-х т. / А.С. Тимонин. – Калуга: Изд-во Н.Бочкаревой, 2002. Т.1 – 852 с.
9. Дятлов В.Н. Коррозионная стойкость металлов и сплавов: Справочник. - М.: Машиностроение, 1984. - 352 с.
10. Расчёты основных процессов и аппаратов переработки углеводородных газов: справочное пособие / А.А. Кузнецов, Е.Н. Судаков. - М.: Химия, 1983.- 224 с.
11. Ульянов В.М., Сидягин А.А., Диков В.А. Технологические расчеты машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств. Примеры и задачи: учеб. пособие / В.М. Ульянов, А.А. Сидягин, В.А. Диков; под ред. В.М. Ульянова; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород, 2015. – 633 с.
12. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи: учеб. пособие для вузов / И.В. Доманский [и др.]; под общ. ред. В.Н. Соколова. – Л.: Ма-шиностроение, 1982. – 384 с.
13. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие для вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков; под ред. П.Г. Романкова. – 10-е изд. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
14. Данкверст, П.В. Газожидкостные реакции / П.В. Данкверст.- М.: Химия, 1973. – 296 с.

15. Тимонин, А.С. Основы конструирования и расчета технологического и природоохранного оборудования. Справочник. В 3-х т. / А.С. Тимонин. – Калуга: Изд-во Н.Бочкаревой, 2002. Т.2 – 1028 с.

16. СНиП 41-03-2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.

17. СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.

18. ГОСТ Р52857.1-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета прочность. Общие требования.

19. ГОСТ 34347-2017 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия.

20. ГОСТ Р52857.2-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек.

21. Лащинский, А.А., Толчинский, А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: справочник / А.А. Лащинский, А.Р. Толчинский. - Л.: Машиностроение, 1970. – 576 с.

22. ГОСТ Р52857.3-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета прочность. Расчет укрепления отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и внешнем давлении.

23. ГОСТ Р52857.5-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета прочность. Расчет обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок.

24. ГОСТ Р52857.4-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений.

25. Тимонин А. С. Основы конструирования и расчета технологического и природоохранного оборудования. Справочник. Т 3. Калуга, 2002. – 968 с.

26. Никифоров А. Д. Типовые технологические процессы изготовления аппаратов для химических производств. Атлас. - М.: Машиностроение, 1979.

27. Справочник технолога-машиностроителя. Т2. - М.: Машиностроение, 1972. – 568 с.

28. Гальперин, М.И., Артемьев В.И., Местечкин Л.М. Монтаж технологического оборудования нефтеперерабатывающих заводов / М.И. Гальперин, В.И. Артемьев, Л.М. Местечкин. - М.: Стройиздат, 1982.- 352 с.

29. Фарамазов С.А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С.А. Фарамазов. - М.: Химия, 1988. – 304 с.

30. ГОСТ 12. 0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

31. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

32. Справочник химика. В 3 т.- М.-Л.: Химия, 1965.
33. ГОСТ 12.1.008-88 (2001). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
34. ГН2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
35. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 (новая редакция). Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
36. Лазарев Н.В. Вредные вещества в промышленности: справочник. Т. 1-3 / Н.В. Лазарев. - Л.: Химия, 1976.
37. Типовые нормы бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам нефтяной промышленности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, утвержденных приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 9 декабря 2009 г. № 970н.
38. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
39. Эльтерман, В.М. Вентиляция химических производств / В.М. Эльтерман. - М.: Химия, 1971. – 285 с.
40. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
41. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности.
42. ГОСТ 12.1.012-90 (2001). Вибрационная безопасность. Общие требования.
43. СНиП 23-05-95 (2003). Естественное и искусственное освещение.
44. Справочная книга для проектирования электрического освещения. Под ред. Кнорринга Г.М. - Л.: Энергия, 1976. – 384 с.
45. Правила устройства электроустановок. (ПУЭ). Изд. 7.
46. ГОСТ 12.1.019-79 (2001) Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
47. Правила защиты от статического электричества в производствах химической, нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности. — М: Химия, 1973.
48. СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.
49. Пожарная опасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности. Справочник под ред. Рябова И.В. - М.: Химия, 1970.
50. ГОСТ 12.1.011-78. Смеси взрывоопасные. Классификация. - М.: Изд-во стандартов, 1978.
51. Федеральный закон РФ №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

52. ГОСТ Р51330-99 Электрооборудование электрозащищенное.
53. СНиП 21-01-97 (1999 с изм. №2 от 2002) Пожарная безопасность зданий и сооружений.
54. СНиП 31-03-2001 Производственные здания.
55. Баратов, А.Н., Иванов, Е.Н. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности / А.Н. Баратов, Е.Н. Иванов. - М.: Химия, 1979.- 386 с.
56. НПБ 110-03 Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией.
57. ГОСТ 12-2.003-91 (2001) «Оборудование производственное. Общие требования безопасности»
58. СП 2.2.2.1327-03 Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту.
59. Торочешников, Н.С. Техника защиты окружающей сред / Н.С. Торочешников, и др.- М.: Химия, 1981. – 512 с.
60. Атаманюк, В.Г. Гражданская оборона / В.Г. Атаманюк, Л.Г. Ширшев, Н.И. Акимов. - М.: Высшая школа, 1986. – 207 с.
61. Камерер, В.Ю., Кутерев А.К., Харкевич А.Е. Защитные сооружения гражданской обороны / В.Ю. Камерер, А.К. Кутерев, А.Е. Харкевич.- М.: Энергоатомиздат, 1985. – 232 с.
62. СНиП II-11-77* Защитные сооружения гражданской обороны.
63. Методические указания к выполнению раздела «Экономика и организация производства» выпускной квалификационной работы конструкторского направления для студентов, обучающихся по направлению бакалавра 151000 – «Технологические машины и оборудование», всех форм обучения / НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: Н.А. Куфтырёва, А.М. Петровский. – Н.Новгород, 2020. – 24 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Обозначение	Наименование	формат	Кол.
ВР-НГТУ-16ТМО-001-20	Расположение оборудования А1	А1	1
ВР-НГТУ-16ТМО-002-20	Технологическая схема А1	А1	1
ВР-НГТУ-16ТМО-003-20 СБ	Роторно-пленочный испаритель	А2х3	2
	сборочный чертеж		
ВР-НГТУ-16ТМО-004-20 СБ	Ротор сборочный чертеж	А1	1
ВР-НГТУ-16ТМО-005-20 СБ	Опора мотор-редуктора сборочный	А3	1
	чертеж		
ВР-НГТУ-16ТМО-006-20 СБ	Валик сборочный чертеж	А4	1
ВР-НГТУ-16ТМО-007-20	Хвостовик	А3	1
ВР-НГТУ-16ТМО-008-20	Бобышка	А4	1
ВР-НГТУ-16ТМО-009-20	Крышка внутреннего корпуса	А4	1
ВР-НГТУ-16ТМО-010-20	Фланец	А4	1
ВР-НГТУ-16ТМО-011-20	Технология изготовления детали	А1	1
ВР-НГТУ-16ТМО-012-20	Таблица технико-экономических	А1	1
	показателей		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВР-НГТУ-16ТМО-000-20
Выполнил		Галкин С.А.			Опись чертежей
Проверил		Суханов Д.Е.			Лит. / Лист / Листов: у / / 1
					ДПИ НГТУ 16ТМО
Контроль		Балахнин И.А.			
Утв.		Диков В,А.			

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
А4			ВР-НГТУ-16ТМО-000-20	Сборочный чертеж		
				Сборочные единицы		
А1		1	ВР-НГТУ-16ТМО-004-20	Ротор	1	
Б4		2		Муфта 65 ОСТ 26-01-1227-75	1	
А3		3	ВР-НГТУ-16ТМО-005-20	Опора мотор-редуктора	1	
Б4		4		Внутренний корпус	1	
Б4		5		Распределительное устройство	1	
Б4		6		Торцевое уплотнение Т4 (ТДП-25)	1	
				Детали		
Б4		4		Фланец Ду500	6	
Б4		8		Обечайка	2	
Б4		9		Рубашка	2	
Б4		10		Фланец Ду50	4	
Б4		11	ВР-НГТУ-16ТМО-010-20	Фланец Ду20	2	
Б4		12		Днище коническое	1	
Б4		13		Крушка элептическая	1	
А4		15	ВР-НГТУ-16ТМО-008-20	Бабышка	1	
Б4		16		Фланец Ду200	4	

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВР-НГТУ-16ТМО-003-20 СБ			
Разраб.		Галкин С.А.			Роторно-пленочный испаритель	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Суханов Д.Е.					1	2
Н.контр.		Балахнин И.А.				16-ТМО ДПИ НГТУ		
Утв.		Диков В.А.						

Копировал Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
БЧ		17		Труба Ду200	2	
				Стандартные изделия		
БЧ		7		Болт М22х80 ГОСТ Р ИСО 4014	122	
БЧ		19		Шайба С 22.37 ГОСТ 10450-78	244	
БЧ		20		Шайба 22.01.08 кп. 05 ГОСТ 11872-89	244	
БЧ		21		Гайка М22-6Н ГОСТ 5915-70	244	
БЧ		22		Болт М20х35 ГОСТ Р ИСО 4014	11	
БЧ		23		Шайба 20.01.08 кп. 05 ГОСТ 11872-89	11	
БЧ		24		Болт М20х70 ГОСТ Р ИСО 4014	12	
БЧ		25		Шайба 20.01.08 кп. 05 ГОСТ 11872-89	12	
БЧ		26		Шайба 20.01.08 кп. 05 ГОСТ 11872-89	12	
БЧ		27		Прокладка 517-527-4	3	EPDM
				Прочие изделия		
БЧ		10		Мотор-редуктор Nord	1	
				SK9053.1AX-80S4		
БЧ		14		Вакумная задвижка		

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВР-НГТУ-16ТМО-003-20 СБ	Лист 2

Копировал Формат А4

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Сборочные единицы		
А4			ВР-НГТУ-16ТМО-006-20	Ролик	33	
А3		2	ВР-НГТУ-16ТМО-007-20	Хвостовик	1	
БЧ		3		Крышка-распределитель	1	
				Детали		
БЧ		1		Корпус внутренний	1	
БЧ		5		Корпус внешний	1	
БЧ		6		Прокладка	66	
БЧ		7		Ушко	66	
БЧ		8		Болт крепежный	66	
				Стандартные изделия		
БЧ		4		Шпилька 2 М8 х 1,5-6g х 120.109.40Х.26 ГОСТ 22034-76	16	
БЧ		10		Шайба С 10.37 ГОСТ 10450-78	16	
БЧ		11		Шайба 10.01.08 кп. 05 ГОСТ 11872-89	16	
БЧ		12		Гайка М10-6Н ГОСТ 5915-70	16	

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВР-НГТУ-16ТМО-004-20 С			
Разраб.		Галкин С.А.			Ротор Сборочный чертеж	Лит.	Лист	Листов 1
Пров.		Суханов Д.Е.				16-ТМО ДПИ НГТУ		
Н.контр.		Балахнин И.А.						
Утв.		Диков В.А.						

Копировал Формат А4

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Детали		
Б4		1		Фланец верхний	1	
Б4		2		Труба Ду250	1	
Б4		3		Фланец нижний	1	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Галкин С.А.		
Пров.		Суханов Д.Е.		
Н.контр.		Балахнин И.А.		
Утв.		Диков В.А.		

ВР-НГТУ-16ТМО-005-20 С

Опора мотор-редуктора
Сборочный чертеж

Лит.	Лист	Листов
		1

16-ТМО
ДПИ НГТУ

Копировал

Формат А4

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Детали		
		1				
Б4		1		Труба	1	
Б4		2		Глухая втулка	2	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Галкин С.А.		
Пров.		Суханов Д.Е.		
Н.контр.		Балахнин И.А.		
Утв.		Диков В.А.		

ВР-НГТУ-16ТМО-006-20 С

Ролик
Сборочный чертеж

Лит.	Лист	Листов
		1

16-ТМО
ДПИ НГТУ

Копировал

Формат А4

Пассат 3.01.0.13
© ООО НТП «Трубопровод»

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е.Алексеева
ДЗЕРЖИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ФИЛИАЛ)Дзержинский политехнический институт (филиал)
Кафедра «Технологическое оборудование и транспортные системы»

РАРАБОТКА РОТОРНО-ПЛЕНОЧНОГО ИСПАРИТЕЛЯ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ МОНОЭТАНОЛАМИНА

(ВР-НГТУ-16ТМО-000-20 ПЗ)

Приложение Е
Отчет из ПАССАТа

Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

2020 г.

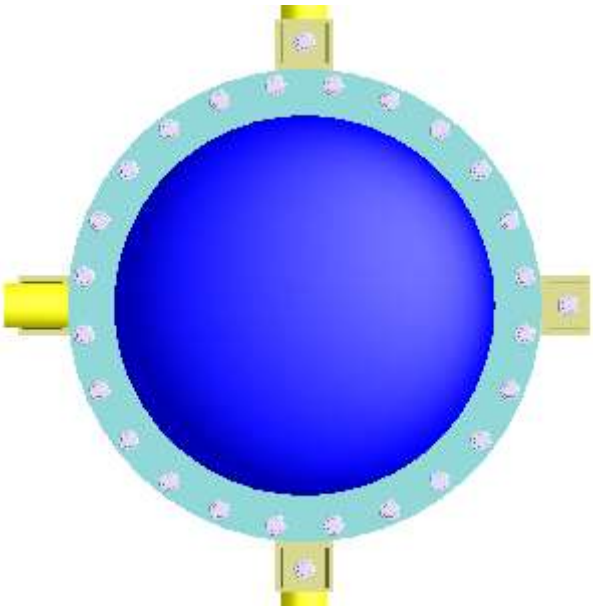
СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 3
2. Исходные данные для расчета ..... **Error! Bookmark not defined.**
3. Лист регистрации изменений ..... **Error! Bookmark not defined.**

1 Общие положения

Расчет на прочность выполнен на ЭВМ по программе «Пассат 3.01.0.13», разработанной ООО НТП «Трубопровод».

Общий вид аппарата



Вид сверху

Вид слева

Вид спереди

Изометрический вид

Дата и время расчета: 21.06.2020 23:11

2 Сводные таблицы

2.1 Основные элементы

Исходные данные

Элемент	Материал	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Длина (высота), мм	Суммарная прибавка, мм	Коэфф. прочности сварного шва
куб	03Х18Н11 Труба	200	6	200	1,8	1
Днище коническое	03Х18Н11 Труба	200/500	6	400	1,8	1
Рабочая зона	03Х18Н11 Труба	500	6	1800	1,8	1
Рубашка цилиндрическая ниж	03Х18Н11 Труба	600	6	639,9	1,8	1
Рубашка цилиндрическая верх	03Х18Н11 Труба	600	6	639,9	1,8	1
дистиллят	03Х18Н11 Труба	500	6	500	1,8	1
Крышка эллиптическая №1	03Х18Н11 Труба	500	7	284	1,8	1

Результаты расчета

Рабочие условия

Элемент	Расчетная температура, °C	Расчетное давление, МПа	Допускаемые напряжения, МПа	Расчетная толщина с уч. прибавок, мм	Допускаемое давление, МПа	Условие прочности
Фланцевое соединение №4	-	(-0,080000)	-	-	0,4834	выполнено
куб	110	(-0,080000)	131	2,3852	4,8449	выполнено
Фланцевое соединение №3	-	(-0,080000)	-	-	0,4834	выполнено
Днище коническое	110	(-0,080000)	131	3,0465	1,3138	выполнено
Фланцевое соединение №1	-	(-0,080000)	-	-	1,5088	выполнено
Рабочая зона	110	(-0,080000)	131	3,5613	0,67025	выполнено
Фланцевое соединение №2	-	(-0,080000)	-	-	1,5674	выполнено
дистиллят	110	(-0,080000)	131	3,2631	0,99632	выполнено
Крышка эллиптическая №1	110	(-0,080000)	131	2,6827	1,9425	выполнено

Условия испытаний

Элемент	Расчетное давление, МПа	Допускаемые напряжения, МПа	Расчетная толщина с уч. прибавок, мм	Допускаемое давление, МПа	Условие прочности
Фланцевое соединение №4	0,33532	-	-	-	выполнено
куб	0,33441	218,18	1,9534	8,9752	выполнено
Фланцевое соединение №3	0,33245	-	-	-	выполнено
Днище коническое	0,33155	218,18	2,1905	3,5397	выполнено

Фланцевое соединение №1	0,32763	-	-	-	выполнено
Рабочая зона	0,32645	218,18	2,1743	3,6349	выполнено
Фланцевое соединение №2	0,3088	-	-	-	выполнено
дистиллят	0,30762	218,18	2,1527	3,6349	выполнено
Крышка эллиптическая №1	0,30306	218,18	2,1474	4,5147	выполнено

2.2 Штуцера

Исходные данные

Элемент	Метка	Тип	Материал	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Длина (высота), мм	Суммарная прибавка, мм
Ввод пара		Проходящий без укрепления	03Х18Н11 Труба	50	6	150	1
Штуцер вывод теплоносителя		Проходящий без укрепления	03Х18Н11 Труба	50	6	150	1
Штуцер ввода МЭА		Проходящий без укрепления	03Х18Н11 Труба	50	6	150	1

Результаты расчета

Рабочие условия

Элемент	Расчетная температура, °C	Расчетное давление, МПа	Диаметр отв., не треб. укрепления, мм	Расчетная толщина с уч. прибавок, мм	Допускаемое давление, МПа	Условие прочности
Ввод пара	110	(-0,080000)	-	1,0159	0,67025	выполнено
Штуцер вывод теплоносителя	110	(-0,080000)	-	1,0159	0,67025	выполнено
Штуцер ввода МЭА	110	(-0,080000)	-	1,0159	0,99632	выполнено

Условия испытаний

Элемент	Расчетное давление, МПа	Диаметр отв., не треб. укрепления, мм	Расчетная толщина с уч. прибавок, мм	Допускаемое давление, МПа	Условие прочности
Ввод пара	0,3262	502	1,0389	3,6349	выполнено
Штуцер вывод теплоносителя	0,3262	502	1,0389	3,6349	выполнено
Штуцер ввода МЭА	0,30541	502	1,0364	3,6349	выполнено

2.3 Расчёт заполнения

Элемент	Полный объем, м³	Объем продукта, м³	Масса продукта, г	Высота столба, мм	Макс. высота столба при 100%, мм	□
Фланцевое соединение №4	0,0029484	0,0029484	2892,3	3601	3601	1
куб	0,0062832	0,0062832	6163,8	3509	3509	1
Фланцевое соединение №3	0,0029484	0,0029484	2892,3	3309	3309	1
Днище коническое	0,042768	0,042768	41955	3217	3217	1
Фланцевое соединение	0,023562	0,023562	23114	2817	2817	1

№1						
Рабочая зона	0,35343	0,35343	$3{,}4671\cdot10^{5}$	2697	2697	1
Ввод пара	$0{,}30546\cdot10^{-3}$	$0{,}30546\cdot10^{-3}$	299,66	2672	2672	1
Штуцер вывод теплоносителя	$0{,}30546\cdot10^{-3}$	$0{,}30546\cdot10^{-3}$	299,66	2672	2672	1
Рубашка цилиндрическая ниж	Рубашка: 0,049383	0,049383	48445	639,9	639,9	1
Рубашка цилиндрическая верх	Рубашка: 0,049383	0,049383	48445	639,9	639,9	1
Фланцевое соединение №2	0,023562	0,023562	23114	897	897	1
дистиллят	0,098175	0,098175	96309	777	777	1
Штуцер ввода МЭА	$0{,}3061\cdot10^{-3}$	$0{,}3061\cdot10^{-3}$	300,29	552	552	1
Крышка эллиптическая №1	0,053080	0,053080	52071	312	312	1
□	0,70644	0,70644	$6{,}9302\cdot10^{5}$	–	–	–

2.4 Полости аппарата

□ – плотность рабочей среды
$V_{полн}$– полный объем
$V_{прод}$ – объем продукта
M – масса продукта

Элемент	Испытания	$P_{исп}$, МПа	Жидкость	□, кг/м³	$V_{полн}$, м³	$V_{прод}$, м³	M, г	Среда	H_2S
Фланцевое соединение №4	Гидроиспытания	0,3	Да	981	0,60767	0,60767	$5{,}9613\cdot10^{5}$	МЭА	Нет (–)
Рубашка цилиндрическая ниж	Гидроиспытания	0,3	Да	981	0,049180	0,049180	48246	МЭА	Нет (–)
Рубашка цилиндрическая верх	Гидроиспытания	0,3	Да	981	0,049180	0,049180	48246	МЭА	Нет (–)

2.5 Расчет весов и центров тяжести

Рабочие условия (с заполнением продуктом):

Элемент	Вес, Н	Положение центра тяжести (относительно начала координат модели)
Фланцевое соединение №4	158,49	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 45,939 мм
куб	120,62	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 192 мм
Фланцевое соединение №3	158,49	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 337,94 мм
Днище коническое	638,17	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 624,87 мм
Фланцевое соединение №1	908,43	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 843,98 мм
Рабочая зона	4727,5	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 1804,5 мм
Ввод пара	15,704	X = 0 мм, Y = 327,91 мм, Z = 954 мм
Штуцер вывод теплоносителя	15,704	X = 0 мм, Y = (-327,91) мм, Z = 954 мм
Рубашка цилиндрическая ниж	1187,3	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 1411,5 мм
Рубашка цилиндрическая верх	1187,3	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 2256,5 мм
Опорные лапы	66,673	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 2045,6 мм
Фланцевое соединение №2	909,76	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 2764 мм
дистиллят	1312,6	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 3074 мм
Штуцер ввода МЭА	15,729	X = (-327,82) мм, Y = 0 мм, Z = 3074 мм
Крышка эллиптическая №1	1432,1	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 3427,8 мм
□	12854	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 2007,7 мм

Условия испытаний (с заполнением средой)*:

*При пневмоиспытаниях, для не заполняемого элемента, или отсутствии испытаний для элемента выводится сухой вес

Элемент	Вес, Н	Положение центра тяжести (относительно начала координат модели)
Фланцевое соединение №4	159,04	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 45,939 мм
куб	121,79	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 192 мм
Фланцевое соединение №3	159,04	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 337,94 мм
Днище коническое	646,14	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 624,98 мм
Фланцевое соединение №1	912,82	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 843,98 мм
Рабочая зона	4793,4	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 1804,5 мм
Ввод пара	15,761	X = 0 мм, Y = 327,92 мм, Z = 954 мм
Штуцер вывод теплоносителя	15,761	X = 0 мм, Y = (-327,92) мм, Z = 954 мм
Рубашка цилиндрическая ниж	1196,4	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 1411,5 мм
Рубашка цилиндрическая верх	1196,4	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 2256,5 мм
Опорные лапы	66,673	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 2045,6 мм
Фланцевое соединение №2	914,15	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 2764 мм
дистиллят	1330,9	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 3074 мм
Штуцер ввода МЭА	15,786	X = (-327,82) мм, Y = 0 мм, Z = 3074 мм
Крышка эллиптическая №1	1442	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 3427,8 мм
	12986	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 2007,7 мм

Условия монтажа (сухой вес):

Элемент	Вес, Н	Положение центра тяжести (относительно начала координат модели)
Фланцевое соединение №4	130,12	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 45,926 мм
куб	60,167	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 192 мм
Фланцевое соединение №3	130,12	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 337,93 мм
Днище коническое	226,71	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 609,46 мм
Фланцевое соединение №1	681,74	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 843,97 мм
Рабочая зона	1327,3	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 1805,8 мм
Ввод пара	12,765	X = 0 мм, Y = 327,87 мм, Z = 954 мм
Штуцер вывод теплоносителя	12,765	X = 0 мм, Y = (-327,87) мм, Z = 954 мм
Рубашка цилиндрическая ниж	714,12	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 1411,5 мм
Рубашка цилиндрическая верх	714,12	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 2256,5 мм
Опорные лапы	66,673	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 2045,6 мм
Фланцевое соединение №2	683,08	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 2764 мм
дистиллят	368,05	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 3074 мм
Штуцер ввода МЭА	12,784	X = (-327,78) мм, Y = 0 мм, Z = 3074 мм
Крышка эллиптическая №1	921,41	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 3428,9 мм
	6061,9	X = 0 мм, Y = 0 мм, Z = 2007,6 мм

2.6 Использование материалов

Элемент	Материал	Количество	Площадь поверхности(наружная+внутренняя)
Фланцевое соединение №4			
	03Х18Н11 Труба	11039 г	288360 мм²
	35 Крепеж	2229,8 г	119140 мм²
	Паронит по ГОСТ 481 при	1 шт.	34828 мм²

	толщине не более 3 мм		
куб			
	03Х18Н11 Труба	6135,2 г	266630 мм²
Фланцевое соединение №3			
	03Х18Н11 Труба	11039 г	288360 мм²
	35 Крепеж	2229,8 г	119140 мм²
	Паронит по ГОСТ 481 при толщине не более 3 мм	1 шт.	34828 мм²
Днище коническое			
	03Х18Н11 Труба	23118 г	989480 мм²
Фланцевое соединение №1			
	03Х18Н11 Труба	61498 г	949200 мм²
	35 Крепеж	8018,5 г	317420 мм²
	Паронит по ГОСТ 481 при толщине не более 3 мм	1 шт.	48332 мм²
Рабочая зона			
	03Х18Н11 Труба	135340 г	5732400 мм²
Ввод пара			
	03Х18Н11 Труба	1301,7 г	57268 мм²
Штуцер вывод теплоносителя			
	03Х18Н11 Труба	1301,7 г	57268 мм²
Рубашка цилиндрическая ниж			
	12Х18Н10Т Труба	72817 г	3100400 мм²
Рубашка цилиндрическая верх			
	12Х18Н10Т Труба	72817 г	3100400 мм²
Опорные лапы			
	03Х18Н11 Труба	5960,7 г	323190 мм²
	35 (ГОСТ 1050-2013)	837,81 г	40337 мм²
Фланцевое соединение №2			
	03Х18Н11 Труба	61634 г	950020 мм²
	35 Крепеж	8018,5 г	317420 мм²
	Паронит по ГОСТ 481 при толщине не более 3 мм	1 шт.	50154 мм²
дистиллят			
	03Х18Н11 Труба	37529 г	1604000 мм²
Штуцер ввода МЭА			
	03Х18Н11 Труба	1303,5 г	57273 мм²
Крышка эллиптическая №1			
	03Х18Н11 Труба	48235 г	1077200 мм²
	35 Крепеж	8551,1 г	330990 мм²
	Паронит по ГОСТ 481 при толщине не более 3 мм	1 шт.	48332 мм²
	Ст3 Труба	37169 г	568050 мм²

Итого:

03Х18Н11 Труба	405430 г	12641000 мм²
12Х18Н10Т Труба	145630 г	6200800 мм²
35 (ГОСТ 1050-2013)	837,81 г	40337 мм²
35 Крепеж	29048 г	1204100 мм²
Паронит по ГОСТ 481 при толщине не более 3 мм	5 шт.	216470 мм²
Ст3 Труба	37169 г	568050 мм²

2.7 Категория оборудования по ТР ТС 032/2013

Элемент, связанный с полостью	Только жидкость (□>0.99)	Группа рабочей среды	Вместимость, $м^3$	Произведение значения максимального допустимого рабочего давления и значения вместимости, МПа□$м^3$	Максимальное допустимое рабочее давление, МПа	Категория оборудования
Фланцевое соединение №4	Да	I	0,60767	-0,048614	-0,080000	Не определено
Рубашка цилиндрическая ниж	Да	I	0,049180	-0,0039344	-0,080000	Не определено
Рубашка цилиндрическая верх	Да	I	0,049180	0,019672	0,4	Не определено

2.8 Приложенные нагрузки

Рабочие условия:

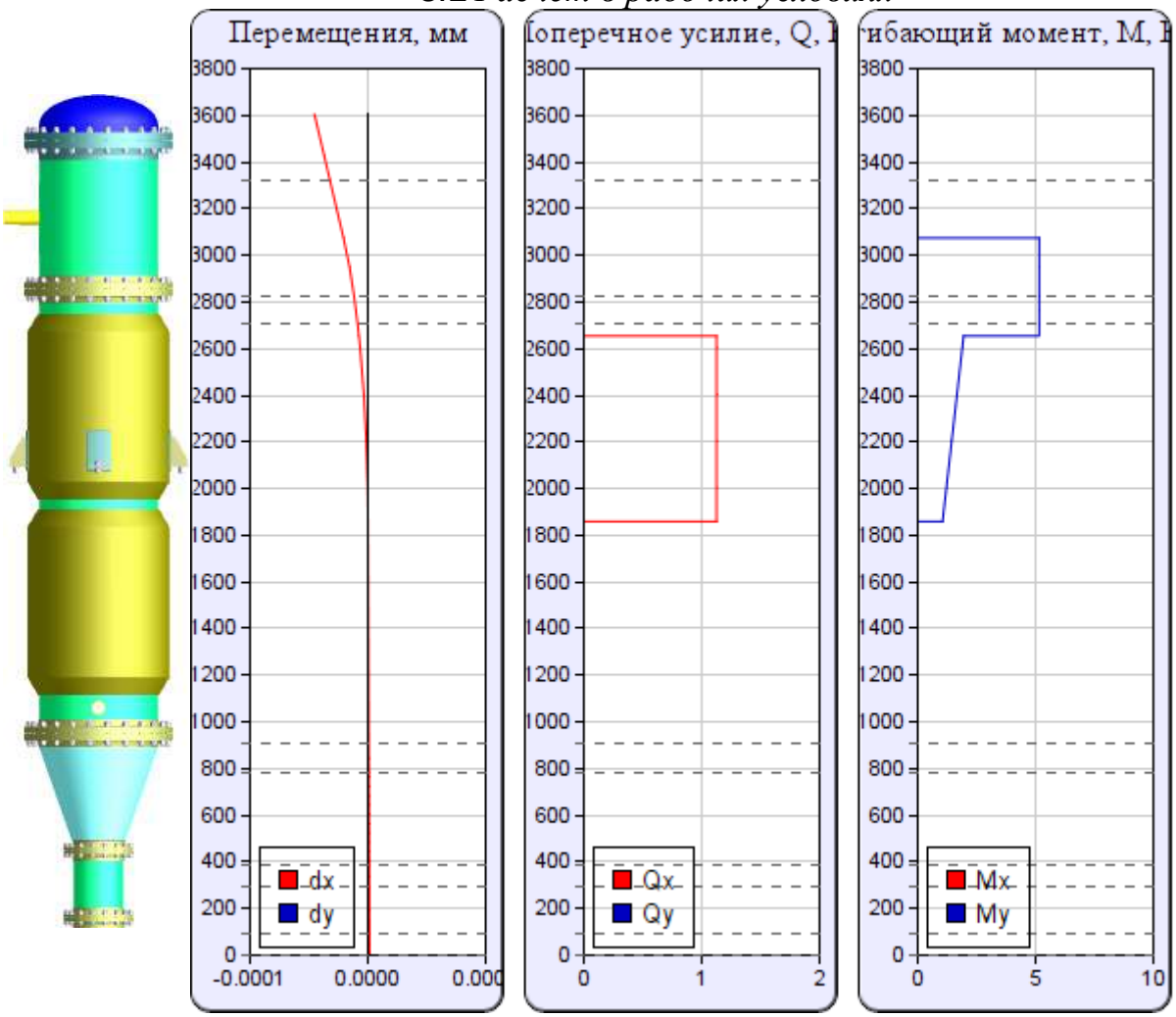
Название элемента	Нагрузки						Примечание
Фланцевое соединение №4							Авто
куб	F=248,95 Н	M=0 Н·м	Q=0 Н	M_t=0 Н·м			Авто
Фланцевое соединение №3	F_R=(-279,1) Н	F_C=0 Н	F_L=0 Н	M_C=0 Н·м	M_L=0 Н·м	M_T=0 Н·м	Авто
Днище коническое	F=1049,7 Н	M=0 Н·м	Q=0 Н	M_t=0 Н·м			Авто
Фланцевое соединение №1	F_R=(-1075,8) Н	F_C=0 Н	F_L=0 Н	M_C=0 Н·м	M_L=0 Н·м	M_T=0 Н·м	Авто
Рабочая зона	F=6119,6 Н	M=0 Н·м	Q=0 Н	M_t=0 Н·м			Авто
Ввод пара							Авто
Штуцер вывод теплоносителя							Авто
Фланцевое соединение №2	F_R=3670,1 Н	F_C=0 Н	F_L=0 Н	M_C=0 Н·м	M_L=0 Н·м	M_T=0 Н·м	Авто
дистиллят	F=(-2596,3) Н	M=0 Н·м	Q=0 Н	M_t=0 Н·м			Авто
Штуцер ввода МЭА							Авто

Условия испытаний:

Название элемента	Нагрузки						Примечание
Фланцевое соединение №4							Авто
куб	F=250,38 Н	M=0 Н·м	Q=0 Н	M_t=0 Н·м			Авто
Фланцевое соединение №3	F_R=(-280,83) Н	F_C=0 Н	F_L=0 Н	M_C=0 Н·м	M_L=0 Н·м	M_T=0 Н·м	Авто
Днище коническое	F=658,86 Н	M=0 Н·м	Q=0 Н	M_t=0 Н·м			Авто
Фланцевое соединение №1	F_R=(-666,58) Н	F_C=0 Н	F_L=0 Н	M_C=0 Н·м	M_L=0 Н·м	M_T=0 Н·м	Авто
Рабочая зона	F=5767,4 Н	M=0 Н·м	Q=0 Н	M_t=0 Н·м			Авто
Ввод пара							Авто
Штуцер вывод теплоносителя							Авто
Фланцевое соединение №2	F_R=3702,8 Н	F_C=0 Н	F_L=0 Н	M_C=0 Н·м	M_L=0 Н·м	M_T=0 Н·м	Авто
дистиллят	F=(-2622,2) Н	M=0 Н·м	Q=0 Н	M_t=0 Н·м			Авто
Штуцер ввода МЭА							Авто

3 Эпюры сил и моментов

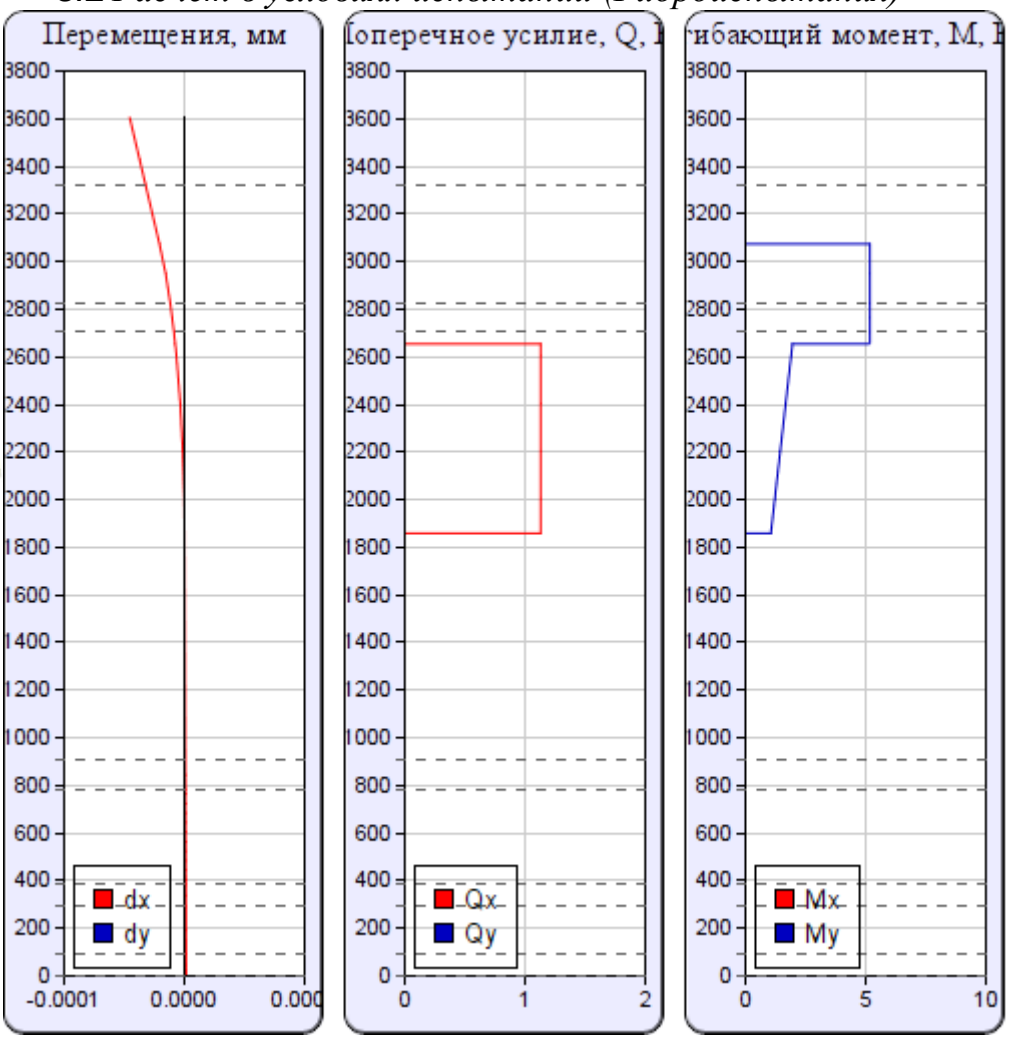
3.1 Расчёт в рабочих условиях



Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ВР-НГТУ-16ТМО-000-20	Лист 10

3.2 Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)



Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ВР-НГТУ-16ТМО-000-20	Лист 11

4 Список литературы

1. ГОСТ 34233.1-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.
2. ГОСТ 34233.2-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек.
3. ГОСТ 34233.3-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и внешнем давлениях. Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер.
4. ГОСТ 34233.4-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений.
5. ГОСТ 34233.5-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок.
6. ГОСТ 34233.8-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Сосуды и аппараты с рубашками.

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е.Алексеева
ДЗЕРЖИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ФИЛИАЛ)Дзержинский политехнический институт (филиал)
Кафедра «Технологическое оборудование и транспортные системы»

РАРАБОТКА РОТОРНО-ПЛЕНОЧНОГО ИСПАРИТЕЛЯ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ МОНОЭТАНОЛАМИНА

(ВР-НГТУ-16ТМО-000-20 ПЗ)

Приложение Ж
Расчет теплообменного оборудования «Ридан»

2020г.

г. Нижний Новгород, ул. Коминтерна, 16, тел/факс +7(831) 277-88-55, 8-800-700-8885 (бесплатный), e-mail: cs@ridan.ru, http://теплообменник.рф

Объект: Т-15110, Т-15070

Расчет №: 890529 (к ОЛ №01217479) Назначение: **Промышленное** ~~Жилищно-коммунальное~~ Дата: 10.06.2020

Тип НН№22

Контур	Горячая сторона	Холодная сторона
Среда	**МЕА-23%, вода- 77%**	**Этиленгликоль**
% содержания		38
Расход , т/ч	6,0	6,0
Температура на входе, С°	95,4	35
Температура на выходе, С°	40	48,95
Потери давления, м.вод.ст.	0,01	0,1
Скорость в порту, м/с	22,4	0,2
Скорость в каналах, м/с	0,03	0,12
Тепловая нагрузка, ккал/ч	70 549	
Запас площади поверхности, %	16,8	
Коэф. теплопередачи, ккал/м2*ч*К	469 / 548	
Эффективная площадь, м2	4,94	
Число пластин	21	
Компоновка каналов	1 x 10 + 0 x 0	1 x 10 + 0 x 0
Внутренний объём, л	7,5	7,5
Толщина, материал пластин	0.5 мм AISI316L	
Материал прокладок	EPDM	
Расчетное/пробное давление, кгс/см2	16/23	
Расчетная температура, С°	110	
Соединения	Соединение фланцевое Ду100, Ру16 ГОСТ 33259-2015	Соединение фланцевое Ду100, Ру16 ГОСТ 33259-2015
Покрытие портов		
Межфланцевые прокладки	Прокладка А-100-10/16 ПОН-Б ГОСТ 15180-86	Прокладка А-100-10/16 ПОН-Б ГОСТ 15180-86
Ответные фланцы	Фланец 100-16-01-1-В-Ст.20-III-dв110 ГОСТ 33259-2015	Фланец 100-16-01-1-В-Ст.20-III-dв110 ГОСТ 33259-2015

ПОСТАВЩИК:

_____/_____
МП

ПОКУПАТЕЛЬ:
данные расчета проверены и согласованы

_____/_____
МП

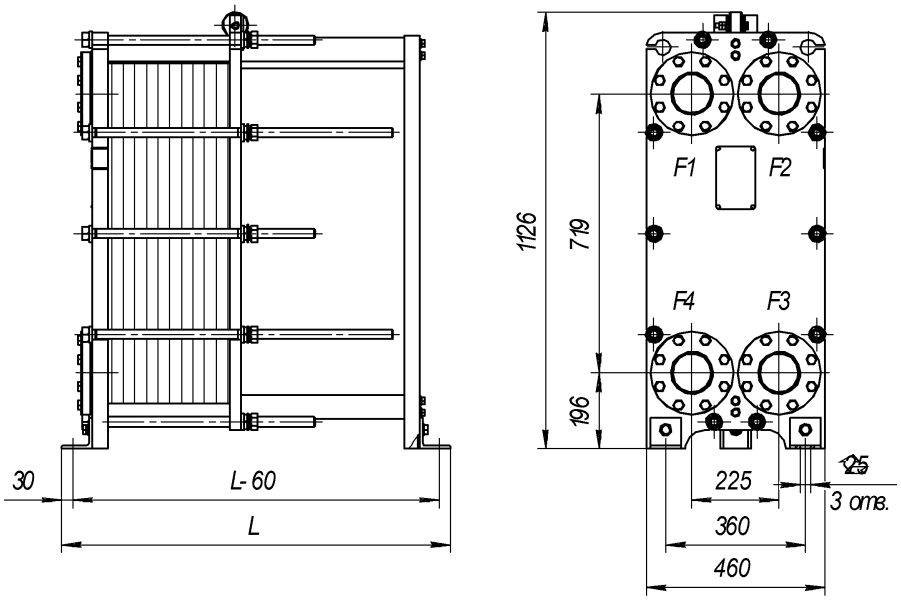
Фактические значения параметров теплообменника зависят от степени соответствия реальных условий расчетным. Приведенные размеры и масса являются ориентировочными, не могут быть использованы в конструкторских чертежах и уточняются при поставке. Любая информация технического характера, изложенная в данном документе является конфиденциальной информацией. Конфиденциальная информация не может без письменного согласия правообладателя использоваться или копироваться, воспроизводиться, транслироваться или передаваться третьим лицам любым другим способом.

г. Нижний Новгород, ул. Коминтерна, 16, тел/факс +7(831) 277-88-55, 8-800-700-8885 (бесплатный), e-mail: cs@ridan.ru, http://теплообменник.рф

Объект: Т-15110, Т-15070

Расчет №: 890529 (к ОЛ №01217479) Назначение: **Промышленное** ~~Жилищно-коммунальное~~ Дата: 10.06.2020

Тип НН№22



Масса нетто: 327,25 кг.

Внутренний объем: 15 л.

Длина 705 мм.

Максимальное кол-во пластин: 41

F1 - Вход горячей среды
F2 - Выход холодной среды
F3 - Вход холодной среды
F4 - Выход горячей среды

ПОСТАВЩИК:

_____/_____
МП

ПОКУПАТЕЛЬ:
данные расчета проверены и согласованы

_____/_____
МП

Фактические значения параметров теплообменника зависят от степени соответствия реальных условий расчетным. Приведенные размеры и масса являются ориентировочными, не могут быть использованы в конструкторских чертежах и уточняются при поставке. Любая информация технического характера, изложенная в данном документе является конфиденциальной информацией. Конфиденциальная информация не может без письменного согласия правообладателя использоваться или копироваться, воспроизводиться, транслироваться или передаваться третьим лицам любым другим способом.

г. Нижний Новгород, ул. Коминтерна, 16, тел/факс +7(831) 277-88-55, 8-800-700-8885 (бесплатный), e-mail: cs@ridan.ru, http://теплообменник.рф

Объект: Т-15110, Т-15070

Расчет №: 890595 (к ОЛ №01217479) Назначение: **Промышленное** ~~Жилищно-коммунальное~~ Дата: 10.06.2020

Тип НН№22

Контур	Горячая сторона	Холодная сторона
Среда	**Этиленгликоль**	**МЭА 27%, вода 65%, 8% гидроксиэтилпиперазин**
% содержания	38	
Расход , т/ч	3,7	0,2
Температура на входе, С°	98,1	11
Температура на выходе, С°	86,44	79,52
Потери давления, м.вод.ст.	0,02	0,01
Скорость в порту, м/с	0,13	9,18
Скорость в каналах, м/с	0,05	0,01
Тепловая нагрузка, ккал/ч	37 464	
Запас площади поверхности, %	86,4	
Коэф. теплопередачи, ккал/м2*ч*К	236 / 441	
Эффективная площадь, м2	8,06	
Число пластин	33	
Компоновка каналов	1 x 16 + 0 x 0	1 x 16 + 0 x 0
Внутренний объём, л	12,0	12,0
Толщина, материал пластин	0.5 мм AISI316L	
Материал прокладок	EPDM	
Расчетное/пробное давление, кгс/см2	16/23	
Расчетная температура, С°	110	
Соединения	Соединение фланцевое Ду100, Ру16 ГОСТ 33259-2015	Соединение фланцевое Ду100, Ру16 ГОСТ 33259-2015
Покрытие портов		
Межфланцевые прокладки	Прокладка А-100-10/16 ПОН-Б ГОСТ 15180-86	Прокладка А-100-10/16 ПОН-Б ГОСТ 15180-86
Ответные фланцы	Фланец 100-16-01-1-В-Ст.20-III-dв110 ГОСТ 33259-2015	Фланец 100-16-01-1-В-Ст.20-III-dв110 ГОСТ 33259-2015

ПОСТАВЩИК:

_____/_____
МП

ПОКУПАТЕЛЬ:
данные расчета проверены и согласованы

_____/_____
МП

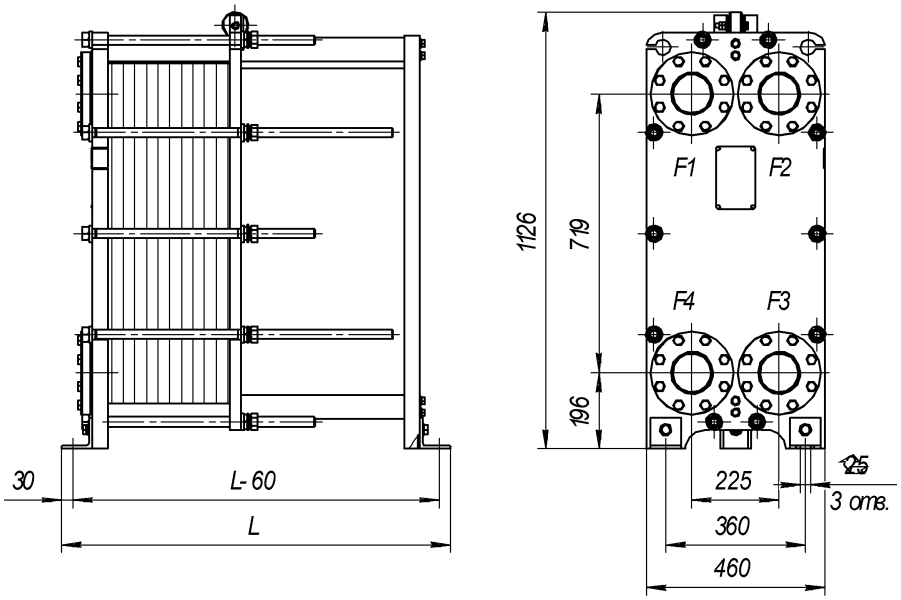
Фактические значения параметров теплообменника зависят от степени соответствия реальных условий расчетным. Приведенные размеры и масса являются ориентировочными, не могут быть использованы в конструкторских чертежах и уточняются при поставке. Любая информация технического характера, изложенная в данном документе является конфиденциальной информацией. Конфиденциальная информация не может без письменного согласия правообладателя использоваться или копироваться, воспроизводиться, транслироваться или передаваться третьим лицам любым другим способом.

г. Нижний Новгород, ул. Коминтерна, 16, тел/факс +7(831) 277-88-55, 8-800-700-8885 (бесплатный), e-mail: cs@ridan.ru, http://теплообменник.рф

Объект: Т-15110, Т-15070

Расчет №: 890595 (к ОЛ №01217479) Назначение: **Промышленное** ~~Жилищно-коммунальное~~ Дата: 10.06.2020

Тип НН№22



Масса нетто: 343,77 кг.

Внутренний объем: 24 л.

Длина 705 мм.

Максимальное кол-во пластин: 41

F1 - Вход горячей среды
F2 - Выход холодной среды
F3 - Вход холодной среды
F4 - Выход горячей среды

Примечание:
Аппарат укомплектовать сепаратором на выходе по нагреваемой стороне (F2)

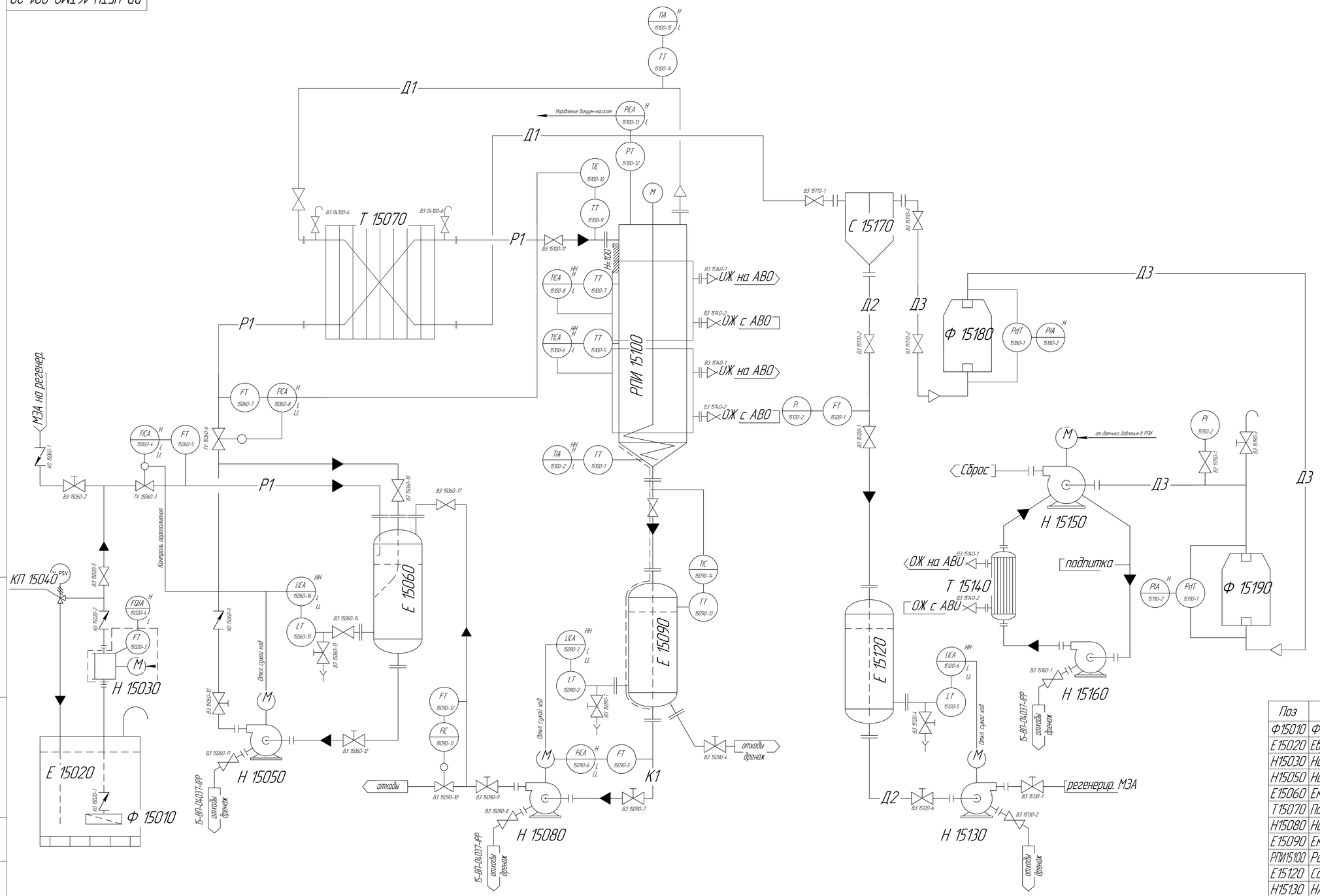
ПОСТАВЩИК:

_____/_____
МП

ПОКУПАТЕЛЬ:
данные расчета проверены и согласованы

_____/_____
МП

Фактические значения параметров теплообменника зависят от степени соответствия реальных условий расчетным. Приведенные размеры и масса являются ориентировочными, не могут быть использованы в конструкторских чертежах и уточняются при поставке. Любая информация технического характера, изложенная в данном документе является конфиденциальной информацией. Конфиденциальная информация не может без письменного согласия правообладателя использоваться или копироваться, воспроизводиться, транслироваться или передаваться третьим лицам любым другим способом.



Условное обозначение		Наименование среды в трубопроводе
Буквенное	Графическое	
Р1	Р1	Отработанный МЭА
Д1	Д1	Дистиллят
Д2	Д2	Регенерированый МЭА
Д3	Д3	Газовая фаза дистиллята
К1	К1	Куб

Экспликация оборудования

Поз	Наименование	Кол	Характеристика	Примечания
Ф15010	Фильтр сетчатый	1		
Е15020	Еврокуб (складская емкость МЭА)	1		
Н15030	Насос погружной (бочковой)	1		
Н15050	Насос	1		
Е15060	Емкость буферная	1		
Т15070	Подогреватель-конденсатор МЭА	1		
Н15080	Насос	1		
Е15090	Емкость кубового продукта	1		
РПИ15100	Роторно-пленочный испаритель	1		
Е15120	Сборноик дистиллята	1		
Н15130	НАсос	1		
Т15140	Холодильник водокольцевого контура	1		
Н15150	Водокольцевой вакуум-насос	1		
Н15160	Циркуляционный насос воды	1		
С15170	Сепаратор-каплеотбойник	1		
Ф15180	Адсорбер абгазов	1		
Ф15190	Фильтр угольный	1		

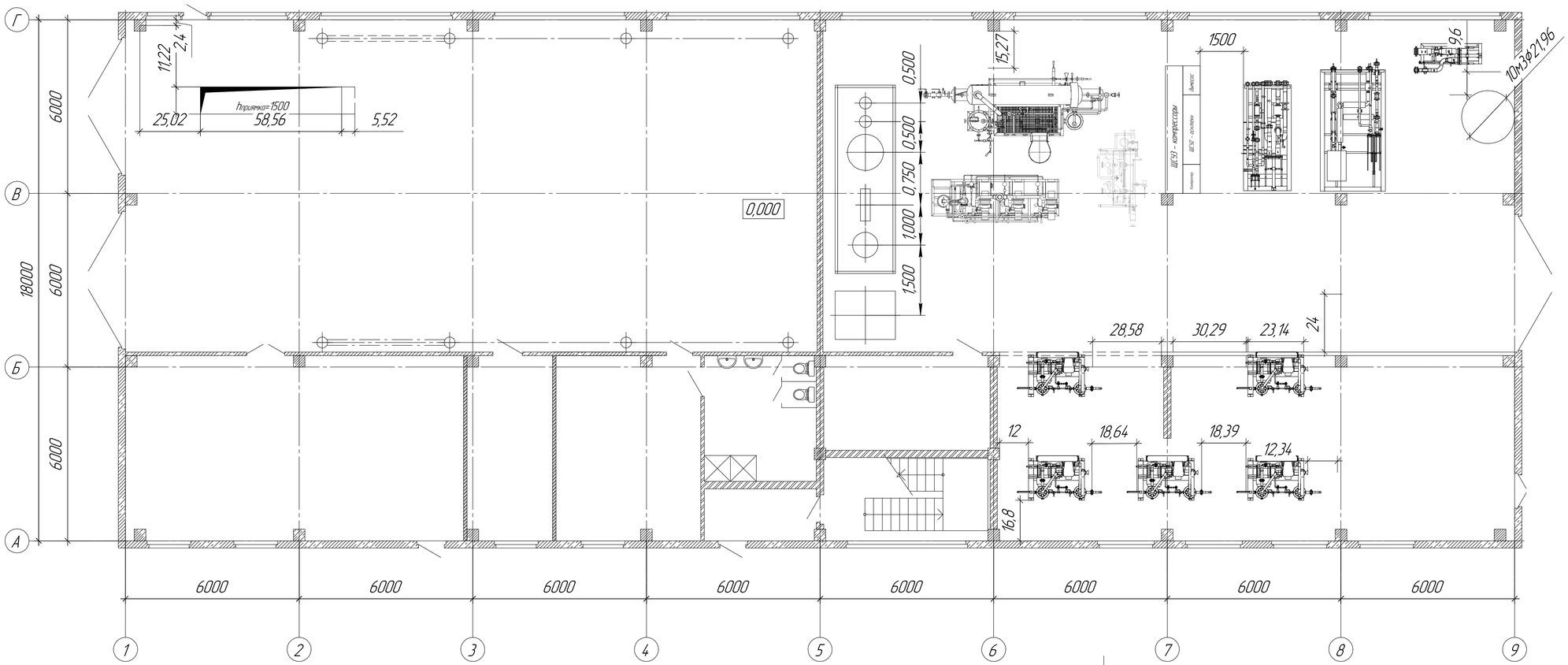
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВР-НГТУ-16ТМО-001-20			
Разраб.		Галкин С.А.			Технологическая схема регенерации МЭА	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Суханов Д.Е.						
Т.контр.						Лист	Листов 1	
Н.контр.		Болахнин И.А.				16-ТМО ДПИ НГТУ		
Утв.		Диков В.А.						

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

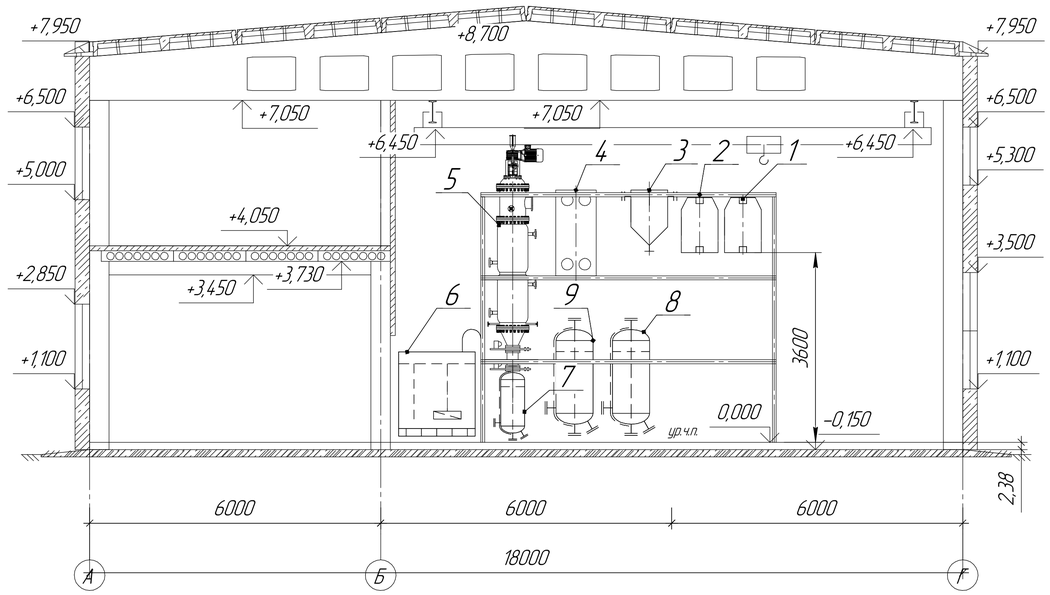
Копировал | Формат А1

ВР-НГТУ-16ТМО-002-20

План первого этажа. Отм.0,000.



Разрез А-А



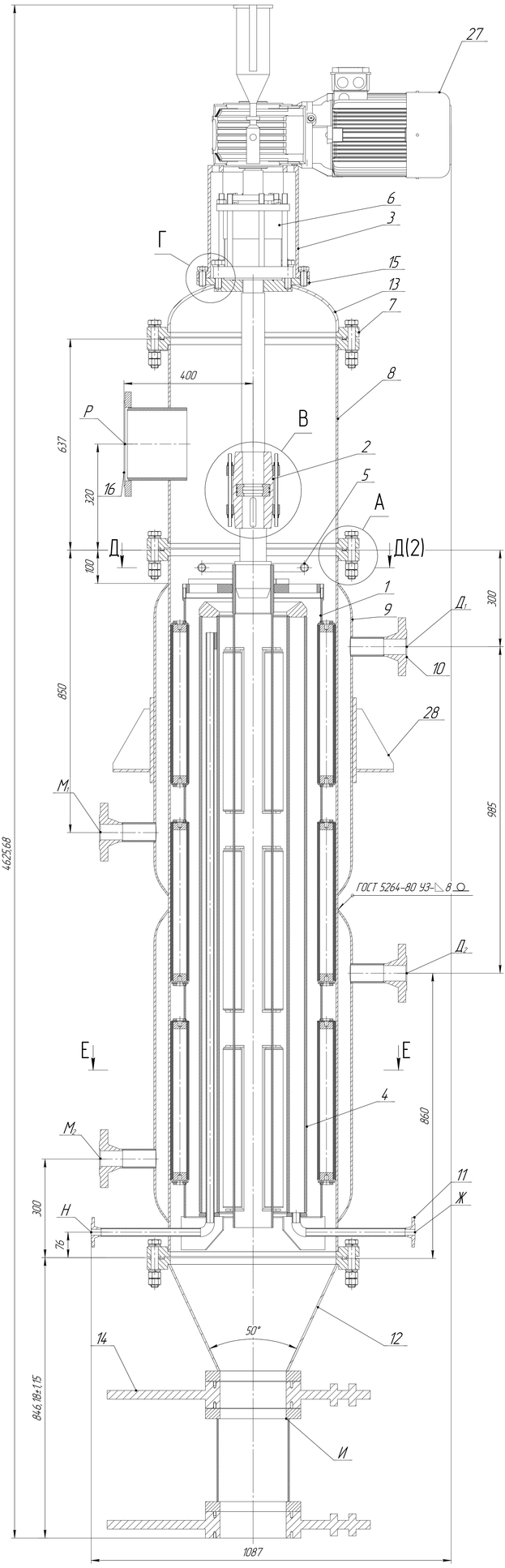
Экспликация оборудования

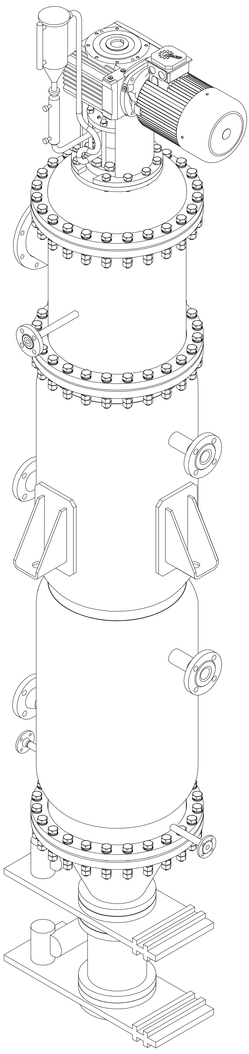
Поз	Наименование	Кол	Характеристика	Примечания
1	Фильтр угольный	1		
2	Адсорбер абгазов	1		
3	Сепаратор-каплеотбойник	1		
4	Пластинчатый теплообменник	1		
5	Роторно-пленочный испаритель	1		
6	Еврокуб (складская емкость МЭА)	1		
7	Емкость кубового продукта	1		
8	Сборноик дистиллята	1		
9	Емкость буферная	1		

					ВР-НГТУ-16ТМО-002-20			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Монтажный чертеж	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Галкин С.А.						
Пров.		Суханов Д.Е.				Лист	Листов 1	
Т.контр.						16-ТМО ДПИ НГТУ		
Н.контр.		Балахнин И.А.						
Утв.		Диков В.А.						

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А1

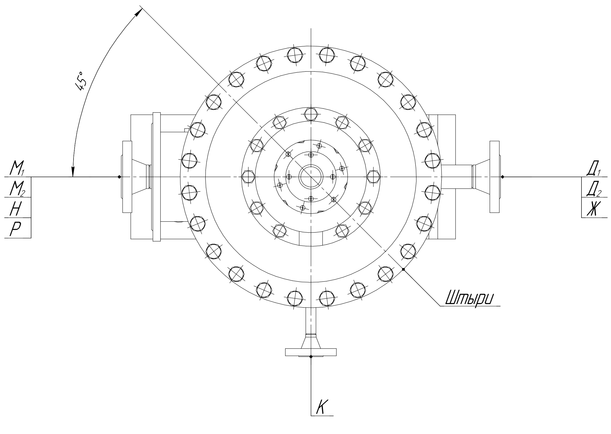




Обозначение	Назначение	Кол-во	Условный проход d_y, мм	Давление условное P_y кгс/см²	Давление условное P_y МПа
К	Вход МЭА	1	20	2	0,2
И	Выход шлама	1	200	2	0,2
Р	Выход пара	1	200	2	0,2
Д1-2	Вход теплоносителя в рубашку	2	50	2	0,2
М1-2	Выход теплоносителя из рубашки	2	50	2	0,2
Н	Вход теплоносителя в стакан	1	25	2	0,2
Ж	Выход теплоносителя из стакана	1	25	2	0,2

Техническая характеристика			
Наименование рабочего пространства			Корпус
Давление, МПа (кгс/см²)	Рабочее		0,2 (2)
	Расчетное		0,2 (2)
	пробное: испытания в вертикальном положении		0,006
	пробное: испытания в горизонтальном положении		–
Скорость подъема и снижения давления при испытании, МПа (кгс/см²) в минуту не более			0,2 (2)
Температура, °С	Расчетная стенки		110
	Минимально-допустимая отрицательная стенки, находящейся под давлением		минус 40
Скорость подогрева и охлаждения стенки, °С/ч			–
Характеристика рабочей среды	Группа среды по ТР ТС 032/2013		1
	Взрывоопасность (да, нет)		нет
	Пожароопасность (да, нет)		да
	Состав		МЭА
	Вызывает МКК (да, нет)		да
	Вызывает коррозионное растрескивание (да, нет)		–
	Температура, °С	Минимальная	-40
		Максимальная	400
Материал обечайки, днищ			03Х18Н11
Прибавка для компенсации коррозии, эрозии, мм			2
Расчетный, назначенный срок службы, лет			15
Число циклов нагружения за весь срок службы, не более			–
Группа сосуда по ГОСТ 34.347-2017			3
Вместимость, м³			0,8
Габаритные размеры, мм			4656х1087х815
Назначение			Регенерация МЭА
Характеристика района (территории установки сосуда)	Температура наиболее холодной пятидневки, °С		минус 30
	По скоростному напору ветра		–
	Сейсмичность, балл		не более 8
	Место установки		В помещении
РОСТЕХНАДЗОР (да, нет)	Регистрация в органах РОСТЕХНАДЗОРА		нет
	Действие правил ПБ03-584-03		нет

Расположение штуцеров



Технические требования

1. Аппарат изготовить по требованиям "Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением" и ГОСТ 34.347-2017 "Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия".

2. Аппарат подлежит регистрации в органах Гостехнадзора и должен соответствовать инструкции «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

3. Сварку выполнить по ОСТ 26-3-87 "Сварка в химическом машиностроении. Общие положения".

4. Сварные швы подвергнуть ультразвуковому контролю в объеме 100%.

5. Сварные швы испытать на стойкость против межкристаллитной коррозии по ГОСТ 6032-89 "Стали и сплавы коррозионностойкие. Методы испытания на прочность против межкристаллитной коррозии."

6. Материальное исполнение корпуса аппарата – 03Х18Н11.

7. Виды и разрезы представлены на листе 2.

8. Требования к точности изготовления корпусных элементов аппарата согласно ГОСТ 34.347-2017.

9. Перед установкой нагревательных элементов корпус аппарата обработать монтажной термопастой Griptcel1 NF.

10. Аппарат теплоизолировать полностью.

11. Аппарат испытать на прочность гидравлически в горизонтальном положении под давлением 0,2 МПа.

12. Часть элементов оборудования, находящиеся вне плоскости разреза, условно не показаны.

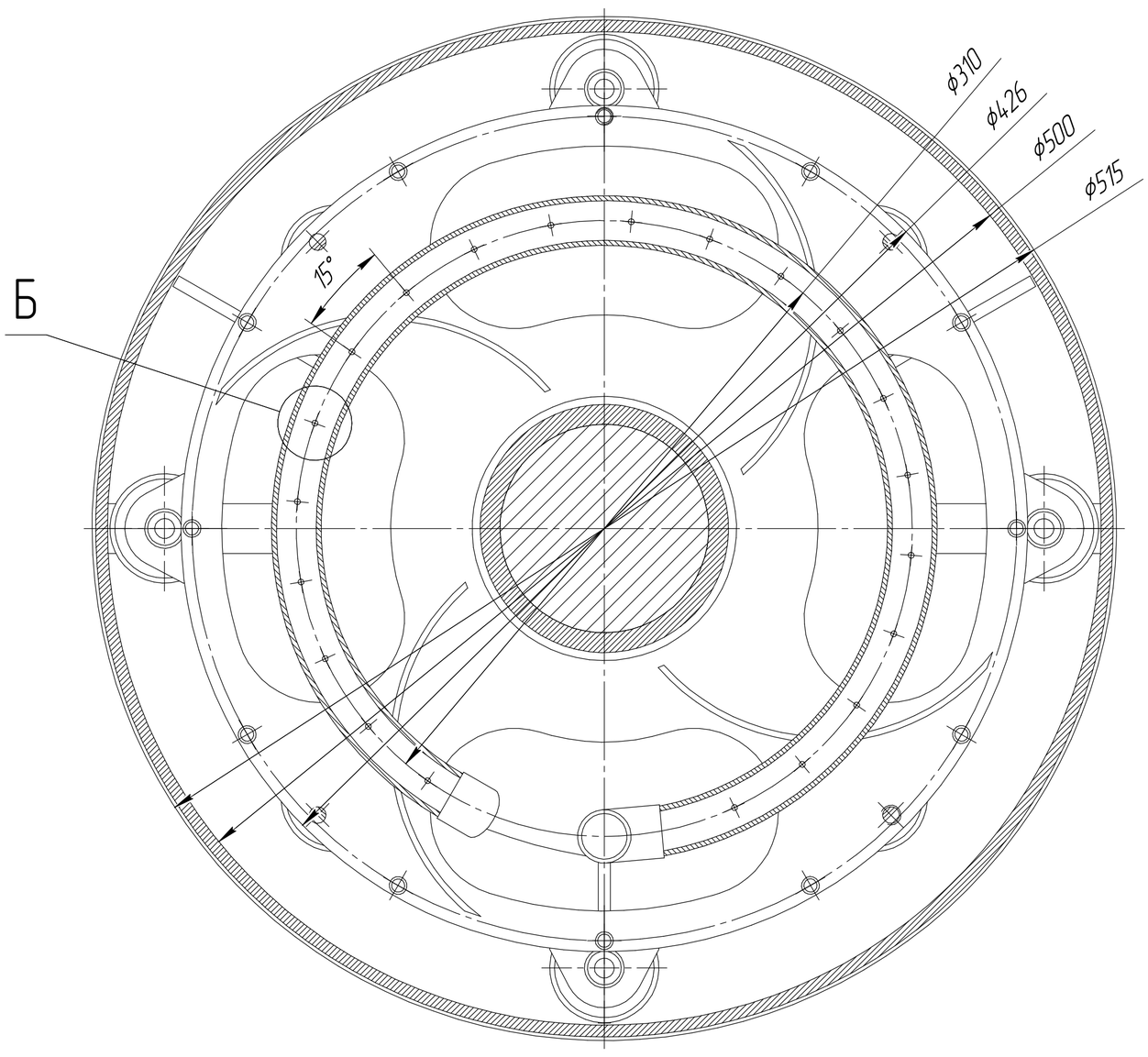
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВР-НГТУ-16ТМО-003-20 СБ			
Разраб.		Галкин С.А.			Роторно-пленочный испаритель	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Шихнов Д.Е.					1741,32	15
Т.контр.						Лист 1	Листов 2	
Н.контр.		Болохнин И.А.			16-ТМО ДПИ НГТУ			
Утв.		Дыков В.А.						

Копировал

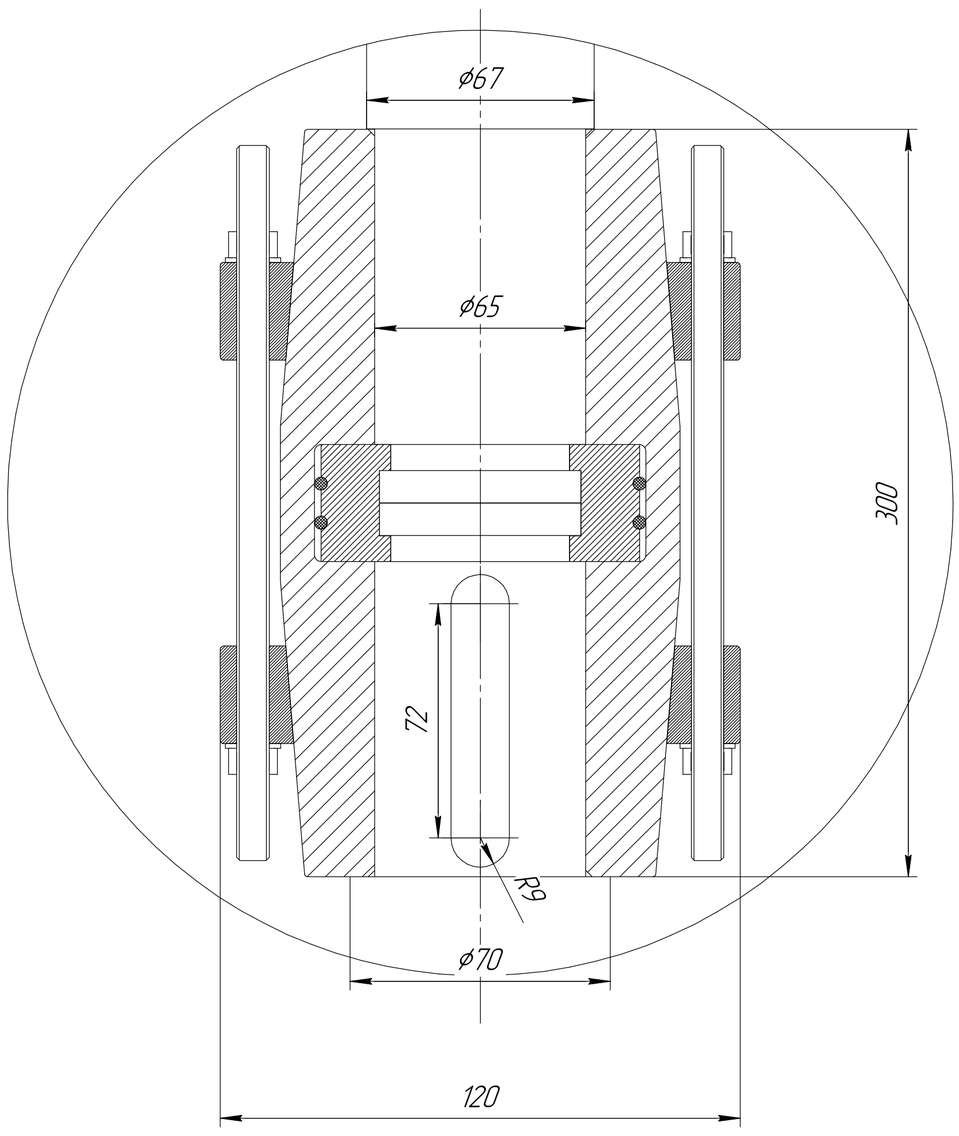
Формат А2×3

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

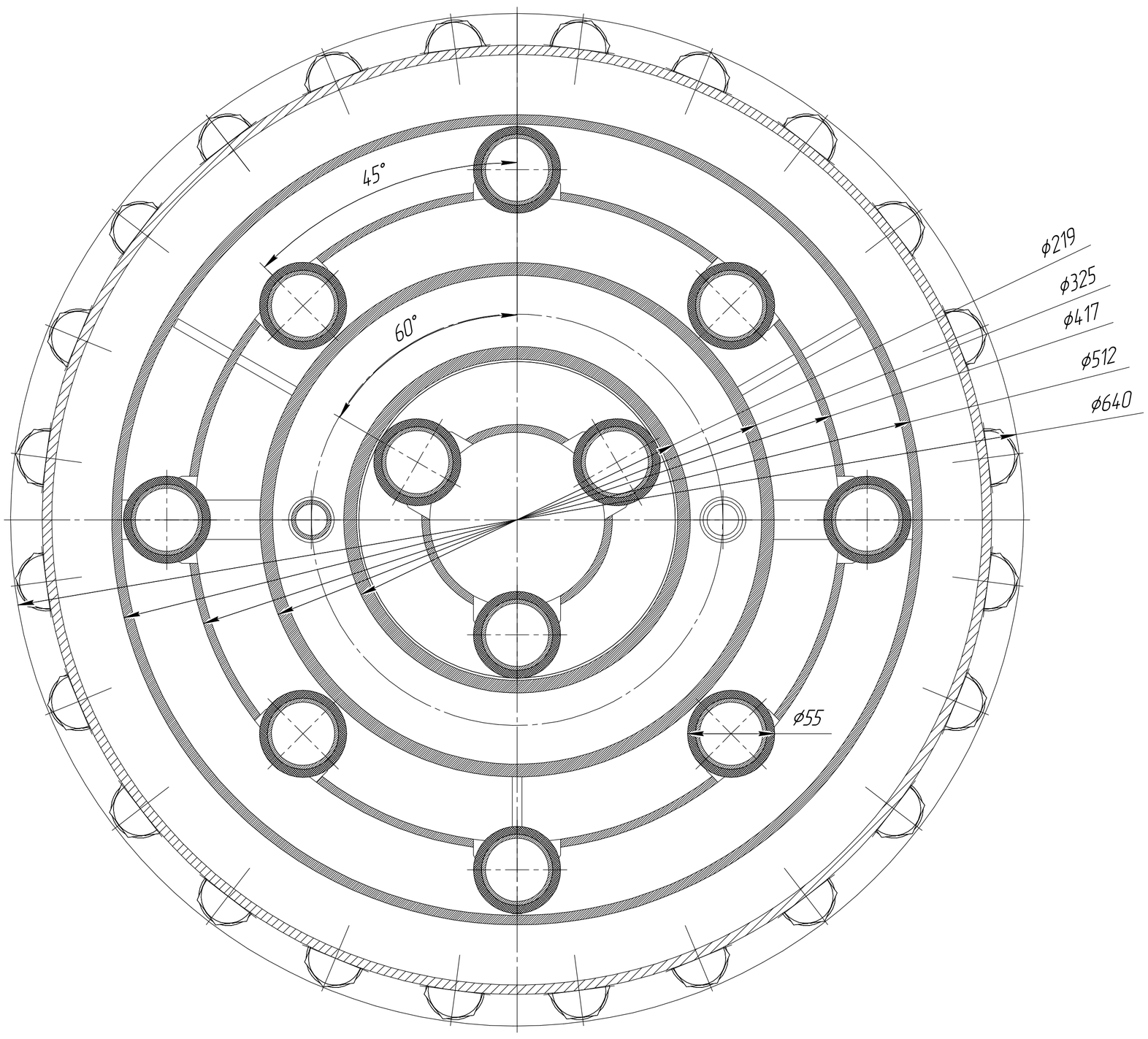
Д–Д(1:2)(1)



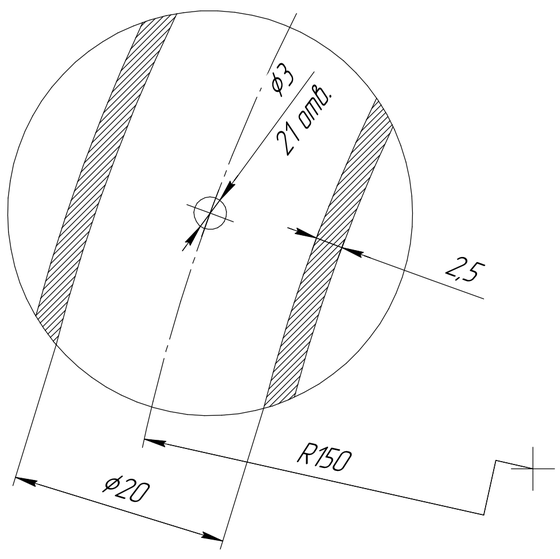
В(1:2)(1)



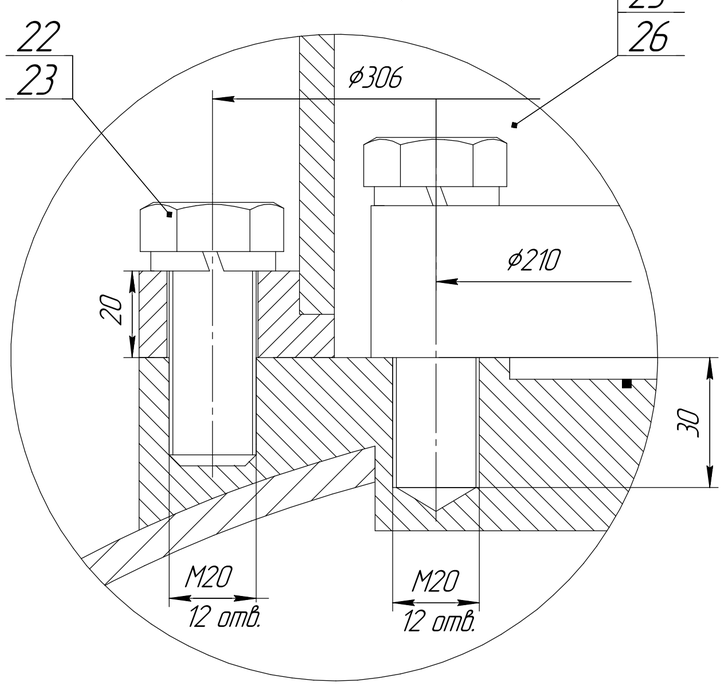
Е–Е(1:2)(1)



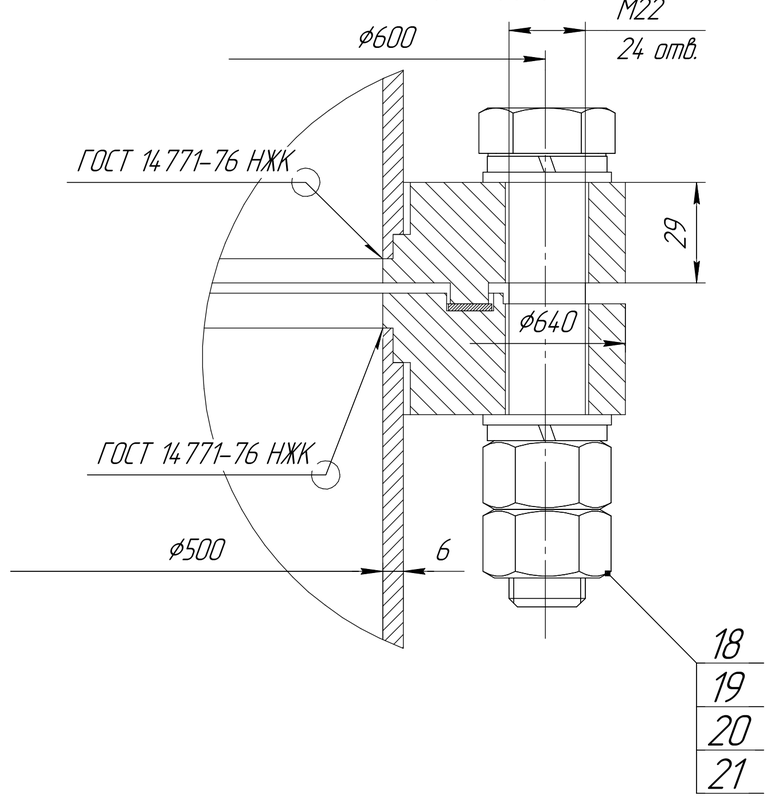
Б(2:1)



Г(1:1)(1)



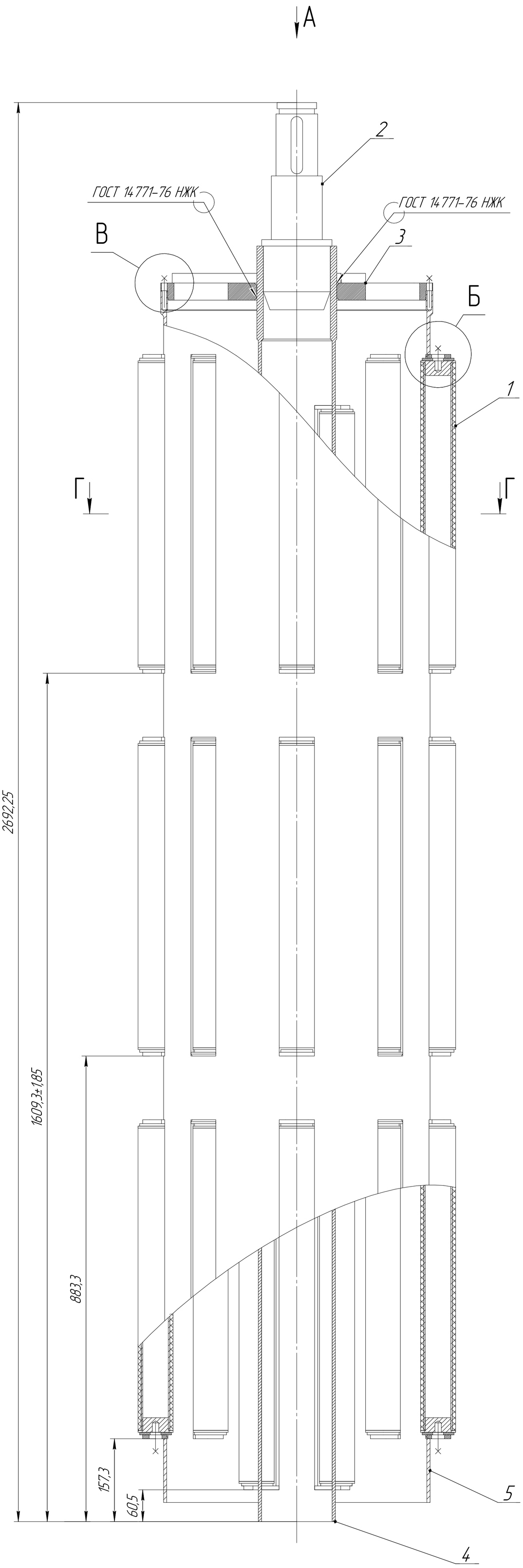
А(2:1)(1)

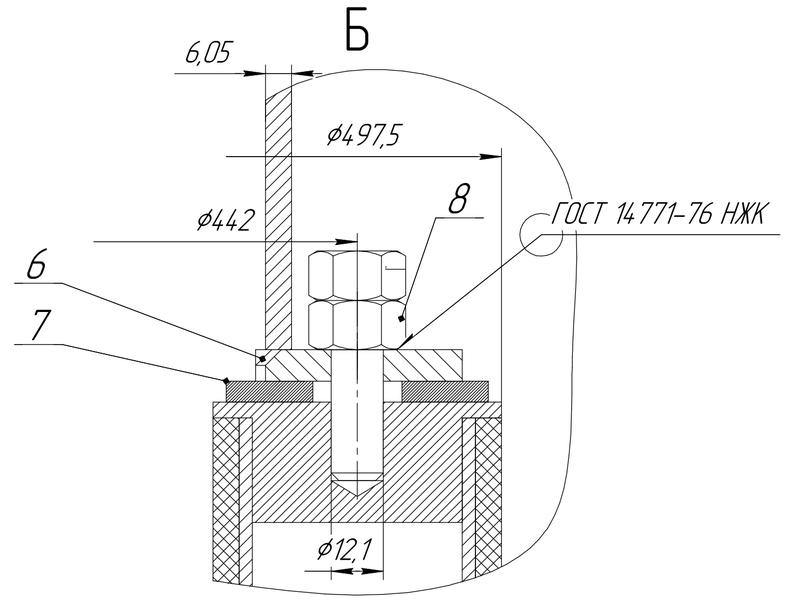


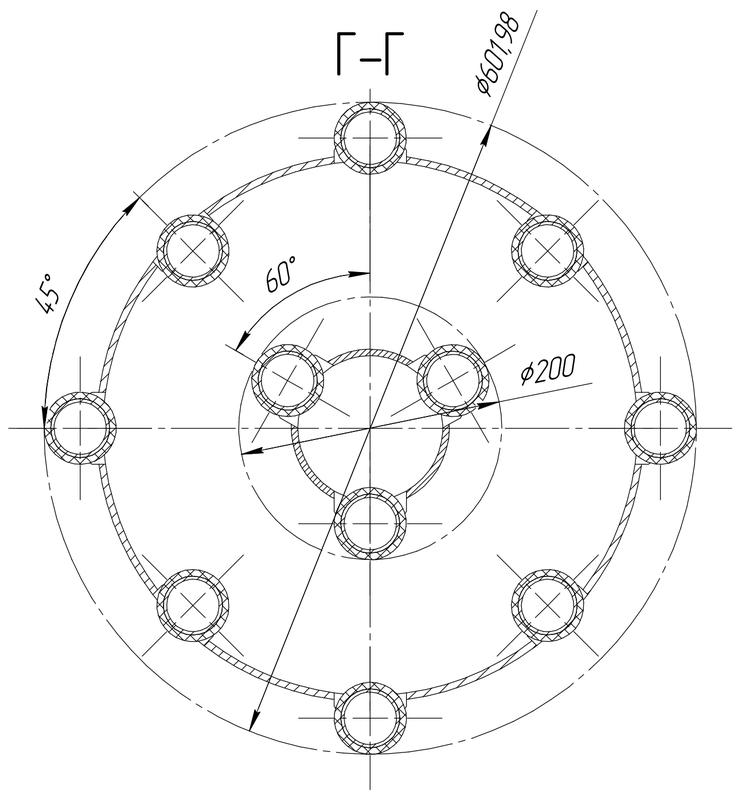
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВР-НГТУ-16ТМО-003-20 СБ	Лист 2

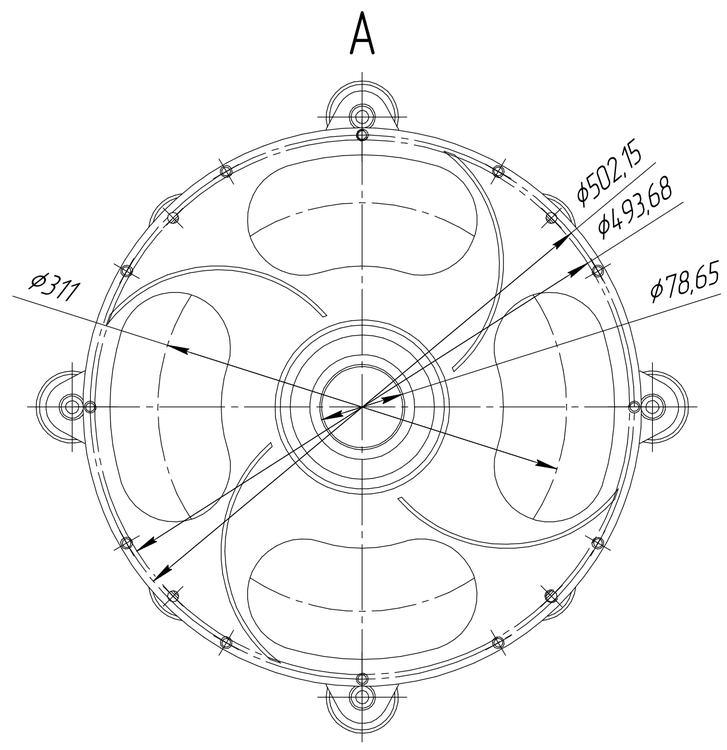
Копировал Формат А1

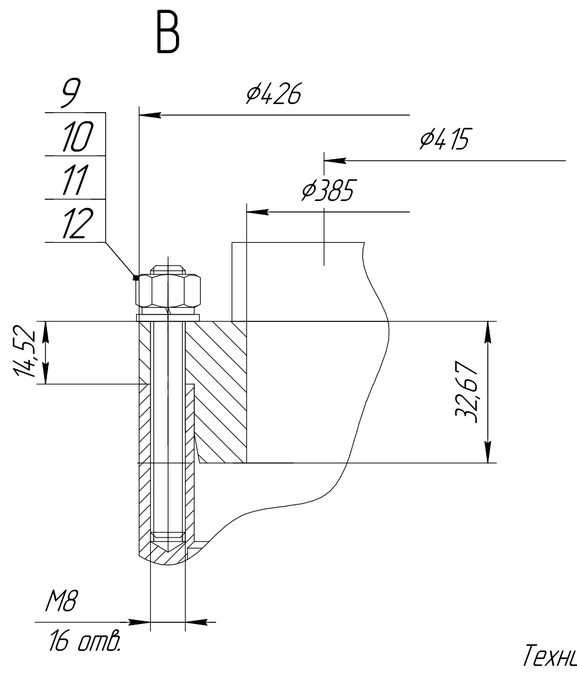
Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

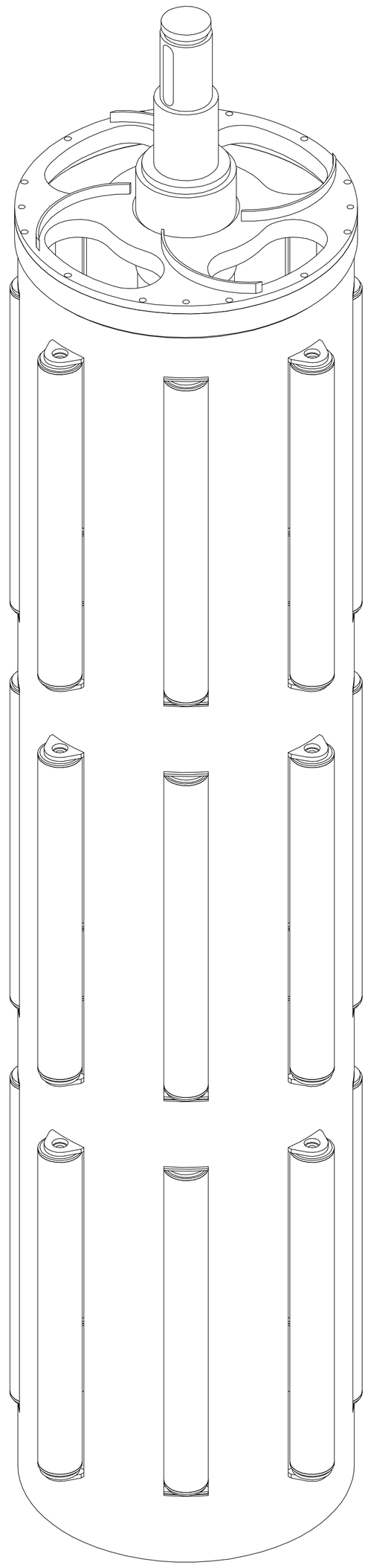












Технические требования
1. *Размер для справок
2. Неуказанные фаски на роторе выполнить 1х45°
3. Материальное исполнение ротора 03Х18Н11 ГОСТ 5632-72
4. Максимальный допустимый прогиб вала ротора 0,1 мм
5. Ротор в собранном виде проверить шарнирный механизм у каждого ролика

					ВР-НГТУ-16ТМО-004-20 СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Ротор Сборочный чертеж	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Галкин С.А.					213,41	1:4
Пров.		Суханов Д.Е.				Лист	Листов 1	
Т.контр.						16-ТМО ДПИ НГТУ		
Н.контр.		Балахнин И.А.						
Утв.		Диков В.А.						

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А1

ВР-НГТУ-16ТМО-005-20 СБ

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

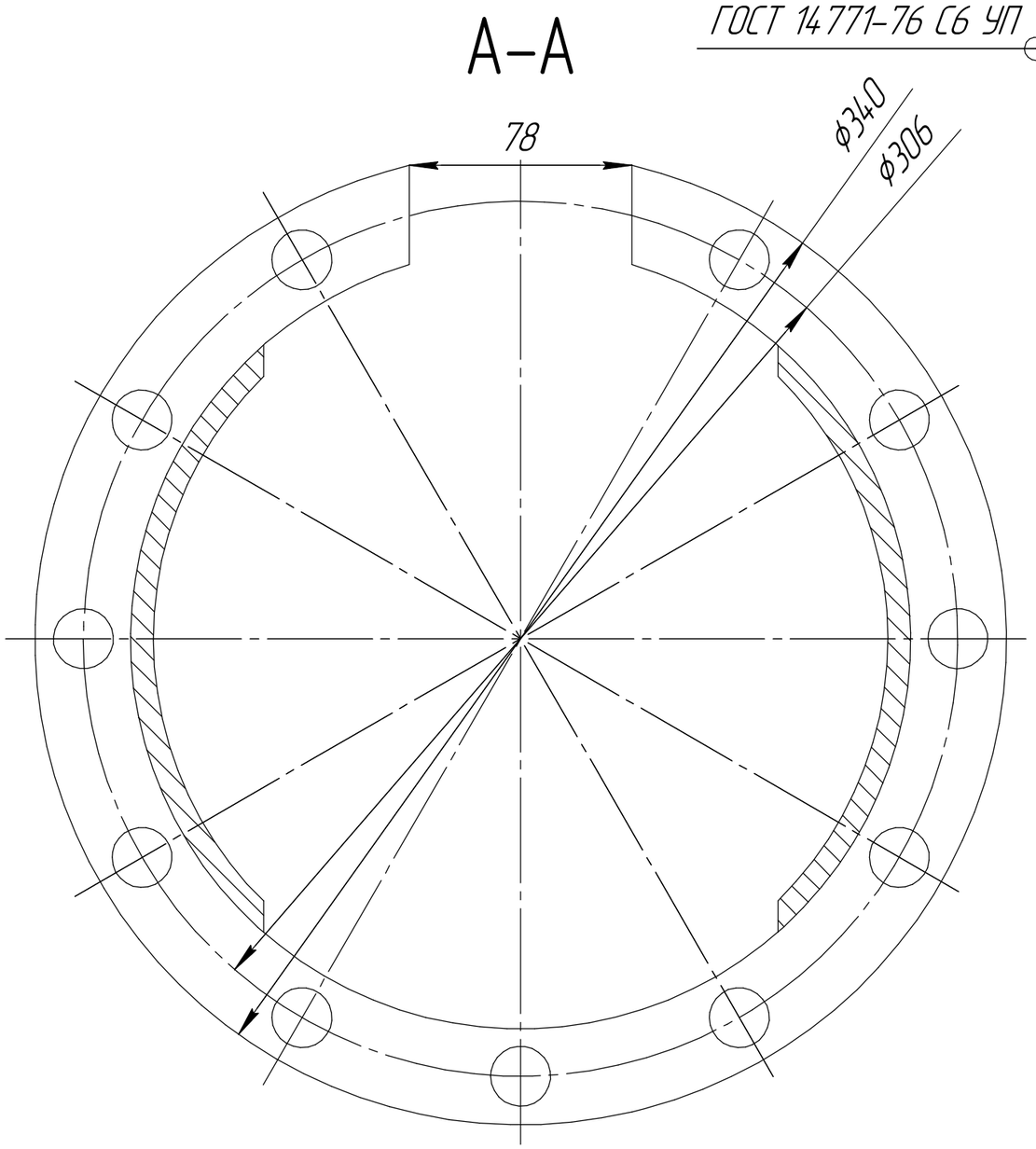
Инв. № дубл.

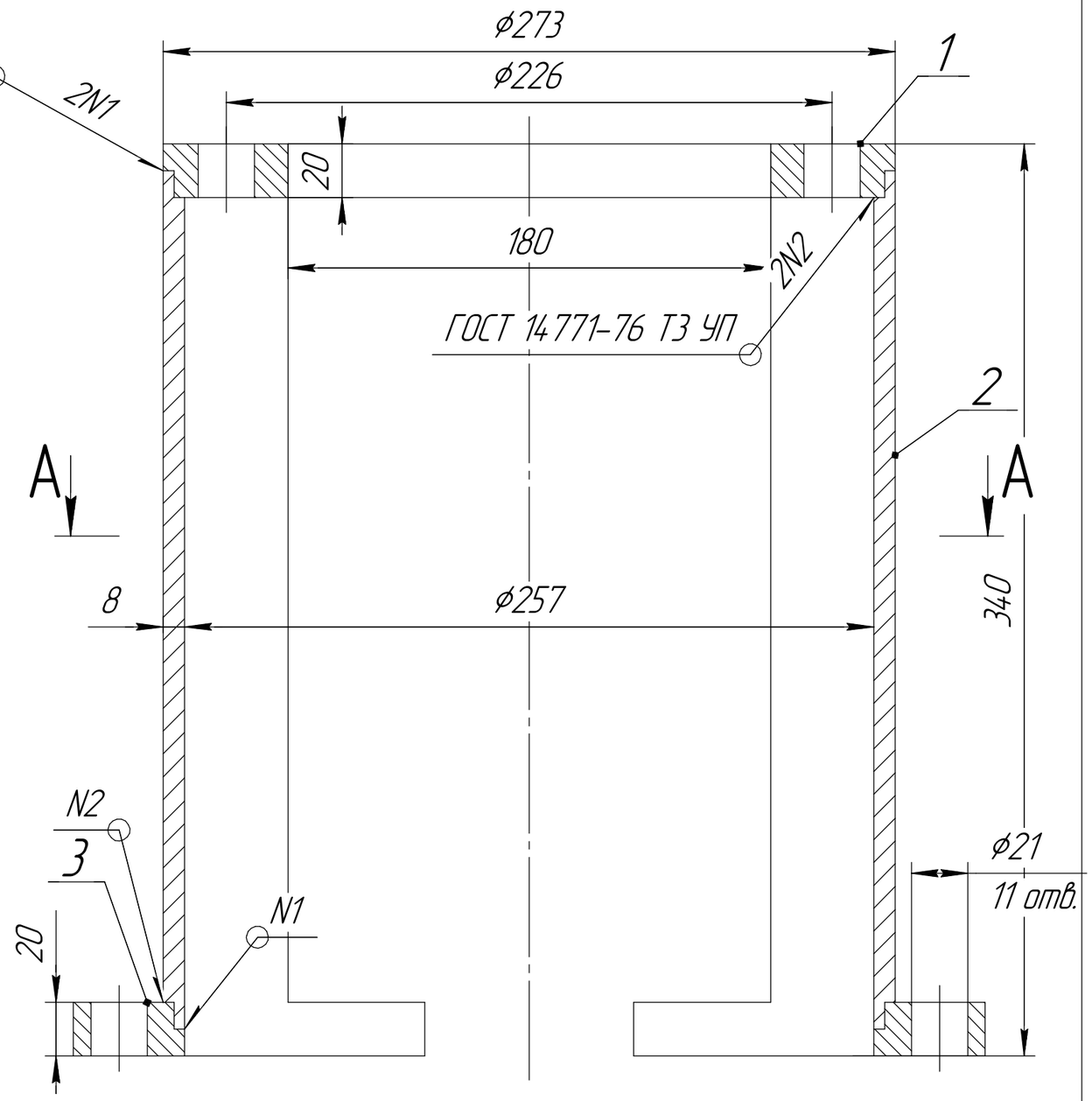
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Ra 12,5



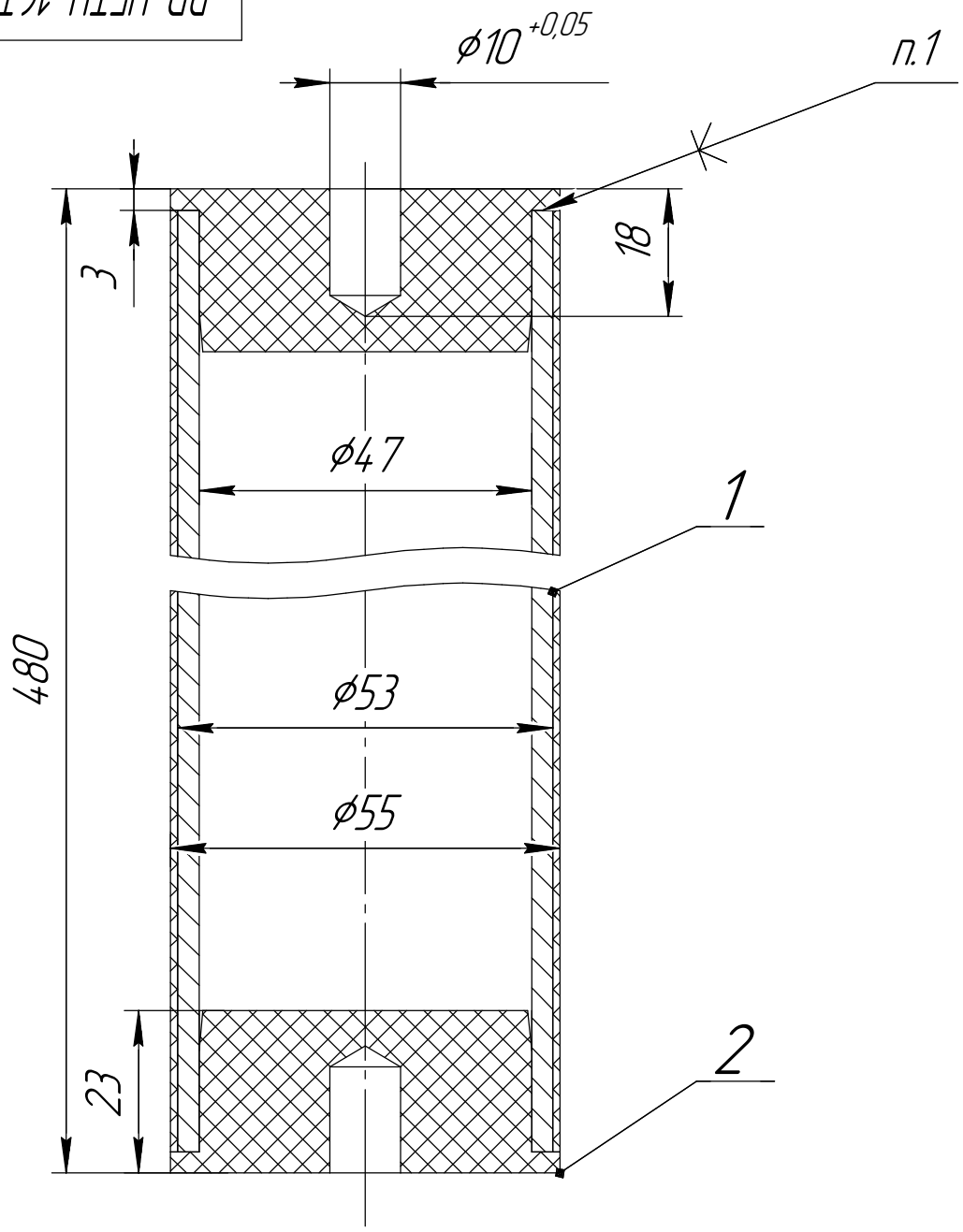


					ВР-НГТУ-16ТМО-005-20 СБ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Опора мотор-редуктора Сборочный чертеж	Лит.	Масса: 17,64 / Масштаб: 1:2
Разраб.		Галкин С.А.				Лист	Листов 1
Пров.		Суханов Д.Е.				16-ТМО ДПИ НГТУ	
Т.контр.							
Н.контр.		Балахнин И.А.					
Утв.		Диков В.А.					

Копировал

Формат А3

ВР-НГТУ-16ТМО-006-20 СБ



Технические требования

1. Произвести склеивание герметиком в соотвествии с ТУ 2412-002-54226479-2002.

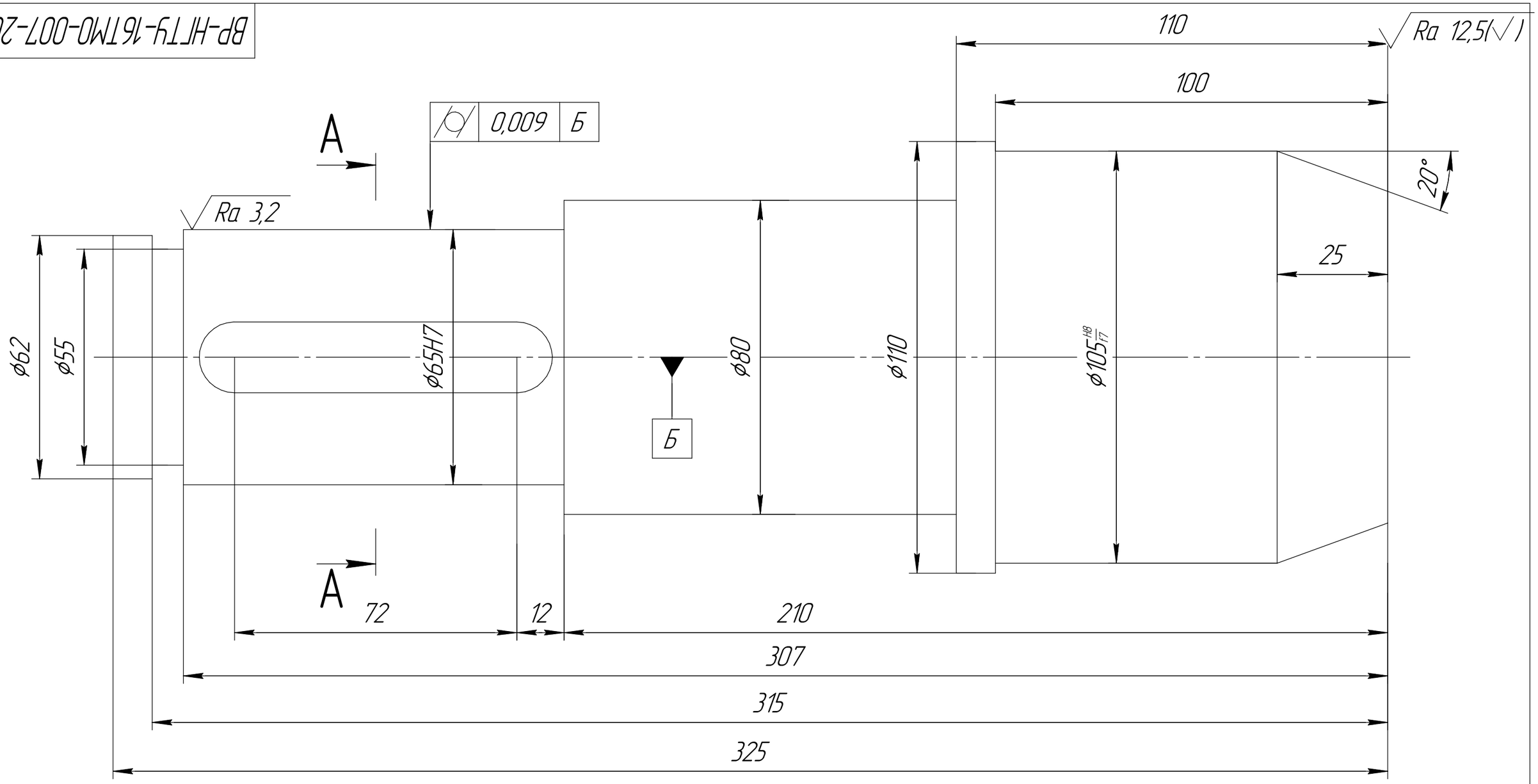
2. Нанести на позицию 1 фторопласт 4 толщиной 1 мм по ГОСТ10007-80.

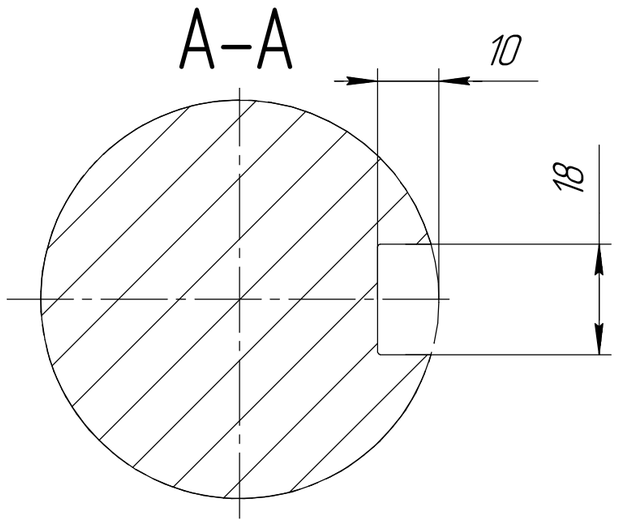
					ВР-НГТУ-16ТМО-006-20 СБ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Ролик Сборочный чертеж	Лит.	Масса: 2,57 / Масштаб: 1:1
Разраб.		Галкин С.А.				Лист	Листов 1
Пров.		Суханов Д.Е.				16-ТМО ДПИ НГТУ	
Т.контр.							
Н.контр.		Балахнин И.А.					
Утв.		Диков В.А.					

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А4

ВР-НГТУ-16ТМО-007-20





					ВР–НГТУ–16ТМО–007–20		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Хвостовик	Лит.	Масса: 13,95 / Масштаб: 1:1
Разраб.		Галкин С.А.				Лист	Листов 1
Пров.		Суханов Д.Е.					
Т.контр.							
					Круг В–120 ГОСТ 2590–2006 / 03Х18Н11 ГОСТ 5632–72	16–ТМО ДПИ НГТУ	
Н.контр.							
Утв.							

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

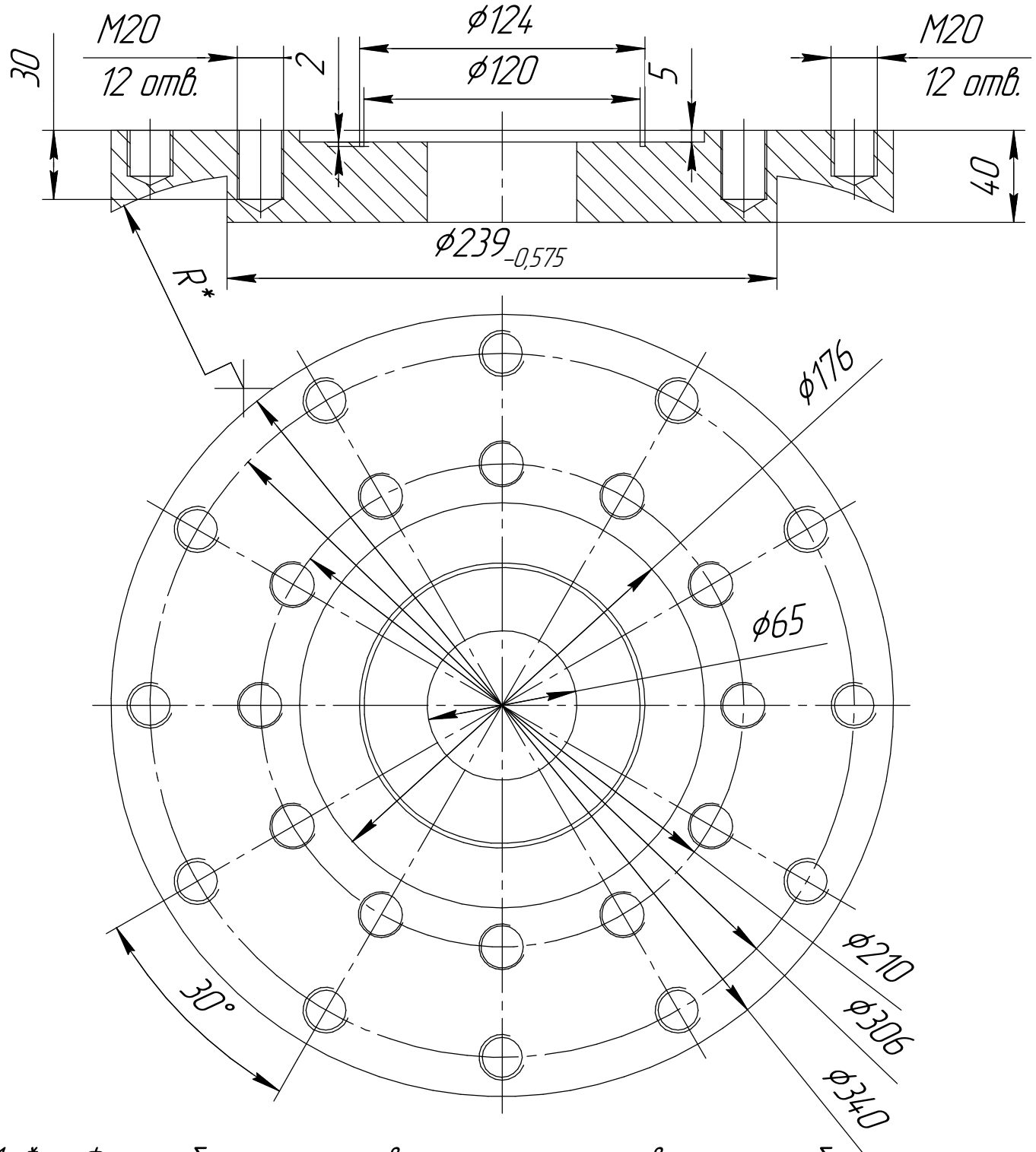
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

ВР-НГТУ-16ТМО-008-20

Ra 6,3



1. * – Формообразующие поверхности изготовить по шаблону.
2. Общие допуски по ГОСТ 30893. – mk 2002.

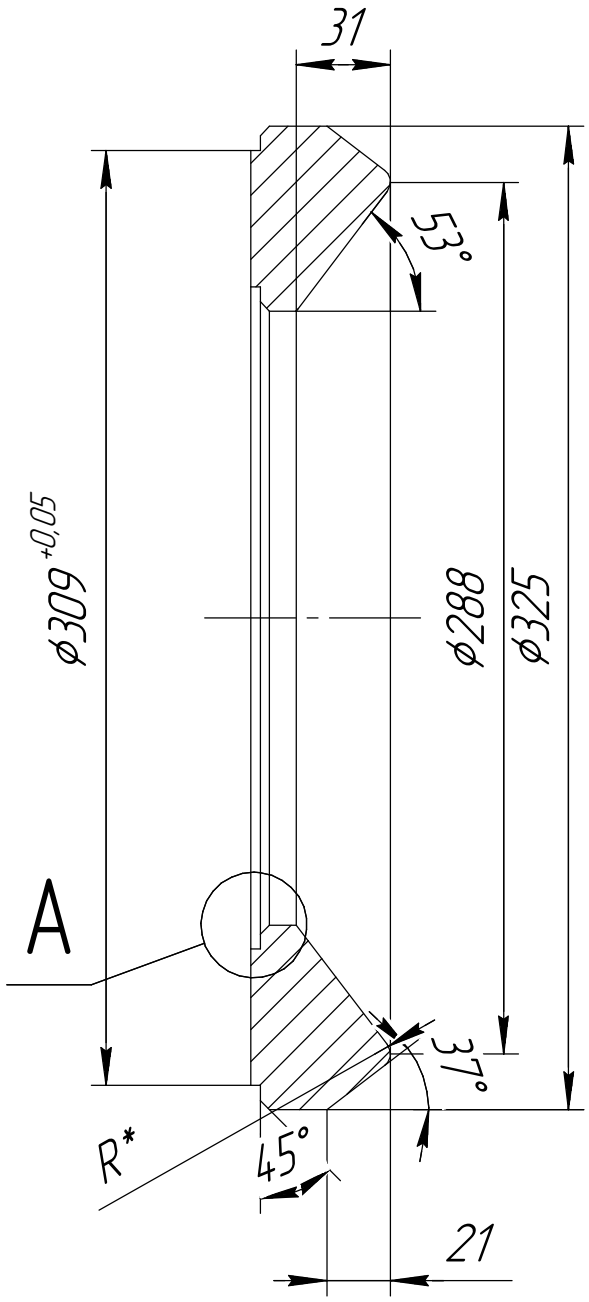
					ВР-НГТУ-16ТМО-008-20		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Галкин С.А.			Бобышка	Лит. / Масса: 18	Масштаб: 1:2,5
Пров.		Суханов Д.Е.					
Т.контр.						Лист / Листов: 1	
Н.контр.		Балахнин И.А.			Лист 42 ГОСТ 2590-2006 / 03Х18Н11 ГОСТ 5632-72	16-ТМО ДПИ НГТУ	
Утв.		Диков В.А.					

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

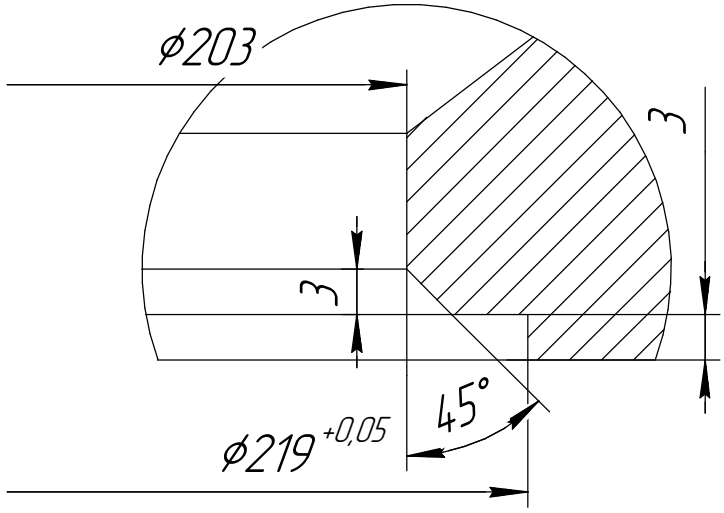
Копировал | Формат А4

ВР-НГТУ-16ТМО-009-20

Ra 12,5



A(5:1)



1. Общие допуски по ГОСТ 30893.2-mk. 2002
2. * – неуказанные радиусы скруглений 2–3 мм.

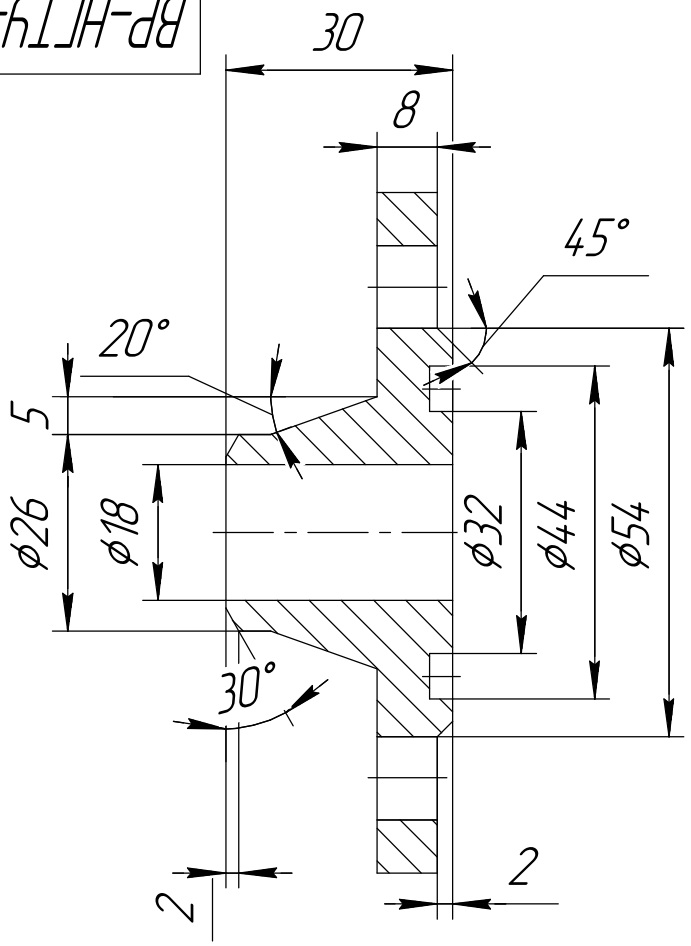
					ВР-НГТУ-16ТМО-009-20			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Крышка внутреннего корпуса	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Галкин С.А.					13,01	1:2,5
Пров.		Суханов Д.Е.				Лист	Листов 1	
Т.контр.								
					Круг В-330 ГОСТ 2590-2006 / 03Х18Н11 ГОСТ 5632-72	16-ТМО ДПИ НГТУ		
Н.контр.		Балахнин И.А.						
Утв.		Диков В.А.						

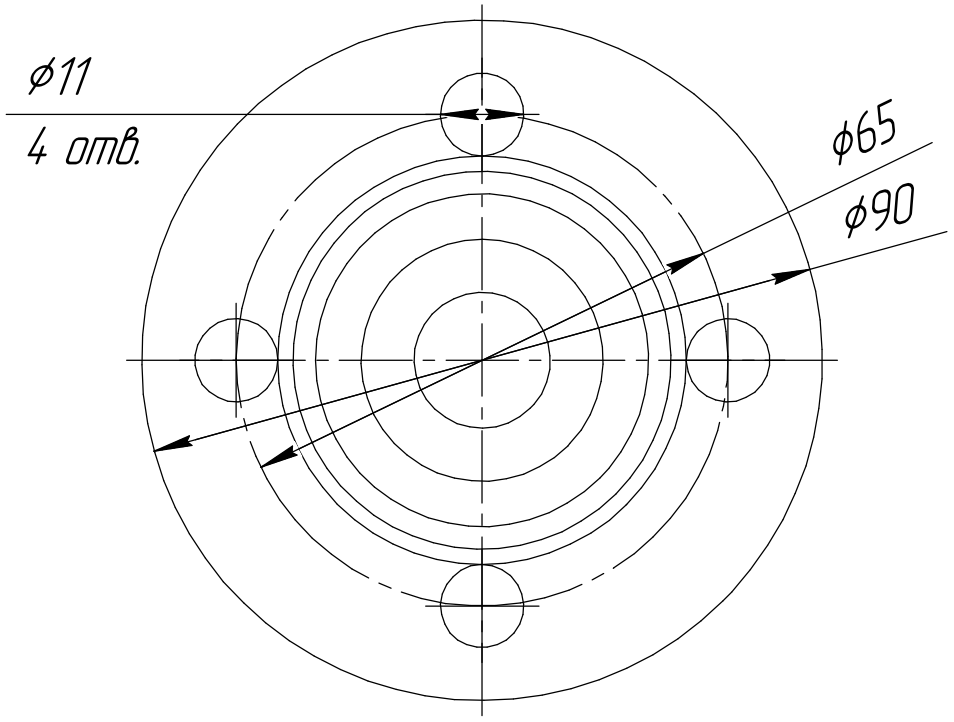
Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А4

ВР-НГТУ-16ТМО-010-20

Ra 12,5





					ВР-НГТУ-16ТМО-010-20		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Фланец Ду20	Лит. / Масса / Масштаб	0,46 / 1:1
Разраб.		Галкин С.А.				Лист / Листов	1
Пров.		Суханов Д.Е.					
Т.контр.							
					Круг В-90 ГОСТ 2590-2006 / 03Х18Н11 ГОСТ 5632-72	16-ТМО ДПИ НГТУ	
Н.контр.		Балахнил И.А.					
Утв.		Диков В.А.					

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А4

Таблица технико-экономических показателей

Наименование показателей	Единица измерения	Проект	Аналог	Отклонения
1. Годовой выпуск продукции в натуральном выражении в стоимостном вы ражении	тыс. тонн тыс. руб.	1,325 79500	1,060 63600	0,265 15900
2. Количество единиц используемого оборудования	штук	12	12	–
3. Производственная мощность	тонн	1325	1060	265
4. Капитальные вложения	тыс.руб.	10082	–	–
5. Себестоимость единицы продукции	тыс. руб./тонн	50,073	61,057	–10,984
6. Численность основных производственных рабочих	чел.	24	24	–
7. Годовой фонд оплаты труда основных рабочих	тыс. руб.	6743,236	6743,236	–
8. Рентабельность продукции	%	23,82	15,44	8,38
9. Годовой объем прибыли	тыс. руб.	15803	999	14804
10. ЧДД	тыс. руб.	1618	–	–
11. ВНД	%	42	–	–
12. Срок окупаемости	лет.	менее года	–	–
13. Индекс доходности	руб./руб.	1,16	–	–

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВР-НГТУ-16ТМО-012-20	
Разраб.	Галкин С.А.			Таблица технико-экономических показателей	Лит. У / Масса / Масштаб
Пров.	Суханов Д.Е.				Лист / Листов 1
Т.контр.					
Консульт.	Куфтырева Е.А				16-ТМО ДПИ НГТУ
Н.контр.	Балахнин И.А.				
Утв.	Диков В.А.				

Копировал Формат А1