

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

---

Институт электронного обучения

Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Кафедра общей химии и химической технологии

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Разработка основного теплообменного оборудования установки-получения этан-этиленовой фракции</b>

УДК 661.716.045.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2к22	Домаренко Сергей Игоревич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Балмашнов М. А.	к. т. н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т. Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов И. И.	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ан В.В.	к.т.н., доцент		

Томск – 2017 г.

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

**Институт** электронного обучения

**Направление подготовки** 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

**Кафедра** общей химии и химической технологии

**УТВЕРЖДАЮ:**

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Ан В.В.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

**В форме:**

Бакалаврской работы

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

**Студенту:**

Группа	ФИО
3-2К22	Домаренко Сергей Игоревич

**Тема работы:**

Разработка основного теплообменного оборудования установки-получения этан-этиленовой фракции	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	2840/С от 19.04.2017

<b>Срок сдачи студентом выполненной работы:</b>	
---	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Разработать основное теплообменное оборудование установки-получения этан-этиленовой фракции производительностью 330тыс.тонн в год.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования,</i></p>	<p>Основные конструктивные особенности выпарного аппарата.</p>

<i>конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Лист 1. Технологическая схема; Лист 2. Общий вид теплообменного аппарата с выносными элементами; Лист 3. Расчет точки безубыточности и технико-экономических показателей
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Балмашнов Михаил Александрович	к.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К22	Домаренко Сергей Игоревич		

**Тема «Разработка основного теплообменного оборудования установки получения этан-этиленовой фракции»**

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА**



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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романцов И.И.	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2к22	Домаренко Сергей Игоревич		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2к22	Домаренко Сергей Игоревич

<b>Институт</b>	<b>Электронного обучения</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Общей химии и химической технологии</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

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

1. <i>Стоимость ресурсов проекта: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

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

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала проекта</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования.</i>
2. <i>Определение возможных альтернатив проведения научных исследований</i>	<i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.</i>
3. <i>Планирование процесса управления проектом: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Определение производственной мощности. Расчет сырья, материалов, оборудования, фонда оплаты труда. Расчет себестоимости готового продукта. Расчет точки безубыточности.</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности производства этан-этиленовой фракции</i>

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

1. *Расчет точки безубыточности графическим и математическим методами.*
2. *Расчет технико-экономических показателей*

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Рыжакина Т. Г.	кандидат экономических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-2к22	Домаренко Сергей Игоревич		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i><b>Профессиональные компетенции</b></i>	
ПК-1	Использовать законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
ПК-2	Использовать основные естественнонаучные законы для понимания окружающего мира и явлений природы.
ПК-3	Понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ПК-4	Владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, наличием навыков работы с компьютером как средством управления информацией
ПК-5	Работать с информацией в глобальных компьютерных сетях
ПК-6	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
ПК-7	Осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК-8	Участвовать в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду
ПК-9	Использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программ и баз данных для расчета технологических параметров оборудования и мониторинга природных сред
ПК-10	Использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий
ПК-11	Обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду
ПК-12	Следить за выполнением правил техники безопасности, производственной

	санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда на предприятиях химического, нефтехимического и биотехнологического профиля
ПК-13	Осваивать и эксплуатировать новое оборудование, принимать участие в налаживании, технических осмотрах, текущих ремонтах, проверке технического состояния оборудования и программных средств
ПК-14	Использовать элементы эколого-экономического анализа в создании энерго- и ресурсосберегающих технологий
ПК-15	Анализировать технологический процесс как объект управления
ПК-16	Проводить стоимостную оценку основных производственных ресурсов
ПК-17	Организовывать работу исполнителей, находить и принимать управленческие решения в области организации труда и осуществлении природоохранных мероприятий
ПК-18	Систематизировать и обобщать информацию по формированию и использованию ресурсов предприятия
ПК-19	Изучать научно-техническую информацию, анализировать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований
ПК-20	Применять современные методы исследования технологических процессов и природных сред, использовать компьютерные средства в научно-исследовательской работе
ПК-21	Планировать экспериментальные исследования, получать, обрабатывать и анализировать полученные результаты
ПК-22	Моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
ПК-23	Участвовать в проектировании отдельных стадий технологических процессов с использованием современных информационных технологий
ПК-24	Проектировать отдельные узлы (аппараты) с использованием автоматизированных прикладных систем
<b><i>Общекультурные компетенции</i></b>	
ОК-1	Владеть культурой мышления, способностью к мышлению, анализу, восприятию информации, постановке цели выбору путей ее достижения
ОК-2	Уметь логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь
ОК-3	Обладать готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе
ОК-4	Находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и готов нести за них ответственность

ОК-5	Соблюдать права и обязанности гражданина Российской Федерации, ответственного за участие в политической жизни страны
ОК-6	Уметь использовать нормативные и правовые документы в своей деятельности
ОК-7	Стремиться к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства
ОК-8	осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности
ОК-9	анализировать социально
ОК-10	использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и естественных наук при решении социальных и профессиональных задач
ОК-11	владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного
ОК-12	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готовностью к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности

## Реферат.

Выпускная квалификационная работа представлена пояснительной запиской 90 с., 18 табл., 29 использованных источников, 2 л. чертежных материалов.

Объектом исследования является процесс гидрирования этан-этиленовой фракции при помощи молекулярного водорода. На основании анализа производственных данных, а также данных литературных источников, для процесса гидрирования, был выбран адиабатический реактор, разделённый на три самостоятельные секции, в котором происходит гидрирование ацетиленистых и диеновых соединений, содержащихся в этан – этиленовой фракции. В проекте проведены термодинамические, материальные, тепловые и конструктивные расчёты.

Этилен является сырьём для многих производств и основным сырьём для производства полиэтилена, который выпускается в больших объёмах.

## **THE ABSTRAKT.**

Exhaust categorization work is presented by explanatory note 90 s., 18 tabl., the sources 29, 1. graphic material 2.

The Object of the study is a process gidrir ethylene faction with the help of molecular hydrogen. On the grounds of analysis production data, as well as given literary sources, for process gidrir, was chose adiabatic reactor, divided into three independent sections, in which occurs gidrir acetylene of the join, being kept in etan - an ethylene faction. In project are organized thermodynamic, material, heat and constructive calculation.

The ethylene is a raw material for many production and the main raw material for production of the polyethylene, which is released in greater volume.

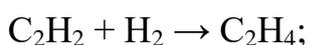
## Содержание

Реферат.....	10
Содержание.....	12
Введение.....	14
1. Общая характеристика производства.....	15
2. Характеристика применяемого сырья и полуфабрикатов.....	17
3. Описание процесса выделения, очистки и осушки ЭЭФ.....	20
4. Расчет теплообменника Т-48 а.....	24
4.1. Тепловой баланс аппарата.....	26
4.2. Определение поверхности теплообмена и размеров теплообменника.....	27
4.3. Проверочный расчет выбранного аппарата.....	28
4.4. Расчет изоляции и тепловых потерь в окружающую среду.....	30
4.5. Гидравлический расчет аппарата.....	32
4.6. Конструктивный расчет аппарата.....	33
4.7. Подбор фланцев.....	37
4.8. Расчет массы аппарата.....	38
4.9. Расчет опор аппарата.....	39
4.10. Расчет укрепления отверстий в корпусе.....	42
4.11. Расчет укрепления отверстий в эллиптических крышках.....	43
4.12. Расчет патрубков.....	43
5. Автоматизация и контроль производства.....	45
6. Социальная ответственность .....	46
6.1. Характеристики условий труда.....	47
6.2. Микроклимат.....	49
6.3. Производственное освещение .....	49
6.4. Шумы и вибрация.....	50
6.5. Недостаток естественного освещения .....	51
6.7. Пожаро-взрывобезопасность.....	56

6.6. Электробезопасность.....	58
6.8. Охрана окружающей среды.....	61
6.9. Защита оборудования и персонала от технологических параметров.....	63
7. Организация – экономика производства.....	65
7.1. Расчет технико – экономических показателей.....	65
8. Заключение.....	76
9. Список использованных источников.....	77

## Введение

В основу разработки данного дипломного проекта заложен процесс получения этилена на производстве мономеров ООО “Томскнефтехим“. Полное наименование – российское крупнотоннажное производство этилена и пропилена – производство мономеров. В основу процесса получения этилена на производстве мономеров заложен высокотемпературный пиролиз бензинов и рециклов этановой фракции с получением пиролизного газа широкого состава. Извлечение этилена, сопутствующих продуктов (водородной фракции, метановой фракции, бутилен-бутадиеновой фракции, пропановой фракции, фракции углеводородов  $C_4 - C_5$ , пиролизного конденсата) из пирогаза с использованием методов низкотемпературной, средне и высокотемпературной ректификации. При выделении этилена из пирогаза предъявляются высокие требования к его чистоте. Содержание ацетиленистых в продуктовом этилене, который идет на полимеризацию, не должно превышать 0,001%. Удаление ацетиленистых осуществляется гидрированием в присутствии катализатора. При этом протекают основные экзотермические реакции:



Реакция гидрирования этилена протекает в избытке  $H_2$  (водород), либо при повышенной температуре. Повышенный температурный режим способствует также полимерообразованию.

Этилен, получаемый из пиролизного газа, применяется для производства полиэтилена, окиси этилена, этиленгликоля, полигликоля, этиленхлоргидрина, этилового спирта, сополимеров (этилен-пропиленовые каучуки), синтетических смол и других продуктов нефтехимического синтеза. Все эти продукты имеют широкое применение в народном хозяйстве. На производстве мономеров есть планы на увеличение производства этилена, но эти планы остаются на перспективу.

## 1. Общая характеристика производства.

Год ввода в эксплуатацию пр-во мономеров – 1993 г. Проектная мощность производства: по этилену составляет – 300 тыс. тонн в год; по пропилену – 140 тыс. тонн в год. Количество рабочих часов в году – 8000. Количество технологических линий – 1.

Генеральный проектировщик – научно-производственное объединение «Пластполимер», город **Санкт-Петербург**. Проектировщик технологической части - ВНИПИНефть, город Москва. Организация, разработчик технологического процесса – Всесоюзный научно-исследовательский институт органического синтеза (ВНИИОС), г. Москва. Категория производства по его технико-экономическому уровню – высшая. Проектировщик строительной части, отопления и вентиляции, систем водоснабжения и канализации - Госхимпроект, город Москва.

Производственная мощность мономеров составляет 300 тыс. тонн этилена в год. В основу получения этилена на данном производстве заложен высокотемпературный пиролиз бензинов и рециклов этановой фракции с получением пиролизного газа широкого состава. Извлечение этилена, сопутствующих продуктов (водородной фракции, метановой фракции, бутилен-бутадиеновой фракции, пропановой фракции, фракции углеводородов C<sub>5</sub>, пиролизного конденсата) из пирогаза с использованием методов низкотемпературной, средне и высокотемпературной ректификации.

Процесс гидрирования ацетиленистых и диеновых соединений, содержащихся в этан-этиленовой фракции, осуществляется водородной фракцией в адиабатическом реакторе Р-2 на катализаторе марки ПК-25. суммарный расход водородной фракции к ацетиленистым и диеновым в мольном соотношении (1,0–2,0) : 1. Процесс ведут при температуре 80–150 °С. Этилен при обычных условиях является бесцветным горючим газом. T<sub>кип</sub> равна ми-

нус 103,7 °С, поэтому этилен можно превратить в жидкость только при низких температурах и высоких давлениях.

Все низшие олефины дают с воздухом взрывоопасные смеси, вследствие чего цеха, производящие эти углеводороды, относятся по своей пожароопасности к категории А. По токсичности олефины близки к насыщенным углеводородам (вызывают при вдыхании паров наркотические явления).

Процесс селективного гидрирования является наиболее эффективным методом очистки этан-этиленовой фракции от побочных продуктов. В России выбор сырья осуществляется в направлении более «легкого» (этановой, пропан-бутановой). Это происходит из-за довольно высокой энергоемкости производства пиролиза (около 40 % от себестоимости этилена). Так, если общий расход энергии на 1 тонну этилена при пиролизе этана составляет 1,03 тонны условного топлива, то при пиролизе бензина этот показатель составляет 1,21 тонны условного топлива. Также растет расход электроэнергии и охлаждающей воды. С другой стороны по мере «утяжеления» сырья снижается расход пара высокого давления: при пиролизе этана составляет 120 т/ч, при пиролизе бензина 70 т/ч. Для эффективности очистки используют палладиевый катализатор. Применение катализаторов позволяет достигнуть высокой скорости процессов при сравнительно низкой температуре, когда еще не получают значительного развития нежелательные побочные реакции.

Независимо от выбора катализатора и других условий на селективность гидрирования сильно влияет температура. Поскольку при уменьшении температуры одновременно уменьшаются скорость процесса и производительность реактора, то практически в каждом случае можно найти область оптимальных температур, соответствующую минимуму экономических затрат. Дополнительные ограничения на выбор этого оптимума налагает обратимость реакции.

## 2. Характеристика применяемого сырья, материалов и полуфабрикатов.

### 2.1. Этилен ( $C_2H_4$ или $H_2C=CH_2$ )

Этилен впервые был получен немецким химиком Иоганном Бехером в 1680 году при действии купоросного масла на винный спирт. Вначале его отождествляли с "горючим воздухом", т.е. с водородом. Позднее, в 1795 году этилен подобным же образом получили голландские химики Дейман, Потсван-Труствик, Бонд и Лауеренбург и описали под названием "маслородного газа", так как обнаружили способность этилена присоединять хлор с образованием маслянистой жидкости - хлористого этилена ("масло голландских химиков").

Изучение свойств этилена, его производных и гомологов началось с середины XIX века. Начало практическому использованию этих соединений положили классические исследования А.М. Бутлерова и его учеников в области непредельных соединений и особенно созданная Бутлеровым теория химического строения.

Вырабатываемый этилен предназначается для получения полиэтилена, поливинилхлорида, окиси этилена, этилового спирта, этилбензола, уксусного альдегида и других продуктов органического синтеза. Готовый продукт должен соответствовать техническим требованиям и значениям, заложенным в ГОСТ 25070-87 изм.1:

Таблица 1 - Технические требования и значения

НАИМЕНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ	Норма	Требования к качеству этилена, предъявляемые инофирмой
1	2	3
1.Объемная доля этилена, %, не менее	99.9	99.9
2.Объемная доля пропилена, %, не более	0.005	0.005
3.Объемная доля метана и этана, %, не более	0.10	0.10
4.Объемная доля ацетилена, %, не более	0.001	0.0005

5. Объемная доля диеновых углеводородов (пропадиена и бутадиена) %, не более	0.0005	0.001
6. Объемная доля двуокиси углерода, %, не более	0.001	0.001
7. Объемная доля окиси углерода, %, не более	0.0005	0.0005
8. Объемная доля метанола, %, не более	0.001	
9. Объемная доля кислорода в продукте, поставляемом по трубопроводу, %, не более	0.0002	0.0001
10. Массовая концентрация сернистых соединений в пересчете на серу, мг/м <sup>3</sup> , не более	1	1
11. Массовая доля воды, %, не более: - в продукте поставляемом по трубопроводу - в продукте, поставляемом в цистернах и баллонах	0.001 0.02	2 мг/м <sup>3</sup>
12. Объемная доля аммиака, %, не более	0.0001	

Этилен - бесцветный горючий газ, способный к взрывному разложению при повышенном давлении, высокой температуре или воздействии открытого огня в присутствии кислорода.

Молекулярная масса	- 28.05
Температура кипения, °С	- (-103.7)
Температура самовоспламенения, °С	- 435
Плотность по воздуху, кг/м <sup>3</sup>	- 0.974
Теплота сгорания, кДж/моль	- 1318
Растворим в воде плохо, хорошо растворим в эфире.	

## 2.2. Этановая фракция – рецикл

Этановая фракция, полученная в процессе производства этилена используется на производстве ЭП-300 в качестве сырья печей пиролиза.

Проектный состав этановой фракции, объемная доля, %:

- этилена	- не более 1.5
- этана	- 95-98

- пропилена

- не более 3.0

### 2.3. Метанол – яд технический. ГОСТ 2222-78, изм.2, сорт 1.

Показатели по стандарту, обязательные для проверки и регламентируемые показатели:

Массовая доля воды, % - не более 0,08

Плотность при 20<sup>0</sup>С, г/см<sup>3</sup> - 0,791 – 0,792

### 2.4. Теплофикационная вода.

Температура воды теплофикационной прямой – 130 °С.

Давление воды теплофикационной прямой, МПа – 1.

Давление воды теплофикационной обратной, МПа – 0,5.

Температура воды теплофикационной обратной, °С – 70.

*Водород на гидрирование (H<sub>2</sub>).*

Содержание СО не более 0,01 %.

Метан – 2–12 %.

Этилен не более 0,1 %.

Водород – 88–98 %.

Содержание влаги 0,1 %.

Таблица 2 - Катализатор палладиевый ПК-25. ТУ 38.102178 – 86

Состав – палладия, %	0,25
Массовая доля железа	Не более 0,02
Массовая доля натрия в пересчете на окись натрия	Не более 0,13
Размер частиц, диаметр, мм	2,8
Длина, мм.	5,0

	Насыпная плотность прокаленного при 550 град. Цельсия, кг/дм.куб.	0,6
--	--	-----

*Пропилен-хладогент.*

Содержание пропилена не менее 98 %.

Вода не более 0,1 %.

Пропан не более 0,1 %.

### **3. Описание процесса выделения, очистки и осушки этан-этиленовой фракции**

Кубовый продукт колонны К-10 поступает в качестве питания на 27-ю тарелку колонны выделения этан-этиленовой фракции (ЭЭФ) К-11.

Режим работы колонны К-11:

Температура верха, °С	(-20)-(-4)
Температура куба, °С	65-85
Давление в колонне, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	2.6-3.0 (26-30)
Перепад давления в колонне, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не более	0.1 (1.0)

Подвод тепла в куб колонны К-11 осуществляется через выносные отключаемые кипятильники Т-47 за счет конденсации пара П4, подаваемого в межтрубное пространство кипятильников. Паровой конденсат из межтрубного пространства кипятильника Т-47 стекает в сборник конденсата Е-145, откуда отводится в емкость Е-76.

Кубовый продукт с температурой (65-85) °С, расходом до 70 м<sup>3</sup>/ч отводится через клапан регулятора уровня в колонне К-11 в качестве питания в колонну К-14 для дальнейшего разделения.

Газообразная ЭЭФ с верха колонны К-11 поступает в трубное пространство дефлегматора Т-46, где охлаждается и частично конденсируется за счет испарения пропилена холодильного цикла, кипящего при температуре (-18) °С в трубном пространстве дефлегматора Т-46. Пары пропилена из

межтрубного пространства дефлегматора Т-46 направляются в сепаратор Е-66.

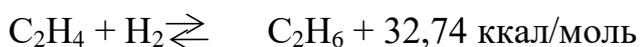
Газожидкостная смесь из трубного пространства дефлегматора Т-46 поступает во флегмовую емкость Е-30, откуда жидкая ЭЭФ насосом Н-27 подается на орошение колонны К-11.

Газообразная ЭЭФ с верха емкости Е-30, направляется в межтрубное пространство теплообменников Т-12, где подогревается до температуры (25-50) °С за счет тепла прогидрированной ЭЭФ, поступающей в трубное пространство теплообменников Т-12 из холодильника Т-48. Далее ЭЭФ нагревается в трубном пространстве подогревателя Т-50 за счет тепла пара П4, подаваемого в межтрубное пространство подогревателя, и направляется в реактор гидрирования ацетилена Р-2.

Конденсат пара П4 из подогревателя Т-50 отводится в емкость Е-76 через термодинамические конденсатоотводчики.

Гидрирование ацетилена, содержащегося в ЭЭФ, осуществляется водородной фракцией в адиабатическом реакторе Р-2 на катализаторе марки ПК-25.

Химизм процесса гидрирования:



Реакция гидрирования ацетилена протекает при избытке водорода с повышением температуры процесса (процесс гидрирования экзотермический), что ведет к значительному полимерообразованию (образование "зеленого масла"). Массовая доля "зеленого масла" в ЭЭФ после гидрирования составляет (0.01-0.02) % в зависимости от активности катализатора.

Процесс гидрирования ацетилена протекает при температуре (60-150) °С (в зависимости от снижения активности катализатора).

Реактор Р-2 представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат разделенный на три самостоятельные секции. Каждая секция заполняется слоем катализатора марок ПК-25 высотой в 1,6 метра. В работе находится один из реакторов, второй в резерве или на регенерации.

Для предварительной промывки катализатора от «зеленого масла» в реакторе Р-2, перед его регенерацией, схемой предусмотрен прием депентанизованного гидрированного пироконденсата или фракции ЖПП из цеха 404 от теплообменника Т-390 в I зону реактора.

Режим работы реактора Р-2:

Температура на входе, °С	60-100
Температура на выходе, °С	60-150
Давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	2.4-2.9 (24-29)

Водородная фракция из осушителей С-2 подается в ЭЭФ через отсекаТЕЛЬ перед подогревателем Т-50 через клапан регулятор расхода, в поток ЭЭФ, выходящий из I-ой секции реактора Р-2 перед водяными холодильниками Т-48а, в поток ЭЭФ, выходящий из II-ой секции реактора Р-2 перед водяными холодильниками Т-48б.

Температура ЭЭФ на входе в реактор Р-2 (60-100) регулируется смешением потока подогретой ЭЭФ после Т-50 и потока холодной ЭЭФ направляемых в реактор гидрирования Р-2. Регулирование осуществляется двумя клапанами регуляторов температуры, работающих от одного датчика поз. TRC-5-054, установленными на линии подачи пара П4 в подогреватель Т-50 и линии подачи холодной ЭЭФ в реактор гидрирования Р-2.

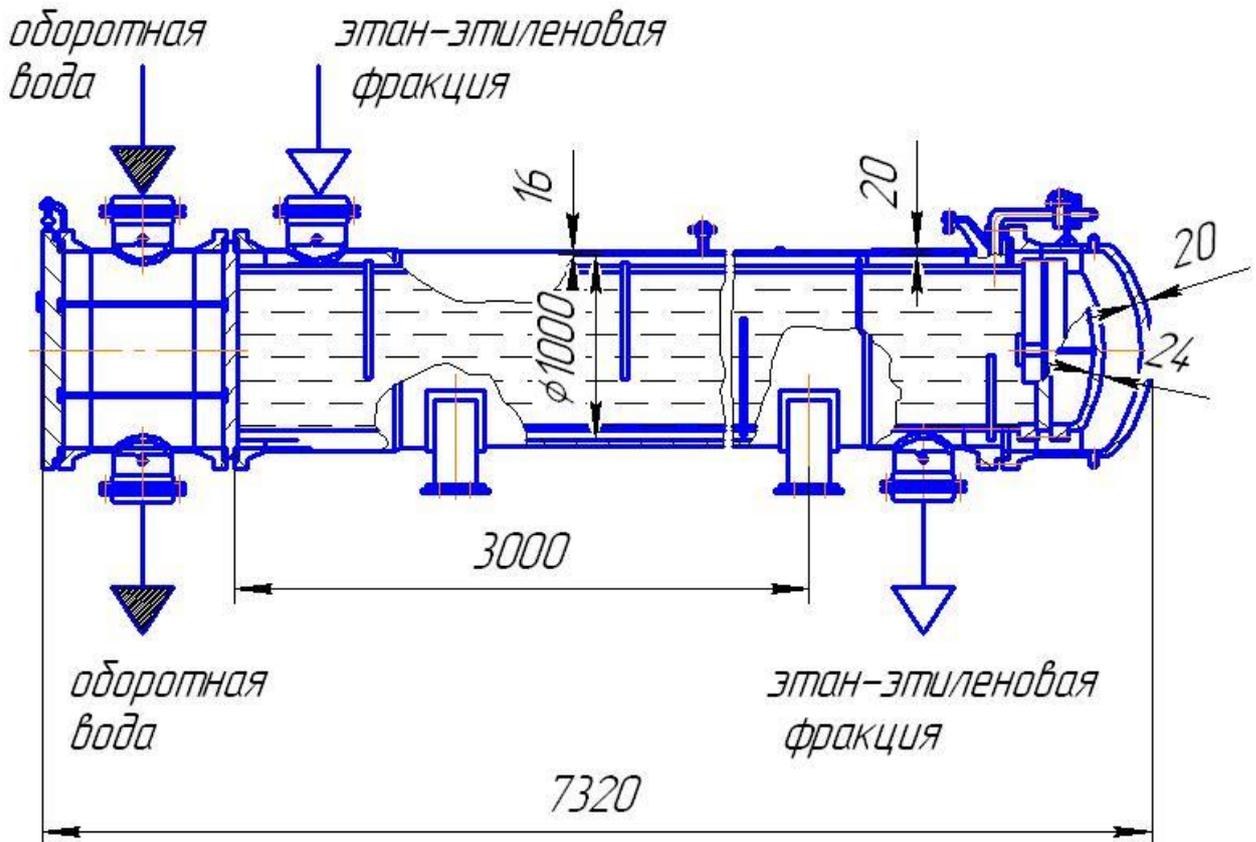
Так как процесс гидрирования экзотермический, то после каждой ступени гидрирования ЭЭФ перед входом во II-ю и III-ю секции охлаждается оборотной водой 3 системы в межтрубном пространстве холодильников Т-48а и Т-48б соответственно.

Гидрированная ЭЭФ из III-ей реакционной секции реактора Р-2 направляется в межтрубное пространство холодильника Т-48, где охлаждается оборотной водой, подаваемой в трубное пространство холодильника. ЭЭФ из межтрубного пространства холодильника Т-48 направляется в трубное пространство теплообменников обратных потоков Т-12, где охлаждается потоком ЭЭФ, поступающей из емкости Е-30 в межтрубное пространство теплообменников Т-12. ЭЭФ, охлажденная до температуры [(-16)-(0)] °С из теплообменника Т-12 направляется в колонну К-11А для отмывки от "зеленого масла".

Режим работы колонны К-11А:

Температура верха, °С	(-22)-(-6)
Температура куба, °С	(-20)-(-4)
Давление в колонне, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	2.4-2.9 (24-29)

#### 4. РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКА Т-48 а.



В задачи расчета входит:

1. Технологический расчет и выбор стандартного аппарата
2. Гидравлический расчет;
3. Конструктивный расчет аппарата, в который входят:
  - 3.1. Расчет толщины стенки кожуха аппарата;
  - 3.2. Определение диаметров патрубков;
  - 3.3. Подбор фланцев;
  - 3.4. Расчет массы и опор аппарата;
  - 3.5. Расчет укрепления отверстий в корпусе и эллиптических крышках.

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАСЧЕТУ:**

Вид теплообменника – кожухотрубчатый с плавающей головкой

Теплообменник – холодильник

Аппарат – горизонтальный

Теплоемкость носителей

горячего 55,726 Дж/кг/К

холодного 4,19 Дж/кг/К

**Техническая характеристика теплообменника Т-48 а**

№	Наименование	Межтрубное	Трубное
		пространство	пространство
1	Рабочее давление	2,8 МПа	1 МПа
2	Расчетное давление	2,8 МПа	1 МПа
3	Рабочая температура	100 С	20 С
4	Расчетная температура	140 С	20 С
5	Основной материал	Сталь 12Х18Н10Т	Сталь 20

Дано:

$$V := 2225 \frac{\text{м}^3}{\text{час}} \quad \text{-производительность аппарата по газу}$$

$$P_2 := 2.8 \text{ МПа} \quad \text{-давление газа}$$

$$P_1 := 0.6 \text{ МПа} \quad \text{-давление воды}$$

$$t_{21} := 140 \text{ С} \quad \text{- тем-ра газа на входе}$$

$$t_{22} := 80 \text{ С} \quad \text{- тем-ра газа на выходе}$$

$$t_{11} := 20 \text{ С} \quad \text{- тем-ра воды на входе}$$

$$t_{12} := 50 \text{ С} \quad \text{- тем-ра воды на выходе}$$

Решение:

#### 4.1. Тепловой баланс аппарата [3]

Средняя температура газа:

$$t_{2\text{cp}} := \frac{t_{21} + t_{22}}{2} \quad t_{2\text{cp}} = 110 \text{ С}$$

Мольная масса ЭЭФ:

$$\mu_{\text{см}} := 28.41 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$$

Универсальная газовая постоянная:

$$\underline{R} := \frac{8314}{\mu_{\text{см}}} \quad R = 292.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

Плотность ЭЭФ:

$$\rho_2 := \frac{P_2 \cdot 10^6}{R \cdot (t_{2\text{cp}} + 273)} \quad \rho_2 = 24.982 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Теплоемкость ЭЭФ:

$$C_{p2} := 55.726 \frac{\text{кДж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$\underline{C}_{p2} := \frac{C_{p2}}{\mu_{\text{см}}} \quad C_{p2} = 1.961 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

Тепловая нагрузка аппарата с учетом потерь холода 5 %

$$Q := 1.05 \cdot \frac{V \cdot \rho_2}{3600} \cdot C_{p2} \cdot (t_{21} - t_{22}) \quad Q = 1908 \text{ кВт}$$

Средняя температура воды:

$$t_{1cp} := \frac{t_{11} + t_{12}}{2} \quad t_{1cp} = 35 \text{ C}$$

Теплоемкость воды :

$$C_1 := 4.19 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

Из уравнения теплового баланса находим расход воды:

$$G_1 := \frac{Q}{C_1 \cdot (t_{12} - t_{11})} \quad G_1 = 15.179 \frac{\text{кг}}{\text{сек}}$$

#### 4.2. Определение поверхности теплообмена и основных размеров теплообменника [3]

Средний температурный напор для противотока :

$$\Delta t_b := t_{21} - t_{12} \quad \Delta t_b = 90 \text{ C}$$

$$\Delta t_m := t_{22} - t_{11} \quad \Delta t_m = 60 \text{ C}$$

$$\Delta t := \frac{\Delta t_b - \Delta t_m}{\ln \left( \frac{\Delta t_b}{\Delta t_m} \right)} \quad \Delta t = 74 \text{ C}$$

По [1,табл.4.8] предварительно задаем коэффициент теплопередачи:

$$K := 50 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Требуемая площадь теплообмена:

$$F := \frac{Q \cdot 10^3}{K \cdot \Delta t} \quad F = 515.7 \text{ м}^2$$

По [3,табл.4.12] выбираем четырехходовой теплообменник с параметрами:

$$z_{\text{тр}} := 6$$

Диаметр кожуха:

$$D_k := 1000 \text{ мм}$$

Число труб:

$$n := 642$$

Число труб по вертикали для горизонтальных аппаратов:

$$n_p := 26$$

Наружный диаметр труб:

$$d_H := 25 \text{ мм}$$

Толщина стенки труб:

$$\delta := 2 \text{ мм}$$

Внутренний диаметр труб:

$$d_B := d_H - 2 \cdot \delta \quad d_B = 21 \text{ мм}$$

Длина труб:

$$L := 6 \text{ м}$$

#### 4.3. Проверочный расчет выбранного аппарата [3]:

##### 4.3.1. Определение коэффициента теплоотдачи от стенки к нагреваемой жидкости

По средней температуре по [3,табл.IV] находим физические свойства воды:

$$\rho_1 := 994.3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Коэф-т кинематической вязкости:

$$\nu_1 := 7.256 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{сек}}$$

Числа Прандля жидкости:

$$\text{Pr}_1 := 4.845$$

Коэффициенты теплопроводности

$$\lambda_1 := 0.6221 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

Объемный расход:

$$V_1 := \frac{G_1}{\rho_1} \quad V_1 = 0.0153 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Скорость движения воды по трубам:

$$w_1 := \frac{V_1 \cdot 4}{\frac{n}{6} \cdot \pi \cdot (d_B \cdot 10^{-3})^2} \quad w_1 = 0.412 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Число Рейнольдса:

$$\text{Re}_1 := \frac{w_1 \cdot (d_B \cdot 10^{-3})}{\nu_1} \quad \text{Re}_1 = 11921.5$$

Т.к  $\text{Re} > 4000$ , значит режим течения - турбулентный

Число Нуссельта будем находить по уравнению:

$$\text{Nu}_1 := 0.021 \cdot \text{Re}_1^{0.8} \cdot \text{Pr}_1^{0.43} \quad \text{Nu}_1 = 75.503$$

Определяем коэф-т теплоотдачи от воды к трубе:

$$\alpha_1 := \frac{\text{Nu}_1 \cdot \lambda_1}{d_b \cdot 10^{-3}} \quad \alpha_1 = 2236.7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

#### 4.3.2. Определение коэффициента теплоотдачи от стенки к газу [3]

Коэффициент динамической вязкости при средней температуре :

$$\mu_2 := 9.21 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Коэффициент кинематической вязкости

$$v_2 := \frac{\mu_2}{\rho_2} \quad v_2 = 3.687 \times 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

По средней температуре по [3,табл.ХХХ] находим коэффициент теплопроводности:

$$\lambda_2 := 0.0267 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

Число Прандтля многоатомного газа [3,стр.152]:

$$\text{Pr}_2 := 1$$

Площадь поперечного сечения межтрубного пространства:

$$f := \pi \cdot \frac{(D_k \cdot 10^{-3})^2}{4} - n \cdot \pi \cdot \frac{(d_H \cdot 10^{-3})^2}{4} \quad f = 0.4703 \text{ м}^2$$

Смоченный периметр:

$$u := \pi \cdot D_k \cdot 10^{-3} + n \cdot \pi \cdot d_H \cdot 10^{-3} \quad u = 53.564 \text{ м}$$

Эквивалентный диаметр :

$$d_{э2} := 4 \cdot \frac{f}{u} \quad d_{э2} = 0.0351 \text{ м}$$

Скорость движения газа в межтрубном пространстве:

$$w_2 := \frac{V}{f \cdot 3600} \quad w_2 = 1.314 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Число Рейнольдса

$$\text{Re}_2 := \frac{w_2 \cdot d_{э2}}{v_2} \quad \text{Re}_2 = 125191.3$$

Т.к.  $\text{Re} > 4000$ , то режим течения- турбулентный

Число Нуссельта будем находить по уравнению:

$$Nu_2 := 0.021 \cdot Re_2^{0.8} \cdot Pr_2^{0.43} \quad Nu_2 = 251.35$$

Определяем коэф-т теплоотдачи от сливок к трубе:

$$\alpha_2 := \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{\text{в}2}} \quad \alpha_2 = 191.1 \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Коэф-т теплопроводности стенок труб:

$$\lambda_{\text{ст}} := 46.5 \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

Термическое сопротивление загрязнений стенок труб:

$$\Sigma r := 0.0002 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Коэф-т теплопередачи:

$$K := \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta \cdot 10^{-3}}{\lambda_{\text{ст}}} + \Sigma r + \frac{1}{\alpha_2}} \quad K = 168.8 \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Требуемая площадь теплообмена:

$$F := \frac{Q \cdot 10^3}{K \cdot \Delta t} \quad F = 152.7 \text{ м}^2$$

Необходимая длина трубок:

$$L_p := \frac{F}{n \cdot \pi \cdot d_{\text{в}} \cdot 10^{-3}} \quad L_p = 3.606 \text{ м}$$

Запас поверхности теплообмена:

$$\delta := \frac{L - L_p}{L} \cdot 100 \% \quad \delta = 39.9 \%$$

#### 4.4. Расчет изоляции и тепловых потерь в окружающую среду [3]

Допустимая температура поверхности изоляции:

$$t_{\text{ив}} := 60 \text{ С}$$

Температура окружающего воздуха:

$$t_B := 20 \text{ C}$$

Коэф-т теплоотдачи от поверхности изоляции к воздуху:

$$\alpha_n := 9.3 + 0.06 \cdot t_{из} \quad \alpha_n = 12.9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Коэф-т теплопередачи в окружающую среду:

$$K_n := \alpha_n \cdot \frac{t_{из} - t_B}{t_{21} - t_B} \quad K_n = 4.3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Примем материал изоляции- совелит. Коэф-т теплопроводности изоляционного материала [3,табл.ХХVIII]:

$$\lambda_{из} := 0.098 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

Толщина изоляционного слоя:

$$\delta_{из} := \lambda_{из} \cdot \left( \frac{1}{K_n} + \frac{1}{\alpha_n} \right) \quad \delta_{из} = 0.03 \text{ м}$$

Наружная поверхность теплообмена:

$$F_n := \pi \cdot D_k \cdot 10^{-3} \cdot L + \pi \cdot \frac{(D_k \cdot 10^{-3})^2}{2} \quad F_n = 20.42 \text{ м}^2$$

Потери тепла в окружающую среду:

$$Q_{пот} := K_n \cdot F_n \cdot (t_{21} - t_B) \quad Q_{пот} = 10536.9 \text{ Вт}$$

#### 4.5. Гидравлический расчет аппарата [3]

Эквивалентная шероховатость труб:

$$\Delta := 0.2 \text{ мм}$$

Коэффициент потерь на трение:

$$\lambda := 0.11 \left( \frac{\Delta}{d_B} + \frac{68}{\text{Re}_1} \right)^{0.25} \quad \lambda = 0.039$$

Коэффициент сопротивления входной камеры:

$$\xi_{вх} := 1.5$$

Коэффициент сопротивления поворота между ходами:

$$\xi_{пов} := 2.5$$

Коэффициент сопротивления выходной камеры:

$$\xi_{\text{ВЫХ}} := 1.5$$

Коэффициент сопротивления входа и выхода труб:

$$\xi_{\text{ТР}} := 1$$

Потеря давления на трение и преодоление местных сопротивлений :

$$\Delta P := \left( \lambda \cdot \frac{L \cdot z_{\text{ТР}}}{d_{\text{В}} \cdot 10^{-3}} + \xi_{\text{ВХ}} + 12 \cdot z_{\text{ТР}} \xi_{\text{ТР}} + 5 \cdot \xi_{\text{ПОВ}} + \xi_{\text{ВЫХ}} \right) \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_1^2}{2}$$

$\Delta P = 12969 \text{ Па}$

Мощность потребляемая двигателем насоса :

$$N := \frac{V_1 \cdot 2 \cdot \Delta P}{0.75} \quad N = 527.9 \text{ Вт}$$

## 4.6. Конструктивный расчет аппарата [5]

### 4.6.1. Расчет толщины стенки кожуха аппарата

#### Выбор конструкционных материалов аппарата.

Выбор конструкционного материала осуществляем с учётом рабочих температур, агрессивности сред и их концентраций. Для корпуса аппарата выбираем высоколегированную коррозионно-стойкую сталь 12Х18Н10Т.

#### Выбор допускаемых напряжений [5]

Допускаемые напряжения определяем при расчетной температуре корпуса аппарата, которую можно принять равной температуре среды в межтрубном пространстве, т. е.  $t_{\text{к}} = t_{\text{с}}$ .

Для стали 12Х18Н10Т при температуре  $t_{\text{с}} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$  принимаем [5, табл.П.1.2]:

$$\sigma_{\text{доп}} := 156 \text{ МПа}$$

Для стали 12Х18Н10Т при температуре  $t_{\text{с}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  принимаем [5, табл.П.1.2]:

$$\sigma_{20} := 160 \text{ МПа}$$

Для стали 12X18H10T при температуре  $t_c = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  предел текучести [5, табл. П.1.5]:

$$\sigma_{T20} := 240 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение при гидравлических испытаниях:

$$\sigma_{\text{и}} := \frac{\sigma_{T20}}{1.1} \quad \sigma_{\text{и}} = 218.2 \text{ МПа}$$

### Расчетное давление

$$P_p := P_1$$

$$P_p = 0.6 \text{ МПа}$$

### Расчет прибавок к расчетным толщинам конструктивных элементов

Для компенсации коррозии, эрозии и утонения стенки элемента аппарата вводится прибавка к расчетной толщине стенок аппарата, т. к. исполнительная толщина стенки элемента аппарата определяется по формуле :

$$S \geq S_R + C,$$

где  $S$  - исполнительная толщина стенки элемента аппарата;

$S_R$  - расчетная толщина стенки элемента аппарата;

$C$  - прибавка к расчетной толщине стенки аппарата, которая определяется по формуле :

$$C = C1 + C2 + C3,$$

где  $C1$ - прибавка, учитывающая влияние коррозии и эрозии, мм. Она находится по формуле:

где  $\Pi := 0.1$  - глубинный показатель или скорость коррозии, мм/год;

$\tau_3 := 10$  л - срок службы аппарата, год.

$$C_{1, \text{w}} := P \cdot \tau_3 \quad C_1 = 1 \text{ мм}$$

C2 - прибавка для компенсации минусового допуска элемента, мм;

C3 – приб., учитыв. утонение стенки аппарата при технологических операциях, мм.

Прибавки C2 и C3 не учитываем, т. к. их сумма не превышает 5 % от номинальной толщины листа, т. е. C2 = 0 и C3 = 0.

Прибавку к расчетной толщине стенки аппарата принимаем:

$$C := C_1 \quad C = 1 \text{ мм}$$

### Выбор коэффициентов прочности сварных швов

По рекомендациям /1, с. 56/ выбираем шов стыковой, доступный сварке с одной стороны и имеющий в процессе сварки металлическую подкладку со стороны корня шва, прилегающую по всей длине шва к основному металлу, с коэффициентом прочности:  $\phi := 1$

### Расчет толщины стенки S1 из условия действия внутр. избыт. давления P1

Толщину стенки S1 рассчитываем по уравнениям:

$$S_1 := \frac{P_p \cdot D_k}{2 \cdot \sigma_{\text{доп}} \cdot \phi - P_p} + C \quad S_1 = 2.93 \text{ мм}$$

Принимаем:

$$S_{1, \text{w}} := 5 \text{ мм}$$

### Пробное давление гидроиспытаний для аппарата

$$P_{\text{ив}} := 1.25 \cdot P_p \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma_{\text{доп}}} \quad P_{\text{ив}} = 0.769 \text{ МПа}$$

#### 4.6.2. Расчет толщины стенки выпуклого днища

Высота днища

$$H := 0.25 \cdot D_k \quad H = 250 \text{ мм}$$

Радиус сферического днища

$$R := \frac{D_k^2}{8 \cdot H} + \frac{H}{2} \quad R = 625 \text{ мм}$$

Толщина стенки днища

$$S_2 := \frac{P_p \cdot R}{2 \cdot \sigma_{\text{доп}} \cdot \phi - 0.5 \cdot P_p} + C \quad S_2 = 2.2 \text{ мм}$$

$$S_2 := 2.5 \text{ мм}$$

Проверка условия

$$S_2 = 2.5 \text{ мм} > 0.8 \cdot S_1 = 4 \text{ мм}$$

Условие выполняется.

#### 4.6.3. Определение диаметров патрубков

Принимаем скорость воды в трубах:

$$w_1 := 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Внутренний диаметр патрубков для прохода воды:

$$d_1 := \sqrt{\frac{4 \cdot V_1}{\pi \cdot w_1}} \quad d_1 = 0.08 \text{ м}$$

Принимаем скорость газа в трубах:

$$w_2 := 35 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Внутренний диаметр патрубков для прохода газа:

$$d_2 := \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w_2 \cdot 3600}} \quad d_2 = 0.15 \text{ м}$$

По Н 999-65 выбираем штуцеры с фланцами приварными плоскими гладкими.

Размеры выбранных штуцеров приведены в таблице 13.

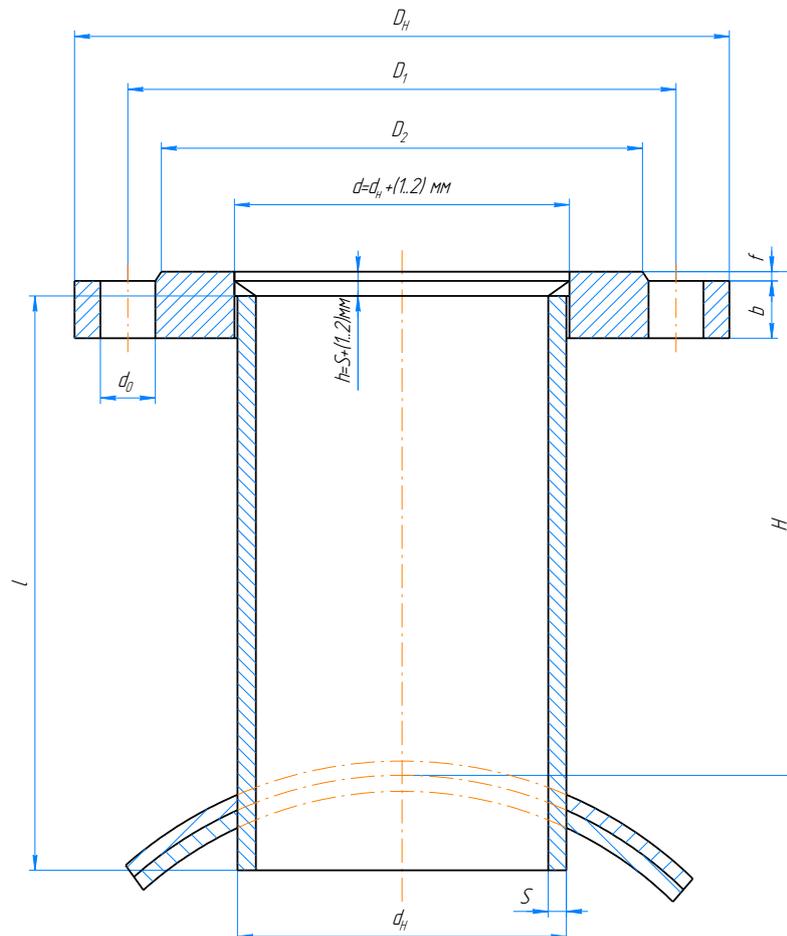
Таблица 13 - размеры стандартных патрубков

$D_{y1} := 80$	мм	$l := 170$	мм	$d_{н1} := 89$	мм	$S := 6$	мм
$D_{н} := 195$	мм	$D_1 := 160$	мм	$D_2 := 138$	мм	$f := 3$	мм
$b := 20$	мм	$d_o := 18$	мм	$z := 4$			

$D_{y2} := 150$  мм       $l := 220$  мм       $d_{H1} := 159$  мм       $S := 6$  мм

$D_{H} := 280$  мм       $D_{L} := 240$  мм       $D_2 := 212$  мм       $f := 3$  мм

$b := 24$  мм       $d_0 := 23$  мм       $z := 8$



#### 4.7. Подбор фланцев [3].

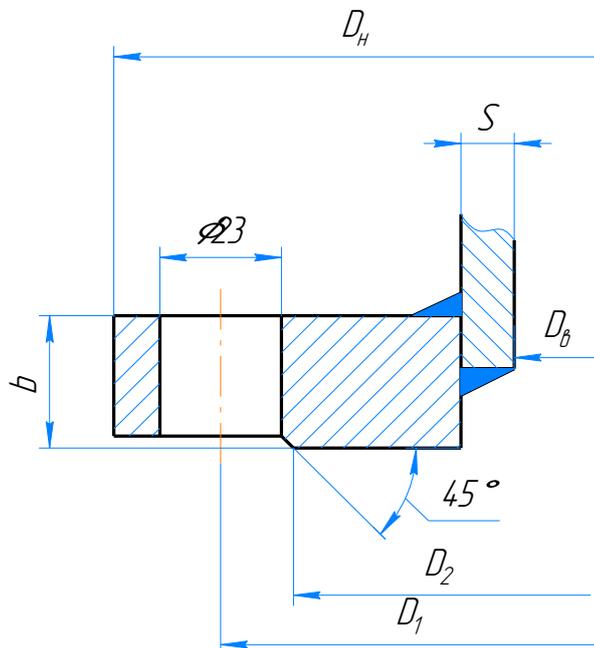
Для аппарата подбираем фланец стальной плоский приварной с гладкой уплотнительной поверхностью (соединительным выступом) по ГОСТ 28759.4-90. Его конструкция приведена на рисунке .

Основные геометрические размеры фланца для аппарата выбраны по рекомендациям [3, с. 233] и приведены в таблице 14.

Таблица 14. Основные геометрические размеры фланца для аппарата, мм

$$D_B := 1000 \text{ мм} \quad D_{\text{вн}} := 1130 \text{ мм} \quad D_1 := 1090 \text{ мм} \quad D_2 := 1057 \text{ мм}$$

$$b := 32 \text{ мм} \quad S := 6 \text{ мм} \quad \text{Болты : М 20, } z = 40$$



#### 4.8. Расчет массы аппарата [2].

Плотность стали:

$$\rho := 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Масса цилиндрической части корпуса:

$$M_c := \rho \cdot \frac{L \cdot \pi}{4} \cdot \left[ (D_k + 2 \cdot S_1)^2 - D_k^2 \right] \cdot 10^{-6} \quad M_c = 738.8 \text{ кг}$$

Массы сферических крышек:

$$M_{\text{кр}} := \rho \cdot \frac{4 \cdot \pi}{6} \cdot \left[ \left( \frac{D_k}{2} + S_2 \right)^3 - \left( \frac{D_k}{2} \right)^3 \right] \cdot 10^{-9} \quad M_{\text{кр}} = 30.78 \text{ кг}$$

Масса фланца:

$$M_f := \rho \cdot \frac{\pi \cdot (D_H^2 - D_k^2)}{4} \cdot b \cdot 10^{-9} \quad M_f = 54.282 \text{ кг}$$

Масса труб:

$$M_{\text{тр}} := n \cdot \rho \cdot \frac{\pi \cdot (d_H^2 - d_B^2)}{4} \cdot L \cdot 10^{-6} \quad M_{\text{тр}} = 4342 \text{ кг}$$

Масса корпуса:

$$M_k := M_c + 2 \cdot M_{\text{кр}} + 4 \cdot M_f + M_{\text{тр}} \quad M_k = 5359.5 \text{ кг}$$

Масса воды в рубашке аппарата:

$$M_p := \rho_2 \cdot L \cdot f \quad M_p = 449.7 \text{ кг}$$

Общая масса аппарата:

$$M := M_k + M_p \quad M = 5809.2 \text{ кг}$$

#### 4.9. Расчет опор аппарата [2].

Вес аппарата:

$$G := 9.81 \cdot M \quad G = 56987.9 \text{ Н}$$

Реакция одной опоры:

$$Q := \frac{G}{2} \quad Q = 28493.9 \text{ Н}$$

Расстояние от края аппарата до опоры:

$$a := 0.2 \cdot L \quad a = 1.2 \text{ м}$$

Находим значения коэффициентов [2, рис.13.14 - 13.17]:

$$f_1 := 0.24$$

$$f_2 := 1.03$$

$$f_3 := 0.02$$

$$f_4 := 0.46$$

Изгибающий момент в середине аппарата:

$$M_1 := Q \cdot (L \cdot f_1 - a) \quad M_1 = 6838.5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Изгибающий момент в сечении под опорой:

$$M_2 := \frac{Q \cdot a}{f_2} \cdot \left( 1 - \frac{a}{L} + 0.5 \cdot f_3 \cdot \frac{D_k \cdot 10^{-3}}{a} - f_2 \right) \quad M_2 = -7358.6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Перерезывающая сила для аппарата:

$$Q_{\Pi} := f_4 \cdot Q \quad Q_{\Pi} = 13107.2 \text{ Н}$$

Проверка прочности корпуса в середине пролета:

$$\sigma_1 := \frac{P_p \cdot D_k}{4 \cdot (S_1 - C)} + 1.275 \cdot \frac{M_1}{D_k^2 \cdot (S_1 - C) \cdot 10^{-3}} \quad \sigma_1 = 39.7 \text{ МПа} < \phi \cdot \sigma_{\text{доп}} = 156 \text{ МПа}$$

Условие выполняется.

Коэффициент укрепления корпуса кольцами жесткости (для укрепленного корпуса)

$$k_6 := 1$$

Проверка прочности корпуса над опорой:

$$\sigma_2 := \frac{P_p \cdot D_k}{4 \cdot (S_1 - C)} + 1.275 \cdot \frac{|M_2|}{k_6 \cdot D_k^2 \cdot (S_1 - C) \cdot 10^{-3}} \quad \sigma_2 = 39.8 \text{ МПа} < \phi \cdot \sigma_{\text{доп}} = 156 \text{ МПа}$$

Условие выполняется.

Проверка прочности корпуса на срез:

$$\tau := 0.64 \cdot \frac{Q_{\Pi}}{D_k \cdot (S_1 - C)} \quad \tau = 2.1 \text{ МПа} < 0.8 \cdot \sigma_{\text{доп}} = 124.8 \text{ МПа}$$

Условие выполняется.

### Расчет седловой опоры

Находим значение коэффициента [6, рис.13.19]:

$$k_{18} := 0.28$$

Находим горизонтальную силу, перпендикулярную оси аппарата:

$$P_{1\perp} := k_{18} \cdot Q \quad P_1 = 7978.3 \text{ Н}$$

Находим горизонтальную силу, параллельную оси аппарата:

$$P_{2\lambda} := 0.15 \cdot Q \quad P_2 = 4274.1 \text{ Н}$$

Принимаем, что мат. опоры аппарата - сталь Ст.3. Допускаемое напряжение равно:

$$\sigma_n := 160 \text{ МПа}$$

Модуль упругости:

$$E := 2.2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение на смятие бетона марки 300 равно [6, табл.13.2].

$$\sigma_{\delta} := 8 \text{ МПа}$$

Требуемая площадь опорной плиты:

$$F_{\text{пR}} := \frac{Q}{\sigma_{\delta}} \quad F_{\text{пR}} = 3561.7 \text{ мм}^2$$

Принимаем опорную плиту с размерами:

$$A := 1200 \text{ мм} \quad B := 400 \text{ мм}$$

Действующие напряжения смятия бетона:

$$\sigma_{\delta\text{д}} := \frac{\sigma_{\delta} \cdot F_{\text{пR}}}{A \cdot B} \quad \sigma_{\delta\text{д}} = 0.059 \text{ мм}^2$$

Расчетная толщина опорной плиты:

$$S_{\text{пR}} := 2.45 \cdot B \cdot \sqrt{\frac{k_{18} \cdot \sigma_{\delta\text{д}}}{1.1 \cdot \sigma_n}} \quad S_{\text{пR}} = 9.524 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина опорной плиты, принимаем:

$$S_{\text{пR}} := 10 \text{ мм}$$

Расчетная толщина ребер из условия прочности на изгиб и растяжение:

$$S_{\text{pR}} := 42 \cdot \frac{P_1}{1.1 \cdot D_k \cdot \sigma_n} \quad S_{\text{pR}} = 1.904 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина ребер, принимаем:

$$S_p := 3 \text{ мм}$$

Число ребер на опоре:

$$m := 4$$

Конструктивные размеры ребер:

$$a := \frac{D_k}{4} \quad a = 250 \text{ мм}$$

$$b := \frac{B}{2} - S_p \quad b = 197 \text{ мм}$$

$$h_2 := 400 \text{ мм}$$

Общая длина всех ребер на опоре:

$$l_{\text{общ}} := a \cdot (m - 1) + 2 \cdot m \cdot b \quad l_{\text{общ}} = 2326 \text{ мм}$$

Нагрузка на единицу длины ребра:

$$q := 1.2 \cdot \frac{Q}{l_{\text{общ}}} \quad q = 14.7 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$$

Критическое напряжение:

$$\sigma_{\text{кр}} := 3.6 \cdot E \cdot \left( \frac{S_p}{h_2} \right) \quad \sigma_{\text{кр}} = 44.55 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение на устойчивость

$$\sigma_{\text{кр доп}} := \frac{\sigma_{\text{кр}}}{5} \quad \sigma_{\text{кр доп}} = 8.91 \text{ МПа}$$

Проверка ребер на устойчивость

$$S_p := 3 \text{ мм} > \frac{q}{\sigma_{\text{кр доп}}} = 1.65 \text{ мм}$$

Условие выполняется.

#### 4.10. Расчет укрепления отверстий в корпусе [4].

Ширина зоны укрепления при отсутствии накладного кольца

$$B_0 := \sqrt{D_k \cdot (S_1 - C)} \quad B_0 = 63.2 \text{ мм}$$

Расч. толщина стенки цилинд. обечайки, работающей под внутренним давлением

$$S_p := \frac{P_p \cdot D_k}{2 \cdot \sigma_{\text{доп}} \cdot \phi - P_p} \quad S_p = 1.93 \text{ мм}$$

Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующий укрепления

$$d_{0p} := 2 \cdot \left( \frac{S_1 - C}{S_p} - 0.8 \right) \cdot B_0 \quad d_{0p} = 161.4 \text{ мм}$$

Т.к. диаметры патрубков в корпусе  $d < d_{0p}$ , то отв. в корпусе укреплять не надо

#### 4.11. Расчет укрепления отверстий в эллиптических крышках [4].

Действительный коэффициент прочности сосуда:

$$k_1 := \frac{P_p}{4 \cdot \sigma_{доп}} \cdot \left( \frac{D_k}{S_2 - C} \cdot \frac{D_k \cdot 10^{-3}}{24} - 1 \right) \quad k_1 = 0.026$$

Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующий укрепления

$$d_{пред} := 0.95 \cdot D_k \cdot (1 - k_1) \quad d_{пред} = 925.5 \text{ мм}$$

Т.к. диаметры патрубков в крышках  $d < d_{пред}$ , то отверстия укреплять не надо

#### 4.12. Расчет патрубков

Исходные данные для расчета:

$D = 200$  см,- диаметр аппарата ;

$P = 3,2$  МПа- рабочее давление ;

$P = 0,6$  МПа - расчетное давление (режим регенерации) ;

$P = 3,2$  МПа - расчетное давление ;

$P_H = 4,05$  МПа - давление гидроиспытания ;

$T = 523$  К- расчетная температура;

$T = 803$  К- расчетная температура (режим регенерации).

Материал аппарата:

Сталь 12 ХМ;

Среда : углеводороды:  $C_2H_4$ - 79,26% ,  $C_2H_2$ -1,12% ,  $CH_4$ -0,07%

$C_2H_6$ -19,5%,  $C_3H_6$ -0.05%,  $H_2$ -1,0%.

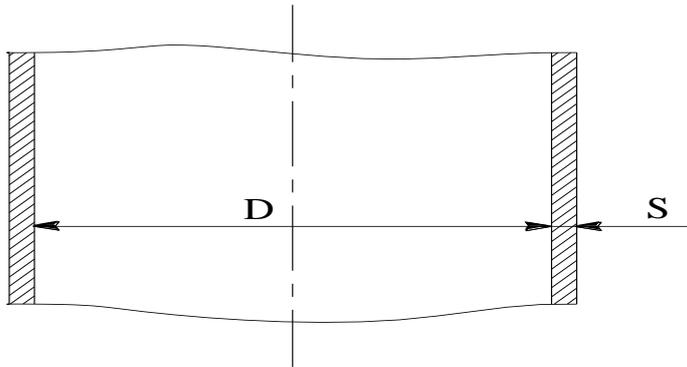


Рис. 3

Расчет проводится по уравнению:

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}}$$

Для расчета диаметров патрубков скорость потоков в патрубке выбираем в соответствии со справочными данными [3].

Для входного потока:

$$\rho = 26,747 \text{ кг/м}^3$$

$$\omega = 20 \text{ м/с}$$

$$G = 58357,43 \text{ кг/ч}$$

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{4 \cdot 58357,43}{3,14 \cdot 26,747 \cdot 3600 \cdot 20}} = 0,196 \text{ м.}$$

Принимаем диаметр патрубка равным 250 мм.

Для выходного потока:

$$\rho = 23,41 \text{ кг/м}^3$$

$$\omega = 20 \text{ м/с}$$

$$G = 58357,43 \text{ кг/ч}$$

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{4 \cdot 58357,43}{3,14 \cdot 23,41 \cdot 3600 \cdot 20}} = 0,210 \text{ м.}$$

Принимаем диаметр патрубка равным 250 мм

## 5. Автоматизация и контроль производства

### Описание схемы автоматизации.

Схема выделения этан - этиленовой фракции оснащена контрольно – измерительными приборами, средствами автоматизации и сигнализации, обеспечивающими безопасное ведение технологического процесса. Контроль осуществляется из центрального пункта управления.

Предусмотрены следующие основные узлы автоматического регулирования:

Газообразная ЭЭФ с верха емкости Е-30 направляется в межтрубное пространство теплообменников Т-12/1-2, где подогревается до температуры (25-50) °С поз. TR-1-1 за счет тепла прогидрированной ЭЭФ, поступающей в трубное пространство теплообменников Т-12/1-2 из холодильника Т-48.

Водородная фракция из осушителей С-2/1-2 подается в ЭЭФ перед подогревателем Т-50 через клапан регулятор расхода поз. FRC-2-1;

Температура ЭЭФ на входе в реактор Р-2/1-2 (60-100) °С поз. TRC-3-1 регулируется смешением потока подогретой ЭЭФ после Т-50 и потока холодной ЭЭФ направляемых в реактор гидрирования Р-2/1-2. Регулирование осуществляется двумя клапанами регуляторов температуры, работающих от одного датчика поз. TRC-3-1, установленными на линии подачи пара П4 в подогреватель Т-50 и линии подачи холодной ЭЭФ в реактор гидрирования Р-2/1-2.

Регулирование температуры ЭЭФ на входе во II - ю реакционную секцию осуществляется двумя клапанами регуляторов температуры, работающих от одного датчика поз. TRC-3-2, установленными на линии подачи ЭЭФ помимо холодильников Т-48а/1-2 (байпас Т-48а/1-2) и на выходе ЭЭФ из теплообменников Т-48а/1-2.

Регулирование температуры ЭЭФ на входе в III - ю реакционную секцию осуществляется двумя клапанами регуляторов температуры, работающих от одного датчик поз. TRC-3-3, установленными на линии подачи ЭЭФ помимо холодильников Т-48б/1-2 (байпас Т-48б/1-2) и на выходе ЭЭФ из теплообменников Т-48б/1-2.

Для предотвращения вывода из строя катализатора и реактора Р-2/1-2 в целом при высоких температурах в его реакционных секциях и снижения расхода ЭЭФ в реактор Р-2/1-2 предусмотрен ряд сигнализаций и блокировок:

- поз. TRSA-4-1 I-я реакционная секция сигнализация повышения температуры 180 °С и блокировка повышения температуры 200 °С;
- поз. TRSA-4-2 II-я реакционная секция сигнализация повышения температуры 180 °С и блокировка повышения температуры 200 °С;
- поз. TRSA-4-3 III-я реакционная секция сигнализация повышения температуры 180 °С и блокировка повышения температуры 200 °С;

ЭЭФ, охлажденная до температуры [(-16)-(0)] °С поз. TR-1-2 из теплообменника Т-12/2 направляется в колонну К-11А для отмывки.

## **6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **Введение**

Социальная ответственность - своего рода концепция , отражающая добровольное решение организации участия в улучшении жизни общества и окружающей среды. Так сказать вклад бизнеса в развитие общества в социальных, экономических и экологических сферах.

Можно разделить на два вида :

#### **1. Внутренняя ответственность:**

- безопасность труда
- доп. мед. и соц. страхование
- стабильность заработной платы
- поддержка социально значимой заработной платы

#### **2. Внешняя ответственность:**

- спонсорство и корпоративная благотворительность
- содействие охране окружающей среды
- взаимодействие с местным сообществом и местной властью
- готовность участвовать в кризисных ситуациях

## 6.1. Характеристики условий труда

Общая характеристика производства

Аппарат № К-11 - ректификационная колонна, служащая для выделения этилена из этан-этиленовой фракции.

Жидкая этан-этиленовая фракция с деметанизационной колонны № К-10 поступает на одну из питающих тарелок (22, 30, 36) ректификационной колонны № К-11.

Число тарелок - 75 шт.

Расстояние между тарелками - 325 мм.

Тарелки колпачковые, капсульного типа

Диаметр колонны - 1800 мм.

Высота - 31070 мм.

Давление в колонне - 25 кгс/см<sup>2</sup>

Температура верха колонны - 3 С

Температура куба колонны - минус 25°С

Давление в кипятильнике колонны - 25 кгс/см<sup>2</sup>

Технологическое оборудование расположено на открытой площадке.

Размеры наружной установки:

Длина L=5 м;

Ширина S=4 м;

Высота h=33 м

Технологический процесс выделения этилена является непрерывным.

Количество рабочих, обслуживающих установку, в смену – 5. Из них основных – 2, вспомогательных – 3. Рабочие работают 8 часов по 3 смены.

Таблица 1 Опасные и вредные факторы при эксплуатации и обслуживанию технологической установки риформинга.

Источник фактора, наименование работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Обход и осмотр оборудования. 2. Проведение технологических операций. 3. Обтяжка крепежа аппаратов и оборудования. 4. Отбор проб. 5.	1. Отклонение показателей микроклимата в помещениях; 2. Превышение уровней шума и вибрации; 4. Недостаточная освещенность 5. Применение токсичных, sensibilizing и раздражающих веществ.	1. Опасность падения с высоты 2. Электрический ток. 3. Применение горючих и взрывоопасных веществ 4. Применение токсичных, sensibilizing и раздражающих веществ. 5. опасность получения термических ожогов о нагретые поверхности 6. опасность физического взрыва	Параметры микроклимата, повышенная температура оборудования, устанавливаются СанПиН 2.2.4-548-96 [С-1]. Количество токсичных, sensibilizing и раздражающих веществ регламентируется ГН 2.2.5.1313-03 [С-2]. Уровень шума регламентируется СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [С-5]. Уровень вибрации регламентируется СИ 2.2.4/2.1.8.556-96 [С-4]. Действие подвижных частей производственного оборудования регламентируется ПОТ РО 14000-001-98 [С-6]. Электрический ток ПУЭ 7 [С-7]. Применение горючих и взрывоопасных веществ №123 ФЗ от 22.07.2008 [С-8].

### 6.1.1.Вредные производственные факторы проектируемого объекта:

#### *Микроклимат*

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма. Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Оптимальные параметры показателей микроклимата приведены в таблице 2.

Таблица 2 Санитарно-гигиенические условия в производственном помещении

Показатели	Производственное помещение - Операторная
Характеристика тяжести работы	Средней тяжести I б
Температура воздуха :Теплый период	21-23
Холодный период, <sup>0</sup> С	22-24
Температура поверхностей: Теплый период	20-24
Холодный период, <sup>0</sup> С	21-25

Относительная влажность, %,	40-60
Скорость движения воздуха, м/с,	0,1
Интенсивность теплового облучения	-

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата использованы защитные мероприятия:

-коллективные: системы местного кондиционирования воздуха, помещения для отдыха и обогрева.

- индивидуальные: спецодежда.

### *Шум и вибрация*

Шум и вибрация возникают при работе оборудования( насосов, электровентиляторов) и движении материальных потоков по трубопроводам.

При постоянном воздействии шума наблюдаются снижение слуха, различные вегетативные сдвиги и изменения сердечно-сосудистой системы. При

Негативное влияние на организм человека оказывает вибрация, длительное воздействие которой вызывает нарушение функций дыхания, способствует изменению ритма сердечной деятельности и сосудистого тонуса; отрицательно сказывается на работе зрительной, вестибулярной, двигательной систем, а также на работе органов женской половой сферы.

Шум на рабочих местах не должен превышать 65 дБ[С-5].

Средства защиты: от шума- применение нешумного оборудования, применение звукоизоляционных экранов, применение работниками специальных наушников; От вибрации- использование оборудования с виброзащитными рукоятками, специальной обуви и перчаток.

### *Вредные вещества*

Вещества, используемые на производстве катализата вызывают токсическое отравление организма человека. Предельно допустимые концентрации этих веществ приведены в таблице 3. Для защиты от действия вредных веществ применяется система вентиляции, система анализа превышения ПДК,

при превышении ПДК включается сигнализация и аварийная вытяжная вентиляция. В качестве индивидуальных средств защиты применяются фильтрующие противогазы марки А или БКФ.

### *Недостаток естественного освещения*

Наименование помещений, зрительной работы и вида деятельности	$E_{экс}$ , лк	$U_0$ , не менее	$R$ , не более	$R_a$ , не менее	$K_p$ , %, не более
Производственные процессы с дистанционным управлением.	50	0,4	-	20	-
Процессы с частичным применением ручного труда.	150		28	40	
Постоянная ручная работа на производственных установках.	300	0,6	22	80	20
Лаборатории	500		16		10

Для нормализации визуальной обстановки в рабочих помещениях представляют собой осветительные проемы, фонари, прожекторы, защитные устройства.

Таблица 3 – Нормы освещенности рабочих мест по ГОСТ Р 55710 - 2013

### 6.1.2 Опасные производственные факторы проектируемого объекта:

- опасность получения термических ожогов о нагретые поверхности, при пропуске пара, конденсата, горячих продуктов (так как температура 125 °С);
- опасность поражения статическим электричеством, так как на установке ведется обработка и перемещение веществ-диэлектриков, способных подвергаться электризации с образованием опасных потенциалов;
- опасность физического взрыва, так как объект эксплуатируется при повышенном внутреннем давлении (давление в колонне 25 кгс/см<sup>2</sup>, в кипятильнике колонны 25 кгс/см<sup>2</sup>)
- токсичность применяемых веществ, так как в производстве используются вещества которые могут привести к производственным отравлениям табл. 4.);
- опасность падения с высоты (в связи с расположением обслуживаемого оборудования на значительной высоте (33м) относительно поверхности земли);
- взрыво- и пожароопасность, так как используемые в процессе вещества являются горючими и способны образовывать с воздухом взрывоопасные смеси в широких диапазонах, с низким нижним пределом воспламенения (табл.5.);
- опасность поражения атмосферным электричеством, так как объект находится в районе с активной грозовой деятельностью;

## **Меры обеспечения безопасности при получении термических ожогов о нагретые поверхности, при пропуске пара, конденсата, горячих продуктов**

Осуществляют теплоизоляцию колонны несгорающим теплоизоляционным материалом, таким как стекловолокно, толщина которого обеспечивает температуру наружной поверхности не более 60<sup>0</sup>С.

Для защиты от термических ожогов рабочего персонала используют средства индивидуальной защиты:

- рукавицы комбинированные ГОСТ 12.4.010-75 (с огнезащитной пропиткой);
- костюм хлопчатобумажный с огнезащитной пропиткой (с накладками из термостойких материалов);
- куртка с утепляющей прокладкой ГОСТ 29335-92;
- спецобувь (ботинки кожаные, галоши, сапоги резиновые).

## **Меры защиты от статического электричества**

Колонна №11 является оборудованием, на котором ведется обработка и перемещение веществ-диэлектриков, способных подвергаться электризации с образованием опасных потенциалов. К веществам-диэлектрикам относятся: этан, этилен, пропан и пропилен с удельным объемным электрическим сопротивлением 1·10<sup>16</sup>Ом ·см.

Для защиты от статического электричества и вторичных проявлений молний проводятся следующие технические мероприятия:

- заземлением металлических частей технологического оборудования.
- Сопротивление - заземляющего устройства до 100 Ом.

-трубопроводы, вентиляционные короба, кожухи аппаратов представляют собой на всем протяжении непрерывную электрическую цепь, которая в пределах установки присоединена к контуру заземления не менее чем в двух точках.

-ручной инструмент из не искрящих цветных металлов.

слив и налив жидких продуктов осуществляется так, чтобы труба опускалась на дно и струя стекала со скоростью 0,5-0,7 м/с. Площадка вокруг емкостей забетонирована.

### **Меры защиты от физического взрыва**

Устанавливают на трубопроводе подачи пара в кипятильник предохранительный клапан марки АГА-7 с давлением срабатывания  $P = P_{изб} \cdot 1,15$ .

$$P_{изб} = 2.5 \text{ МПа}$$

$$P = 2.5 \cdot 1,15 = 2.875 \text{ Мпа}$$

### **Меры защиты от токсичности**

Для защиты от токсичности используется автоматический газоанализатор, настроенный на 0,8 ПДК наиболее токсичного вещества этилена. При достижении 0,8 ПДК включается аварийная вентиляция.

В перечень средств индивидуальной защиты (СИЗ) входят:

противогазы марки БКФ;

защитные очки;

дерматологические средства (моющие средства, мази, пасты и др.).

Таблица 4. - Токсичность обращающихся в колонне веществ

Наименование Веществ	Агрегатное состояние	Плотность кг/м <sup>3</sup>	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности (ГОСТ 12.1.00.7.- 76)	Характер воздействия на организм человека
Метан	Газ	0,5545	300	4	Газ наркотического действия
Этилен	Газ	0,974	100	4	Газ наркотического действия
Этан	Газ	1,0488	300	4	Газ наркотического действия
Пропилен	Газ	1,45	100	4	Газ наркотического действия

### Меры для предотвращения падения рабочих с высоты

- рабочим выдаются каски защитные ГОСТ 20010-93.
- при работе на высоте используются монтажные пояса, которые привязываются к надежным конструкциям (исключая трубопроводы).
- все переходы, площадки, лестницы, прямки, переходные мостики, этажерки должны иметь ограждения высотой не менее 1 м. Для обслуживания оборудования на высоте более 1,3 м должны быть устроены стационарные лестницы. Угол наклона лестниц не более 45 градусов.

## Меры по взрыво- и пожаробезопасности

### Меры по недопущению пожара:

Устанавливаются автоматические газоанализаторы, настроенные на 0,8НКПРП этилена, как наиболее опасного вещества. При пожаре включается сигнализация и приводится в готовность лафетная пожарная установка.

В качестве первичных средств для тушения пожаров используют: Огнетушители ОХП-10, ОВП-10. Установлены на пожарном щите.

Также на пожарном щите располагаются:

- вода в бочках вместимостью 200-250 л.;
- песок на специальных ящиках вместимостью 1,0 или 3 м<sup>3</sup> и комплектованный совковой лопатой (ГОСТ 3620-76);
- асбестовое полотно, предназначено для прекращения доступа кислорода в зону горения.

Таблица 5. - Взрыво - и пожароопасные свойства, обращающихся веществ в колоннах

Наименование вещества	t <sub>всп</sub> , С	t <sub>св</sub> , С	Пределы воспламенения, % (об.)		Категория взрывоопасности	Температурная группа
			нижн.	верхн.		
Метан	минус 187,9	537	5,28	14,1	ПА	T1
Этилен	минус 136,1	435	2,8	36,35	ПВ	T2
Этан	минус 152	515	3,3	12,5	ПА	T1
Пропилен	минус 107,8	410	2,3	11,1	ПА	T2

## Категорирование технологической установки по взрыво-и пожарной опасности

Таблица 6.- Классификация установки по взрыво-пожароопасности

Наименование производственных зданий, помещений, наружных установок	Категория взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий (НПБ 105-95)	Классификация взрывоопасных зон внутри и вне помещений для выбора и установки электрооборудования по ПУЭ			Группа производственных процессов по санитарной характеристике (СНИП 2.09.04-87)	Средства пожаротушения
		Класс взрывоопасности	Категория и группа взрывоопасных смесей	Наименование веществ, определяющих категорию и группу взрывоопасных смесей		
Корпус 202 - наружная установка	Ан	В-1г	ПВ-Т2	Пределные и непредельные углеводороды	3б	Огнетушители, песок, асбестовое полотно, вода

Категория  $A_n$  – взрывопожароопасная - технологическая установка, в которой обращаются горючие газы, ЛВЖ с температурой вспышки не более 28 °С; вещества, способные взаимодействовать с водой, кислородом воздуха и друг с другом, при условии, что на расстоянии 30 м от наружной установки величина расчетного избыточного давления взрыва  $\Delta P$  превысит 5 кПа.

## **Защита зданий и сооружений от разрядов атмосферного электричества (молниезащита)**

Объектом молниезащиты является наружная площадка с размерами: длина 5 м, ширина 4 метров, высота 33 м.

Согласно инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений (РД 34.21.122-87) установка производства этилена по степени опасности поражения молнией относится ко II категории (наружные установки, создающие зону В-Iг). Установка должна быть защищена от прямого удара молнии, вторичных проявлений и заноса высокого потенциала через наземные, надземные и подземные металлические коммуникации.

Объект находится в г. Казань, РФ, по карте интенсивности грозовой деятельности находим среднегодовую продолжительность гроз в часах: 20-40. Тогда среднегодовое число ударов молнии в 1 км<sup>2</sup> земной поверхности:  $n=2$ .

Ожидаемое количество  $N$  поражений молнией в год рассчитывается по формуле:

$$N=[(S+6 \cdot h) \cdot (L+6 \cdot h)-7,7 \cdot h^2] \cdot n \cdot 10^{-6}$$

$$N=[(5+6 \cdot 33) \cdot (4+6 \cdot 33)-7,7 \cdot 33^2] \cdot 2 \cdot 10^{-6}=0,033 \text{ раза в год.}$$

По найденному значению  $N$  и классу зоны, создаваемой объектом (В-Iг) выбираем тип зоны защиты Б.

Для защиты выбираем одиночный стержневой молниеотвод, установленный на расстоянии  $C=3$  м. (рисунок 6.1).

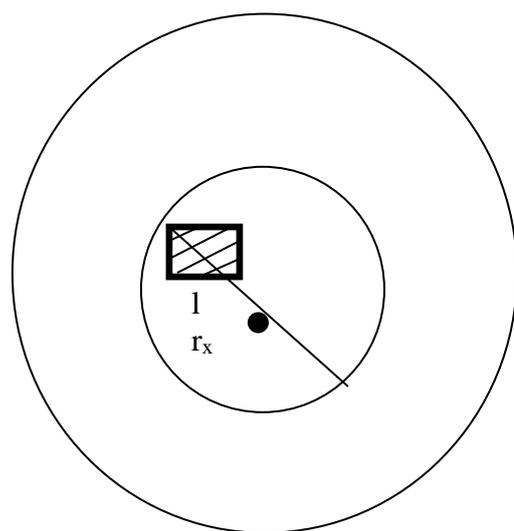
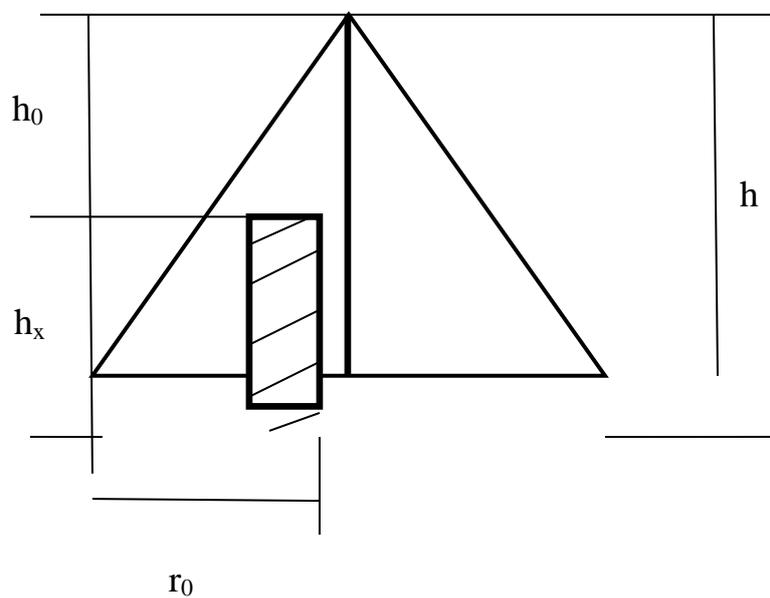


Рисунок 6.1 - Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

$h$  – требуемая высота молниеприемника;  $h_0$  – высота зоны защиты;  $r_0$  – радиус границы зоны защиты на уровне земли;  $r_x$  – требуемый радиус защиты на расчетной высоте защищаемого объекта  $h_x$  с учетом требований минимально допустимого приближения к нему молниеотвода.

$$C=3 \text{ м}$$

$$r_x = C + \sqrt{L^2 + S^2} = 3 + \sqrt{5^2 + 4^2} = 9.4 \text{ м}$$

Величина  $h_x$  равна высоте наружной установки,  $h_x=33$  м.

Высота молниеотвода  $h$  находится по следующей формуле:

$$h = (r_x + 1,63 \cdot h_x) / 1,5 = (9.4 + 1,63 \cdot 33) / 1,5 = 42,146 \text{ м}$$

Высота зоны защиты над землей:

$$h_0 = 0,92 \cdot h = 38.774 \text{ м}$$

Радиус зоны защиты на уровне земли:

$$r_0 = 1,5 \cdot h = 63.219 \text{ м}$$

## 6.2. Экологическая безопасность

Вредными факторами для окружающей среды могут оказаться:

- выброс в атмосферу технологического газа, недостаточно очищенного по нормам санитарных правил;
- выброс загрязненных радиоактивными веществами суспензий или растворов в реки или отстойники;
- загрязнение прилегающей территории отделенной от газового потока пылью, в которой присутствуют твердые радиоактивные частицы;
- воды от мойки внешних поверхностей оборудования и рабочих помещений.

В целях охраны окружающей среды от воздействия указанных факторов приняты следующие меры:

- отходящая из реактора газовая смесь проходит несколько ступеней очистки, которых достаточно для очистки технологического газа ;
- все загрязненные жидкости сбрасываются в спецканализацию и отправляются на глубинное захоронение или на длительное хранение;
- твердые отходы собираются в специальные контейнеры и направляются на переработку в действующее производство или на длительное хранение;
- мочные растворы собираются в специальном оборудовании и отправляются на переработку.

Радиационные загрязнения имеют существенное отличие от других.

Радиоактивные нуклиды – это ядра нестабильных химических элементов, испускающие заряженные частицы и коротковолновые ионизирующие излучения, попадая в организм человека, разрушают клетки, вследствие чего могут возникнуть различные болезни, в том числе и лучевая. Кроме того, период распада урана составляет  $4,5 \cdot 10^9$  лет.

При нормальной эксплуатации объектов атомной энергии и промышленности загрязнение окружающей среды радиоактивными нуклидами составляет ничтожно малую долю от естественного фона. Иная ситуация складывается при авариях на атомных объектах.

Защита населения и окружающей среды от действия источников ионизирующего излучения достигается соблюдением требований СП 2.6.1.799-99(ОСПОРБ-99). Здесь регламентированы сбор, удаление и обезвреживание твердых и жидких радиоактивных отходов и основные требования к проектированию и применению пылегазоочистки выбросов в атмосферу от радионуклидов.

Генеральный план предприятия составляется с учетом требований безопасности труда и санитарно-гигиенических требований.

При разработке генерального плана основы безопасности закладываются на стадии выбора площадки для предприятия, размещения отдельных цехов на предприятии.

Химическое предприятие располагают с подветренной стороны с учетом преобладающего направления ветров по отношению к жилой застройке.

В соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно – защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» предприятие, на котором осуществляется технологии получения оксидов урана, относится к 1-му классу (санитарно-защитная зона – 1000 м).

Зонирование – это совокупность мероприятий по разбиению предприятия на участки, в которых группируют производства и службы, имеющие сходства по функциональному назначению, условиям безопасности, санитарным условиям.

На предприятии организуют следующие зоны: предзаводская, производственная, подсобная, складская, сырьевая, товарных емкостей.

### **6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

В районе местоположения установки возможны следующие чрезвычайные ситуации:

#### **1. Природного характера:**

- низкие температуры;
- сильный ветер;
- лесные, торфяные пожары.
- затопление паводковыми водами

На данной установке, таковыми могут быть все из вышперечисленных факторов. Низкие температуры, как частое явление в северных регионах, могут привести к разгерметизации оборудования, отопления и соответственно к утечке газа. Предостережением такого фактора является постоянный контроль за работой оборудования и системой контроля температурного режима.

Сильные ветра, приводят к поломкам конструкций, быстрому распространению отравляющих газов на большие территории и т.д. Следствием этого могут пострадать много людей и животных. Основной мерой предостережения является контроль за герметизацией оборудования.

Высокие температуры и отсутствие дождей в летний период являются основными причинами возгорания газов и торфяных залежей, последствием которых могут стать пожары не только на производстве, но и возгорание окружающих лесов. Предотвращением этого является контроль за герметизацией оборудования, предотвращение утечек, избежание открытого огня на территории цеха, исправность изоляции и т.д. Для этого проводится постоянный контроль за метеоусловиями, производится обвалование установки.

#### 2. Техногенного характера:

- пожары – могут привести к взрыву оборудования и к гибели людей;
- взрывы газоздушных смесей;
- разливы вредных веществ – приводят к отравлению персонала;

Для предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного характера необходимо чётко соблюдать нормы технологического режима и правила техники безопасности.

#### 3. Социально-политического характера

- террористические акты.

### **6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Для работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, законодатель установил:

- 
1. На тяжелых и физических работах с вредными (особо вредными), опасными (особо опасными) условиями труда запрещается применение труда женщин.

2. Лицам, не достигших восемнадцатилетнего возраста, работа с вредными (особо вредными), опасными (особо опасными) условиями труда запрещается.
3. При приеме на работу с вредными (особо вредными), опасными (особо опасными) условиями труда проводится обязательные медицинские осмотры работников.

Таким образом, при отнесении условий труда к вредными (особо вредными), опасными (особо опасными) работникам, занятым на рабочем месте, которое относится к вредными (особо вредными), опасными (особо опасными) должны предоставляться компенсации не ниже предусмотренных постановлением Правительства РФ от 20.11.2008 № 870.

В соответствии с п. 1 данного постановления работникам, занятым на перечисленных видах работ, установлены следующие компенсации:

- сокращенная продолжительность рабочего времени - не более 36 часов в неделю в соответствии со ст. 92 ТК РФ;
- ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск - не менее 7 календарных дней;
- повышение оплаты труда - не менее 4% тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

## 7. Организация- экономика производства.

### АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

#### 7.1 РАСЧЁТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ

Производственная мощность действующей установки – это максимально возможный годовой выпуск готовой продукции в номенклатуре и ассортименте, предусмотренных на плановый период при наилучшем использовании производственного оборудования.

$$M = П \cdot T_{эфф} \cdot K_{об} ,$$

где П – производительность оборудования в единицу времени ( $П = 940,17 \text{ м/день}$ );

$T_{эфф}$  – эффективный фонд времени работы оборудования;

$K_{об}$  – количество однотипного оборудования, установленного в цехе.

Эффективный фонд времени оборудования:

$$T_{эфф} = T_{ном} - T_{ППР} - T_{ТО} ,$$

где  $T_{ном}$  – номинальный фонд работы оборудования;

$T_{ППР}$  – время простоя в ремонтах за расчетный период;

$T_{ТО}$  – время технологических остановок.

$$T_{ном} = T_{кал} - T_{вых} - T_{пр} ,$$

где  $T_{кал}$  – календарный фонд времени;

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

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

Таблица 1 – Баланс рабочего времени оборудования

Показатели	Количество дней	Количество часов
Календарный фонд времени	365	8 760
Режимные потери рабочего времени		
• выходные	-	-
• праздники	-	-
Номинальный фонд рабочего времени	365	8 760
Простой оборудования в ремонтах	14	336
Эффективное время работы оборудования за год	351	8424

Производственная мощность равна:

$$M = 940,17 \cdot 351 \cdot 1 = 330000 \text{ м/год} .$$

Для анализа использования оборудования рассчитываем экстенсивный и интенсивный коэффициенты.

Коэффициент экстенсивного использования оборудования равен:

$$K_{\text{экс}} = T_{\text{эфф}} / T_{\text{ном}} = 351 / 365 = 0,96.$$

Коэффициент интенсивного использования оборудования равен:

$$K_{\text{инт}} = Q_{\text{инт}} / Q_{\text{макс}} = 850 / 940,17 = 0,90,$$

где  $Q_{\text{инт}}$  – производительность единицы оборудования в единицу времени;

$Q_{\text{макс}}$  – максимальная производительность в единицу времени.

Интегральный коэффициент использования мощности:

$$K_{\text{им}} = K_{\text{экс}} \cdot K_{\text{инт}} = 0,96 \cdot 0,90 = 0,86.$$

Для определения фактического выпуска продукции рассчитывается производственная программа ( $N_{\text{год}}$ ):

$$N_{\text{год}} = K_{\text{им}} \cdot M = 0,86 \cdot 330000 = 283800 \text{ т/год},$$

где  $K_{\text{им}}$  – коэффициент использования мощности.

Вывод: установка работает на неполную мощность, степень загрузки равна 86%.

## 7.2 РАСЧЕТ СЕБЕСТОИМОСТИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ ПО ДЕЙСТВУЮЩЕМУ ПРОИЗВОДСТВУ

### 1.2.1 Расчет численности персонала

Таблица 2 – Расчет численности ИТР, служащих и МОП

Профессия	Категория	Тарифный разряд	Количество смен в сутках	Штатная численность
Начальник смены	ИТР	10	4	2
Технолог цеха		11	1	1
<b>Итого</b>				<b>3</b>
Аппаратчик	Производственный рабочий	6	4	12
Приборист		5	4	2
Электрик		5	4	2
Слесарь		5	4	6
<b>Итого</b>				<b>22</b>
Слесарь	Ремонтно-обслуживающий персонал	5	1	2
Приборист		5	1	1
Электрик		5	1	1

<b>Итого</b>				<b>4</b>
Уборщица	МОП	3	4	3
<b>ИТОГО</b>				<b>32</b>

Расчет баланса эффективного годового времени одного среднесписочного работника.

Таблица 3 – Баланс эффективного времени одного среднесписочного работника

№	Показатели	Дни	Часы
1.	Календарный фонд рабочего времени	365	2920
2.	Нерабочие дни <ul style="list-style-type: none"> <li>• выходные</li> <li>• праздничные</li> </ul>	72 -	
3.	Номинальный фонд рабочего времени	293	2344
4.	Планируемые невыходы <ul style="list-style-type: none"> <li>• очередные и дополнительные отпуска</li> <li>• невыходы по болезни</li> <li>• декретные отпуска</li> <li>• отпуск в связи с учебой без отрыва от производства</li> <li>• выполнение гос. обязанностей</li> </ul>	24 12 - - 2	
5.	Эффективный фонд рабочего времени	255	2040

Количество выходных дней в году, ночных смен определяется из графика сменности.

Таблица 4 – График сменности

Номер смены	Часы работы	Дни месяца															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	7 – 15	А	А	А	А	Б	Б	Б	Б	В	В	В	В	Г	Г	Г	Г
2	15 – 23	В	Г	Г	Г	Г	А	А	А	А	Б	Б	Б	Б	В	В	В
3	23 – 7	Б	Б	В	В	В	В	Г	Г	Г	Г	А	А	А	А	Б	Б
Отдых		Г	В	Б	Б	А	Г	В	В	Б	А	Г	Г	В	Б	А	А

## 7.2.2 РАСЧЕТ ГОДОВОГО ФОНДА ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ ПЕРСОНАЛА

Расчет годового фонда зарплаты ИТР, служащих и МОП производится на основании их окладов.

Общий фонд заработной платы рабочих за год:

$$З_{год} = З_{осн} + З_{доп},$$

где  $З_{осн}$  – основной фонд заработной платы рабочих, тыс. руб;

$З_{доп}$  – дополнительный фонд заработной платы рабочих, тыс. руб.

Основной фонд заработной платы для рабочих повременников:

$$З_{осн} = З_{тар} + Пр + Д_{н.вр.} + Д_{пр.дни} + Д_{бриг},$$

где  $З_{тар}$  – тарифный фонд заработной платы, тыс. руб.;

Пр – оплата премий, тыс. руб.;

$Д_{н.вр.}$  – доплата за работу в ночное время, тыс. руб.;

$Д_{пр.дни}$  – доплата за работу в праздничные дни, тыс. руб.;

$Д_{бриг}$  – доплата не освобожденным бригадирам, тыс. руб.

Тарифный фонд заработной платы:

$$З_{тар} = \sum Ч_{сп} \cdot T_{ст} \cdot T_{эфф.раб},$$

где  $Ч_{сп}$  – списочная численность рабочих данного разряда, чел.;

$T_{ст}$  – дневная тарифная ставка данного разряда, тыс. руб.

Размер премий берется из интервала 20–70 % от тарифного фонда заработной платы. Принимаем 30%.

По отношению к тарифному фонду заработной платы доплата за праздничные дни составит 30 %.

Доплата за работу в ночное время составляет 40%.

Дополнительная зарплата ( $З_{доп}$ ):

$$З_{доп} = (Д_n \cdot З_{осн}) / T_{эфф},$$

где  $Д_n$  – количество дней невыхода на работу по планируемыми причинам (отпуск, ученические, гособязанности).

Районный коэффициент – 1,5. Отчисления на социальные нужды на зарплату – 30 % от ( $З_{осн} + З_{доп}$ ).

Таблица 5 – Общий фонд заработной платы повременников

Наименование профессий	Списочная численность	Тарифный разряд	Тарифная ставка, руб./час	Основной фонд заработной платы, тыс. руб.					Дополнительный фонд з/п, тыс. руб.	Общий годовой фонд з/п, тыс. руб.	Общий фонд з/п с учетом районного коэф., тыс. руб.
				Тарифн. фонд	Премия	Доплата за ночн. время	Доплата за работу в празд.	Основной фонд з/п			
ИТР	3	11	115,00	703,8	211,14	281,52	211,14	1407,6	209,76	1617,36	2426,04
Аппаратчик	12	6	84,30	2063,66	619,099	825,466	619,099	4127,33	615,053	4742,38	7113,57
Приборист	3	5	78,50	480,42	144,126	192,168	144,126	960,84	143,184	1104,02	1656,04
Электрик	3	5	78,50	480,42	144,126	192,168	144,126	960,84	143,184	1104,02	1656,04
Слесарь	8	5	78,50	1281,12	384,336	512,448	384,336	2562,24	381,824	2944,06	4416,1
Уборщица	3	3	59,00	361,08	108,324	144,432	108,324	722,16	107,616	829,776	1244,66
Итого:	32			5370,5	1611,15	2148,2	1611,15	10741	1600,62	12341,6	18512,4

## 7.2.3 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКЦИИ

### Расчет годовой потребности в сырье и материалах

Определение затрат на сырье и материалы производим исходя из принятого объема производства, удельных норм расхода сырья и материалов и планово-заготовительных цен.

Таблица 6 – Расчет годовой потребности в сырье и материалах

Наименование сырья	Ед. изм.	Цена, тыс. руб.	Расход, т		Сумма затрат, тыс. руб.	
			На единицу готовой продукции	На весь объем производства	На единицу готовой продукции	На весь объем производства
ЭЭФ	т	5,5	1,4	397320	7,7	2185260
Водород	т	0,7	0,0027	766,26	0,00189	536,382
Итого					7,70189	2185796,4

### Расчет годовой потребности в энергии

Таблица 7 – Расчет потребной энергии

Наименование	Годовой расход	Цена ед., руб.	Годовая сумма затрат, тыс. руб.
Топливо и энергия:			
Электроэнергия, кВт/ч	1454694	4	5818,77
Итого			5818,77

Таблица 8 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование основных средств	Кол-во	Стоимость, тыс. руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления, тыс. руб.
1. Производственное здание		6000	5	300
2. Оборудование:				
2.1. Колонна ректификационная	2	6000	10	1200
2.2. Реактор	1	24700	10	2470
2.3.осушитель	1	18100	10	1810
2.4. Емкость	2	2000	10	400
2.5. Теплообменник	1	1200	10	120
2.6. Насос	3	36	10	10,8
2.7. Дефлегматор	1	3000	10	300
2.8. Кипятильник	1	850	10	85
2.9. Холодильник	1	1620	10	162
Итого:		57506		6557,8
<b>Итого общее:</b>				<b>6857,8</b>

Таблица 9 – Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции при заданном объеме производства ( $Q = 283800 \text{ т} / \text{год}$ )

Наименование статьи расходов	Ед. изм.	Заграты тыс. руб.	
		На 1 т.	На N год
1. Сырье	тыс. руб.	7,7019	2185796,40
2. Энергия на технологические нужды	тыс. руб.	0,0205	5818,77
3. З/П основных произв. рабочих	тыс. руб.	0,04456	12644,7386
4. Отчисления на СН (30%)	тыс. руб.	0,01337	3793,42158
Итого условно-переменных издержек	тыс. руб.	7,72239	2191615,17
5. Общепроизводственные накладные расходы			
5.1. РСЭО:			
- Амортизация оборудования	тыс. руб.	0,0242	6857,8
- Ремонт оборудования	тыс. руб.	0,0072	2057,34
- Заработная плата ремонтного персонала	тыс. руб.	0,0077	2197,01
- Отчисление на соц. нужды ремонтного персонала (30%)	тыс. руб.	0,0023	659,103
5.2. Заработная плата ИТР	тыс. руб.	0,0085	2426,04
- Отчисление на соц. нужды ИТР (30%)	тыс. руб.	0,0026	727,812
5.3. Заработная плата вспомогательного персонала	тыс. руб.	0,0044	1244,66
- Отчисление на соц. нужды вспомогательного персонала (30%)	тыс. руб.	0,0013	373,398
Итого условно-постоянных издержек	тыс. руб.	0,1162	32981,32318
Цеховая (производственная) себестоимость (1+2+3+4+5)	тыс. руб.	7,8386	2224596,49
6. Управленческие расходы (5% от цеховой себестоимости)	тыс. руб.	0,3919	111229,8247
Заводская себестоимость (цеховая себестоимость + стр.6)	тыс. руб.	8,2305	2335826,32
7. Коммерческие расходы (1% от заводской себестоимости)	тыс. руб.	0,0823	23358,263
Полная себестоимость (заводская себестоимость + стр.7)	тыс. руб.	8,3128	2359184,581
Условно-переменные издержки	тыс. руб.	7,8047	2214973,433
Условно-постоянные издержки	тыс. руб.	0,5081	144211,148

### 7.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Цену продукта определяем по формуле:

$$C = C \cdot (1 + P/100),$$

где  $C$  – полная себестоимость единицы готовой продукции;

$P$  – рентабельность продукции (%).

Рентабельность продукции можно принять от 10% до 25%.

$$C = 8,3128 \cdot (1 + 25/100) = 10,39 \text{ тыс. руб.}$$

## 7.4 АНАЛИЗ БЕЗУБЫТОЧНОСТИ ПО ДЕЙСТВУЮЩЕМУ ПРОИЗВОДСТВУ

Цель анализа – определение точки безубыточности, т.е. минимального объема продаж, начиная с которого предприятие не несет убытков. В точке безубыточности выручка от продажи продукции ( $V_{\text{ПР}}$ ) равна общим затратам на производство и реализацию продукции:

$$V_{\text{ПР}} = \text{Изд.}_{\text{пост}} + \text{Изд.}_{\text{пер}} \cdot$$

Определение точки безубыточности:

1. Аналитическим способом:

$$Q_{\text{кр}} = \frac{\text{Изд.}_{\text{пост}}}{C_{1\text{ГП}} - \text{Изд.}_{\text{пер}\ 1\text{ГП}}}, \text{ т,}$$

где  $C_{1\text{ГП}}$  – цена единицы готовой продукции (1 тонны);

$\text{Изд.}_{1\text{ГП}}$  – удельные переменные издержки (переменные издержки на единицу готовой продукции – 1 тонну).

$$Q_{\text{кр}} = \frac{144211,148}{10,39 - 7,8047} = 55781,2 \text{ т.}$$

2. Графическим способом:

Графически точка безубыточности определяется согласно рис. 1.

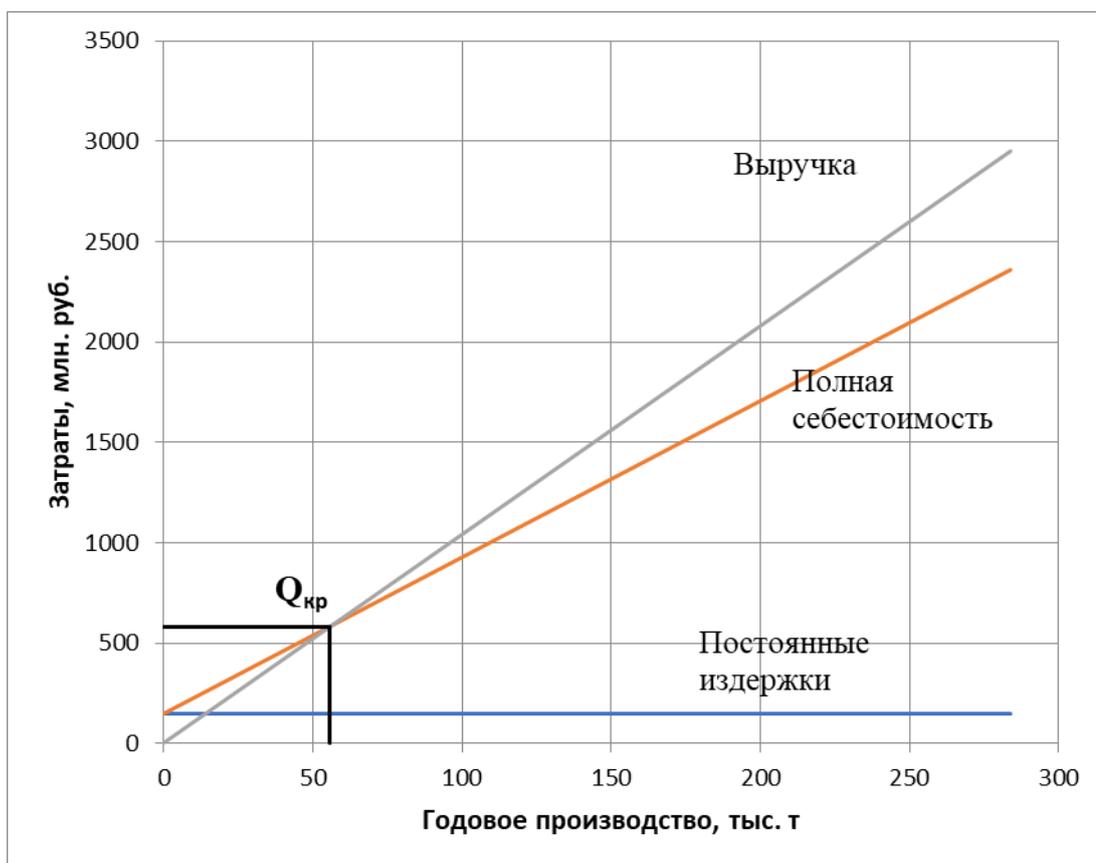


Рисунок 1 – График безубыточности

## 7.5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Таблица 10 – Техничко-экономические показатели

Наименование показателя	Ед. изм.	Плановый год
1. Объем производства	т	283800
2. Объем продаж	т	283800
3. Цена 1 тонны	тыс. руб.	10,39
4. Выручка от продажи (2*3)	тыс. руб.	2948682,00
5. Суммарные издержки	тыс. руб.	2359184,581
5.1. Издержки переменные	тыс. руб.	2214973,433
5.2. Издержки постоянные	тыс. руб.	144211,148
6. Операционная прибыль (4-5)	тыс. руб.	589497,42
7. Налог на прибыль (6*20%)	тыс. руб.	117899,48
8. Чистая прибыль (6-7)	тыс. руб.	471597,94
9. Себестоимость 1 тонны	тыс. руб.	8,3128
10. Стоимость основных средств	тыс. руб.	57506
11. Численность основных рабочих	чел.	32
12. Фондовооруженность (10/11)	тыс. руб./чел	1797,06
13. Фондоотдача (4/10)	руб./руб.	51,28
14. Фондоемкость (10/4)	руб./руб.	0,0195
15. Производительность труда (4/11)	тыс. руб./чел	92146,31
16. Рентабельность производства (8*100%/5)	%	20,0
17. Рентабельность продаж (8*100%/4)	%	16,0
18. Критический объем продаж (Qкр)	тыс. т.	55,76
19. Критический объем продаж (Qкр)	тыс. руб.	579346

Вывод:

В результате производства этан-этиленовой фракции объемом, равным 330000 т/год, мы получили следующие экономические показатели:

1. Себестоимость на 1 тонну 8,3128 тыс. руб.;
2. Выручка от продажи 2948682 тыс. руб.;
3. Чистая прибыль 471597,94 тыс. руб.;
4. Выплаты по налогам 117899,48 тыс. руб.;
5. Показатель фондоотдачи 51,28 руб./руб.;
6. Производительность труда 92146,31 тыс. руб./чел.;
7. Рентабельность производства 20%;
8. Рентабельность продаж 16%;
9. Точка безубыточности 55,76 тыс. т.

## 8. Заключение

Для данного аппарата были произведены технологический, конструктивно-механические расчеты. В механическом расчете определили толщины стенки корпуса аппарата, толщины стенки эллиптической крышки, толщины стенки выпуклого днища, подбор фланцев. В технологическом расчете определили тепловые расчеты. Уточненный расчет теплообменника, коэффициент теплоотдачи. В конструктивном расчете определили температурные напряжения в трубах и корпусе. Произведен расчет и подбор патрубков.

Так же в дипломном работе было разработано раздел «Финансовый менеджмент» где были определены точки безубыточности и раздел «Социальная ответственность» » где выявлены опасные и вредные факторы на данном производстве а так же Рассмотрены вопросы производственной и экологической безопасности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фарахов М.И., Лаптев А.Г., Минеев Н.Г. Насадочные контактные устройства для массообменных колонн // Химическая техника. №2. 2009.
2. Чурилин А.С., Зеленцова Н.И., Ковешников А.В. Вопросы потребления топливно-энергетических ресурсов на этиленовых установках // Тез. докл. 9-й Конференции по работе производств этилена и бензола, Звенигород, 20-21 октября 2010г. – С. 83-87.
3. Чурилин А.С., Фролкова А.К., Зеленцова Н.И. Снижение энергопотребления этиленового производства за счет использования открытого холодильного цикла // Химическая промышленность сегодня, 2011. – №12. – С. 42-47.
4. Чурилин А.С., Зеленцова Н.И., Артемов А.Е., Иванов В.А. Выделение этилена полимеризационной чистоты из сухих газов каталитического крекинга // Тез. докл. 11 -й Конференции по работе производств этилена и бензола, Звенигород, 16-18 октября 2012г. – С. 74-77.
5. Чурилин А.С., Фролкова А.К., Зеленцова Н.И. Разработка технологии выделения этилена из сухих газов каталитического крекинга // Тез. докл. Юбилейной научнопрактической конференции «Актуальные вопросы и перспективы развития ОАО «Казаньоргсинтез», Казань, 18 октября 2013г. – С. 71 -73.
6. Чурилин А.С., Зеленцова Н.И. Методы очистки и выделения этилена из сухих газов каталитического крекинга // Экспозиция Нефть Газ, 2013. – №1. – С. 49-53. 42
7. Ясавеев Х.Н., Лаптев А.Г., Фарахов М.И. Модернизация установок переработки углеводородных смесей. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2004. – 307 с.
8. Коршак В.В. Технология пластических масс, - М.: Химия, 2005. -559 с.
9. Поляков А. В., Дунтов Ф. И., Софиев А. Э. и др., Полиэтилен высокого давления, - М.: Химия, 1988. – 200 с.
10. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения, - М.: Химия, 2003. – 360с.
11. Голосов А.П., Динцес А.И. Технология производства полиэтилена и полипропилена, – М.: Химия, 1998. -216 с.
12. Под ред. Поляковой А.В. Производство полиэтилена высокого давления. Уч. Пособие для рабочих профессий, – М.: НИИТЭХИМ, 1979. - 92 с.
13. Бермен А.А., Вольфсон С.А. Кинетический метод в синтезе полимеров, - М.: Химия, 1993. – 243с.

- 14.Сутягин В.М. Химия и физика полимеров, - К.: Вища шк. Головное изд-во, 2003. – 399с.
- 15.Липатов Ю.С., Нестеров А.Е. Справочник по химии полимеров, - Киев: Наукова думка, 1991.-536с.
- 16.Никольский Б.П. Справочник химика, - Л.: Химия, 1993. -1162 с.
- 16.Лекции по менеджменту Кринициной З.В. 2002 г.
- 17.Горохов Н.Ю., Малев В.В. Бизнес – планирование и инвестиционный анализ – М.: Информационно – издательский дом Филинь, 1988. – 208с.
- 18.Бобков А.С., Блинов А.А., Николаева Т.Г. Охрана труда при производстве и переработке полимерных материалов, - М.: Химия, 1986.- 272 с.
- 19.Макаров Г.В., Васин А.Я. Охрана труда в химической промышленности,- М.: Химия, 1989. - 496 с.
- 20.Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии, - Л.: Химия, 1997. -567 с. 43
- 21.Варгафтик Н.Б. и др. Теплопроводность жидкостей, – М.: Издательство стандартов, 1998.-471с.
- 22.Основные процессы и аппараты химической технологии. Под ред. Ю.М. Дытнерского, - М.: Химия, 1993. -271 с.
- 23.Лопатинский В.Г. Термодинамические основы технологических процессов основного органического синтеза, - Томск.: Изд. ТПУ, 1989.
- 24.Мищенко К.П., Равделя А.А. Краткий справочник физико-химических величин, - Л.: Химия, 1994. -200 с.
- 25.Мескон М. Основы менеджмента./ Пер. с англ. – М.: Дело, 1992. – 702с.