

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

Институт Электронного обучения
Направление Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии
Кафедра Общей химии и химической технологии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА.

Тема работы
Разработка ректификационной колонны для получения моторного топлива

УДК _____

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-2К11	Исаев Роман Валерьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беляев В.М.	К.Т.Н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечина А.А.	К.Х.Н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чулков Н.А.	К.Т.Н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов В.В.	К.Т.Н., доцент		

Томск – 2016 г.

Перечень результатов обучения (профессиональных и универсальных компетенций), запланированных к достижению выпускниками данной образовательной программы

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области энерго-и ресурсосберегающих процессов и оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.
P4	Проектировать и использовать новое энерго-и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
P6	Осваивать и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность и надежность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
P7	Применять знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Использовать современные компьютерные методы вычисления, основанные на применении современных эффективных программных продуктов при расчете свойств материалов, процессов, аппаратов и систем, характерных для профессиональной области деятельности; находить необходимую литературу, использовать компьютерные базы данных и другие источники информации
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P9	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P10	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P11	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
P12	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

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

Институт физики высоких технологий
Направление подготовки (специальность) Машины и аппараты химических производств
Кафедра общей химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Тихонов В.В.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К11	Исаев Роман Валерьевич

Тема работы:

Расчёт ректификационной колонны для получения моторного топлива	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	<u>25.04.2016г. № 3106/с</u>

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <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>	Материалы производственной практики: - внутренний диаметр колонны $D_B = 2,6$ м; - общая высота колонны $H_c = 40,3$ м; - расчетное давление $P = 2,5$ МПа; - расчетная температура: 150°C ; - среда: фракция углеводородов - число тарелок в колонне суммарное $N = 60$ - вес одной тарелки 300 кг - днище аппарата эллиптическое с отбортовкой, равной 50 мм - тарелки клапанные двухпоточные. - район установки аппарата - г. Сургут.
--	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Реферат 1. Введение 2. Технологическая схема 3. Технологический и механический расчеты колонны 4. Экономическая часть 5. Социальная ответственность Заключение Список использованных источников Приложения
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Технологическая схема 1 лист А1 Чертеж колонны общего вида 2 листа А1 Технико-экономические показатели 1 лист А1
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент, кандидат химических наук Сечина Ася Александровна
Социальная ответственность	Профессор кафедры ЭБЖ, кандидат биологических наук Ахмеджанов Рафик Равильевич
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: Реферат	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	08.02.2016
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Беляев В.М.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 70 страниц, 6 рисунков, 7 таблиц, 15 источников, 4 листа чертежей: технологическая схема и сборочный чертеж аппарата.

Объектом исследования является ректификационная колонна.

В процессе работы проведены: механический расчет и гидравлический расчет аппарата.

В работе также предоставлены разделы социальной ответственности и финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Referat

The final qualifying work contains the 81 pages, the 6 drawings, the 7 tables, the 15 of sources, the 3 sheets of drawings: the technological scheme and assembly drawing machine.

The object of the study is distillation column.

In operation conducted: the mechanical and the hydraulic calculation of unit.

The work has also presents the topics of social responsibility and financial management, resource efficiency and resource conservation.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	11
1.1 Обзор литературы	11
1.1.1. Процесс ректификации.....	11
1.1.2. Тарельчатые аппараты.....	12
1.1.3. Насадочные массообменные аппараты.....	15
1.1.4. Преимущества современных ректификационных технологий	16
1.2. Описание технологической схемы производства.....	17
2. МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КОЛОННЫ	19
2.1 Расчет толщины стенки аппарата, работающего под избыточным давлением.....	19
2.1.1 Выбор материала аппарата.....	19
2.1.2 Толщина стенки цилиндрической части аппарата	19
2.1.3 Допускаемое напряжение.....	20
2.1.4 Толщина стенки днищ	21
2.2. Форма и основные размеры опор вертикальных аппаратов.....	23
2.3 Проверка устойчивости формы в сжатой зоне стенки цилиндрической опорной части и корпуса аппарата	26
2.3.1 Ветровая нагрузка	29
2.3.2 Проверка прочности фундамента.....	38
2.3.3 Определение толщины фундаментного кольца	38
2.3.4 Расчет аппарата на устойчивость	39
2.3.5 Расчет сварного шва, соединяющего опорную часть с аппаратом	41
2.4 Механический расчёт тарелки	41
2.4.1 Опорная обечайка	43
2.4.2 Расчет фланцевого соединения	44
2.4.4 Расчет фланца	47
2.4.5 Фланцы цельного типа	48
3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	49
3.1. Расчет капитальных затрат	49
3.2 Расчет текущих затрат, связанных с эксплуатацией оборудования	54
4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	68

4.1. Производственная безопасность	70
4.1.1. Анализ выявленных вредных факторов при исследовании и эксплуатации колонны.....	70
4.1.2. Анализ выявленных опасных факторов при исследовании и эксплуатации колоны.	73
4.2. Экологическая безопасность:	75
4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	76
4.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	80
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	81

Введение

При современных масштабах развития транспорта обеспечение его моторными топливами является важнейшей задачей. Автотранспорт потребляет более трети всей добываемой в мире нефти – ценнейшего сырья химической промышленности, поэтому возникает острая проблема расширения сырьевой базы для получения моторных топлив. Привлечение газового конденсата позволит найти подход к ее решению. Организация квалифицированной переработки газовых конденсатов может способствовать частичному обеспечению потребностей страны в светлых нефтепродуктах и удовлетворению собственных нужд отдельных регионов.

Основные запасы газовых конденсатов сосредоточены в Урало-Поволжье, Западной и Восточной Сибири, Казахстане, Средней Азии, Азербайджане. Для удовлетворения потребностей Сургутского региона в автобензине и дизельном топливе был сдан в эксплуатацию Сургутский завод по стабилизации газового конденсата.

Сургутский ЗСК входит в состав единого технологически увязанного комплекса предприятий ОАО ГАЗПРОМ в Тюменской области по добыче и переработке жидких углеводородов. При этом завод является основным производителем товарной продукции, поэтому от его успешной работы и развития в значительной степени зависят технико-экономические показатели всего вышеуказанного комплекса предприятий. Исходя из этого основной задачей развития Сургутского ЗСК является обеспечение выпуска высококачественной конкурентно-способной и вместе с тем высокорентабельной продукции.

Сырьем завода является газовый конденсат Уренгойского месторождения. Конденсаты месторождений Западной Сибири (Уренгойское, Ямбургское, Заполярное, Юбилейное) обладают широким фракционным составом с незначительным содержанием сернистых соединений (0.01-0.02%) и характеризуются низкой температурной застывания (-60°C). По углеводородному составу отличаются большим содержанием в них нафтеновых углеводородов, что обуславливает достаточно высокое значение октановых характеристик бензиновых фракций. В связи с этим головным процессом на ЗСК является установка стабилизации газового конденсата. На установке стабилизации получают нефтепродукты, являющиеся потенциальным сырьем для ряда установок, производящих ценную товарную продукцию: дизельное топливо, автомобильные бензины, сжиженные углеводородные газы для бытовых нужд.

Переработка поступающего на завод сырья (деэтанализированной НГК-смеси) осуществляется в три стадии. На первой стадии производится стабилизация НГК-смеси с получением полуфабрикатов (стабильного конденсата и ШФЛУ) и утилизируемого отхода - технологических сбросных газов. Стабильный конденсат и ШФЛУ направляются на вторую стадию переработки. Стабильный конденсат подвергается первичной переработке на УМТ, ШФЛУ - фракционированию на БИИ и УПП. Сбросные газы

направляются в топливную сеть завода, а их излишки подаются на Сургутский ГПЗ (для переработки совместно с попутным нефтяным газом). Выработанная на УМТ бензиновая фракция подвергается вторичной переработке на установке каталитического риформинга PetroFas и установке облагораживания моторных топлив ЛКС-35-64.

В настоящее время Сургутский ЗСК выпускает следующую товарную продукцию:

1. дизельное топливо ГШЗ (по ТУ 51-28) для умеренной и холодной зоны, получаемое путем смешения продуктов стриппингов К-2/1 и К-2/2 и кубового продукта колонны К-3 УМТ (с добавлением или без добавления депрессорных присадок);

2. автомобильный бензин марок Аи-92, и АИ-80, получаемый путем компаундирования стабильного катализата с установки риформинга, бензиновых погонов колонн К-3 и К-1 УМТ, изопентановой фракции с БИИ и МТБЭ;

3. дистиллят газового конденсата легкий (преимущественно реализуется в качестве сырья пиролиза) — бензин с верха К-3 УМТ с добавлением пентан-гексановой фракции с БИИ;

4. пропановая фракция (с УПП);

5. бутан технический (бутановая фракция с УПП);

6. изопентановая фракция (с БИИ);

7. пентан-гексановая фракция;

8. топливо для реактивных двигателей марки ТС-1 (с ЛКС-35-64).

Суммарная мощность завода по стабилизации составляет в настоящее время 8 млн.тонн/год, мощность по первичной переработке стабильного конденсата - 4 млн.тонн/год, мощность по вторичной переработке бензиновой фракции – 100 тыс. тонн/год (ОПУ КР) и 1 млн.тонн/год (ЛКС 35-64), проектная мощность гидроочистки и депарафинизации дизельного топлива по сырью 600 тыс.тонн/год., гидроочистки керосиновой фракции 750 тыс.тонн/год., проектная мощность по переработке ШФЛУ составляет 1440 тыс.тонн/год.

Поскольку стабилизация газового конденсата является ключевым звеном во всей технологической цепи, поэтому актуальным является вопрос увеличения объемов переработки сырья и улучшения качества продуктов установки стабилизации конденсата.

1. Технологическая часть

1.1 Обзор литературы

1.1.1. Процесс ректификации

Массообменными называют процессы, при которых вещество из одной фазы переходит в другую путем диффузии при определенных рабочих условиях. Одним из таких процессов и является процесс ректификации. Он представляет собой сложную перегонку, которая сопровождается взаимодействием поднимающихся паров со стекающей им навстречу жидкостью (флегмой), а также включает переходы вещества из жидкой фазы в паровую и из паровой в жидкую. В настоящее время ректификация широко применяется в нефтепереработке для разделения природных углеводородов нефти на фракции, в металлургии редких металлов – для предварительного обогащения растворов солей металлов, в производстве кислорода – для последующего очищения жидкой смеси газов путем предварительного сжижения воздуха» [1].

Ректификация осуществляется чаще всего в противоточных колонных аппаратах с контактными элементами (насадки, тарелки), аналогично используемыми в процессе абсорбции. Колонны имеют круглую форму, как правило, представляют сложные агрегаты, в которых колонны связаны с рядом вспомогательных веществ. Колонны больших размеров устанавливаются обычно под открытым небом (рис.1.1)



Рис. 1.1. Современные ректификационные колонны.

Процесс массообмена происходит по всей высоте колонны между стекающей вниз флегмой и поднимающимся вверх паром. Чтобы интенсифицировать процесс массообмена, применяют контактные элементы, позволяющие увеличить поверхность массообмена.[2]

В зависимости от способа организации контакта фаз колонные аппараты подразделяются на:

- Тарельчатые;
- Насадочные;
- Пленочные.

А в зависимости от рабочего давления подразделяются на:

- Атмосферные;
- Работающие под давлением;
- Вакуумные.[1]

Около 60 % всех изготавливаемых аппаратов в стране для ректификации представляют тарельчатые колонны, остальные - насадочные колонны [3].

Но в тоже время при правильной организации гидродинамики процесса насадочные колонны более экономичны, чем тарельчатые колонные аппараты.

Колонные аппараты конструктивно состоят из унифицированных и стандартных элементов: крышек, обечаек, днищ, штуцеров, фланцев, люков, опор, внутренних устройств (рис.1.2) [1].

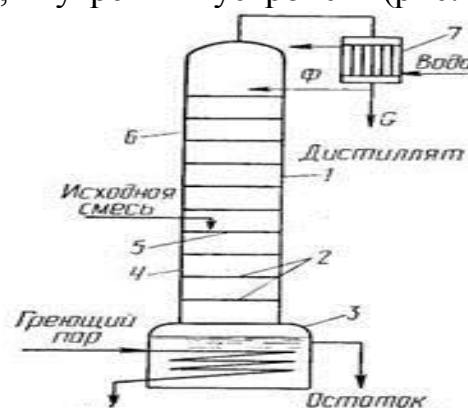


Рис. 1.2. Схема ректификационной колонны: 1 — корпус; 2 — тарелки; 3 — куб; 4, 6 — исчерпывающая и укрепляющая части колонны; 5 — питательная тарелка; 7 — дефлегматор

1.1.2. Тарельчатые аппараты

Тарельчатыми называют колонные аппарата, у которых внутренними устройствами в рабочей зоне являются тарелки. Они состоят из: «вертикального корпуса, сферической или эллиптической крышки, днища и жестко скрепленной с корпусом опорной обечайки *цилиндрической* или *конической* формы». Внутри корпуса колонны смонтированы тарелки, устройство и штуцера для жидкости и пара (рис.1.3) [1].

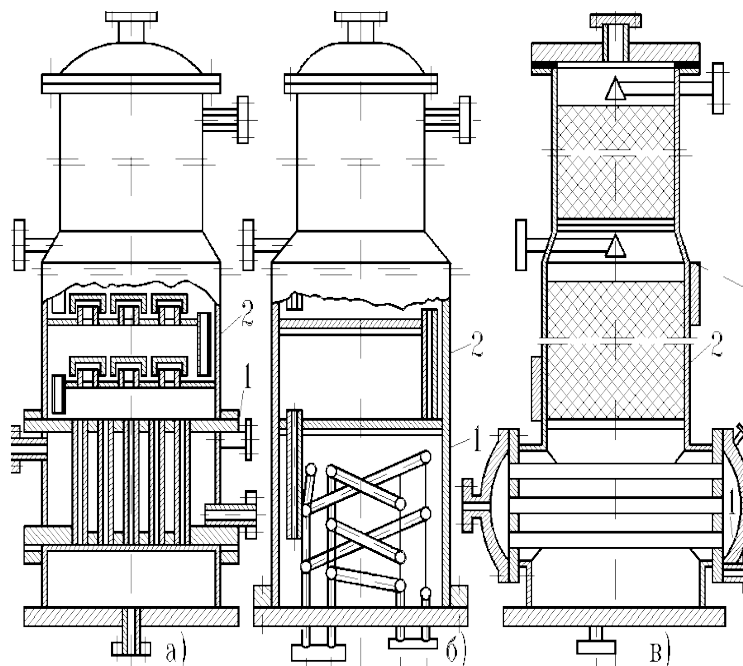


Рис. 1.3. Типовые конструкции колонн: а) колпачковая; б) ситчатая; в) насадочная.

В настоящее время в промышленности известно огромное количество различных конструкций тарелок.

Тарелки классифицируются:

- По способу передачи жидкости;
- По способу взаимодействия жидкости и паровой фаз;
- По характеру взаимодействующих фаз;
- По конструкции.

Ситчатые тарелки

Ситчатые тарелки представляют собой плоский перфорированный лист со сливным устройством. Площадь отверстий, в зависимости от производительности тарелки по пару, составляет от 8 до 30 % от площади сечения колонны [1].

Преимуществами ситчатой тарелки:

Простота изготовления;

Большое свободное сечение тарелки;

Высокая производительность.

Недостатками ситчатых тарелок можно считать: высокая чувствительность к точности установки (рис. 1.3б).

Решетчатые тарелки провального типа

Состоят из отдельных секций, в которых имеются прямоугольные прорезы. Площадь прорезей обычно составляет 10-30 % площади таких тарелок. Производительность таких тарелок в 1,5 раза больше колпачковых. Главным недостатком таких тарелок является их чувствительность к изменению расходов паровой и жидкой фаз.

К преимуществам таких тарелок можно отнести простоту конструкций, большую пропускную способность, и возможность использования загрязняющих жидкостей (рис.1.4).

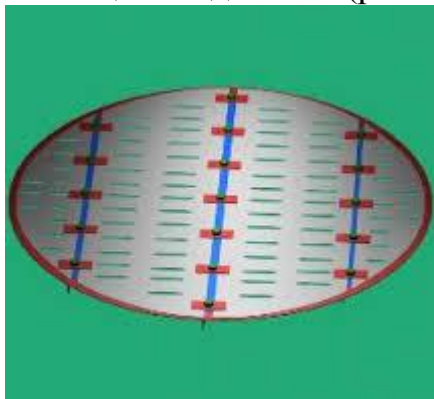


Рисунок 1.4. Решетчатая тарелка провального типа

Клапанные тарелки

Тарелки данного типа нашли широкое применение в нефтехимической промышленности, изготавливаются с дисковыми и прямоугольными клапанами. Тарелки работают в режимах прямоточного или перекрестного движения фаз.

Преимуществом данного вида тарелок это:

- Способность обеспечивать эффективный массообмен в большом интервале рабочих нагрузок;
- Несложность конструкции;
- Невысокая стоимость.

Примеры таких тарелок показаны на (рис. 1.5).

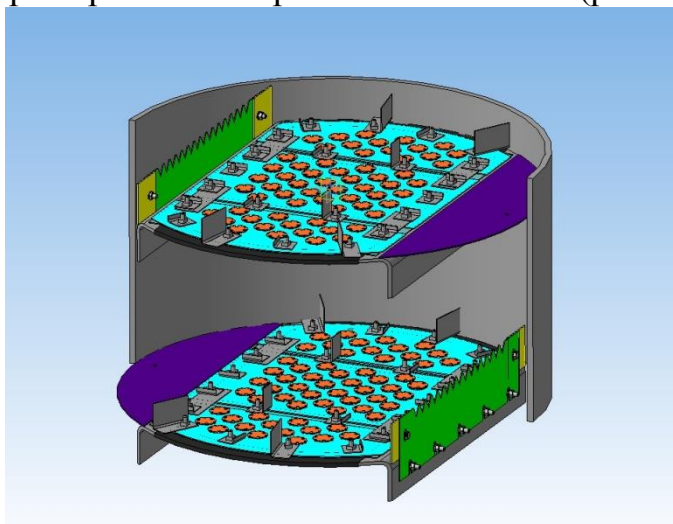


Рис. 1.5. Клапанная тарелка

1.1.3. Насадочные массообменные аппараты

Массообменные аппараты, в которых для образования контакта между фазами служат насадочные тела различной формы, являются широко используемым типом аппаратов.

Для исключения неравномерного орошения жидкости по насадке, насадочное пространство разделяют на слои и устанавливают между слоями насадки, которые собирают жидкость и распределяют ее вновь по всему сечению аппарата (рис.1.6в).

Типы насадок

Насадки применяются для заполнения массообменных аппаратов.

Насадки должны обладать следующими свойствами:

- Большой удельной поверхностью
- Большим свободным объемом
- Оказывать небольшое сопротивление потоку газа
- Обладать коррозионной стойкостью
- Иметь небольшой объемный вес.

Насадки классифицируются на:

- Регулярные
- Нерегулярные.

Нерегулярные насадки

Применяются в условиях, протекающих под давлением или не глубокого вакуума. Данные насадки имеют одно большое преимущество — это отсутствие проблемы выбора материала (рис.1.6).

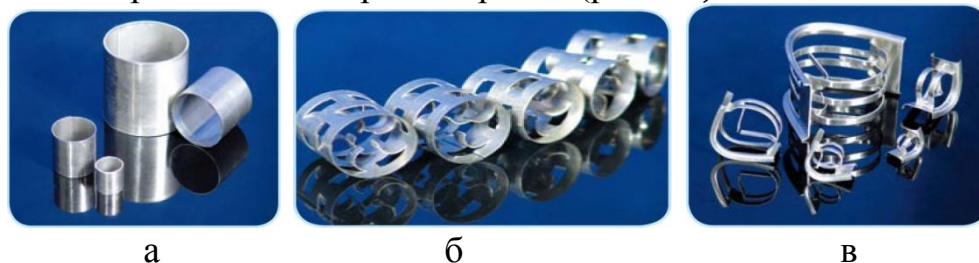


Рис. 1.6. Нерегулярные (насыпные) насадки:

а — кольца Рашига; б — кольца Пауля; в — седловидные

Кусковая насадка. Достоинство: дешевизна, химическая стойкость. Недостатки малая удельная поверхность, малый свободный объем.

Кольцевая насадка. Наиболее известный вид — кольца Рашига, имеет небольшую стоимость, но малоэффективны.

Проволочная насадка, такая насадка имеет большой свободный объем и большую удельную поверхность.

Регулярные насадки

Особенно пригодна для процессов вакуумной ректификации. К недостатком следует отнести, их высокую чувствительность к равномерности орошения.

Простейшими регулярной насадкой является плоскопараллельная-представляющая собой пакеты, набираемые из плоских вертикальных пластин, расположенных параллельно с одинаковым зазором.

Недостатком таких насадок является:

- Высокая металлоемкость;
- Плохое перераспределение жидкости;
- Низкая эффективность.

Для устранения последнего недостатка листы насадок выполняют с рифлением.

Щелевая или сотовая насадка изготавливается из вертикальных листов, сдвинутых один относительно другого, образуются изолированные вертикальные колонны.

К преимуществам этой насадки можно отнести их высокую удельную поверхность и возможность нагрева или охлаждения контактирующих фаз.

К недостаткам следует отнести неравномерность толщины пленки жидкости в колонне, накопление жидкости в углах канала (рис.1.7)

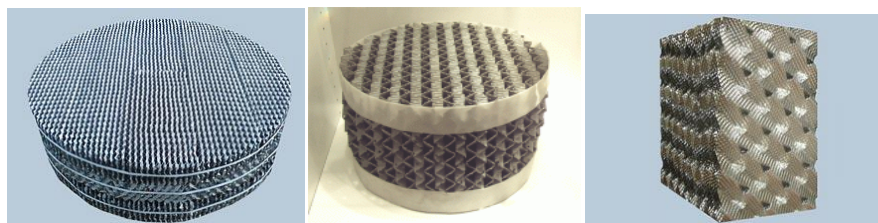


Рис 1.7. Конструкции регулярных насадок

1.1.4. Преимущества современных ректификационных технологий

Современные технологии по сравнению с ранее существовавшими технологиями ректификации, реализуемой в тарельчатых и насадочных колоннах, имеет следующие преимущества:

1. Значительное снижение габаритных показателей колонн и металлоемкости - высота ректификационных колонн уменьшена в 3-10 раз по сравнению с традиционными тарельчатыми и насадочными колоннами при одинаковом диаметре обечайки.

2. Быстрый выход на рабочий режим, благодаря малому содержанию разделяемых веществ в колонне.

3. Возможность разделения веществ с ограниченной термической стойкостью (термическое разложение, конденсация и поликонденсация, смолообразование, химический переход в нежелательную примесь), обусловленная малым временем нахождения жидкой фазы в зоне проведения ректификационного процесса - от 2 до 60 секунд.

4. Повышение эксплуатационной надежности при полном отсутствии условий отложения загрязнений на внутренних полостях колонн. Это происходит за счет создания благоприятного строго контролируемого диапазона температур на внутренних поверхностях колонн, использования

только вертикальных поверхностей без застойных зон, постоянно омываемых флегмой, и, как указывалось выше, малого времени контакта жидкой фазы с поверхностью.

5. Минимальная потребность в средствах автоматизации для управления собственно колонной.

6. Повышенная промышленная и экологическая безопасность за счет снижения рисков потенциальной опасности установок при их эксплуатации - снижение в 50-100 раз количества разделяемых веществ внутри колонны.

7. Повышение сейсмической устойчивости колонн, увеличение сложности поражения колонн воздушными террористами, снижение площади наземных разрушений при падении высотных конструкций за счет возможности использования невысоких несущих металлоконструкции сооружений для размещения колонн и вспомогательного оборудования установок.

8. Повышение надежности методов моделирования и масштабирования. Базовым элементом колонн является одна ректификационная трубка, в которой смоделированы все необходимые условия проведения процесса. [4]

Заключение

Следует отметить что одно из направлений технического прогресса в химической и нефтехимической промышленности это разработка и применение аппаратов большей единичной мощности. Раньше считалось, что для увеличения производительности и эффективности колонн необходимо увеличить их высоту и диаметр. Однако с увеличением диаметра колонн возрастает неупорядоченное движение взаимодействующих фаз. Все это приводит к снижению массообмена в колонне. В связи с этим производительность аппаратов следует повышать не увеличением размеров колонн, а применением контактных устройств, обладающих высокой производительностью по жидкости и пару.

Известно, что производительность тарелок повышается при контактировании фаз в прямотоке. Для того чтобы обеспечить прямоточное движение фаз и исключить его распространение на всю тарелку можно устанавливать на тарелке продольные и поперечные перегородки, обеспечивающие зигзагообразное движение жидкости по тарелке, а также создающих условия для движения потоков смеси по тарелке в противоположном и пересекающихся направлениях.

1.2. Описание технологической схемы производства

Ввиду того, что технологические схемы режима стабилизации аналогичны для всех ниток, описание приводится только для одной технологической нитки.

Нефтегазоконденсатная смесь (НГК) поступает на технологическую нитку из общего коллектора, НГК-смесь проходит последовательно трубное пространство теплообменников Т-1/1,2,3, где нагревается до 80-120°C

обратным потоком стабильного конденсата, выходящим из кубовой части стабилизатора К-1 и подается в среднюю часть колонны стабилизации

К-1 на 20 или 22 или 24 тарелку, считая сверху.

Колонна стабилизации К-1 предназначена для разделения конденсата на стабильный конденсат (СК) и широкую фракцию легких углеводородов (ШФЛУ) путем ректификации.

Для защиты аппарата от превышения давления на шлемовой линии установлены два пружинных предохранительных клапана, которые сбрасывают пары ШФЛУ на факел при превышении давления от рабочего на 15%.

Разделение НКГС в стабилизаторе К-1 осуществляется при давлении 0.6-1.2 МПа и температуре: куба - не более 235 °С, верха не более 95°С.

Пары ШФЛУ с верха стабилизатора К-1 направляются в параллельно работающие воздушные холодильники ВХ-1/1,2,3 где охлаждаются до 20-50°С, конденсируются и поступают в емкость орошения Е-1 на линии сбросных газов. На ВХ-1/1,2,3 смонтирована система орошения хим. очищенной водой трубных пучков холодильников-конденсаторов в жаркий период года. Часть сбросных газов отводится в топливную сеть завода. Имеется возможность сброса газов из Е-1 на факел.

Жидкая фаза емкости Е-1 забирается насосами Н-1 и частично подается на верхнюю тарелку стабилизатора К-1 в качестве орошения, а избыток проходит через воздушный холодильник ВХ-2, где доохлаждается и выводится с установки в качестве готовой продукции ШФЛУ. Балансовая часть ШФЛУ подается на дальнейшую переработку на блок извлечения изопентана и узла получения пропана, а оставшаяся часть выводится в парки товарно-сырьевой базы. С куба стабилизатора К-1 балансовое количество стабильного конденсата забирается из теплообменников Т-1/1,2,3 где отдает тепло НКГС.

2. Механический расчет элементов колонны

2.1 Расчет толщины стенки аппарата, работающего под избыточным давлением

Исходные данные:

- внутренний диаметр колонны $D_B = 2,6$ м;
- общая высота колонны $H_{\text{к}} = 40,3$ м;
- расчетное давление $P = 2,5$ МПа;
- расчетная температура: 150°C ;
- среда: фракция углеводородов
- число тарелок в колонне суммарное $N = 60$ шт
- вес одной тарелки 300 кг
- днище аппарата эллиптическое с отбортовкой равной 50 мм
- тарелки клапанные двухпоточные.
- район установки аппарата - г. Сургут.

2.1.1 Выбор материала аппарата

Руководствуясь общими принципами выбора материалов и учитывая максимальную рабочую температуру 150°C , давление 2,5 МПа и среднюю коррозионность среды, выбираем низколегированную сталь 09Г2С (ГОСТ 14249–89 с изм. 2011г), которая имеет следующие механические характеристики:

- нормативное допускаемое напряжение на растяжение $[\sigma]^* = 171$ мПа;
- предел текучести $\sigma_T = 256,5$ МПа;
- предел прочности $\sigma_B = 430$ МПа;
- коэффициент линейного расширения $\alpha = 14,0 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$;
- модуль продольной упругости $E = 1,86 \cdot 10^5$ МПа.

2.1.2 Толщина стенки цилиндрической части аппарата

Цилиндрическая часть ректификационной колоны чаще всего является тонкостенный цилиндр, толщина стенки которого определяется согласно ГОСТ Р 52857.5-2007 следующей формулой:

$$S = \frac{P_p \cdot D_e}{2[\sigma] \cdot \varphi - P_p} + C ; \quad (2.1)$$

Где:

S - расчетная толщина, м;

P_p - расчётное избыточное давление, Па; D_B - внутренний диаметр аппарата, м; $[\sigma]$ - допускаемое напряжение на растяжение материала аппарата, Па;

φ - коэффициент прочности продольного сварного шва; [11, П.1];

C - прибавка на коррозию, 1÷6 м.

При расчете на прочность аппаратов, содержащих взрывопожароопасные среды. Расчетное давление принимают на 10 %, но не менее, чем на 0,2 МПа больше технологического.

Это позволяет избежать загрязнения окружающей атмосферы и обеспечивает нормальную эксплуатацию технологических установок.

Следует отметить, что при механическом расчете аппаратов используется избыточное давление или значение расчетного давления принимается по производственным данным.

В нашем случае $P_p = 2,5$ МПа.

2.1.3 Допускаемое напряжение

Определяется по формуле:

$$[\sigma] = \eta \cdot [\sigma^*]; \quad (2.2)$$

Где:

η – поправочный коэффициент, равный 0,9 для аппаратов, содержащих взрывопожароопасную среду;

$[\sigma^*]$ – нормативное допускаемое напряжение.

$$\sigma^* = \sigma_T / n_T$$

$$[\sigma] = 0,9 \cdot 171 = 153,9 \text{ МПа};$$

Величину прибавки на коррозию принимаем равной $C = 1$ мм.

Теперь имеем данные для определения толщины стенки колоны.

$$S = \frac{2,5 \cdot 2,6}{2 \cdot 153,9 \cdot 1 - 2,5} + 0,001 = 0,022 \text{ м} = 22 \text{ мм}$$

Принимаем ближайшую большую величину по сортаменту 22 мм.

Учитывая, что наряду с внутренним давлением аппарат испытывает дополнительные нагрузки, толщина обечайки в нижней части должна быть увеличена. Эта добавка ΔS принимается в зависимости от высоты колоны согласно табл. 2 [11]. В нашем случае $\Delta S = 4$ мм. Тогда толщина обечайки внизу колоны равна:

$$S_n = S + \Delta S = 22 + 4 = 26 \text{ мм}$$

2.1.4 Толщина стенки днищ

Для цилиндрических аппаратов применяют эллиптические днища и крышки (рис.2.1).

Толщину стенки эллиптического днища определяют в его вершине, где поверхность имеет небольшой радиус кривизны, по формуле:

$$S = \frac{P_p R}{2[\sigma] \varphi - 0,5 P_p} + C,$$
$$S = \frac{2,5 * 2,6}{2 * 153,9 * 1 - 2,5 * 0,5} + 0,001 = 0,022 \text{ м} = 22 \text{ мм}$$

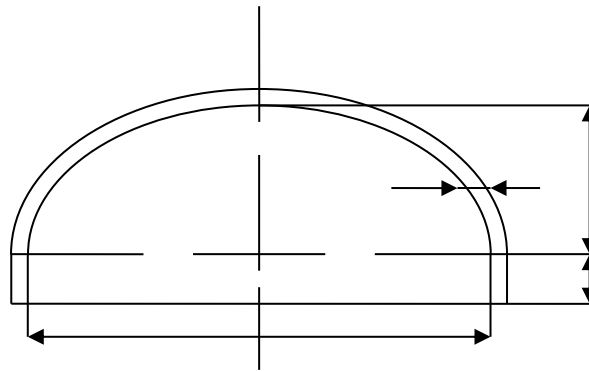


Рис. 2.1. Эллиптическое днище

Для стандартных днищ с $R=D_v$ и $H=0,25*D_v$ толщина стенки днищ близка к толщине стенки цилиндрической обечайки.

В нашем случае толщину стенки верхнего и нижнего днища принимаем равной 26 мм.

Высота днища складывается из высоты выпуклой части днищ и высоты цилиндрического борта. [11, таб. 4]

$$h \geq S + 15 \text{ мм при } S < 20 \text{ мм};$$

$$h \leq S + 15 \text{ мм при } S \geq 20 \text{ мм}.$$

При выполнении этих условий шов приварки днища к корпусу находится вне напряженной зоны.

Существует два способа соединения опоры с корпусом аппарата (рис. 2.2):

- в первом, более распространенном, необходимо увеличение цилиндрического борта днища;
- второй используется лишь в случаях, когда рабочая температура не превышает 250°C . В последнем случае диаметр опорной обечайки равен диаметру корпуса аппарата и поэтому нет необходимости увеличивать цилиндрический борт днища

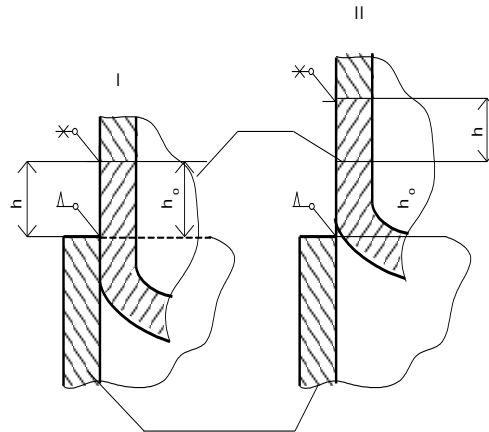


Рис.2.2 Способы соединения опоры с корпусом аппарата:
а) внахлестку,
б) ровного диаметра с корпусом.

2.1.5 Проверка напряжений в нижней части стенки аппарата и в нижнем днище при проведении гидравлических испытаний

Напряжение в нижней части колонны определяется по формуле:

$$\delta = \frac{P_{\Gamma} [D_B + (S - C)]}{2 \varphi (S - C)} \leq 0,9 \delta_{\Gamma}, \text{ МПа} , \quad (2.3)$$

где P_{Γ} — гидравлическое давление в нижней части аппарата, МПа.

$$P_{\Gamma} = P_{\text{пр}} + H \cdot 10^{-2} \text{ МПа}, \quad (2.4)$$

где $P_{\text{пр}}$ - пробное давление, МПа;

H - высота столба воды в аппарате, м.

$$P_{\text{пр}} = 1,25 \cdot P_p \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}; \quad (2.5)$$

$[\delta]_{20}$ - допускаемое напряжение при нормальной температуре (20°C);

$[\delta]_t$ - допускаемое напряжение при расчетной температуре.

$$P_p = 2,5 \text{ МПа},$$

$$[\delta]_{20} = 196 \text{ МПа}; [\delta]_t = 153,9 \text{ МПа} ,$$

$$P_{\text{пр}} = 1,25 \cdot 2,5 \cdot \frac{196}{171} = 3,58 \text{ МПа}$$

$$\text{или } P_{\text{пр}} = 2,5 + 0,3 = 2,8 \text{ МПа}.$$

В расчете используем большую величину, то есть $P_{пр}=3,58$ МПа.

$$P_r = 3,58 + 40,3 \cdot 10^{-2} = 3,98 \text{ МПа.}$$

Напряжение в нижней части колонны:

$$\delta = \frac{3,98 \cdot [2,6 + (0,026 - 0,001)]}{2 \cdot 1 \cdot (0,026 - 0,001)} = 208,2 \text{ МПа}$$

$$0,9 \delta_T = 0,9 \cdot 256,5 = 230,9 \text{ МПа}$$

$\delta < 0,9 \delta_T$, полученная толщина стенки $S=26$ мм обеспечивает прочность обечайки при гидравлическом испытании.

При пневматическом испытании напряжения не должны превышать $0,8\delta_T$.

2.2. Форма и основные размеры опор вертикальных аппаратов

Опоры (рис. 2.3) представляют собой обечайки, снабженные фундаментным кольцом из полосовой или листовой стали. Кольцо крепится к фундаменту болтами.

Материал деталей, из которых состоит опора, выбирают исходя из условий эксплуатации с учетом свариваемости, коррозионной стойкости, надежности используем материал корпуса сталь 09Г2С.

Толщина обечайки опоры не превышает толщину стенки нижнего днища. Примем ее равной 26 мм.

Размер фундаментного кольца ОСТ 26-467-72 устанавливает следующие соотношения для внутреннего D_1 наружного D_2 диаметров опорного кольца:

$$D_1 = (0,9 \div 0,95) D_n \quad (2.6)$$

$$D_2 = (1,08 \div 1,18) D_n \quad (2.7)$$

D_n – наружный диаметр аппарата.

$$D_1 = 2,652 \cdot 0,93 = 2,466 \text{ м}$$

$$D_2 = 1,1 \cdot 2,652 = 2,917 \text{ м}$$

Выбранные размеры поверхности опорного кольца должны обеспечить прочность фундамента, для чего необходимо, чтобы напряжение на опорной поверхности фундаментного кольца было меньше допускаемого напряжения на сжатие материала фундамента. Допустимое напряжение (удельная нагрузка) для кирпичной кладки марки 200 не более 4,4 МПа; для бетона

марки 100 - не более 8 МПа; марки 200 - не более 14 МПа; марки 300 - не более 23 МПа.

Толщина фундаментного кольца рассчитывается; ее, как правило, принимают не менее 12 мм.

Опорные лапы служат для крепления аппарата к фундаменту. Они выполняются в виде столиков, состоящих из верхнего опорного элемента (накладки) и двух ребер толщиной $10 \div 20$ мм.

Высоту опорных лап (рис.2.3) выбирают в пределах:

$$0,015 H_1 \geq h \geq 0,01 H_1 + 50 \text{ мм},$$

где H_1 - общая высота аппарата, включая высоту опорной обечайки, мм.

$$H_1 = H_{\text{ц}} + H_{\text{оп}} + H_{\text{в.д.}} + h_0,$$

где $H_{\text{ц}} = 39$ м - высота цилиндрической части корпуса;

$H_{\text{оп}}$ - высота опорной обечайки;

$H_{\text{в.д.}}$ - высота верхнего днища, включая толщину стенки;

h_0 - расстояние от кольцевого шва днища до линии приварки опоры к аппарату.

$$H_1 = 40,3 + 2 + 0,05 = 42,35 \text{ мм}.$$

Предположим, что $h = 0,015 \cdot 42,35 = 0,635$ м.

Диаметр отверстий под фундаментные болты принимают в 1,5 раза больше диаметра болтов, устанавливая под гайки подкладные шайбы "5" диаметром 100-130 мм и толщиной $0,5 \delta_{\text{к}}$. Расстояние между ребрами $l_1 = 4d + 20$ мм, но не более 160 мм (где d - диаметр фундаментного болта, мм).

Толщина верхней накладки или кольца $\delta_{\text{в}} = 0,8 \delta_{\text{к}}$ (кольцо используют в качестве верхнего опорного элемента при небольшом расстоянии между фундаментными болтами).

Длина накладки равна l_1 плюс четыре толщины ребра.

Напомним, что количество опорных лап равно числу фундаментных болтов, диаметр и число которых выбирается в зависимости от общей высоты H_1 и диаметра аппарата.

Если высота аппарата больше 20 м, число и диаметр болтов принимается произвольно и затем проверяются расчетом.

Для рассматриваемого случая $H_1 = 42,35$ м, $D = 2,6$ м. Примем предварительно диаметр фундаментных болтов - 30 мм и число - 12 мм. [11, таб. 6].

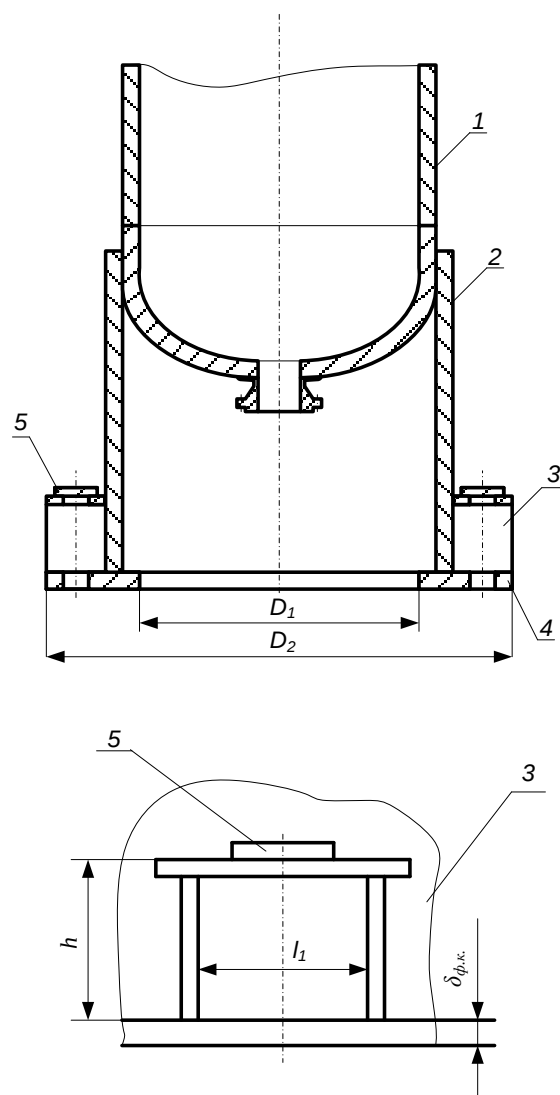


Рис.2.3 Опора вертикального аппарата

- 1 – корпус аппарата;
- 2 - обечайки опоры;
- 3 – лапа;
- 4 - фундаментное кольцо;
- 5 - подкладная шайба.

2.3 Проверка устойчивости формы в сжатой зоне стенки цилиндрической опорной части и корпуса аппарата

Явление потери устойчивости формы цилиндрической стенки в сжатой зоне аналогично по своей сущности продольному изгибу сжатых стержней. Нарушение формы - вмятие может произойти при напряжениях меньше предела текучести материала стенки.

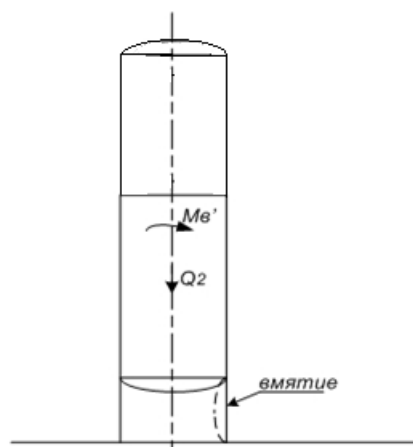


Рис. 2.6 Схема нагрузок, действующих на вертикальный аппарат.

Устойчивость формы опорной части проверяют как для цилиндрической обечайки под действием осевой сжимающей силы $Q = Q_2$ и изгибающего момента M_B . Для обеспечения устойчивости должно быть выполнено условие:

$$\frac{Q_2}{Q_{\text{доп}}} + \frac{M_B}{M_{\text{доп}}} \leq 1; \quad (3.37) \text{ [6 стр.39]}$$

Где:

$Q_{\text{доп}}$ - допускаемая осевая сжимающая сила;

$M_{\text{доп}}$ - допускаемый изгибающий момент.

$$M_{\text{доп}} = 0,785 \cdot \varphi_i \cdot [\sigma] \cdot D^2 \cdot (S-C); \quad (3.38) \text{ [6 стр.39]}$$

Допускаемая осевая сжимающая сила:

$$Q_{\text{доп}} = \pi \cdot D \cdot (S-C) \cdot \varphi_c \cdot [\sigma]; \quad (3.39) \text{ [6 стр.39]}$$

Где:

φ_c - коэффициент уменьшения допускаемого напряжения.

Величину его определяют по следующим зависимостям:

при $D/[2(S - C)] < 0,18 E/\delta_T$

$$\varphi_c = \frac{1}{1 + 23 \left[\frac{\delta_T}{E} * \frac{D}{2(S - C)} \right]^2},$$

при $D/[2(S-C)] \geq 0,18/\delta_T$

$$\varphi_c = \frac{0,75 * K_c}{\frac{\delta_T}{E} * \frac{D}{2(S - C)}},$$

Где:

K_c - коэффициент, принимаемый по приведенным ниже данным.

Допускаемый изгибающий момент рассчитывают по формулам:

при $D/[2(S-C)] < 0,23E/\delta_T$

Значения коэффициентов K_c и $K_{и}$:

$\frac{D}{2(S - C)}$	от $0,18 * \frac{E}{\delta_T}$ до 250	от $0,23 * \frac{E}{\delta_T}$ до 250	250	500
K_c	0,14	-	0,14	0,12
$K_{и}$	-	0,17	0,17	0,13

при $D/[2(S-C)] \geq 0,23E/\delta_T$

$$M_{доп} = 0,785 * K_{и} * E * D * (S - C)^2$$

Где:

$\varphi_{и}$, $K_{и}$ - коэффициенты; значения $K_{и}$ принимают по указанным выше данным, а $\varphi_{и}$ определяют по формуле:

$$\varphi_{и} = \frac{1}{1 + 15,3 \left[\frac{\delta_T}{E} * \frac{D}{2(S - C)} \right]^2}$$

В приведенных выше формулах D - внутренний диаметр обечайки;
 $[\delta]$ - нормативное допускаемое напряжение.

При расчете опорной обечайки прибавку на коррозию C принимают равной нулю.

В нашем случае (второй способ) крепление корпуса к опорной обечайке $D = D_B$, тогда:

$$D/[2*(S - C)] = 2,6 / (2 * 0,026) = 50$$

$$0,18 E/\delta_T = 0,18 * (1,86 * 10^5 / 256,5) = 131.$$

50<131 следовательно, коэффициент уменьшения допускаемого напряжения будет равен:

$$\varphi_c = \frac{1}{1 + 23 \left[\frac{256,5}{1,86 * 10^5} * \frac{2,6}{2 * 0,026} \right]^2} = 0,901$$

$$Q_{\text{доп}} = 3,14 * 2,6 * 0,026 * 0,901 * 171 = 32,7 \text{ МН}$$

$$0,23 * \frac{E}{\delta_T} = 0,23 * \frac{1,86 * 10^5}{256,5} = 167 ; 50 < 167;$$

$$\text{При: } \varphi_{II} = \frac{1}{1 + 15,3 \left[\frac{256,5}{1,86 * 10^5} * \frac{2,6}{2 * 0,026} \right]^2} = 0,932$$

$$M_{\text{доп}} = 0,785 * 0,932 * 171 * 2,6^2 * 0,026 = 22,0 \text{ МН*м}$$

$$Q_2 = 3,45 \text{ МН}$$

$$M_B = 2,01 \text{ МН*м}$$

$$\text{Тогда } \frac{3,45}{32,7} + \frac{2,01}{22,0} = 0,197 < 1, \text{ следовательно, устойчивость формы опорной}$$

части аппарата обеспечивается.

Нижнее сечение корпуса

При проверке корпуса цилиндрического вертикального аппарата на прочность и устойчивость в нижнем сечении учитывают наибольший вес аппарата (в нашем случае $Q_2 = 3,45 \text{ МН}$), а также суммарный изгибающий момент, действующий на аппарат выше этого сечения. Опасное сечение находится в районе сварного шва, которым приварен корпус к опоре. Следовательно, за изгибающий момент можем принять момент $M' = 8,659 \text{ МН*м}$.

При проверке устойчивости стенки корпуса допускаемое напряжение, предел текучести и модуль упругости следует принимать при рабочей температуре, т.е. $[\delta]^{150} = 153,9 \text{ МПа}$;

$$[\delta]_T^{150} = 0,9 * 256,5 = 230,9 \text{ МПа и } E^{150} = 2 * 10^5 \text{ МПа,}$$

$$\frac{D}{2 * (S - C)} = \frac{2,6}{2 * 0,025} = 52$$

$$0,18 * \frac{E}{\delta_T} = 0,18 * \frac{1,86 * 10^5}{256,5} = 145$$

52 < 145 следовательно:

$$\varphi_K = \frac{1}{1 + 23 \left[\frac{230,9}{1,86 * 10^5} * \frac{2,6}{2(0,026 - 0,001)} \right]^2} = 0,913$$

$$Q_{\text{доп}} = 3,14 * 2,6 * 0,025 * 0,913 * 153,9 = 28,66 \text{ МН}$$

Так как:

$$0,23 * \frac{E}{\delta_T} = 0,23 * \frac{2 * 10^5}{216} = 212,96 \quad 105 < 212,96$$

$$\varphi_{II} = \frac{1}{1 + 15,3 \left[\frac{230,9}{1,86 * 10^5} * \frac{2,6}{2(0,026 - 0,001)} \right]^2} = 0,94$$

$$M_{доп} = 0,785 * 2,6^2 * 0,025 * 0,94 * 153,9 = 19,19 \text{ МН*м}$$

Тогда $\frac{3,45}{28,66} + \frac{1,7}{19,19} = 0,21 < 1$, следовательно, устойчивость формы нижней части аппарата обеспечивается.

2.3.1 Ветровая нагрузка

Расчет аппарата на действие ветровых и весовых нагрузок следует выполнять при наиболее неблагоприятных сочетаниях нагрузок. Расчеты проводят с учетом максимального веса аппарата, изоляции и воды в объеме аппарата, если его можно заполнять водой, например при гидравлических испытаниях. При расчете устойчивости аппарата наиболее опасным является случай, когда аппарат имеет минимальный вес. Расчетная схема приведена на рис. 2.4

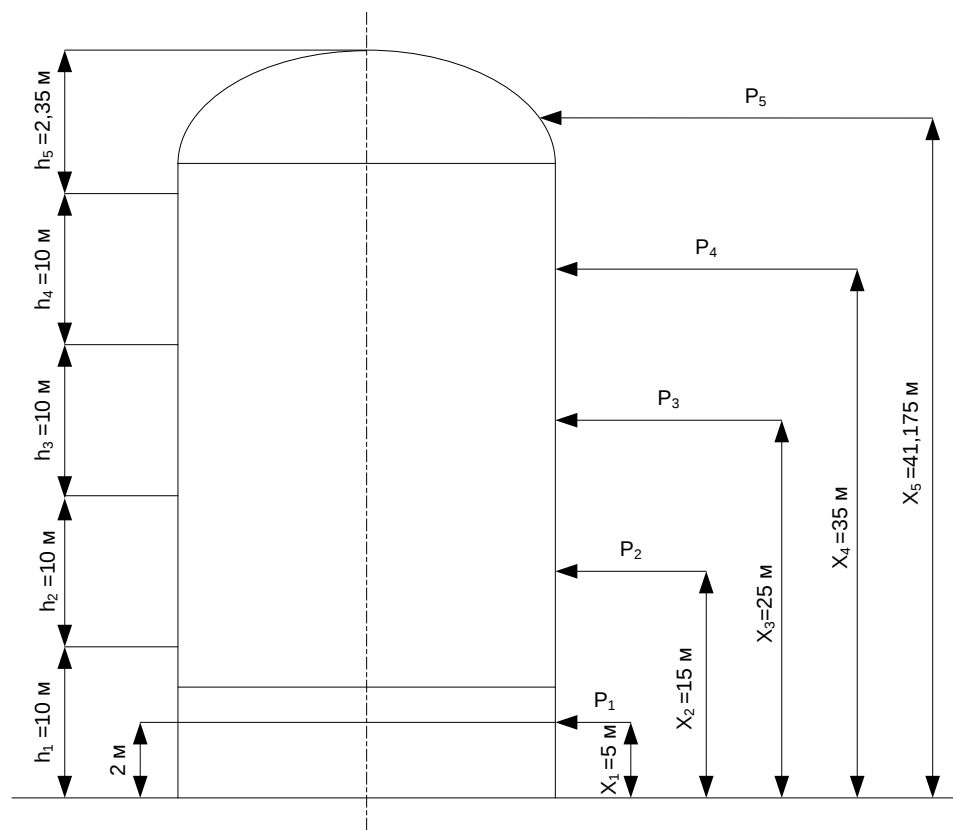


Рис.2.4 Схема ветровых нагрузок, действующих на аппарат

$$\Sigma=H_1=42,35 \text{ м}$$

$$\begin{aligned} h_1 &= 10 \text{ м;} \\ h_2 &= 10 \text{ м;} \\ h_3 &= 10 \text{ м;} \\ h_4 &= 10 \text{ м;} \\ h_5 &= 2,35 \text{ м.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{h_1}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ м} \\ X_2 &= h_1 + \frac{h_2}{2} = 10 + \frac{10}{2} = 15 \text{ м} \end{aligned}$$

Аналогично рассчитываем центры тяжести для остальных участков.

$$\begin{aligned} X_3 &= 25 \text{ м;} \\ X_4 &= 35 \text{ м;} \\ X_5 &= 41,175 \text{ м.} \end{aligned}$$

Расчетную ветровую нагрузку на каждый участок определяют по формуле:

$$P_i = K \cdot q_i \cdot \beta_i \cdot S_i; \quad (2.8)$$

Где:

K - аэродинамический коэффициент для цилиндрического корпуса $K=0,6 \div 0,7$; для плоской стенки (площадки для обслуживания) $K=1,4$;

q_i - нормативный скоростной напор ветра для середины i -того участка аппарата на высоте x , от уровня земли в заданном географическом районе;

β_i - коэффициент увеличения скоростного напора, учитывающий динамическое воздействие порывов ветра;

S_i - площадь наибольшего осевого сечения участка; для цилиндрических аппаратов $S_i = D_i \cdot h_i$ (где D_i - наружный диаметр участка с учетом изоляции; h_i - его высота).

Нормативный скоростной напор ветра определяют по формуле:

$$q_i = q_0 \cdot Q_i; \quad (2.9)$$

Где:

q_0 -нормативный скоростной напор ветра для высоты над поверхностью земли до 10м в данном географическом районе;

$\theta_i = (X_i/10)^{0,16}$ -коэффициент, учитывающий возрастание скоростного напора с увеличением высоты X_i над поверхностью земли; при выборе Q_i [10] учитывают высоту до середины участка.

Значения $\theta_1 = 1$; $\theta_2 = 1,2$; $\theta_3 = 1,5$; $\theta_4 = 1,7$; $\theta_5 = 1,8$; $\theta_6 = 1,9$; $\theta_7 = 1,95$; $\theta_8 = 2,05$.

Наша установка будет смонтирована в районе г.Сургут. Принимаем $q_0=270$ Па. [11, с. 22].

Коэффициент увеличения скоростного напора β_i определяют по формуле:

$$\beta_i=1+\varepsilon \cdot m_i; \quad (2.10)$$

Где:

ε - коэффициент динамичности;

m_i - коэффициент пульсации скоростного напора ветра, который на высоте x_i от уровня земли определяют по табл.2.3 [10].

Для аппаратов постоянного сечения:

$$T = 1,79 * H * \sqrt{\frac{Q_2}{g} \left(\frac{H}{I * E} + 4\varphi_0 \right)}, \quad (2.11)$$

где H - полная высота аппарата с опорой (при наличии постаментов, включая его высоту), м;

Q_2 - максимальный вес аппарата, МН;

$g = 9,81$ м/с² - ускорение свободного падения;

$E = 1,86 \cdot 10^5$ МПа модуль продольной упругости материала корпуса аппарата при расчетной температуре, МПа [10, табл.2.4];

I - экваториальный момент инерции площади поперечного сечения стенки корпуса аппарата относительно центральной оси, м⁴;

φ_0 - угол поворота опорного сечения фундамента под действием единичного момента, (МН* м)⁻¹:

$$\varphi_0 = \frac{I}{C_\varphi * I_\phi}, \quad (2.12)$$

Где:

C_φ - коэффициент упругого неравномерного сжатия грунта, принимаем равным $R_n = 0,3$ МПа и $C_\varphi = 100$ МН/м³ [11, с. 25];

I_ϕ - экваториальный момент инерции площади подошвы относительно центральной оси, м⁴, если размеры фундамента неизвестны, то можно принять:

$$I_\phi = 0,065 \cdot D_2^4, \quad (2.13)$$

D_2 - наружный диаметр фундаментального кольца аппарата, м.

Максимальный вес аппарата можно представить как сумму следующих составляющих:

$$Q_2 = Q_1 + Q_T + Q_{пл} + Q_{и} + Q_{в}, \quad (2.14)$$

Где :

Q_1 - минимальный вес аппарата;

Q_T - вес внутренних устройств;

$Q_{пл}$ - вес площадок обслуживания;

$Q_{и}$ - вес теплоизоляции аппарата;

$Q_{в}$ - вес воды в аппарате во время гидравлических испытаний.

Минимальный вес аппарата Q_1 :

$$Q_1 = Q_{ц} + Q_{д} + Q_{оп} + Q_{ф.к.} + Q_{л} + Q_{лаз} + Q_{ш}, \quad (2.15)$$

Где :

$Q_{ц}$ - вес цилиндрической части аппарата;

$Q_{д}$ - вес днищ;

$Q_{оп}$ - вес обечайки опоры;

$Q_{фк}$ -вес фундаментного кольца;

$Q_{л}$ - вес опорных лап аппарата;

$Q_{лаз}$ -вес люков-лазов;

$Q_{ш}$ - вес штуцеров.

Вес любой части аппарата определяется умножением его объема на удельный вес материала.

$$Q_{ц} = \frac{\pi}{4} (D_{н}^2 - D_{в}^2) * H_{ц} * \rho_{ст}, \quad (2.16)$$

ρ - плотность стали (7850 кг/м^3).

Определим вес цилиндрической части аппарата:

$$Q_{ц} = \frac{3,14}{4} (2,652^2 - 2,6^2) * 39 * 7850 * 9,81 = 643445 \quad \text{Н}.$$

$$Q_{д} = 21678 \text{ Н}$$

$$Q_{оп} = 33673 \text{ Н}$$

$$Q_{фк} = 1761 \text{ Н (предварительно приняв толщину кольца 12 мм)}$$

$$Q_{л} = 56718 \text{ Н}$$

$$Q_{лаз} = 22500 \text{ Н}$$

$$Q_{ш} = 9977 \text{ Н}$$

Объем металла выпуклой части эллиптического днища определяют по формуле:

$$V = \frac{\pi}{6} (D_{н}^2 * H_{н} - D_{в}^2 * H_{в}), \text{ м}^3,$$

где $H_{н}$, $H_{в}$ - соответственно высота выпуклой части эллиптического днища с учетом толщины стенки и без ее учета.

Вес люков-лазов равен:

$$Q_{\text{ЛАЗ}} = Q'_{\text{ЛАЗ}} \cdot N_{\text{ЛАЗ}}, \quad (2.17)$$

Где:

$Q'_{\text{ЛАЗ}}$ - вес одного люка-лаза;

$N_{\text{ЛАЗ}}$ - количество люков лаза.

Для ректификационных колонн наиболее часто применяют люки-лазы диаметром 450 мм, вес которых при давлениях более 2.5 МПа вес которых составляет 2500 Н [11, с.26].

В нашем случае $Q_{\text{ЛАЗ}} = 2500 \cdot 9 = 22500 \text{ Н}$.

Вес штуцеров примем $Q_{\text{Ш}} = 9977 \text{ Н}$ [11, П 11].

Таким образом, имеем:

$$Q_{\text{Ш}} = (Q_{\text{ц}} + Q_{\text{д}}) \cdot 0,015 = (643445 + 21678) \cdot 0,015 = 9977 \text{ Н}$$

$$Q_1 = 643445 + 21678 + 9977 + 1761 + 56718 + 33673 + 22500 = 789751 \text{ Н}$$

Для крепления изоляции на корпус аппарата приваривают уголки в форме колец. Учитывая их вес, а также вес сваренных швов и втулок для приборов контроля, принимаем: $Q_1 = 790000 \text{ Н}$.

По условию тарелки клапанные. Вес тарелки равен 300 кг.

Суммарный вес тарелок:

$$Q_{\text{Т}} = 300 \cdot 60 \cdot 9,81 = 176580 \text{ Н}$$

Вес обслуживания площадок и лестниц находят, зная вес одной площадки (10000 Н) и вес 1 м лестницы (1000 Н). Тогда:

$$Q_{\text{пл}} = 10000 \cdot 9 + 1000 \cdot 40,3 = 130300 \text{ Н}.$$

При определении $Q_{\text{пл}}$ принято число площадок, равное числу люков-лазов, а общая длина лестниц - высота аппарата (с учетом опоры).

Вес теплоизоляции аппарата составляет 5-10% минимального веса аппарата.

$$Q_{\text{и}} = \frac{3,14}{4} \cdot (2,9^2 - 2,652^2) \cdot 550 \cdot 42,35 = 246,977 \text{ Н},$$

Вес воды в аппарате во время гидравлических испытаний:

$$Q_{\text{В}} = ((\pi \cdot D_{\text{В}}^2 / 4) \cdot H_{\text{ц}} + 2 \cdot V_{\text{ДН}}) \cdot \rho \cdot g; \quad (2.18)$$

Где:

$$H_{\text{ц}}' = H_{\text{ц}} + 2h;$$

$V_{\text{дн}} = \pi/24 \cdot D_B^2 \cdot H_B$ - внутренняя емкость выпуклой части эллиптического днища, м³;

ρ - плотность воды, кг/м³.

Для стандартных эллиптических днищ:

$$V_{\text{дн}} = \pi/6 \cdot D_B^2 \cdot 0,25 \cdot D_B; \quad (2.19)$$

$$Q_{\epsilon} = \left(\frac{3,14 \cdot 2,6^2}{4} \cdot 39 + 2 \cdot \frac{3,14 \cdot 2,6^3}{24} \right) \cdot 1000 \cdot 9,81 = 2074015 \text{ Н}$$

Максимальный вес колонны:

$$Q_2 = Q_1 + Q_T + Q_{\text{пл}} + Q_{\text{и}} + Q_B, \text{ Н; (2.19) [11 с. 29]}$$

$$Q_2 = 790000 + 176580 + 130300 + 246977 + 2074015 = 3417623 \text{ Н}$$

$$Q_2 = 3400000 \text{ Н} = 3,45 \text{ МН.}$$

$$I_{\Phi} = 0,065 D_2^4 = 0,065 \cdot 2,917^4 = 4,71 \text{ м}^4$$

$C_{\Phi} = 100 \text{ МН/м}^3$, тогда:

$$\varphi = 1/(100 \cdot 4,71) = 0,0021 \cdot 10^{-3} \text{ МН/м}$$

Модуль продольной упругости для низколегированной стали при температуре 150° С : $E = 1,86 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Экваториальный момент инерции площади поперечного сечения стенки корпуса цилиндрического аппарата относительно центральной оси, м⁴:

$$I = \frac{\pi}{64} (D_H^4 - D_B^4) = \frac{3,14}{64} (2,652^4 - 2,6^4) = 0,18 \text{ м}^4 \quad (2.20)$$

Поскольку в нашем случае постамент отсутствует, то $H = H_1 = 42,35 \text{ м}$.

Определения периода собственных колебаний аппарата T .

$$T = 1,79 \cdot H \sqrt{\frac{Q_2}{g} \left(\frac{H}{EI} + 4\varphi \right)} = 1,79 \cdot 42,35 \cdot \sqrt{\frac{3,45}{9,81} \left(\frac{42,35}{1,86 \cdot 10^5 \cdot 0,18} + 4 \cdot 0,0021 \right)} = 4,43 \text{ с}$$

Тогда согласно графику [11, с. 24] $\epsilon = 3,2$, а коэффициент увеличения скоростного напора для рассматриваемых участков, $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4$, поскольку $m_1 = m_2 = m_3 = m_4$. при $m_1 = 0,35 = m_2$; $m_3 = 0,3425$; $m_4 = 0,3275$; $m_5 = 0,3177$.

$$\beta_1 = 1 + 3,2 \cdot 0,35 = 2,12 = \beta_2$$

$$\beta_3 = 1 + 3,2 \cdot 0,3425 = 2,10$$

$$\beta_4 = 1 + 3,2 \cdot 0,3275 = 2,05$$

$$\beta_5 = 1 + 3,2 \cdot 0,3177 = 2,02$$

Принимаем аэродинамический коэффициент $K = 0,65$.

Тогда:

$$\begin{aligned}
q_1 &= 350 \cdot 1 = 350 \text{ Па}, \\
q_2 &= 350 \cdot 1,2 = 420 \text{ Па}, \\
q_3 &= 350 \cdot 1,5 = 525 \text{ Па}, \\
q_4 &= 350 \cdot 1,7 = 595 \text{ Па}, \\
q_5 &= 350 \cdot 1,75 = 613 \text{ Па},
\end{aligned}$$

Используя наружный диаметр соответствующего участка аппарата, находим площадь S_i :

$$S_i = D_i \cdot h_i; \quad (2.21)$$

$$\begin{aligned}
S_1 &= 2,652 \cdot 10 = 26,52 \text{ м}^2, \\
S_2 &= 2,652 \cdot 10 = 26,52 \text{ м}^2, \\
S_3 &= 2,652 \cdot 10 = 26,52 \text{ м}^2, \\
S_4 &= 2,652 \cdot 10 = 26,52 \text{ м}^2, \\
S_5 &= 2,652 \cdot 2,3 = 6,23 \text{ м}^2
\end{aligned}$$

Ветровые нагрузки, действующие на аппарат равны:

$$\begin{aligned}
P_1 &= 0,65 \cdot 350 \cdot 2,12 \cdot 26,52 = 12791 \text{ Н}, \\
P_2 &= 0,65 \cdot 420 \cdot 2,12 \cdot 26,52 = 15349 \text{ Н}, \\
P_3 &= 0,65 \cdot 525 \cdot 2,10 \cdot 26,52 = 18969 \text{ Н}, \\
P_4 &= 0,65 \cdot 595 \cdot 2,05 \cdot 26,52 = 21006 \text{ Н}, \\
P_5 &= 0,65 \cdot 613 \cdot 2,02 \cdot 6,23 = 5003 \text{ Н},
\end{aligned}$$

Изгибающий момент от напора ветра в любом расчетном сечении на высоте x_0 от основания вычисляем по формуле:

$$M_B = \sum_{i=1}^n P_i (x_i - x_0), \quad (2.22)$$

Где:

n_0 - число участков, расположенных выше расчетного участка.

Наибольший изгибающий момент имеет место при $X_0=0$, т.е. у основания аппарата:

$$M_B = \sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i \quad (2.23)$$

В нашем случае:

$$M_B = P_1 \cdot x_1 + P_2 \cdot x_2 + P_3 \cdot x_3, \quad (2.24)$$

$$M_B = 12791 \cdot 5 + 15349 \cdot 15 + 18969 \cdot 25 + 21006 \cdot 35 + 5003 \cdot 41,175 = 1709605$$

Н*м.

$$M_B = 1,71 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Колонные аппараты снабжены обслуживающими площадками, что приводит к увеличению изгибающего момента от напора ветра. Суммарный изгибающий момент M'_B в расчетном сечении на высоте x_0 от основания аппарата при наличии на аппарате m обслуживающих площадок определим как:

$$M'_B = M_B + \sum_{i=1}^m M'_{B_i}, \quad (2.25)$$

Где:

m_0 - число обслуживающих площадок;

M'_{B_i} - изгибающий момент в расчетном сечении от ветрового напора на площадку;

$$M_{B_i} = 1,4 \cdot \beta_i \cdot q_i \cdot \sum f_i (x_{ni} - x_0). \quad (2.26)$$

У основания аппарата $x_0 = 0$,

$$M'_B = 1,4 \beta_i \cdot q_i \cdot x_{ni} \cdot \sum f_i, \quad (2.27)$$

Где:

x_{n_i} - высота расположения обслуживающей площадки m ;

$\sum f_i$ - сумма проекций всех элементов площадки, расположенных вне зоны аэродинамической тени, на вертикальную плоскость, m^2 .

С небольшой погрешностью можно принять

$$\sum f_i = 0,35 D_{ni} \cdot h_{ni}, \quad (2.28)$$

Где:

D_{n_i} - диаметр аппарата на участке площадки;

h_{n_i} - высота площадки, при высоте > 20 м принимают равной 1,2 м., если менее 20 м принимают равной 1 м.

$$\sum f_{1,2,3,4} = 0,35 \cdot 2,652 \cdot 1 = 0,9282 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$\sum f_{5,6,7,8} = 0,35 \cdot 2,652 \cdot 1,2 = 1,1138 \text{ (м}^2\text{)}$$

Расчет значения скоростных напора ветра q_i и M'_{B_i} - изгибающих моментов – приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Расчетное значение скоростных напоров и изгибающих моментов

№ площадки	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q_i	350	350	367,5	385	490	525	560	578	595
x_i	2,50	6,93	11,36	15,79	20,22	24,65	29,08	33,51	37,94
M_{e_i}	2 411	6 682	11 501	16 747	32 738	42 332	52 729	62 018	71 597

2.3.2 Проверка прочности фундамента

Состояние опорной поверхности аппарата является наиболее напряженным при совместном действии ветрового момента M_B и максимального веса аппарата Q_2 .

Максимальное напряжение на опорной поверхности фундаментного кольца определяют по формуле:

$$\sigma_2 = \frac{Q_2}{F} + \frac{M_B}{W}; \quad (2.29)$$

Где:

F - опорная площадь фундаментного кольца;

W - момент сопротивления изгибу опорной площади фундаментного кольца.

$$F = \frac{\pi}{4} * (D_2^2 - D_1^2) = \frac{3,14}{4} * (2,917^2 - 2,466^2) = 1,91 \text{ м}^2, \quad (2.29) \text{ [11, с. 34]}$$

$$W = \frac{\pi}{32} * \left(\frac{D_2^4 - D_1^4}{D_2} \right) = \frac{3,14}{32} * \left(\frac{2,917^4 - 2,466^4}{2,917} \right) = 1,19 \text{ м}^3.$$

$$\sigma_2 = \frac{3,45}{1,91} + \frac{2,01}{1,19} = 3,5 \text{ МПа}.$$

В качестве материала фундамента принимаем бетон марки 100, допускаемое напряжение, на сжатие которого равно 8 МПа.

$\sigma_2 = 3,5 < 8$, следовательно, выбранные размеры поверхности опорного кольца обеспечивают прочность фундамента.

2.3.3 Определение толщины фундаментного кольца

Усилия, вызвавшие напряжение σ_2 , изгибают выступающие части фундаментного кольца. Из условий прочного сопротивления изгибу определяют толщину фундаментного кольца δ_k по формуле:

$$\delta_k = B \sqrt{\frac{3\sigma_2}{\sigma}}; \quad (2.30)$$

Где:

B - ширина выступающей части фундаментного кольца, м (рис.2.5);

σ - напряжение в кольце, которое можно принять равным нормативному допускаемому напряжению при 20°C.

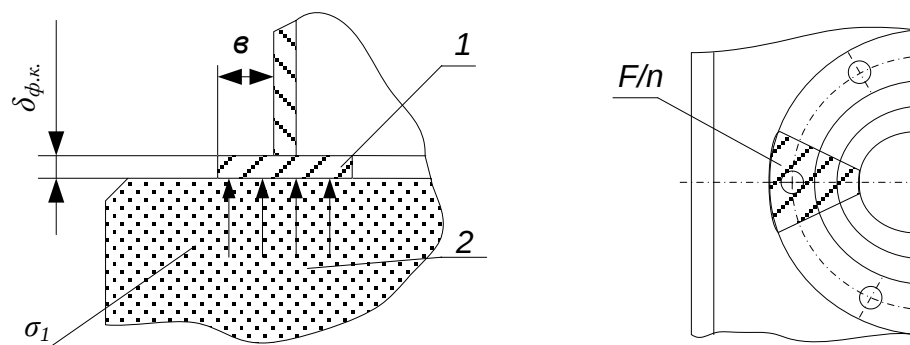


Рис. 2.5 Схема расчета фундаментного кольца

1 – опорное кольцо;
2 – фундамент.

$$B = \frac{(D_2 - D_n^0)}{2} ; \quad (2.31)$$

Где:

D_n^0 – наружный диаметр опорной обечайки. В рассматриваемом случае $D_n^0 = D_n = 2,652$ м.

$$B = \frac{2,917 - 2,652}{2} = 0,133 \text{ м} .$$

Примем $\sigma = [\sigma] = 130$ МПа, тогда:

$$\delta_k = 0,133 \sqrt{\frac{3 \cdot 1,63}{196}} = 0,031 \text{ м}$$

Принимаем $\delta_k = 32 \text{ мм} .$

2.3.4 Расчет аппарата на устойчивость

Аппарат наименее устойчив под действием ветровой нагрузки, когда вес его наименьший.

Коэффициент устойчивости аппарата определяют по формуле:

$$y = \frac{Q_1 \cdot R_1}{M_B} ; \quad (2.32)$$

Где:

M_Q - момент от собственного веса аппарата относительно точки опрокидывания;

Q_1 - минимальный вес аппарата;

R_1 - плечо силы, принимаемое равным примерно $0,42 \cdot D_n$.

Установка фундаментных болтов необходима, когда $y < 1,5$. Однако и при $y > 1,5$ предусматривают фундаментные болты, чтобы фиксировать положение аппарата на фундаменте. Число болтов принимают равным 4; 6; 8; 10 и далее кратным четырем.

В нашем случае:

$$y = \frac{0,79 \cdot 0,42 \cdot 4,24}{2,01} = 0,44$$

Установка болтов нужна лишь для фиксации $y > 1,5$.

Фундаментные болты, предназначенные для обеспечения устойчивости аппарата, рассчитывают на прочность.

$$\sigma_1 = \frac{Q_1}{F} - \frac{M_B}{W} = \frac{0,79}{1,91} - \frac{1,71}{1,19} = -1,021 \text{ МПа} \quad (2.33)$$

$\sigma_1 < 0$, следовательно, расчет фундаментных болтов необходим. Нагрузку на наиболее нагруженный болт P_σ , приближенно (с небольшим запасом) определяют из следующих предпосылок. При числе фундаментных болтов n (выбранных по табл. 2.1) на каждый из них передается растягивающая нагрузка, приходящаяся на площадь F/n фундаментного кольца. Растягивающее напряжение равно σ_1 , следовательно, максимальная нагрузка на один болт может быть принята равной:

$$P_\sigma = \sigma_1 \cdot (F/n).$$

Из условия прочности на растяжение определяют внутренний диаметр резьбы фундаментного болта d_σ :

$$d_\sigma = \sqrt{4 \cdot P_\sigma / \pi \cdot [\sigma]} + C$$

где $[\sigma]$ - допускаемое напряжение на растяжение, которое можно принять равным нормативному допускаемому напряжению при 20°C ;

$C = 0,004\text{ м}$ - прибавка на атмосферную коррозию.

$$P_\sigma = 1,021 \cdot 1,91 / 12 = 0,162 \text{ МН},$$

$$d_\sigma = \sqrt{4 \cdot 0,162 / 3,14 \cdot 196} + 0,004 = 0,036 \text{ м}.$$

Примем $d_\sigma = 36 \text{ мм}$.

2.3.5 Расчет сварного шва, соединяющего опорную часть с аппаратом

Напряжение в сплошном сварном шве, крепящем корпус аппарата к цилиндрической опорной части определяют по формуле:

$$\sigma_c = \frac{Q_2}{f_c} + \frac{M'}{W_c}; \quad (2.34)$$

Где

f_c - площадь опасного сечения сварного шва;

W_c - момент сопротивления сварного шва изгибу;

M' - изгибающий момент относительно сечения сварного шва.

При определении M' учитывают только те ветровые нагрузки, которые действуют выше сварного шва.

$$M' = M_B - P_1 = 1709605 - 12791 = 1696814 \text{ Н} = 1,7 \text{ МН},$$

При толщине опорной обечайки S и диаметре аппарата D_H :

$$f_c = \pi \cdot D_H \cdot 0,7 \cdot S; \quad (2.35)$$

$$f_c = 3,14 \cdot 2,652 \cdot 0,7 \cdot 0,026 = 0,152 \text{ м}^2$$

$$W_c = 0,8 \cdot 0,7 \cdot S \cdot D_H^2; \quad (2.36)$$

$$W_c = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,026 \cdot 2,652^2 = 0,152 \text{ м}^3$$

$$\sigma_c = 3,45 / 0,152 + 1,7 / 0,102 = 39,4 \text{ МПа}.$$

Напряжение в сварном шве не должно превышать при работе на срез $0,8[\delta]$, где $[\delta]$ - допускаемое напряжение растяжения для основного металла.

$$\text{В нашем случае } 0,8[\delta] = 0,8 \cdot 153,9 = 123,1 \text{ МПа},$$

$39,4 < 123,1 \text{ МПа}$ - условие прочности выполнено.

2.4 Механический расчёт тарелки

Механический расчёт тарелки включает расчёт толщины диска, в зависимости от действующей на него нагрузки.

Диск тарелки можно рассматривать, как тонкую круглую пластину, опертую по контуру и нагруженную равномерной нагрузкой от собственного веса и веса жидкости.

В этом случае толщину диска рассчитывают по формуле:

$$s' = 0,56 \cdot D \cdot \sqrt{\frac{P}{[\sigma]}},$$

где: D - диаметр диска тарелки; P - удельная нагрузка на единицу площади.

$$P = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2},$$

где Q - нагрузка на каркас.

$$Q = Q_m + Q_{ж} + Q_{ч},$$

где Q_m - вес тарелки; $Q_{ж}$ - вес жидкости на тарелке; $Q_{ч}$ - вес человека (900 Н).

$$Q_{ж} = F_{раб} \cdot \Delta h \cdot \rho \cdot g,$$

где $F_{раб}$ - рабочая площадь тарелки; Δh - высота парожидкостного слоя на тарелке, $\Delta h = 0,07$ м; ρ - плотность воды.

$$F_{раб} = 0,12 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 0,12 \cdot \frac{3,14 \cdot 2,6^2}{4} = 0,637 \text{ м}^2,$$

$$Q_{ж} = 0,637 \cdot 0,07 \cdot 1000 \cdot 9,81 = 437 \text{ (Н)},$$

$$Q = 3000 + 437 + 900 = 4337 \text{ Н},$$

$$P = \frac{4 \cdot 4337}{3,14 \cdot 2,6^2} = 817 \text{ Н / м}^2,$$

Толщина диска равна:

$$s' = 0,56 \cdot 2,6 \cdot \sqrt{\frac{817}{171 \cdot 10^6}} = 0,003 \text{ м},$$

Принимаем толщину диска клапанных двухпоточных тарелок, равную 0,003 м.

2.4.1 Опорная обечайка

Для установки аппаратов и сосудов на фундаменты или несущие конструкции предусматривают опоры. Конструкция опор зависит от вида, рабочего положения и массы аппарата, а также способа и места его монтажа. Для сварных стальных аппаратов колонного типа применяют опоры цельносварной конструкции, состоящие из цилиндрической или конической опорной обечайки, фундаментного кольца и укрепляющих элементов. Опору приваривают верхней частью к аппарату, а нижней с помощью опорных болтов крепят к фундаменту.

Для внутреннего осмотра сварных швов и обслуживания фланцевых соединений в обечайке опор предусматривают лазы или окна, представляющие собой круглые или продолговатые вырезы в виде вваренных коротких патрубков. Подобным образом, но только меньших размеров устраивают вентиляционные отверстия.

При расчете обечайки прибавку на коррозию C принимают равной нулю.

В нашем случае крепление корпуса к опорной обечайке $D=D_H$ тогда:

$$D/2 \cdot (S-C) = 4,656/2 \cdot (0,028) = 0,065;$$

$$0,18 \cdot E/\sigma_t = 0,18 \cdot (1,83 \cdot 10^5/250) = 131,76;$$

$$0,065 < 131,76;$$

$$\varphi_c = 1/1 + 23 \cdot [\sigma_t/E \cdot D/2(S-C)]^2;$$

$$\varphi_c = 1/1 + 23 \cdot [250/1,83 \cdot 10^5 \cdot 3,036/0,056]^2 = 1,14;$$

$$Q_{доп} = \pi \cdot D \cdot (S-C) \cdot \varphi_c \cdot [\sigma] = 3,14 \cdot 3,036 \cdot 0,028 \cdot 0,75 \cdot 117,66 = 23,55 \text{ МПа};$$

$$0,23 \cdot E/\sigma_t = 0,23 \cdot 1,83 \cdot 10^5/250 = 168,36;$$

$$\varphi_n = 1/1 + 15,3 \cdot [\sigma_t/E \cdot D/2 \cdot (S-C)]^2 = 1/1 + 15,3 \cdot [250/1,83 \cdot 10^5 \cdot 3,036/0,056]^2 = 1,09;$$

$$M_{доп} = 0,785 \cdot 1,09 \cdot 117,66 \cdot 3,036^2 \cdot 0,028 = 25,98 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

$3,5/1,34 + 0,29/25,98 = 0,25 < 1$, следовательно, устойчивость формы опорной части обеспечивается.

2.4.2 Расчет фланцевого соединения

Фланцы служат для разъёмного соединения трубопроводов, арматуры, составных корпусов аппаратов или отдельных аппаратов друг с другом. Фланец является элементом фланцевого соединения и представляет собой диск с отверстиями по периферии для крепежных болтов и болтов. В центре диска имеется отверстие, диаметр которого соответствует диаметру соединяемых элементов.

Чаще всего применяются круглые фланцы, поскольку технология их изготовления более проста. В литой и ковальной аппаратуре фланцы выполняют как одно целое с корпусом аппарата. В сварной аппаратуре и для трубопроводов фланцы изготавливают штамповкой и механической обработкой и приваривают к трубе или обечайке. В случае необходимости фланцы можно присоединить к трубе с помощью резьбы. Применяются также фланцы, свободно сидящие на трубе и удерживаемые на ней, например, за счет отбортовки концов труб.

Фланцы попарно стягиваются болтами или шпильками. Герметичность соединения достигается с помощью прокладок из упругого материала, устанавливаемых между фланцами.

Конструкция и материал фланцев зависят от условий, в которых они будут работать, и выбираются по ГОСТ или нормам в соответствии с условным давлением, температурой и агрессивными свойствами среды.

Базовыми стандартами являются стандарты на давление (ГОСТ Р 52857.4-2007) и на проходы (ГОСТ Р 52857.4-2007).

Первый из этих стандартов устанавливает обязательную зависимость допускаемых рабочих давлений от температуры и от материалов деталей.

В основу стандарта положены так называемые условные давления P_y под которыми понимают избыточные рабочие давления при температуре 20°C.

Чем выше температура среды, тем ниже давление, под которым разрешается работать соединительным частям трубопроводов. Это объясняется снижением прочности материала по мере увеличения температуры.

Расчет фланцевого соединения включает расчет болтов. Исходные данные для расчета получены в процессе технологического расчета аппарата.

Фланцевого соединения цельного типа (рис. 2.6).

Рабочие условия: максимальная температура 235°C, давление 2 МПа, материал фланца 09Г2С, $D_y=250$ мм - условный проход (диаметр).

Поскольку в аппарате находится горячий продукт, выбираем фланец цельного типа на условное давление 2,5 МПа с плоской поверхностью уплотнения. Реальные размеры фланца соответствуют наружному диаметру труб, подлежащих соединению. $[\sigma] = 153,9$ МПа.

Принимаем основные размеры фланца [11, П.11]:

$D_y=500$ мм – условный диаметр фланца;
 $D_\phi=730$ мм – диаметр фланца;
 $D_b=660$ мм – диаметр болтовой окружности;
 $D_1=615$ мм;
 $D_s=580$ мм – диаметр втулки фланца;
 $H=135$ мм – высота фланца;
 $h=58$ мм – толщина тарелки фланца;
 $h_1=4$ мм;
 Шпильки М36 в количестве 20шт.

Элементы фланцевых соединений обычно рассчитываются на условное давление и затяжку при нормальной температуре .

Принятые размеры стандартного фланца проверяют расчетом на рабочие условия.

Нагрузку на шпильки фланцевого соединения, находящегося под давлением среды определяют по формуле

$$Q_{ш} = P \cdot \pi \cdot D_{\Pi}^2 / 4 + P \cdot m \cdot \pi \cdot D_{\Pi} \cdot 2 \cdot b \quad (2.39)$$

Где:

$Q_{ш}$ – общая нагрузка на шпильки, МН

P – рабочее давление среды, Мпа.

D_{Π} – средний диаметр прокладки, мм;

m – коэффициент удельного давления на прокладку, показывающий, во сколько раз удельное давление должно быть больше внутреннего давления, чтобы условие герметичности было выполнено;

b – расчетная ширина прокладки, которую принимают в зависимости от конструкции прокладки и уплотнительных поверхностей [11, с. 54].

Выбираем прокладку из паронита.

$$D_{\Pi} = (D_y + D_1) / 2 \quad (2.40)$$

$$D_{\Pi} = (500 + 615) / 2 = 558 \text{ мм};$$

Находим расчетную толщину прокладки [11, табл. 2.5, с. 54].

Расчетная ширина прокладки:

$$\begin{aligned}
 b &= 1,1 \cdot \sqrt{a}, \text{ при } a > 12 \text{ мм} \\
 a &= (D_1 - D_y) / 2 \\
 a &= (615 - 500) / 2 = 58 \text{ (мм)}
 \end{aligned} \quad (2.41)$$

Тогда ширина прокладки:

$$b = 1,1 \cdot \sqrt{58} = 8 \text{ (мм)}$$

Нагрузка на шпильки фланцевого соединения, находящегося под давлением среды:

$$Q_{ш} = 2,5 \cdot 3,14 \cdot (558/1000)^2 / 4 + 2,5 \cdot 2,75 \cdot 3,14 \cdot (558/1000) \cdot 2 \cdot 8 / 1000 = 0,674 \text{ МН}$$

Нагрузку на шпильки фланцевого соединения, не находящегося под давлением среды, обеспечивающую начальное смятие прокладки для надежной герметичности:

$$Q'_6 = \pi \cdot D_{\Pi} \cdot b \cdot q_{\Pi} \text{ МН}; \quad (2.42)$$

Где:

$q_{\Pi}=30$ МПа – удельное давление, которое нужно создать на поверхности прокладки, МПа [11, табл. 2.4].

$$Q'_{\Pi} = 3,14 \cdot (558 / 1000) \cdot (8 / 1000) \cdot 30 = 0,438 \text{ МН}$$

При дальнейших расчетах принимаем наибольшую нагрузку, т.е.:

$$Q_{\Pi} = 0,674 \text{ МН}$$

Число шпилек определяем по наибольшей нагрузке по формулам:

$$n = Q_{\Pi} / q_{\text{шпил}}; \text{ или } n = Q'_{\Pi} / q_{\text{шпил}}; \quad (2.43)$$

q_{Π} – допускаемая нагрузка на одну шпильку, МН.

Допускаемая нагрузка на одну шпильку:

$$Q_{\Pi} = \pi / 4 \cdot (d_1 - C_1)^2 \cdot [\sigma]_{\Pi} \quad (2.44)$$

Где:

$d_1=30,804$ мм – внутренний диаметр резьбы болта [11, табл.2.6];

$C_1= 2$ мм – конструктивная прибавка (для углеродистых сталей).

$[\sigma]_{\Pi}=153,9$ МПа – допускаемое напряжение на растяжение материала шпилек (09Г2С) при ее рабочей температуре [11, табл. 2.7];

$$Q_{\Pi} = 3,14 / 4 \cdot (30,804 / 1000 - 2 / 1000)^2 \cdot 153,9 = 0,100 \text{ (МН)}$$

Необходимое число шпилек:

$$n = 0,674 / 0,100 = 6,7$$

Принимаем число шпилек $n=20$ (по ГОСТ кратное четырем).

Нагрузка, воспринимаемая шпильками:

$$Q_{\Pi.M} = n \cdot q_{\Pi} \quad (2.45)$$

$$Q_{\Pi.M} = 20 \cdot 0,100 = 2,005 \text{ (МН)}$$

Усилие, растягивающее болты, возникающее в результате температурного расширения фланцевого соединения:

$$Q_{\Pi}^T = E \cdot \alpha \cdot (t_{\phi} - t_{ш}) \cdot F_{ш} \quad (2.46)$$

Где:

$E=1,86 \cdot 10^5$ МПа – модуль упругости материала фланца [22, П. 2];

$\alpha=14,0 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ – температурный коэффициент линейного расширения;

$t_\phi=150 \text{ } ^\circ\text{C}$ – температура фланца, принимается равной температуре среды а аппарате;

$t_{\text{ш}}=0,95 \cdot t_\phi=0,95 \cdot 150=142,5^\circ\text{C}$ –температура шпилек для не изолированных фланцев;

$F_{\text{ш}}$ – площадь поперечного сечения шпилек по внутреннему диаметру резьбы, м^2 .

Площадь поперечного сечения шпилек по внутреннему диаметру резьбы:

$$F_{\text{ш}}=n \cdot \pi \cdot d_1/4 \quad (2.47)$$

$$F_{\text{ш}}=2 \cdot 3,14 \cdot (30,804/1000)/4=0,0149 \text{ (м}^2\text{)}$$

Усилие, растягивающее шпильки, возникающее в результате температурного расширения фланцевого соединения:

$$Q_{\text{ш}}^t=1,86 \cdot 10^5 \cdot 14,0 \cdot 10^{-6} \cdot (150-142,5 \cdot 0,0149=0,291 \text{ МН.}$$

2.4.4 Расчет фланца

Фланцы рассчитываются на условную нагрузку:

$$Q_{\text{ш.ф.}}=(Q_{\text{ш}}+Q_{\text{ш.м}})/2$$
$$Q_{\text{ш}}=Q_{\text{ш}}^{\prime}+Q_{\text{ш}}^t$$

где $Q_{\text{ш}}$ - большая из нагрузок, определенная по формулам с учетом температурных усилий.

$$Q_{\text{ш.ф.}}=(Q_{\text{ш}}^{\prime}+Q_{\text{ш}}^t+Q_{\text{ш.м}})/3$$
$$Q_{\text{ш.ф.}}=(0,674 +2,005 +0,291)/3=0,990 \text{ МН.}$$

2.4.5 Фланцы цельного типа

Фланцы цельного типа рассчитывают под действием силы $Q_{шф}$ на изгиб как консольную балку по опасным сечениям АВ и ВС (на рис. 2.6). При проверочных расчетах определяют напряжение изгиба σ_{AB} и σ_{BC} в указанных сечениях . Эти напряжения не должны превышать допускаемых напряжений.

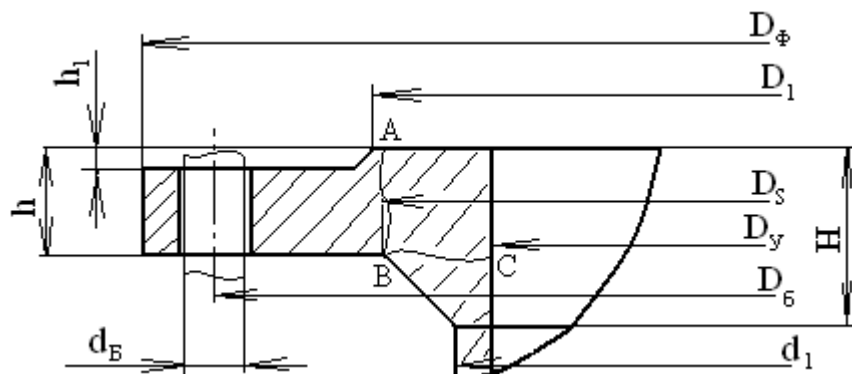


Рис. 2.6. Фланец цельного типа

$$\sigma_{AB} = \frac{6 \cdot Q_{шф} \cdot l}{\pi \cdot D_s \cdot h_0^2}; \quad (2.48)$$

Где

L – плечо силы $Q_{ш.ф}$, м;

D_s – диаметр втулки фланца, м;

$h_0 = h + h_1 = 58 + 4 = 62$ мм – толщина кольца фланца [11, П.11].

Плечо силы $Q_{ш.ф}$:

$$\begin{aligned} L &= 0,5 \cdot (D_б - D_s) \\ L &= 0,5 \cdot (660 - 580) = 40 \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.49)$$

Напряжение изгиба в сечении АВ:

$$\sigma_{AB} = 6 \cdot 0,990 \cdot (40 / 1000) / [3,14 \cdot (580 / 1000) \cdot (62 / 1000)^2] = 33,9 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{AB} = 33,9 \text{ МПа} < [\sigma] = 153,9 \text{ МПа}$$

Напряжение изгиба в сечении ВС (см. рис. 2.6):

$$\sigma_{BC} = 2,4 \cdot Q_{ш.ф} \cdot L_1 / (\pi \cdot D_c \cdot S_1^2) \quad (2.50)$$

Где:

L_1 – плечо силы $Q_{ш.ф}$, м;

D_C – средний расчетный диаметр, м;
 S_1 – толщина втулки фланца.

Средний расчетный диаметр:

$$D_C = (D_S + D_Y) / 2 \quad (2.51)$$
$$D_C = (580 + 500) / 2 = 540 \text{ мм};$$

Толщина втулки фланца:

$$S_1 = (D_S - D_Y) / 2 \quad (2.52)$$
$$S_1 = (580 - 500) / 2 = 40 \text{ мм};$$

Плечо силы $Q_{ш.ф}$:

$$L_1 = 0,5 \cdot (D_{ш} - D_C) \quad (2.53)$$
$$L_1 = 0,5 \cdot (660 - 540) = 60 \text{ мм};$$

Напряжение изгиба в сечении ВС:

$$\sigma_{BC} = 2,4 \cdot 0,990 \cdot (60 / 1000) / [3,14 \cdot (540 / 1000) \cdot (660 / 1000)^2] = 52,5 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{BC} = 52,2 \text{ МПа} < [\sigma] = 153,9 \text{ МПа}$$

Следовательно, размеры и материал фланца выбраны верно.

В механической части произведен расчет основного аппарата установки стабилизации газового конденсата. Исходные данные для расчета колонны были получены в процессе технологического расчета аппарата. Определена необходимая толщина стенки цилиндрической части и днищ. Произведен расчет фланцевого соединения в зависимости от рабочей температуры и давления, выбран материал аппарата и размеры фланца. Механический расчет колонны стабилизации показал, что аппарат достаточно прочен, обеспечивается необходимая надежность при эксплуатации.

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1. Расчет капитальных затрат

Единовременные капитальные затраты – это затраты на изготовление, покупку, транспортировку и монтаж нового или модернизацию действующего оборудования.

Расчет капитальных вложений $K_{пр}$, руб., при проектировании нового оборудования осуществляется по формуле:

$$K_{пр} = K_{об} + K_T + K_M + K_{стр} \quad (3.1)$$

Где :

$K_{об}$ – стоимость приобретаемого нового оборудования, руб.;

K_T – затраты на транспортировку оборудования, руб.;

K_M – затраты на монтаж оборудования, руб.;

$K_{стр}$ – затраты на строительные работы, руб.

Стоимость базового оборудования определяется согласно существующим оптовым ценам на оборудование данной группы или принимаются по балансовой стоимости на предприятии [56].

Величины K_T , K_M , $K_{стр}$, можно определить в процентах к оптовой цене нового оборудования и комплектующих изделий ($K_T = 15 \%$; $K_M = 10 \%$;

$K_{стр} = 10 \%$),

Основной способ определения цены проектируемого оборудования состоит в расчете стоимости изготовления оборудования по таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Расчет стоимости изготовления оборудования

Статьи затрат	Сумма, руб.	Примечание
1	2	3
1. Основн материалы	2078611	Таблица 3.2
2. Покупн полуфабрикаты	22410	Таблица 3.3
3. Комплектующие изделия	697180	Таблица 3.4
4. Возврат отходов	-3789,5	п. 3.1.3
5. Зарплата основных рабочих	2372760	п. 3.1.4
6. Отчисления на социальные нужды	711828	30 %
7. Техническ топливо	-	-

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3
8. Износ инструмента	108536	5 % (таб. 3.2 + таб. 3.3)
9. Цеховые расходы	4745520	200 % ЗП
Итого цеховая себестоимость, К _{об}	10740634,5	

Для определения затрат по статье «Материалы» составляется смета затрат в виде таблицы 3.2.

Таблица 3.2 – Смета затрат на основные материалы

Наименование материалов	Марка	Количество, кг.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Сталь	09Г2С	15000	120	1800000
Паронит		30	85	2550
Краска		70	50	3500
Бетон	М 200	15000	5	75000
Итого:				1881050
Прочие неучтенные, 5 %				75985
Итого:				1957035
Базовые и транспортные расходы, 8 %				121576
Итого:				2078611

Для определения затрат по статье «Покупные полуфабрикаты» и «Комплекующие изделия» составляются сметы по форме, представленной в таблицах 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3 – Смета затрат на покупные полуфабрикаты

Наименование	Характеристика	Количество	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
Шпильки	М24х110	200	12	2400
Шпильки	М12х50	150	6	900
Гайка	М24	200	7	1400
Гайка	М12	144	4	576
Шайба	24Л	160	3	480

Шайба	C24	320	3	960
Шайба	12Л	144	2	288
Шайба	C12	288	2	576

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3	4	5
Болт фундаментный	M24	40	125	500
Изоляция	1000x500x 20	250	48	12000
Итого:				20080
Прочие неучтенные, 5 %				896
Итого:				20976
Базовые и транспортные расходы, 8 %				1434
Итого:				22410

Таблица 3.4 – Смета затрат на покупные комплектующие изделия

Наименование изделий	Характеристики	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Приборы КИПиА		30	22000	660000
Итого:				660000
Прочие неучтенные расходы, 5 %				14300
Базовые и транспортные расходы, 8 %				22880
Итого:				697180

Определим сумму, полученную за реализацию отходов.
Примем, что отходы составляют 5 % от всех материалов.

$$BO = \sum_{i=1}^n (m_i \cdot 0,05 \cdot u_i) \quad (3.2)$$

Где:

ВО – возвращенные за металлолом деньги, руб.,

m_i – масса металлолома, т.,

u_i – цена одной тонны металлолома, руб/т

$$BO = 5 \% (13,78 \cdot 5500) = 3789,5 \text{ руб.}$$

Определим заработную плату основных рабочих.

$$ЗП = ТС_{\text{час}} \cdot В \cdot К_{\text{доп}} \cdot К_{\text{рк}} \quad (3.3)$$

Где:

$ТС_{\text{час}}$ – часовая тарифная ставка изготовителя, руб.;

$В$ – затраты времени на изготовление, н*час;

$К_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$К_{\text{р.к.}}$ – коэффициент, учитывающий районные выплаты.

$$В = В_1 + В_2; \quad (3.4)$$

$$В_1 = В^{\circ} \cdot A_1; \quad (3.5)$$

$$В_2 = В^{\circ} \cdot A_2 \quad (3.6)$$

«Черный» вес металла: $A_1 = 15000$ кг

«Чистый» вес металла

$$A_2 = 0,95 \cdot A_1 \quad (3.7)$$

$$A_2 = 0,95 \cdot 15000 = 14250 \text{ кг}$$

Примем $В^{\circ} = 0,3$ – нормо-час на 1 кг металла

$$В_1 = 0,3 \cdot 15000 = 4500 \text{ н} \cdot \text{час}$$

$$В_2 = 0,3 \cdot 14250 = 4275 \text{ н} \cdot \text{час}$$

$$В = 4500 + 4275 = 8775 \text{ н} \cdot \text{час}$$

Примем $ТС_{\text{час}} = 160$ руб

$К_{\text{доп}} = 1,3$;

$К_{\text{рк}} = 1,3$;

$$ЗП = 160 \cdot 8775 \cdot 1,3 \cdot 1,3 = 2372760 \text{ руб.}$$

По статье «Отчисления на социальные нужды» принимается сумма в размере 30 % от зарплаты основных производственных рабочих, плюс страховые взносы на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний для химической промышленности [56].

$$ЕСН = 22\% + 2,9\% + 5,1\% = 30\%$$

$$ЕСН = 0,30 \cdot 2372760 = 711828 \text{ руб.}$$

Определим сумму затрат по статье «Износ инструмента».

Отчисления на ремонт инструмента равны 5 % от суммы расходов по статьям «Основные материалы», «Покупные полуфабрикаты» и «Комплекующие изделия».

$$И.И. = 0,05 \cdot (\text{итого таблица 3.2} + \text{таблица 3.3} + \text{таблица 3.4}); \quad (3.8)$$

$$И.И. = 0,05 \cdot (2078611 + 22410 + 69710) = 108536 \text{ руб.}$$

Определим сумму затрат по статье «Цеховые расходы».

Отчисления по статье «Цеховые расходы» равны 200 % от суммы расходов по статье «Зарплата основных рабочих».

$$ЦР = 2 \cdot ЗП; \quad (3.9)$$

$$ЦР = 2 \cdot 2372760 = 4745520 \text{ руб.}$$

Поставляя $K_{об} = 10740634,5$ руб в формулу (2.1) получим:

$$K_{пр} = 1,35 \cdot 10740634,5 = 14499856 \text{ руб.}$$

3.2 Расчет текущих затрат, связанных с эксплуатацией оборудования

Режим работы оборудования и баланс рабочего времени оборудования необходимы для расчета эффективного фонда времени работы оборудования.

Таблица 3.5 – Годовой график планово-предупредительных ремонтов оборудования

Таблица 3.6 – Нормативы на техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонт оборудования

Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Базовое	О	О	О	К	О	О	О	О	О	О	О	О
Проектируемое	О	О	О	О	О	Т	О	О	О	О	О	О

Наименование и марка оборудования	Периодичность ТО и ремонта (числитель) и продолжительность простоя (знаменатель), час.			Трудоемкость ТО и ремонта чел · час.,		
	К, час	Т, час	О, час	Т _{кр} , чел*час	Т _{тр} , чел*час	Т _о , чел*час
Базовый вариант	14700/120	8640/96	720/6	180	72	2
Проектируемый вариант	14700/120	8640/96	720/6	180	72	2

Таблица 3.7 – Баланс рабочего времени оборудования на 2014 г

Наименование показателей	Базовое оборудование		Проектируемое оборудование	
	дни	часы	дни	часы
Календарный фонд времени	365	8760	365	8760
Планируемые целодневные остановки в работе и перерывы				
1) праздничные дни	-	-	-	-
2) выходные дни	-	-	-	-
3) общие остановки предприятия	5	120	5	200
Номинальный фонд времени:	360	8640	360	8640
1) капитальный	5	120	-	-
2) текущий	-	-	4	120
3) осмотр	2,75	66	2,75	75
Эффективный фонд	352,25	8454	353,25	8500

времени				
---------	--	--	--	--

Расчет годовой производительности оборудования.

$$M_{\text{год}} = q_{\text{час}} \cdot T_{\text{эф}} \quad (3.10)$$

Где:

$q_{\text{час}}$ - часовая производительность, т/час;

$T_{\text{эф}}$ – эффективный фонд рабочего времени оборудования, час.

Часовая производительность: $q_{\text{час}}^{\delta} = 17,12$ т/час;

$$M_{\text{год}}^{\delta} = 17,12 \cdot 8500 = 145520 \text{ т/год.}$$

Баланс рабочего времени одного рабочего в год составляется для определения эффективного фонда рабочего времени. Этот фонд необходим для расчета численности основных производственных рабочих, обслуживающих оборудование и их фонд заработной платы. Баланс составляется для двух- и трехсменной, а также односменной работы, т.к. ремонтный персонал, как правило, работает в одну смену (таблица 2.8)

Таблица 3.8 – Баланс рабочего времени одного рабочего в 2014 г

Наименование показателей	При односменной работе	При трехсменной работе
1. Календарный фонд времени	365	365
2. Нерабочие дни:		
- выходные	104	91
- праздничные	14	-
3. Номинальный фонд времени, дни	249	273
4. Планирование целодневных невыходов		
- очередные и доп. отпуска	36	36
- по болезни	2	3
- выполнение Гос. обязанностей	2	2
- по учебе	3	3
- с разрешения администрации	2	2
5. Эффективный фонд времени, дни/часы	204	229
6.Средняя продолжительность смены,	8	8

час		
Внутрисменные потери, час	-	-
Эффективное время, час	1632	1816

Число выходных дней при трехсменной работе

$$B_{\text{вых}} = 365 - (365 \cdot 3_{\text{см}} / 4_{\text{бр}}) = 92 \text{ дней}$$

Численность рабочих определим по профессиям как явочная и списочная (таблица 3.9).

$$Ч_{\text{яв}} = n \cdot S \quad (3.11)$$

Где:

$Ч_{\text{яв}}$ – явочная численность рабочих;

n – число рабочих мест;

S – сменность работы.

$$Ч_{\text{с}} = Ч_{\text{яв}} \cdot K \quad (3.12)$$

Где:

$Ч_{\text{с}}$ – списочная численность рабочих

K – коэффициент резерва

Коэффициент резерва для 1^{ой} и 3^х смен определяется по формуле

$$K_{\text{рез}} = T_{\text{ном}} / T_{\text{эф}}, \quad (3.13)$$

Где :

$T_{\text{ном}}$, $T_{\text{эф}}$ – номинальный и эффективный фонд рабочего времени (по балансу рабочего времени – таблица 3.8)

$$K_{\text{рез}} = 249 / 204 = 1,2$$

$$K_{\text{рез}} = 273 / 227 = 1,2$$

Таблица 3.9 – Численность рабочих по профессиям, чел

Перечень профессий	$Ч_{\text{яв}}$	$K_{\text{рез}}$	$Ч_{\text{сп}}$
1. Основные рабочие: - оператор	$1 \cdot 6 = 6$	1,2	7
2. Вспомогательные			

рабочие:			
а) дежурный персонал - слесарь КИПиА	$2 \cdot 1 = 2$	1,2	3
б) ремонтной персонал - слесарь – ремонтник	$1 \cdot 1 = 1$	1,2	2
Итого:			12

Рассчитываем годовой фонд заработной платы рабочих.

Расчет фонда заработной платы рабочих проводится на основе фондов основной и дополнительной заработной платы [56].

Расчет тарифного фонда зарплаты проводится по форме, представленной в таблице 3.10.

Доплата за работу в вечернее ночное время определяется по формуле:

$$Д_{\text{н}} = К \cdot ТС \cdot Ч_{\text{я}} \cdot n \cdot T_{\text{прод.см}} \quad (3.14)$$

Где:

К – за работу в ночное время (с 22⁰⁰ до 6⁰⁰) принимается равным 0,4, а за работу в вечернее время (с 20⁰⁰ до 22⁰⁰) К = 0,2;

ТС – часовая тарифная ставка рабочего, руб;

Ч_я – явочное число рабочих;

n – годовое количество ночных и вечерних смен;

T_{прод.см} – продолжительность смены, ч.

За работу в праздничные дни доплата определяется по формуле:

$$Д_{\text{п}} = ТС \cdot T_{\text{прод.см}} \cdot П \cdot Ч_{\text{я в}} \quad (3.15)$$

Где:

Ч_{яв} – явочное число рабочих одной смены;

П – число праздничных дней в году.

Доплаты для оператора:

$$Д_{\text{ноч}} = 0,4 \cdot 160 \cdot 6 \cdot 92 \cdot 8 = 282624 \text{ руб}$$

$$Д_{\text{веч}} = 0,2 \cdot 160 \cdot 6 \cdot 92 \cdot 2 = 35328 \text{ руб}$$

$$Д_{\text{п}} = 160 \cdot 8 \cdot 12 \cdot 6 = 92160 \text{ руб}$$

При сдельной системе оплаты труда рассчитывается сдельный приработок, предусмотренный в размере 8-10 % от заработной платы по тарифу.

Процент премии принимается как доплата за ночные часы по тарифному соглашению на предприятии. Доплата за работу в ночное время D_n , руб., и вечернее время D_v , руб., рассчитывается по формулам:

$$D_n = K \cdot TC \cdot S_{cm} \cdot 8ч \cdot Ч_{яв} \quad (3.16)$$

$$D_v = K \cdot TC \cdot S_{cm} \cdot 2ч \cdot Ч_{яв} \quad (3.17)$$

Где:

K – коэффициент за работу в ночное время (22⁰⁰ до 6⁰⁰) принимаем равным 0,4, а за работу в вечернее время (20⁰⁰ до 22⁰⁰) принимаем равным 0,2.

S_{cm} – годовое количество ночных и вечерних смен.

Доплата за работу в праздничные дни D_p , руб., определяется по формуле:

$$D_p = T_p \cdot TC, \quad (3.18)$$

Где:

T_p – число праздничных дней в году, ч.

Определяем доплаты за ночное D_n , руб., вечернее D_v , руб., время и праздничные дни D_p

Слесарь ремонтник:

$$D_n = 0,4 \cdot 150 \cdot 91 \cdot 8 \cdot 1 = 87360 \text{ руб.}$$

$$D_v = 0,2 \cdot 150 \cdot 91 \cdot 2 \cdot 1 = 5460 \text{ руб.}$$

$$D_p = 150 \cdot 12 \cdot 24 = 43200 \text{ руб.}$$

Слесарь КИПиА:

$$D_n = 0,4 \cdot 150 \cdot 91 \cdot 8 \cdot 2 = 174720 \text{ руб.}$$

$$D_v = 0,2 \cdot 150 \cdot 91 \cdot 2 \cdot 2 = 10920 \text{ руб.}$$

$$D_p = 150 \cdot 12 \cdot 24 = 43200 \text{ руб.}$$

Для профессии слесарь – ремонтник расчет доплат за ночное вечернее время и праздничные дни не ведется, так как он работает в одну смену.

Дополнительная заработная плата в процентном отношении $ЗП_{доп} \%$ определяется по формуле:

$$ЗП_{\text{доп}} \% = T_o + T_r + T_a + T_y / T_{\text{эфф}} \cdot 100 \% \quad (3.19)$$

Где:

T_o – очередной дополнительный отпуск, дни;

T_r – выполнение государственных обязанностей, дни;

T_a – с разрешения администрации, дни;

T_y – в связи с учебой, дни;

$T_{\text{эфф}}$ – эффективный фонд рабочего времени, дни.

Определяем дополнительную заработную плату в процентном отношении $ЗП_{\text{доп}} \%$:

Односменная работа:

$$ЗП_{\text{доп}} \% = \frac{36 + 3 + 2 + 2}{204} \cdot 100 \% = 21 \%$$

Трехсменная работа:

$$ЗП_{\text{доп}} \% = \frac{36 + 3 + 2 + 2}{229} \cdot 100 \% = 18,8 \%$$

В зависимости от места нахождения предприятия для ряда народов страны установлены районные коэффициенты, применяемые к заработку.

Среднемесячная заработная плата одного рабочего определяется по формуле:

$$ЗП_{\text{ср}} = \frac{ГФЗП}{12 \cdot Ч_{\text{сн}}}, \quad (3.20)$$

Где:

ГФЗП – годовой фонд заработной платы, руб.

Подставляем $Ч_{\text{сн}} = 10$ чел, $ГФЗП = 2377800$ руб., в формулу (3.20), получим:

$$ЗП_{\text{ср}} = \frac{2377800}{12 \cdot 12} = 16512,5 \text{ руб.}$$

Расчет амортизационных отчислений.

Расчет амортизационных отчислений проводится по проектируемому и базовому вариантам с учетом утвержденных нормативов по формуле:

$$A = \frac{\Phi \cdot N_a}{100}, \quad (3.21)$$

Где:

Φ – стоимость оборудования, руб.;

N_a – норма амортизации, %.

Стоимость нового оборудования равна величине капитальных затрат на его создание, т.е. $\Phi_{пр} = K_{пр}$.

Значение N_a принимаем по данным предприятия равным 7 %.

Тогда амортизационные отчисления составят:

для базового оборудования

$$A = \frac{3024065 \cdot 7}{100} = 2115684 \text{ руб.}$$

для проектируемого оборудования

$$A = \frac{14499856 \cdot 7}{100} = 1014989 \text{ руб.}$$

Расчет стоимости материалов, запчастей на проведение ремонтных работ.

Расчет стоимости материалов, запчастей на проведение ремонтных работ проводится по форме, представленной в таблице 3.12.

Расход промывочных, смазочных, обтирочных, а также запчастей, основных материалов принимается по данным предприятия.

Таблица 3.12 - Расчет затрат материалов и запчастей на проведение ремонтных работ

Наименование материалов	Количество материальных ресурсов	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Базовый вариант			
1.Электроды УОНИ	20 кг	50	600
2.Шпильки М20х110	200 кг	50	5500
3.Паронит	300 кг	100	17250
4.ГайкаМ20	300 кг	85	9800
5.Сальниковые уплотнение	15 шт	250	1000
6.Эллиптическое днище	1 шт	85000	53600
Итого:			87750
Проектируем			

ый вариант			
1.Паронит	150 кг	100	9425
2.Шпильки М20х110	120 кг	50	3600
3.Гайка М20	230 кг	85	8280
4.Фланец	6 шт	2650	9550
Итого:			30855

Смета затрат на ремонт оборудования рассчитывается по Таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Смета затрат на ремонт оборудования

Статьи расходов	Сумма	
	Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	2	3
1.Материалы и запчасти (из таблицы 2.12)	87750	30855
2.Основная и дополнительная зарплата рабочих	19432,4	37370

Продолжение таблицы 3.13

1	2	3
3.Единый социальный налог (30 %)	5823,7	11211
4. Цеховые расходы (50 % от зарплаты рабочих, производящих ремонт)	9716,2	18685
Итого:	122722	98094

Заработная плата ремонтных рабочих $ЗП_{общ}$, руб., состоит из основной $ЗП_{осн}$, руб., и дополнительной $ЗП_{доп}$, руб., зарплаты.

Основная зарплата рабочих $ЗП_{осн}$, руб., занятых на ремонте оборудования, рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{осн} = ТС \cdot Т \quad (3.22)$$

Где:

ТС – тарифная ставка ремонтного рабочего, руб., ТС = 150 руб.;

Т – годовая трудоемкость всех видов ремонтных работ, чел.-ч.

Дополнительная зарплата рабочих, занятых на ремонте оборудования, принимается от 60 % до 100 % от основной зарплаты [56].

Определяем заработную плату ремонтных рабочих:

Базовый вариант:

$$ЗП_{осн} = 52 (1 \cdot 200 + 11 \cdot 2) = 11544 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{доп} = 0,85 \cdot 11544 = 9812,4 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{общ} = 11544 + 9812,4 = 21356,4 \text{ руб.}$$

Проектируемый вариант:

$$П_{осн} = 150 (1 \cdot 200 + 11 \cdot 2) = 33300 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{доп} = 0,85 \cdot 33300 = 28305 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{общ} = 33300 + 28305 = 61605 \text{ руб.}$$

Смета затрат на содержание и эксплуатацию оборудования производится по форме, представленной в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Смета затрат на содержание и эксплуатацию оборудования

Наименование затрат	Сумма, руб		Примечание
	Базовый вариант	Проектируемый вариант	
1.Содержание оборудования			
а)зарплата дежурного персонала	1165944	2242200	Таблица 3.11
б)единый социальный налог	349783	672660	30 %
в)затраты на смазочные и обтирочные материалы	-	-	-
г)услуги других цехов	975206	117832,6	1 % К _{об}
2.Текущий ремонт оборудования			
а)зарплата ремонтного персонала	466377	896880	Таблица 3.11
б)единый социальный налог	139913	269064	30 %
в)затраты на ремонт	122722	98094	Таблица 3.13
г)прочие расходы	108934	177607	15 %(а + в + б)
3.Амортизационные отчисления	2115684	1014989	Формула 3.22
4.расход энергии	-	-	-
5.Зарплата основных рабочих	2331888	4484400	Таблица 3.11
6.Единый социальный налог	699566	1345320	30 %
7.Итого:	8476017	11319046	
8.Производительность оборудования,	100000	160000	Формула

т/год			3.13
9.Себестоимость обработки единицы продукции.	12,2	10,7	строка7/стр ока8 табл. 3.14

Расчет показателей экономической эффективности

Расчет условно – годовой экономии $\mathcal{E}_{\text{уг}}$, руб., определяется на основе изменения себестоимости единицы продукции по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{уг}} = (S_1 - S_2) \cdot M_2 \quad (3.23)$$

Где:

S_1, S_2 – себестоимость обработки единицы продукции по базовому и проектируемому вариантам, руб.;

M_2 – годовая производительность проектируемого оборудования.

При расчете условно – годовой экономии также необходимо учитывать изменения по текущим эксплуатационным затратам (энергия, топливо, амортизация), изменение затрат по статье «заработная плата рабочих» [56].

Определяем условно – годовую экономию $\mathcal{E}_{\text{уг}}$, руб., по формуле (8.23)

$$\mathcal{E}_{\text{уг}} = (12,2 - 10,7) \cdot 160000 = 240000 \text{ руб.}$$

Прирост прибыли за счет увеличения цены на бензин, получаемый в результате проведенной реконструкции колонны, по данным составил 2206652 руб.

Таким образом прирост прибыли за счет снижения себестоимости обработки продукции и увеличения цены составляют:

$$160000 + 149862 = 2356652 \text{ руб.}$$

Расчет экономии на условно – постоянных расходах $\mathcal{E}_{\text{упр}}$, руб., производится в случае увеличения производительности оборудования и определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{упр}} = (УПР / M_1 - УПР / M_2) \cdot M_2 \quad (3.24)$$

Где :

УПР – сумма условно – постоянных расходов (расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, цеховые расходы) при производстве продукции в базовом варианте, руб.;

M_1 – годовая производительность оборудования в базовом варианте.

УПР принимается как сумма 40 % «Износа инструмента», 60 % «Итого затрат базового варианта» и 40 % «Цеховые расходы базового варианта»;
 Определяем сумму условно – постоянных расходов УПР, руб.:

$$УПР = 0,4 \cdot 108536 + 0,6 \cdot 122722 + 0,4 \cdot 9716,2 = 120933 \text{ руб.}$$

Определяем экономию на условно – постоянных расходах $\mathcal{E}_{упр}$, руб., по формуле (3.24):

$$\mathcal{E}_{упр} = \left(\frac{120933}{100000} - \frac{120933}{160000} \right) \cdot 160000 = 72560 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений T , руб. определяется по формуле:

$$T = KЗ / \Delta Пp$$

$$T = \frac{148756}{2356652} = 0,6 \text{ лет}$$

Таблица 3.15 – Сводная таблица основных технико – экономических показателей.

Показатели	Результат	
	Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	2	3
1.Годовая производительность оборудования, т/год	100000	160000
2.Списочный состав рабочих, чел:	12	12
- основные	6	6
- вспомогательные	8	8
3.Сумма капитальных затрат, руб.	122722	168700
4.Годовой фонд зарплаты, руб.	1150283,4	2377800
5.Себестоимость обработки единицы продукции, руб.	12,2	10,7
6.Затраты на ремонт оборудования, руб.	9716,2	18685
7.Амортизационные отчисления, руб.	2115684	1113518
8.Прирост прибыли, руб	-	17983400
9.Среднемесячная зарплата одного рабочего, руб.	7585,7	16512
10.Условно-годовая экономия, руб.	-	2356652
11.Экономия на условно-постоянных расходах, руб.	-	72560
12.Срок окупаемости капитальных затрат, лет.	-	0,6

4. Социальная ответственность

Введение

В соответствии с классификацией опасных и вредных факторов по ГОСТ 12.0.003-74 к опасным и вредным факторам в условиях нормального ведения технологического процесса относятся физические, химические и психофизиологические факторы.

К физически опасным и вредным факторам относятся:

- подвижные части производственного оборудования,
- загазованность воздуха рабочей зоны,
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны наружной установки и поверхностей оборудования и материалов (абсолютная минимальная температура воздуха минус 55°C, температура наиболее холодной пятидневки минус 43°C);
- тепловое излучение,
- повышенный уровень шума на рабочих местах,
- повышенный уровень статического электричества,
- недостаточный уровень освещенности рабочего места или зоны.

В соответствии со СНиП 2.09.04-87 "Административные и бытовые здания" работы при температуре воздуха до 10°C, включая на открытом воздухе, по санитарной характеристике производственных процессов относятся к группе 2г.

К химически опасным вредным факторам относятся вещества II, III и IV классов опасности, токсикологическое воздействие которых на организм человека оценивается по способу проникновения: через органы дыхания, кожные покровы и слизистые оболочки.

В соответствии со СНиП 2.09.04-87 процессы, вызывающие загрязнения веществами 1-го и 2-го классов опасности тела и спецодежды и обладающие стойким запахом, по санитарной характеристике производственных процессов относятся.

К психофизиологическим опасным и вредным факторам воздействия относятся физические и нервно-психические перегрузки, характерные для труда операторов.

Организацией труда предусматривается сквозная комплексная бригада с подменой на обед и технологические микропаузы, что периодически требует выполнения работ других квалификаций, при этом разряд работающего на подмене должен быть не ниже (или выше) определенного должностной инструкцией для данного вида работ.

Работа операторов в помещениях и на наружной установке связана с большими физическими как статическими, так и динамическими перегрузками по обслуживанию оборудования, арматуры, приборов КИПиА и требуют значительного перенапряжения при отслеживании параметров и поддержании технологического процесса в заданных

регламентированных значениях, а также требует принятия мгновенных решений при отклонении от них.

По тяжести и напряженности труда работа операторов соответствует вредному классу 3.1-3.2 (Руководство Р 2.2.755-99 "Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности

факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса").

К наиболее опасному оборудованию и сооружениям установки относятся реакторы, блок колонн, печей, компрессоры, технологические лотки, прямки, колодцы промканализации и водопровода.

Таким образом, в соответствии с краткой характеристикой процесса и организацией труда работающих, все мероприятия по охране труда должны предусматриваться по группе производственных процессов.

Мероприятиями по охране труда предусмотрено:

- надземная прокладка всех трубопроводов на эстакадах для удобства обслуживания и контроля состояния
- изоляция оборудования и трубопроводов для снижения температуры на поверхности до 40°C в помещениях и 60°C - на наружных установках;
- ограждения защитными кожухами подвижных (вращающихся) частей насосного оборудования;
- строительство площадок и лестниц с ограждениями и огнезащитными экранами для обслуживания колонн и оборудования на постаментах;
- ограждения поребриками площадок с насосами, в том числе под постаментами, и емкостного оборудования для ограничения площади проливов;
- приточно-вытяжная вентиляция с кратностью воздухообмена, исключающей превышение предельно-допустимых концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны и достижение взрывоопасных концентраций;
- непрерывный контроль сигнализаторами предельно-допустимых или взрывоопасных к
- онцентраций воздушной среды в технологических помещениях и на наружной установке;
- обеспечение микроклимата в производственных помещениях за счет воздушного отопления в соответствии с категорией работ персонала;
- заземление оборудования и трубопроводов;
- сосредоточение насосного оборудования в зданиях или небольшими группами на наружных установках без постоянного пребывания людей. Для снижения воздействия уровня звукового давления

на организм человека пребывание людей в помещениях или на установке ограничивается временем и последующей микропаузой на отдых;

- защита от низких температур и проникновения вредных веществ через кожу и органы дыхания предусматривается спецодеждой, соответствующей данному климатическому поясу и ограничением времени пребывания людей на наружной установке;
- защита от попадания нефтепродуктов на кожу и проникновения паров углеводородов в органы дыхания средствами индивидуальной и коллективной защиты.

4.1. Производственная безопасность

4.1.1. Анализ выявленных вредных факторов при исследовании и эксплуатации колонны.

Характеристика пожароопасных и токсичных свойств сырья, продукции и отходов установки.

Таблица №1

Наименование опасного вещества	Степень опасности и характер воздействия веществ на организм человека
1	2
Нестабильная газоконденсатная смесь (НГКС).	Является взрывопожароопасным веществом. Предел взрываемости НГКС составляет 0,76-5,16 % об. Класс опасности 4. Пары оказывают на организм человека наркотическое действие. Большая концентрация смертельна. Хроническое отравление вызывает расстройство нервной системы. При небольших отравлениях наблюдается возбуждение, головокружение, тошнота. возможна быстрая смерть. При воздействии на кожу, НГКС вызывает раздражение, сухость, дерматиты. ПДК – 300 , мг/м ³
Сжиженные углеводородные газы: 1)Широкая фракция легких углеводородов. (ШФЛУ) 2)Смесь пропан-бутановая (СПБ).	Является пожароопасным веществом. Класс опасности 4. При попадании на кожные покровы вызывает обморожение. При отравлении наблюдается головная боль, рвота, раздражение глаз и горла. Боли в области сердца психические нарушения, потеря сознания. Может вызвать смерть при длительном вдыхании. ПДК - 300, мг/м ³
Стабильный конденсат (СК).	Является взрывопожароопасным веществом. Класс опасности 4. При отравлении характерно развитие судорог, замедляется пульс,

Наименование опасного вещества	Степень опасности и характер воздействия веществ на организм человека
1	2
	понижается кровяное давление, нарушается ритм дыхания. Высокое содержание (СК) может угрожать хроническими отравлениями с изменением состава крови и кроветворных органов. При воздействии на кожные покровы приводит к раздражениям, возникновению сухости, шелушению кожи, появлению трещин. ПДК - 300, мг/м³
Охлаждающая жидкость ГШЗ	Является взрывопожароопасным веществом. Предел взрываемости дизельного топлива составляет 2-3%об. Класс опасности 4 ГШЗ относится к вредным веществам, обладающим наркотическим действием, и поражающим главным образом центральную нервную систему. Мутагенными, аллергенными, и выраженными. раздражают слизистые оболочки и глаза. При остром отравлении парами возникает головная боль, головокружение, психическое возбуждение. В атмосфере с очень высокой концентрацией паров, человек теряет сознание, и, если не будет оказана своевременная помощь, могут возникнуть сильные судороги, и произойдет остановка дыхания. При попадании на кожу возможно возникновение дерматитов. ПДК - 300, мг/м³
Топливо газоконденсатное широкофракционн ое для быстроходных дизелей (ГШЗ).	Является взрывопожароопасным веществом. Предел взрываемости топлива составляет 1,06-5,73% об. Класс опасности 4. Топливо (ГШЗ) относится к вредным веществам, обладающим наркотическим действием, и поражающим главным образом центральную нервную систему. Пары продукта сильно раздражают слизистые оболочки и глаза. Мутагенными, аллергенными, и выраженными кумулятивными свойствами не обладает. При остром отравлении парами возникает головная боль, головокружение, расстройство пищеварения, кожный зуд, жжение в глазах. ПДК - 300, мг/м³.
Азот газообразный.	Невзрывоопасный газ, его накопление вызывает явление кислородной недостаточности и удушья.
Газ стабилизации	Является взрывоопасным веществом. Класс опасности 4. Длительное вдыхание вызывает хронические заболевания, расстройство нервной системы. Попадая на кожу, обезжиривает ее. При длительном соприкосновении вызывает сухость, трещины, раздражение.

Спецодежда и специальные приспособления

Спецодежда, спецобувь и СИЗ, выдаются работникам бесплатно в соответствии с Приказом Минздрава соцразвития РФ от 09.12.2009г. №970 «об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи спецодежды, спецобуви и др СИЗ работникам нефтяной промышленности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнениями», действует с 28.02.2010г.

Все рабочие, ИТР цеха обеспечиваются спецодеждой и защитными средствами согласно норм:

Перечень спецодежды работников:

- 1.Костюм хлопчато-бумажный и прорезиненный;
- 2.Рукавицы
- 3.Сапоги резиновые и кирзовые
- 4.Ботинки

Подошва спецодежды должна быть выполнена из материала, не дающих искр при движении от статического электричества.

При работе в зимнее время года работники обеспечиваются дополнительной следующей теплой одеждой:

- 1.Рукавицы меховые
- 2.Костюм низкотемпературный
- 3.Валенки с калошами
- 4.Шапка-ушанка

При работе с деэмульгаторами, кислотами и другими вредными веществами рабочие установки обеспечиваются следующей спецодеждой:

- 1.Рукавицы, прорезиненные или резиновые перчатки.
- 2.Фартук прорезиненный.
- 3.Защитные очки
- 4.Сапоги резиновые

Работы с вредными веществами должны проводиться в фильтрующих противогазах марки А.

Перечень индивидуальных защитных средств и приспособлений, применяемых на УППН:

1. Противогаз шланговый ПШ-1.
2. Противогаз фильтрующий (фильтр, коробка, маска).
3. Пояс спасательный.
4. Веревка спасательная.
5. Перчатки диэлектрические.
6. Коврики диэлектрические.
7. Очки защитные.
8. Очки защитные газорезчика.
9. Щитки защитные для электросварщика.
10. Пояс предохранительный.

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Плохое освещение утомляет не только зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Неправильное освещение может быть причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие лампы, резкие тени ухудшают или вызывают полную потерю зрения, ориентации.

В качестве освещения в лаборатории используют как искусственное освещение, так и естественное освещение. Естественное освещение – это свет, идущий от окон. Искусственное освещение – это лампы и светильники.

Естественное, искусственное освещение определяется СП 52.13330.2011 в зависимости от характеристики зрительной работы, которая принята системой освещения. В нашем случае освещенность рабочего места работника должна быть не менее 500 лк. При этом следует применять комбинированное освещение (общее и местное).

Применяемые для местного освещения рабочих мест переносные светильники должны иметь непрозрачный отражатель, обеспечивающий рассеянный свет, и экран, защищающий глаза работника от слепящего воздействия света.

4.1.2. Анализ выявленных опасных факторов при исследовании и эксплуатации колоны.

Электрический ток

Основным опасным фактором при эксплуатации прибора является воздействие электрического тока.

При однофазном замыкании тока, которое может возникнуть в электрических приборах появляется напряжение, достаточное для поражения человека. Ток замыкания создаёт опасные напряжения не только на самом оборудовании, но и возле него, растекаясь с оснований и фундаментов. Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока и электромагнитных полей зависит от рода и величины напряжения и тока, частоты электрического тока, пути тока через тело человека, продолжительности воздействия электрического тока или электромагнитного поля на организм человека, условий окружающей среды.

Большинство средств неразрушающего контроля (дефектоскопы, установки, приборы, средства механизации и автоматизации) в процессе работы полностью или частично находятся под напряжением. Поэтому при их эксплуатации должны строго соблюдаться “Правила техники эксплуатации электроустановок потребителей. Правила безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей”.

Все неизолированные питающие кабели прибора при любом напряжении ограждены от случайного прикосновения. Корпус прибора

надёжно заземлён ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

По ГОСТ 12.2.007.0-75 / ССБТ. Изделие электротехнические. Общие требования безопасность / разработанные устройства относятся к классу ОI, так как имеют, по крайней мере, рабочую изоляцию, элемент для заземления и провод без заземляющей шины для присоединения к источнику питания.

Допустимые уровни напряжения и требования к проведению контроля на рабочих местах. Пребывание в электрическом поле напряжённостью до 5 кВ/м включительно допускается в течение рабочего дня. Разрабатываемая электроустановка запитывается от сети переменного тока и потребляет незначительную мощность (до 20 Вт), поэтому она способна создать уровень напряжённости электрического поля на несколько порядков ниже, чем предельно допустимый.

Защита от поражения электрическим током и возгораний осуществлена в соответствии с ГОСТ 12.1.019-79 / ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты защитным заземлением.

Наиболее простым и широко используемым способом защиты является защитное заземление. Снижение напряжения прикосновения и шага достигается путём уменьшения потенциала заземлённого оборудования (уменьшением сопротивления заземлителя), а также путём выравнивания потенциалов основания, на котором стоит человек, и заземлённого оборудования (подъём потенциала основания, на котором стоит человек, до значения, близкого к значению потенциала заземлённого оборудования). Защитное заземление следует отличать от рабочего заземления (например, нейтральных точек обмоток генератора, трансформаторов и заземления молниезащиты).

Защитное заземление – способ защиты человека от поражения электрическим током. Оно заключается в том, что все металлические части комплекса с помощью проводника соединяются с устройством заземления. При этом в случае неполадки (пробой на корпус) ток возвращается к источнику напряжения, что приводит к срабатыванию соответствующего устройства токовой защиты, и повреждённый блок отключается от сети.

Расчет молниезащиты здания промышленного объекта

Рассчитаем необходимую высоту одиночного стержневого молниеотвода для защиты операторной $L = 8$ м, $S = 8$ м, $h_x = 5$ м, расположенных в г.Сургуте, см. рис. 14.8а [13].

Определяем категорию здания операторной. Так как класс зоны по ПУЭ-87 В–1а, то категория здания II (табл. 14.1) [13].

Число возможных воздействий молний:

$N = [(S+6 \cdot h_x)(L+6 \cdot h_x) - 7,7 \cdot h_x] n \cdot 10^{-6} = [(8+6 \cdot 5)(8+6 \cdot 5) - 7,7 \cdot 52] 2 \cdot 10^{-6} = 0,0025 < 1$, следовательно, принимаем зону типа Б.

$$h = \frac{r_x + 1,63 h_x}{1,5} = \frac{10,35 + 1,63 \cdot 5}{1,5} = 12,23 \text{ м}$$

где r_x - радиус зоны защиты на высоте $h_x = 5$ м, который находим из уравнения

$$r_x = 0,5 + \sqrt{(S+1)^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2} = 0,5 + \sqrt{(8+1)^2 + (8/2)^2} = 10,35 \text{ м}$$

4.2. Экологическая безопасность:

На установке стабилизации деэтанализованного конденсата основным источником загрязнения атмосферы являются оксиды углерода, оксиды азота, углеводороды, получаемые как в процессе неполного сгорания топлива в печах, так и в результате утечек.

Оксид углерода наиболее опасный загрязнитель воздуха, токсичность которого обусловлена реакцией с гемоглобином крови.

При остановке установки на ремонт, осмотр или в случае аварии пары углеводородов сбрасываются на факел, где сжигаются.

Необходимо строгое соблюдение предельно-допустимых концентраций:

- оксиды углерода - 5.0 мг/м³;
- оксиды азота - 0.2 мг/м³;
- углеводороды - 5.0 мг/м³.

Источником загрязнений поверхностных и подземных вод являются сточные воды. Сточные воды - это воды, использованные на бытовые, производственные или другие нужды и загрязненные различными примесями, изменившими их первоначальный химический состав и физические свойства, а также воды, стекающие с территории промышленных предприятий в результате выпадения атмосферных осадков.

В зависимости от происхождения, вида и состава сточные воды подразделяются:

1. производственные;
2. солесодержащие;
3. бытовые;
4. дождевые.

Выбор оптимальных схем очистки воды обусловлен преимущественным многообразием находящихся в воде примесей и высокими требованиями, предъявляемыми к качеству очистки воды. При выборе способа очистки примесей учитываются не только их состав в сточных водах, но и ПДС (предельно-допустимые сбросы) и ПДК (предельно-допустимые концентрации).

Производственные сточные воды поступают от дренажа технологических лотков, от охлаждения сальников насосов, смыва полов производственных помещений. Загрязненные сточные воды нефтепродуктами поступают по самотечным трубопроводам в приемные резервуары канализационных насосных станций, а затем подаются на комплексные очистные сооружения (КОС), где проходят механическую, биологическую, доочистку на кварцевых фильтрах.

Остаточное содержание нефтепродуктов после очистки по ПДС не должно превышать 0.1 мг./л. Условно-чистые воды от производственно-вспомогательных служб сбрасываются в протоку Глухая.

Хозяйственно-бытовые сточные воды проходят полную биологическую очистку, доочистку и дезинфекцию. Очищенные сточные воды сбрасываются в протоку Глухая и частично направляются для повторного использования в оборотные системы.

4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

На установке разработана "Инструкция по пожарной безопасности на УСК". Ответственность за пожарную безопасность УСК, за выполнение предписаний Госпож надзора несет начальник УСК. Он несет персональную ответственность за своевременное осуществление мероприятий, обеспечивающих безопасное, в пожарном отношении, пребывание людей на УСК.

Все дороги и проезды на территории установки, подъезды к сооружениям, пожарным гидрантам, необходимо содержать в исправном состоянии: в зимнее время очищать от снега и льда, в ночное время обеспечить освещение, не загромождать, не складировать материалы и оборудование. Ремонтные работы, связанные с перекрытием проезжей части дорог, должны быть согласованы с пожарной частью.

Масла и смазки в производственных помещениях разрешается хранить в количестве не более суточной потребности в металлической таре. Использованный обтирочный материал должен складываться в специальные металлические ящики, по окончании смены удаляться из производственных помещений в безопасное в пожарном отношении место.

Уборка помещений легковоспламеняющимися жидкостями запрещается, нельзя сушить одежду, обувь на горячих поверхностях трубопроводов и оборудования.

Все производственные и подсобные помещения установки должны быть укомплектованы первичными средствами пожаротушения.

Во избежание распространения огня по сети промышленной канализации во время пожара в колодцах должны быть установлены гидравлические затворы на всех выпусках от помещений с технологической аппаратурой, площадок технологических установок; колодцы канализации должны быть постоянно закрыты люками и засыпаны песком слоем 10 см.

Слив взрывоопасных продуктов в канализационные системы запрещается.

В помещениях, в которых находится аппаратура и коммуникации, содержащие горючие и взрывоопасные газы, вентиляция должна работать круглосуточно.

Пуск аварийно-вытяжной вентиляции должен быть автоматическим под действием датчиков-газоанализаторов, кроме того предусмотрен дистанционный запуск аварийной вентиляции от кнопок, расположенных у наружной двери производственного помещения.

В случае возникновения пожара в производственных помещениях все вентиляционные системы в нем должны быть выключены.

Эксплуатация аппаратов, трубопроводов, оборудования при пропуске продукта через не плотности фланцевых соединений запрещается. При обнаружении пропуска в аппарате, для предотвращения воспламенения

вытекающего продукта, необходимо подать водяной пар или инертный газ к месту пропуска и выключить аппарат из работы или остановить установку.

При угрозе возникновения загазованности территории у печей необходимо немедленно включить систему паротушения, погасить горелки печей и вызвать пожарную охрану.

Электрические испытания во взрывоопасных помещениях и на наружном технологическом оборудовании разрешается проводить только взрывозащищенными приборами, при проведении испытаний приборами общего назначения необходимо оформлять наряд-допуск на проведение огневых работ. Разрешается испытывать взрывозащищенное электрооборудование приборами общего назначения, расположенными в помещениях распределительных устройств с нормальными устройствами без оформления письменного разрешения на огневые работ и при условии, что все узлы электрооборудования, создающие элементы взрывозащиты, находятся в собранном состоянии.

Электрооборудование взрывоопасных помещений и наружных установок по своему типу и исполнению должно соответствовать классу взрыво- пожароопасности помещения или наружной установки, а также характеристике окружающей среды и должно выбираться в соответствии с требованиями ПУЭ.

Эксплуатация взрывозащищенного оборудования с нарушенной системой защиты запрещается. Производить какие-либо изменения в конструкции взрывозащищенного электрооборудования запрещается.

Прокладка и эксплуатация силовых и осветительных сетей на территории установки должны выполняться в соответствии с требованиями ПУЭ.

Проведение временных огневых работ в производственных помещениях и на наружных площадках установки допускается только после оформления письменного разрешения.

К сварочным работам допускаются сварщики, имеющие квалификационное удостоверение и талон по пожарной безопасности.

Аппараты, емкости и оборудование, на которых должны производиться огневые работы, должны быть остановлены, освобождены от горючих продуктов, отключены с помощью заглушек и подготовлены к ремонту согласно требований "Инструкции по организации безопасного проведения огневых работ".

Установка обеспечивается первичными средствами пожаротушения согласно перечню, утвержденному главным инженером и согласованному с ПЧ-56. Первичные средства пожаротушения следует размещать вблизи мест наиболее вероятного их применения. Ответственность за сохранность и содержание первичных средств пожаротушения возлагается на начальника установки. Кроме первичных средств пожаротушения УСК снабжена установками пожарной автоматики:

- пенотушение помещений насосной и манифольдной;
- на наружных площадках и в производственных помещениях выполнена разводка пожаропровода;
- технологические печи оборудованы паротушением, паровой завесой и подачей азота в змеевики и топку печей.

Установки пожарной автоматики подлежат эксплуатационно-техническому обслуживанию (технический контроль, профилактический осмотр, ремонт, испытание и т.д.) с целью поддержания установок и средств сигнализации в постоянной готовности в соответствии с требованиями "Типовых правил технического содержания установок пожарной автоматики".

Начальник установки должен систематически контролировать сохранность огнегасительного вещества, давление в побудительном трубопроводе питательной сети, состояние запорной арматуры, состояние насадок и оросителей, датчиков автоматического и дистанционного пуска.

Ежегодно проверяется работа всей системы автоматических установок пожаротушения. Качество пенообразователя проверяется раз в полгода.

На территории завода находится насосная пенотушения, в которой установлены два насоса (основной и резервный), которые по пенопроводу подают пенообразователь на защищаемые объекты. Рядом с насосной

находятся три резервуара емкостью по 200 м³ каждый с раствором пенообразователя.

На установке система автоматического пенотушения смонтирована по насосной и манифольдной. Установлены датчики пожарной сигнализации типа ДПС-0,38. Выполнена трубопроводная разводка к генераторам пены средней кратности (ГПС-600).

При возникновении пожара срабатывает датчик пожарной сигнализации ДПС-0,38 (при 70 °С), который выдает сигнал через промежуточный исполнительный орган ПИО-0,17 на пульт пожарной сигнализации ППС-3 УСК и ПЧ-56. Пульт выдает сигнал на пульт управления автоматикой, который выдает команду на включение насоса на станции пенотушения и одновременно на открытие электроприводных задвижек в узле пенотушения УСК и на отключение приточной и вытяжной вентиляции. В результате открываются электроприводные задвижки №1 в насосную, №2 в манифольдную и пенораствор подается через пеногенераторы ГПС-600 в виде пены к очагу пожара. При этом срабатывает:

- сигнализация световая и звуковая на ППС-3 УСК;
- сигнализация световая и звуковая на открытие электроприводных задвижек на щите в операторной УСК;
- автоматическое отключение всех вентиляционных систем;
- световая и звуковая сигнализация о включении насоса на станции пенотушения на щите в операторной УСК.

4.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Существует множество профессий, работа которых связана с воздействием на человека вредных факторов. Для работников таких профессий предусмотрены дополнительные гарантии и компенсации.

Выявление вредных и опасных условий труда происходит путем специальной оценки условий труда. Специальная оценка условий труда регламентируется следующим документом Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда".

При работе с ультразвуковыми приборами предусмотрены виды компенсации.

- Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск
- Проведение периодических медицинских осмотров

Перечень гарантий и компенсаций определяется классом и условием труда регламентируется Федеральным законом от 28.12.2013 г. №426-ФЗ.

Заключение

- В данном дипломном проекте рассматривается установка получения моторных топлив.
- В результате технологического и механического расчета были получены основные технологические параметры аппарата и произведен расчет атмосферной колонны и основных узлов на прочность.
- В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены методы безопасного ведения технологического процесса, выявлены опасные факторы производства и предложены методы и средства борьбы с ними.
- Приведенный экономический расчет показал, что проект быстро окупается, может в настоящее время быть выгоден, что обуславливается повышенным спросом на все виды топлива.
- Из выше сказанного можно сделать вывод о целесообразности проведения данного проекта т.к. проект является выгодным и эффективным.

Список использованной литературы

1. Семакина О.К. «Машины и аппараты химических производств»: учебное пособие / Семакина О.К; ТПУ - Томск: Издательство ТПУ, 2011 – 127с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: 1973, 754 с.
3. Леонтьева, А.И. «Оборудование химических производств» [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. / А.И. Леонтьева. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2012. – Ч. 1. – 232 с.
4. Шаровина С.И. диссертация «Адаптивное управление температурным профилем ректификационной колонны тарельчатого типа» ФГБОУ ВПО Национальный Исследовательский Университет «МЭИ». Москва 2014.
5. Общедоступный сайт <http://megaobuchalka.ru/9/34039.html>
6. Сарданашвили А.Г., Львова А.И. Примеры и задачи по технологии переработки нефти и газа. - М.: Химия, 1973.- 273 с.
7. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. - М.: Химия, 1978.- 212 с.
8. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии.- М.: Химия, 1991.- 212 с.
9. Чуракаев А.М., Газоперерабатывающие заводы. М., Химия ,1971.- 240 с.
10. Берлин М.А., Гореченков В.Г., Волков И.П. Переработка нефтяных и природных газов.- М.: Химия, 1976.-273 с.
11. Леонтьев А.П., Беев Э.А. Прочностные расчеты аппаратов нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов: учебное пособие. Тюмень: ТюмГНГУ, 2000.-75 с.
12. Автоматическое управление в химической промышленности: Учебник для вузов. Под редакцией Е.Г. Дудникова. - М.: Химия, 1987.-368 с.
13. Старикова Г.В., Милевский В.П., Шантарин В.Д. Методические указания к выполнению раздела «Безопасность и экологичность проекта» в дипломных проектах технологических специальностей. Тюмень: ТюмГНГУ, 1997.-23 с.
14. Курушина Е.В. Методические указания к выполнению организационноэкономической части дипломного проекта. Тюмень: ТюмГНГУ, 1998.-20 с.

15. Вихман Г.Л., Круглов С.А. Основы конструирования аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов. - М.: Машиностроение, 1978.-323 с.
16. Багатуров С.А. Теория и расчет перегонки и ректификации. М.: Гостоптехиздат, 1994.-435 с.
17. Технологический регламент установки стабилизации конденсата УСК-2.
18. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов., Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии.-М.: 000 «НедраБизнесцентр», 2000.-677 с.
19. ОАО Специальное проектно конструкторско-технологическое бюро (ОАО СПКТБ) «Нефтегазмаш» и Завод стабилизации конденсата (ЗСК) ООО "Сургутгазпром" Положения о системе технического обслуживания и ремонта технологического оборудования, 2004. -278 с.
20. Поникаров И.И. Машины и аппараты хим.производств и нефтегазопереработки: Учебник./Поникаров И.И., Гайнуллин М.Г. -2-е изд.- М.:Альфа-М-2006.-608.
21. Каталог продукции ОАО «Курганхиммаш»-
<http://www/khm.zaoral.ru>
22. Ахметов С.А. Технология и оборудования процессов переработки нефти и газа:Учебное пособие/С.А. Ахметов, Т.П.Сериков, И.Р.Кузеев, М.И.Баязитов: Под. ред. С.А.Ахметова.-СПб:Недра,2006.-868с.
23. Фармазов С.А. Оборудование нефтеперерабатываемых заводов и его эксплуатация: Учебник/С.А. Фармазов-М.:Химия,1978-352с.