

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ
Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой «РПиР»

_____ М.В.Кравцова
(подпись) (И.О. Фамилия)
« ____ » _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ
на бакалаврскую работу

Студент: Яин Илья Юрьевич

1. Тема: «Модернизация блока первичной очистки двуокиси углерода на предприятии ООО «Химтэко»»
 2. Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы 20.05.2016
 3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:
Технологический регламент установки производства двуокиси углерода
 4. Содержание бакалаврской работы:
 - Анализ существующей системы первичной очистки двуокиси углерода на ООО «Химтэко»
 - Модернизация блока первичной двуокиси углерода на ООО «Химтэко»
- Дата выдачи задания: 15.03.2016

Руководитель бакалаврской работы

В.Ю.Зотов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

И.Ю. Яин

(И.О. Фамилия)

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «РПиР»

_____ М.В. Кравцова

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

бакалаврской работы

Студента: Яина Ильи Юрьевича

по теме: «Модернизация блока первичной очистки двуокиси углерода на
ООО «Химтэко»»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Введение	20.03.2016			
Анализ существующей системы первичной очистки двуокиси углерода на ООО «Химтэко»	10.04.2016			
Модернизация блока первичной очистки двуокиси углерода на ООО «Химтэко»	20.05.2016			
Заключение	01.06.2016			

Руководитель бакалаврской работы

В.Ю.Зотов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

И.Ю. Яин

(подпись)

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Бакалаврскую работу выполнил: Яин И.Ю.

Тема работы: Модернизация блока первичной очистки двуокиси углерода на ООО «Химтэко»

Научный руководитель: Зотов В. Ю.

Цель бакалаврской работы улучшение работы блока первичной очистки двуокиси углерода с применением современных эколого-экономических технологических решений, для достижения более эффективной работы установки для получения двуокиси углерода.

Краткие выводы по бакалаврской работе: в работе было проанализирован технологический процесс получения двуокиси углерода на предприятие ООО «Химтэко» и разработаны технологические решения по модернизации блока первичной очистки двуокиси углерода.

Бакалаврская работа состоит из введения, двух глав, заключения, списка использованных источников.

Во введение рассказывается о предприятии ООО «Химтэко» и о процессе абсорбция. В первой главе раскрыта технологическая часть производства двуокиси углерода. Во второй главе произведён расчёт основного и дополнительного аппарата, описана произведённая модернизация.

Графическая часть содержит:

- технологическую схему блока первичной очистки до модернизации;
- технологическую схему блока первичной очистки после модернизации;
- сборочный чертёж скруббера CO₂;
- сборочный чертёж пластинчатого теплообменника.

Структура и объём работы. Работа состоит из введения, 2-х разделов, заключения, списка литературы из 57 источников. Общий объём работы, без приложений 53 страниц машинописного текста. Графический материал выполнен на 4 листах.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПЕРВИЧНОЙ ОЧИСТКИ ДВУОКИСИ УГЛЕРОДА НА ООО «ХИМТЭКО»	8
1.1 Существующие методы производства, выбор метода	8
1.2 Теоретические основы выбранного метода	9
1.3 Физико-химические свойства сырья, вспомогательных материалов и готового продукта	13
1.4 Описание технологической схемы установки	16
ГЛАВА 2. МОДЕРНИЗАЦИЯ БЛОКА ПЕРВИЧНОЙ ОЧИТКИ ДВУОКИСИ УГЛЕРОДА НА ООО «ХИМТЭКО»	37
2.1 Материальный расчёт и материальный баланс основного аппарата (скруббера)	37
2.2 Тепловой расчёт и тепловой баланс основного аппарата	42
2.3 Технологический и конструктивный расчёт основного аппарата	45
2.4 Расчёт вспомогательного аппарата (пластинчатого теплообменника)	51
2.5 Описание модернизации	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	59

ВВЕДЕНИЕ

ООО «Химтэко» образовано в январе 2006 года, с момента принятия решения о приобретении установки нового поколения фирмы «UNION ENGINEERING» по производству диоксида углерода. [31]

Местом для размещения производственного корпуса выбрана площадка ОАО «КуйбышевАзот» вблизи производства аммиака. [31]

Проектная мощность производства – 6250 кг/час (50 тысяч тонн в год при 8000 часов работы в год) двуокиси углерода жидкой.

Получение двуокиси углерода жидкой осуществляется на основе установки для рекуперации двуокиси углерода по низкobarному типу, т.е. готовый продукт, жидкая двуокись углерода - хранится в специальных изотермических резервуарах при абсолютном давлении 14-16,5 бар и температуре около минус 30⁰С. [31]

В состав производства входят следующие основные сооружения и стадии:

- Производственный корпус с АБК;
- Блок первичной очистки двуокиси углерода (блок скруббера);
- Компрессор CO₂;
- Конечный охладитель;
- Модуль фильтров;
- Система очистки;
- Аммиачная холодильная установка;
- Аммиачный холодильный компрессор;
- Узел хим. Водоподготовки;
- Узел водооборотный;
- Склад готового продукта с узлами заправки;
- Автовесы.

В данной работе будет рассмотрен блок первичной очистки двуокиси углерода (Блок водяного скруббера), будут найдены недостатки в его работе и способ для модернизации этого блока в целях улучшения его работы.

В скруббере CO_2 происходит процесс абсорбции.

Абсорбция, физический или химический процесс впитывания одного вещества другим. Поглощаемое вещество полностью пропитывает поглощающее. Возможно поглощение газа жидкостью, как в случае с углекислым газом и гидро-ксидом натрия, а также поглощение жидкости или газа твердым веществом, как при проникновении воды в гель. Процесс находит широкое промышленное применение, например, при очистке природного газа сероводород абсорбируется водным раствором этаноламина. Абсорбция известна во всех отраслях науки; в частности, в ядерной физике нейтроны, образовавшиеся при распаде, поглощаются такими элементами, как бор. [38]

Целью данной работы является: улучшение работы блока первичной очистки двуокиси углерода.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ существующего технологического процесса на блоке первичной очистки двуокиси углерода;
2. Выявить недостатки в работе блока первичной очистки двуокиси углерода;
3. Разработать модернизацию блока первичной очистки двуокиси углерода для устранения недостатков в его работе.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПЕРВИЧНОЙ ОЧИСТКИ ДВУОКСИ УГЛЕРОДА НА ООО «ХИМТЭКО»

1.1 Существующие методы производства, выбор метода

Различают хемосорбцию и физическую абсорбцию. При хемосорбции (абсорбция, сопровождаемая химической реакцией) абсорбируемый компонент связывается в жидкой фазе в виде химического соединения. При необратимой реакции равновесное давление компонента над раствором очень мало и возможно полное его поглощение. При обратимой реакции над раствором существует существенное давление компонента, хотя и меньшее, чем при физической абсорбции. [38]

При физической абсорбции растворение газа не сопровождается химической реакцией (или, по крайней мере, эта реакция не оказывает существенного влияния на процесс). В данном случае над раствором существует более или менее значительное равновесное давление компонента, и поглощение последнего происходит лишь до тех пор, пока его парциальное давление в газовой фазе выше равновесного давления над раствором. Полное извлечение компонента из газа при этом возможно только при противотоке и подаче в абсорбер чистого поглотителя, не содержащего компонента.

При хемосорбции (абсорбция, сопровождаемая химической реакцией) абсорбируемый компонент связывается в жидкой фазе в виде химического соединения. При необратимой реакции равновесное давление компонента над раствором ничтожно мало и возможно полное его поглощение. При обратимой реакции над раствором существует существенное давление компонента, хотя и меньшее, чем при физической абсорбции. [38]

Промышленное проведение абсорбции может сочетаться или не сочетаться с десорбцией. Если десорбцию не производят, поглотитель используется однократно. При этом в результате абсорбции получают готовый продукт, полупродукт или, если абсорбция проводится с целью

санитарной очистки газов, отбросный раствор, сливаемый (после обезвреживания) в канализацию. [38]

Области применения абсорбционных процессов в химической и смежных отраслях промышленности весьма обширны.

1.2 Теоретические основы выбранного метода

Получение готового продукта путем поглощения газа жидкостью. Примерами могут служить: абсорбция SO_3 в производстве серной кислоты; абсорбция HCl с получением соляной кислоты; абсорбция окислов азота водой (производство азотной кислоты) или щелочными растворами (получение нитратов) и т.д. При этом абсорбция проводится без последующей десорбции [1,5,38].

Разделение газовых смесей для выделения одного или нескольких ценных компонентов смеси. В этом случае применяемый поглотитель должен обладать, возможно большей поглотительной способностью по отношению к извлекаемому компоненту и возможно меньшей по отношению к другим составным частям газовой смеси (избирательная, или селективная, абсорбция). При этом абсорбцию обычно сочетают с десорбцией в круговом процессе. В качестве примеров можно привести: абсорбцию ацетилен из газов крекинга или пиролиза природного газа, абсорбцию бензола из коксового газа, абсорбцию бутадиена из контактного газа после разложения этилового спирта и т.п. [1,5] .

Очистка газа от вредных компонентов и примесей. Такая очистка производится, прежде всего с целью удаления примесей, не допустимых при дальнейшей переработке газов (например, очистка коксовых и нефтяных газов от H_2S , азотно-водородной смеси для синтеза аммиака от CO и CO_2 , осушка сернистого газа в производстве контактной серной кислоты и т.д.). Кроме того, производят санитарную очистку выпускаемых в атмосферу отходящих газов (например, очистка от Cl_2 абгаза после конденсации жидкого хлора; очистка топочных газов от SO_2 ; очистка от фтористых

соединений газов, выделяющихся при производстве минеральных удобрений и т.п.).

В рассматриваемом случае извлекаемый компонент обычно используют, поэтому его выделяют путем десорбции или направляют раствор на соответствующую переработку. Иногда, если количество извлекаемого компонента очень мало и поглотитель не представляет ценности, раствор после абсорбции сливают в канализацию.

Улавливание ценных компонентов из газовой смеси для предотвращения их потерь, а также по санитарным соображениям, например, рекуперация летучих растворителей (спирты, эфиры, кетоны и др.).

Следует отметить, что для разделения газовых смесей, очистки газов и улавливания ценных компонентов наряду с абсорбцией применяют и иные способы: глубокое охлаждение, адсорбцию, и др. Выбор способа определяется технико-экономическими соображениями. Обычно абсорбция предпочитается в тех случаях, когда не требуется очень полного извлечения компонента.

При абсорбционных процессах массообмен происходит на поверхности соприкосновения фаз. В следствии этого абсорбционные аппараты должны иметь развитую поверхность соприкосновения между газом и жидкостью. Исходя из способа создания этой поверхности абсорбционные аппараты можно подразделить на следующие группы:

а) Барботажные абсорберы, в которых поверхность контакта развивается потоками газа, распределяющегося в жидкости в виде струек и пузырьков. Такое движение газа (барботаж) осуществляется путем пропускания его через заполненный жидкостью аппарат (сплошной барботаж) либо в аппаратах колонного типа с различного типа тарелками. Подобный характер взаимодействия жидкости и газа наблюдается также в насадочных абсорберах с затопленной насадкой.

В эту же группу входят барботажные абсорберы с перемешиванием жидкости механическими мешалками. В барботажных абсорберах

поверхность контакта определяется гидродинамическим режимом (расходами жидкости и газа).

б) Распыливающие абсорберы, в которых поверхность контакта образуется путем распыления жидкости в массе газа на мелкие капли. Поверхность контакта определяется гидродинамическим режимом (расходом жидкости). К этой группе относятся абсорберы, в которых распыление жидкости осуществляется форсунками (форсуночные, или полые, абсорберы), в потоке движущегося с большой скоростью газа (скоростные прямоточные распыливающие абсорберы) или вращающимися механическими устройствами (механические распыливающие абсорберы).

в) Поверхностные абсорберы, в которых поверхностью контакта между фазами является зеркало жидкости (собственно поверхностные абсорберы) или поверхность текущей пленки жидкости (пленочные абсорберы). К этой же группе относятся насадочные абсорберы, в которых жидкость стекает по поверхности загруженной в абсорбер насадки из тел разной формы (кольца паля, кольца Рашига, кусковой материал и т. д.), и механические пленочные абсорберы. Для поверхностных абсорберов поверхность контакта в известной степени определяется геометрической поверхностью элементов абсорбера (например, насадки), хотя во многих случаях и не равняется ей.

Приведенная классификация абсорбционных аппаратов является условной, так как отражает не столько конструкцию аппарата, сколько характер поверхности контакта. Один и тот же тип аппарата в зависимости от условий работы может оказаться при этом в разных группах. Например, насадочные абсорберы могут работать как в барботажном, так и в плёночном режимах. В аппаратах с барботажными тарелками применимы режимы, когда осуществляется значительное распыление жидкости и поверхность контакта образуется в основном каплями. [1,5,7,19,38]

Из разных типов аппаратов в настоящее время наиболее распространены барботажные тарельчатые абсорберы и насадочные. При выборе типа абсорбера следует в каждом конкретном случае исходить из

физико-химических условий проведения процесса учитывая технико-экономические факторы.

Основные размеры абсорбера (например, высота и диаметр) определяют путем расчета, исходя из заданных условий работы (производительность, требуемая степень извлечения компонента и т.д.). Для расчета нужны сведения по кинетике и статике процесса. Данные по кинетике в значительной степени зависят от режима его работы и типа аппарата. Данные по статике берут из справочных таблиц, рассчитывают при помощи термодинамических параметров или выевляют опытным путем. Более всего надежны результаты экспериментов, проведенных при тех же условиях. В некоторых случаях подобные данные отсутствуют и приходится прибегать к опытам или расчёту.

В настоящее время еще нет вполне надежного метода, позволяющего определять коэффициент массопередачи путем расчета либо на основе модельных или лабораторных опытов. Несмотря на это для некоторых типов аппаратов можно найти коэффициенты массопередачи с достаточно большой точностью при помощи расчета или сравнительно простых опытов.

В данной работе в качестве абсорбера используется скруббер для охлаждения и очистки двуокиси углерода от примесей.

Скрубберы - аппараты различной конструкции для промывки жидкостями газов с целью их очистки и для извлечения одного или нескольких компонентов. Широко используются при улавливании продуктов коксования и очистке промышленных газов от пыли, для увлажнения и охлаждения газов, в различных химико-технологических процессах.

Газоочистительные аппараты основаны на промывании газа жидкостью. Газ промывается водой либо другим рабочим раствором, при этом смешении и взаимодействии происходит процесс очистки его. Такой метод смешения называют методом мокрой очистки. При использовании этого метода возможно удаление всех примесей из газа, за счет конденсации на них более тяжелых частиц пара. [1,5,7,17,38]

1.3 Физико-химические свойства сырья, вспомогательных материалов и готового продукта

Таблица 1.1 - Характеристика исходного сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов

Номер п. п.	Наименование сырья, материалов, полупродуктов	Государственный или отраслевой стандарт, СТП, ТУ, регламент, методика на подготовку сырья	Показатели, обязательные для проверки по стандарту	Регламентируемые показатели с допустимыми отклонениями
1.	Аммиак жидкий технический	ГОСТ 6221-90	Поставляется в баллонах на первоначальную заправку	1,2-1,8 МПа 12-18 кгс/см ² NH ₃ -99,6% Масло-0.2-0.4%
2.	Газообразная двуокись углерода из ц.11 (газ-сырец)	Технологический регламент крупнотоннажного агрегата аммиака цеха № 11 ОАО «КуйбышевАзот»	Объемная доля газообразной CO ₂	не менее 97,5 %
			Объемная доля горючих	не более 2,0 %
			Давление	0,3-0,6 кгс/см ²
			Объемная доля кислорода	0,5-0,7 %
3.	Песок кварцевый	ГОСТ 51641-2000		170литров
4.	Пожаро-хозяйственная вода	СанПиН 2.3.2.1078-01 СанПиН 2.1.4.1074-01	Давление	не менее 0,08 МПа 0,8 кгс/см ²

Продолжение таблицы 1.1

5.	Вода речная из заводской сети		Давление	не менее 0,3 Мпа (3,0 кгс/см ²)
6.	Уголь активированный Sutcliff 207 С	ISO 9002	Наличие сертификата	475 кг
7.	Алюмогель Alumac 2 – 5А Alumac 4 – 8А	ГОСТ 8136-85 CAS № 1333- 84 – 2	Наличие сертификата	600 кг 100 кг
8.	Пропиленгликоль	CAS № 57- 55 – 6	Наличие сертификата	99 – 100 %
9.	Натрия триполифосфат	ГОСТ 13493-86	Наличие сертификата	0,0008 кг/т
10.	Ионообменная смола Dowex Marathon С	ГОСТ 20298-74	Наличие сертификата	114 литров
11.	Масло компрессорное Shell CLAVUS АВ-68	DIN 51503	Наличие сертификата	470литров
12.	Масло компрессорное марки CP – 4624 – 68 – F (CPI, США)	FDA 21CFR 178.3570. NSF HI.	Наличие сертификата	550 литров
13	Гипохлорит натрия	ГОСТ 11086-76	Наличие сертификата	0,012 л/т
14	Соль NaCl, таблетированная	ГОСТ 51574-2000	Наличие сертификата	0,207 кг/т зима 0,305 кг/т лето

Свойства готовой продукции:

Готовый продукт – жидкая двуокись углерода (диоксид углерода) в соответствии с ГОСТ 8050-85 и ТУ 2114-001-93583655-08

Химическая формула - CO₂. [31]

Таблица 1.2 - Характеристика производимой продукции

№ п/п	Наименование показателей	Норма	Метод испытания	Результат испытания	
1	Объемная доля диоксида углерода (CO ₂), %, более	99,9	ГОСТ 8050-85 п.4.3	Более 99,95	
2	Массовая концентрация минеральных масел и механических примесей, мг/кг, не более	0,1	ГОСТ 8050-85 п.4.5	Менее 0,1	
3	Объемная доля кислорода, ppm, не более	30	Хроматографически, М-МВИ 242/92-08, св-во ФГУ «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»	Менее 30	
4	Объемная доля оксида углерода, ppm, не более	10		Менее 10	
5	Объемная доля общего содержания серы, ppm, не более	0,1		Хроматографически,	Менее 0,1
6	Объемная доля сероводорода, ppm, не более	0,1		Хроматографически,	Менее 0,1
7	Объемная доля карбонилсульфида, ppm, не более	0,1	М-МВИ 242/95-08, св-во ФГУ «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»	Менее 0,1	
8	Объемная доля диоксида серы, ppm, не более	1,0		Менее 1,0	
9	Объемная доля метилмеркаптана, ppm	0,1		Менее 0,1	
10	Объемная доля этилмеркаптана, ppm	0,1		Менее 0,1	
11	Объемная доля оксидов азота, в пересчете на диоксид, ppm, не более	2,5	Индикаторная трубка «Gastec»	Менее 2,5	
12	Объемная доля аммиака, ppm, не более	2,5	Индикаторная трубка «Gastec»	Менее 2,5	
13	Наличие запаха и вкуса	Отсутствие	ГОСТ 8050-85 п.4.10	Выдержал а испытания	
14	Массовая концентрация водяных паров, ppm. не более	20	ГОСТ 8050-85 п.4.12	Менее 3	
15	Объемная доля ароматических углеводородов (бензол, толуол, этилбензол, о-м-п-ксилол), ppm, не более	0,02 каждого	Хроматографически, М-МВИ 242/94-08, св-во ФГУ «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»	Менее 0,02 каждого компонента	
16	Объемная доля ацетальдегида, ppm, не более	0,2	Хроматографически, М-МВИ 242/96-08, св-во ФГУ «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»	Менее 0,2	
17	Объемная доля: - метана, ppm, не более - летучих углеводородов, C ₂ -C ₆ , ppm, не более	30 20	Хроматографически, М-МВИ 242/96-08, св-во ФГУ	Менее 30 Менее 20	

- Внешний вид - бесцветная жидкость без запаха.
- Газообразная двуокись углерода – газ без цвета и запаха
- При температуре 20 °С и давлении 101,3 кПа плотность 1,839 кг/м³.
- Продукт хранится и отгружается со склада при температуре (минус 25 минус 30) °С и давлении 15 бар, что соответствует низкотемпературной двуокиси углерода.

Жидкая двуокись углерода при снижении давления до атмосферного превращается в газ и снег температурой минус 78,5 °С, которые могут вызвать обморожение кожи и поражения слизистой оболочки глаз.

Продукт применяется для создания защитной среды при: сварке металлов, производстве газированных напитков, сухого льда, для замораживания пищевых продуктов при прямом и косвенном контакте с ними, сушки литейных форм, пожаротушении и других целей в различных отраслях промышленности. [31]

1.4 Описание технологической схемы установки

Блок первичной очистки двуокиси углерода (блок скруббера).

Сбросной газ сырец поступает по трубопроводу в цех по производству двуокиси углерода жидкой. Для отделения влаги из поступающего газа предусмотрен сепаратор поз. А-12100-01. Давление на входе в пределах (0,3-0,59) бар контролируется по прибору РТ 12201-03 и техническому манометру РІ 12100-07, газообразная двуокись углерода поступает с температурой окружающей среды и составом СО₂ не менее 97,5 %. Для защиты оборудования от понижения давления газообразной двуокиси углерода предусмотрены сигнализация и блокировка на остановку цеха. От регулирующего клапана поз. РОВ-12201-01, степенью открытия которого изменяется нагрузка на установку, газообразная двуокись углерода поступает на вход дожимного шестиступенчатого компрессора поз. С-12200-01 с приводом от электродвигателя мощностью 160 кВт.

Назначение компрессора – подъем давления газообразной двуокиси углерода до 0,87 бар. Предусмотрена возможность работы цеха помимо компрессора по байпасу через отсекабель POV-12201-05. Расход газообразной двуокиси углерода в пределах 4000-7700 кг/час контролируется по прибору FT 12202-01, установленным на стороне нагнетания компрессора.

Газообразная двуокись углерода, дожатаемая компрессором с температурой не более 97,8 °С контроль по прибору TT 12202-02, поступает в нижнюю часть водяного скруббера поз. А-12300-01. Скруббер представляет собой полую колонну, заполненную двумя слоями колец «Паля».

В скруббере идет охлаждение и устранение, за счет массообмена с промывной водой водорастворимых примесей. При охлаждении газообразной двуокиси углерода из нее выхолаживаются пары воды, при конденсации выпавшая влага смешивается с поступающей водой на орошение колонны, и периодически выводится в канализацию.

Предусмотрено два контура водяного орошения скруббера центробежными насосами поз. Р-12304-02А/В.

В нижнем контуре вода циркулирует: куб колонны – насос поз. Р-12304-02А/В производительностью - (11-25) м³/час контролируется по прибору FIS 12305-13 -теплообменник поз. Е-12305-01(охлаждаемая водным раствором пропиленгликоля) - средняя часть колонны. Температура воды на входе в теплообменник не более 40 °С поз. TI 12305-11, на выходе (17-34,9) °С поз. TT 12309-02 [31].

В верхнюю часть скруббера вода поступает с линии после теплообменника Е-12305-01 проходит дополнительное охлаждение в теплообменнике поз. Е-12315-01, за счет испарения аммиака. Расход воды (2-4) м³/час на верхнюю часть колонны контролируется по прибору FI 12319-03. Температура воды (4-12) °С, контролируется прибором TT 12319-02. Контроль за качеством циркуляционной воды ведется через проботборную точку поз. QR 12319-04, находящуюся на трубопроводе после аммиачного теплообменника. Испарившийся газообразный аммиак возвращается на

промежуточную ступень холодильного компрессора, через циркуляционный ресивер поз. E-45100-01.

Вода, в кубовую часть скруббера, для пусковых операций, поступает из коллектора пожаро-хозяйственной воды, и отсекается ручной арматурой-NV-12303-02. Технологической схемой предусмотрена возможность подпитки скруббера из коллектора речной воды цеха № 40, при отсутствии пожаро-хозяйственной воды. Уровень в кубовой части колонны измеряется прибором поз. LT 12300-05 - поддерживается сбросом избытка воды через регулирующий клапан поз. POV-12307-02 в канализацию химгрязных стоков. Газообразная двуокись углерода, очищенная и охлажденная, что обеспечивает отсутствие капельной влаги, выходит из верхней части колонны и поступает на всас компрессора поз. С-20100-01. Контроль качества газообразной двуокиси углерода проводится на выходе из скруббера через пробоотборную точку поз. QP-12300-06. [31]

Компрессор CO₂.

Компрессия газообразной двуокиси углерода осуществляется посредством однокорпусного двухступенчатого винтового компрессора поз. С-20100-01, с приводом от электродвигателя поз. М-20100-02, мощностью 500кВт. Двуокись углерода сжимается до 23,6 бар. Нагрузка компрессора CO₂ производится в автоматическом режиме. Первая и вторая ступени компрессора работают при 97 - 98 % открытия золотников. Перед включением компрессора в работу золотник на первой ступени открыт на 0,5 %, золотник второй ступени открыт на 20 %. При загрузке первой и второй ступени до 97 - 98 % в работу включается компрессор поз. С-12201-01 с приводом от электродвигателя М-12200-02, клапан POV 12201-01 открывается на 34 % в автоматическом режиме, байпасный клапан POV 12201-05 закрывается полностью.

Работа компрессора возможна в ручном режиме, степень открытия золотника на всасе первой ступени от 40 % до 97 %.

Сжатие газообразной двуокиси углерода делится на две стадии. Охлаждение в процессе сжатия обеспечивается впрыском смазочного масла в компрессор. Контур смазки подшипников, работа нагрузочных золотников и торцевых уплотнений компрессора, обеспечивается винтовой масляной помпой поз. P-21542-01, которая обеспечивает постоянную циркуляцию масла через компрессор, масляный холодильник поз. E-21540-01 и масляные фильтры поз. F-21541-04, F-21541-14. Предусмотрен контроль за работой фильтров по прибору поз. PD 20102-07-2. Работа винтовых пар компрессора обеспечивается подачей масла на винты корпуса низкого давления и смешиваясь со смазочным, уплотнительным, и регулирующим маслами попадает в корпус высокого давления, и далее в масляный сепаратор поз. В-20102-01. Сепаратор оборудован коалесцентными фильтрами поз. F-20102-02 – бшт., масло от которых автоматически возвращается на всас первой ступени компрессора. Контроль за работой фильтра по прибору поз. PD 40102-07-1. Охлаждение масла обеспечивается в теплообменнике поз E-21540-01 50% водным раствором пропиленгликоля контура охлаждения водооборотного цикла. Предусмотрены контроль давления газообразной двуокиси углерода в масляном сепараторе по показаниям прибора поз. PT-20102-07 и температуры TT 20102-04 в масляном сепараторе поз. В-20102-01. Температура масла поддерживается автоматически регулятором поз. TCV-21540-15.

На период пуска предусмотрен сброс избытка давления газа из корпуса компрессора по прибору поз. PD-20101-06 не менее 0,1 бар в сбросной коллектор через клапан POV-20102-23, при низком давлении открывается SOV-20101-10. [31]

Конечный охладитель.

Компримированная двуокись углерода поступает на масляный сепаратор поз. В-20102-30, оборудованный коалесцентным фильтром поз. F-20102-31, обеспечивающий удаление аэрозольного масла до остаточной величины не более 5 ppm (0,0005%). Улавливаемое масло, автоматически

поступает из фильтра обратно на промежуточную ступень компрессора CO₂. Предусмотрены сигнализация и блокировка по максимальному уровню в кубовой части фильтра от датчика уровня поз. LS 20102-32.

После удаления масла из сжатого газа происходит удаление влаги. Удаление влаги происходит в две стадии, в сепараторе влагоотделителе поз. В-20102-50 и дегидрататорах поз. А-36100-01А/В. В сепараторе влагоотделитель поз. В-20102-50, оборудованный коалесцентным фильтром поз. F- 20102-51, газообразная двуокись углерода проходит через два пластинчатый теплообменника поз. Е-20102-10, охлаждаемая водным раствором пропиленгликоля, и поз. Е-33500-01- охлаждаемый аммиаком. Испарившийся аммиак уходит на промежуточную ступень холодильного компрессора, через циркуляционный ресивер поз. Е-45100-01. Образовавшийся в результате охлаждения конденсат из кубовой части по переливной трубе выводится из сепаратора на станцию нейтрализации поз. В-20102-66. Предусмотрены сигнализация и блокировка по максимальному уровню сепаратора от датчика уровня поз. LS-20102-52. Газ, после сепаратора, с температурой-(6-19,9) °С - контроль по прибору ТТ 20102-58 и давлением поз. РТ 20102-85 - (19-23,2) бар направляется на дегидрататоры, температура газообразной двуокиси углерода автоматически поддерживается клапаном TCV-45104-10, установленном на трубопроводе жидкого аммиака к пластинчатому теплообменнику поз. Е-33500-01. Состав газообразной двуокиси углерода контролируется через пробоборную точку поз. QP-20102-69. [31]

Модуль фильтров.

Для обеспечения непрерывной конденсации в конденсаторе CO₂, двуокись углерода подвергается осушке до остаточной влажности не более 3 ppm = 0,0003% на дегидрататорах поз. А-36100-01А/В. Дегидрататоры заполнены (адсорбентом)- алюмогелем, который помимо поглощения воды, также удаляет различные окиси, такие как альдегиды и спирты. Дегидрататоры работают в автоматическом режиме, обеспечивая непрерывный режим работы и регенерацию алюмогеля. Регенерация алюмогеля проводится

воздухом нагнетаемым воздуходувкой поз. С-36105-02 из атмосферы прошедшим через электрический нагреватель поз. Н-36105-04 с температурой 250 °С в течении 210 минут или при достижении температуры воздуха на выходе из дегидрататора 150 °С, после чего охлаждается газообразной двуокисью углерода в течении 300 минут, расход которой регулируется клапаном поз. FCV-36103-03. Предусмотрен постоянный мониторинг точки росы газообразной двуокиси углерода, выходящего из дегидрататора не более минус 50 °С поз. МТ-36102-14. Если ее значения превышает регламентные, срабатывает аварийная сигнализация (визуальная и звуковая). В режиме охлаждения и регенерации регенерационный воздух и газообразная двуокись углерода с поглощенными примесями из дегидрататоров сдуваются в атмосферу, предусмотрен контроль за составом очищенного газа через пробоотборную точку QP-34201-02.

Далее газ поступает в угольный фильтр поз. А-34102-01. Слой активированного угля засыпан в аппарат и предназначен для удаления пахнущих субстанций, которые не могли быть удалены дегидрататором (Гидрокарбонаты, ароматические субстанции, хлориды, такие компоненты как винил). При появлении в газообразной двуокиси углерода посторонних запахов производится замена наполнителя угольного фильтра, современные технологии позволяют проводить регенерацию угля пропариванием или вакуумированием.

После угольного фильтра установлен механический фильтр поз. F-34202-09, для улавливания угольной пыли и механических загрязнений до 0,01 μm . Сопротивление механического фильтра не более 0,5 бар. Контроль по прибору - PDI 34202-05.

Пройдя систему фильтрации, газ направляется в систему конденсации и доочистки.

Регулирование дегидрататора полностью автоматизировано.

При выборе Ручного Режима, цикл останавливается. При активации Пошагового режима, дегидрататор переходит на следующий шаг цикла. При

переключении на Автоматический режим дегидратор вернется к программному управлению циклами. [31]

Система доочистки и конденсации.

Для обеспечения максимального уровня чистоты жидкой двуокиси углерода путем удаления примесей, установка оборудована системой доочистки, основанной на дистилляции жидкой двуокиси углерода, которая позволяет из газа сырца стабильно получать продукт 99,99 % об, с остаточным содержанием кислорода не более 3 ppm (0,0003 %).

Осушенная и отфильтрованная газообразная двуокись углерода, содержащая небольшое количество примесей в виде балластных газов, проходит через пластинчатый теплообменник поз. E-37300-01, отдавая тепло кубовой части колонны дистилляции и с температурой (минус 12 - минус 14) °С, смешиваясь с циркуляционным газом колонны дистилляции, поступает в трубное пространство конденсатора CO₂ поз. E-38100-01, где претерпевает фазовый переход в жидкое состояние за счет охлаждения до температуры минус 25 °С аммиаком, находящемся в межтрубном пространстве. Сконденсированная жидкая двуокись углерода из нижней части конденсатора CO₂ поступает в емкость сборник CO₂ поз. T-37500-01. Уровень в емкости поддерживается автоматически по показаниям прибора LT 37500-02, регулируется частотой вращения электродвигателя поз. M-37510-02A/B насоса поз. P37510-02A/B от 40 % до 100 %, который перекачивает двуокись углерода для доочистки в колонну дистилляции поз. A-37100-01. Перекачивающие насосы оборудованы противоаварийной защитой по минимальному потоку. По сигналу от датчика FS 37511-05 отключается работающий, включается резервный насос, и если расход жидкой двуокиси углерода в колонну дистилляции поз. A-37100-01 не возобновился, отключается электродвигатель резервного насоса, происходит подъем уровня в сборнике CO₂ до блокировочного значения на остановку компрессора CO₂ по максимальному уровню - LT-37500-02, и установки в целом. Жидкая двуокись углерода поступает на последнюю стадию

доочистки в колонне дистилляции поз. А-37100-01, представляющую собой вертикальный цилиндрический аппарат, загруженный насадкой из колец «Паля» диаметром 15 мм. объемом-600 литров. В верхней части колонна оборудована распределительной тарелкой. Кубовая часть колонны дистилляции оборудована двумя выносными пластинчатыми теплообменниками поз. Е-37301-01, и поз. Е-37300-01, тепло от которых используется для удаления неконденсируемых газов из жидкой двуокиси углерода.

В колонне дистилляции сжиженная двуокись углерода стекает через насадку из колец «Паля» в режиме противотока с испаряемой в пластинчатом теплообменнике двуокисью углерода. В колонне происходит его обогащение. Неконденсируемая фракция газов в составе газообразного диоксида углерода, сталкивается с переохлажденным жидким диоксидом углерода, конденсируется и стекает в нижнюю часть колонны, в тоже время, растворенные в переохлажденном жидком диоксиде углерода балластные примеси (как правило азота, кислорода, метана и др.), столкнувшись с теплым восходящим газовым потоком переходят в газообразную фазу, выходят из колонны, смешиваются со свежим газом и поступают вновь в конденсатор CO₂ и в виде неконденсируемой фракции, имеющей избыточное давление не более 22 бар и температуру минус 25 °С сбрасываются на свечу. На этом участке установлен газоанализатор QICA-38300-01 измеряющий концентрацию двуокиси углерода в сбросной газовой фракции. По показаниям давления РТ 38101-01 перед конденсатором CO₂, неконденсируемые газы вместе с диоксидом углерода не менее 76 % из конденсатора сбрасываются на свечу через регулирующий клапан QCV-38300-13. Избыточное давление CO₂, полученное за счет неконденсируемых газов, обеспечивает фазный переход из газообразного в жидкое состояние.

Эффективность дистилляции обеспечивается поверхностью контакта, которую обеспечивают кольца «Паля» и продолжительностью взаимного

контакта двух встречных потоков, что обеспечивает большая высота дистилляционной колонны.

Жидкая двуокись углерода высокой степени чистоты представляет собой наиболее тяжелую фракцию и потому аккумулируется в нижней части колонны дистилляции, откуда с помощью насосов поз. P-37310-01A/B, перекачивается в изотермические емкости для хранения. Расход сжиженной газообразной двуокиси углерода контролируется по прибору FIR-37311-10. Перед хранением двуокись углерода дополнительно переохлаждается в теплообменнике поз. E-37311-20, за счет испарения жидкого аммиака. Температура жидкой двуокиси углерода (товарной продукции), после аммиачного пластинчатого теплообменника поз. E-37311-20, работающего в режиме термосифона (минус20 –минус30°C), контролируется по прибору ТТ-37311-16.

Откачка товарной двуокиси углерода жидкой производится центробежными насосами поз. P-37310-01 A/B, регулируется клапаном LCV-37311-15, установленным на трубопроводе после аммиачного пластинчатого теплообменника, и работающем автоматически в зависимости от показаний прибора LICA-37100-06 – уровня кубовой части дистилляционной колонны. Дополнительно возможность регулирования уровня в кубе колонны обеспечивается изменением частоты вращения электродвигателя насоса поз. M-37310-02A/B (40-100) %, который включается при 50% уровня, предусмотрена противоаварийная защита насоса по минимальному потоку поз. FS 37311-05. Схемой предусмотрена перекачка двуокиси углерода жидкой за счет перепада давления в колонне дистилляции 22 бара и емкостях хранения 16,5 бар, по байпасной линии с ручной арматурой поз. HV-37305-10. [31]

Аммиачная холодильная установка.

Аммиачная холодильная установка (АХУ) производительностью 655,3кВт/час, предназначена для охлаждения и сжижения очищенной двуокиси углерода. АХУ работает в замкнутом цикле. Объем аммиака

составляет 1,4 тонны, или 2000 л. рабочее давление на нагнетании компрессора (8-14) бар, давление на всасе -(минус 0,24-1,0 бар).

В состав АХУ входит следующее оборудование:

1. Аммиачный компрессор поз. С-40100-01 с приводом от электродвигателя мощностью 350кВт.

2. Конденсатор NH₃ поз. Е-46100-01 в состав которого входят:

Двухскоростной электродвигатель поз. М-46100-02, для привода вентилятора.

Чаша с химически очищенной водой и циркуляционным насосом поз. Р-46100-03.

3. Циркуляционный ресивер поз. Е-45100-01.

4. Линейный ресивер поз. Т- 47100-01- сборник жидкого аммиака.

5. Теплообменная аппаратура: пластинчатые теплообменники «Альфа Лаваль».

Е-12315-01 – охладитель циркуляционной воды на верхнюю часть скруббера.

Е-33500-01 –охлаждение газообразной двуокиси углерода перед водяным сепаратором.

Е-37301-01 – подогреватель жидкой двуокиси углерода в кубовой части колонны дистилляции.

Е-37311-20 – переохладитель готовой продукции.

Работа аммиачно-холодильной установки

Подготовка к заполнению аммиаком

Смонтированное оборудование и трубопроводы подвергаются испытаниям на прочность и плотность. Испытание на прочность проводится азотом высокого давления через дроссельную станцию из баллонов. Испытание на плотность проводят рабочим давлением.

После проведенных испытаний азот сбрасывается в атмосферу. Перед заполнением аммиаком весь контур аммиака вакуумируется, к дренажу циркуляционного ресивера поз. НV 45102-19 подключается вакуумный

насос, давление в контуре понижается до минус 0,5 бар, цель данной операции удаление воздуха, инертных газов и влаги, вакуумирование проводят до тех пор, пока в течении трех часов после остановки вакуумного насоса не будет наблюдаться повышения давления. Аммиачный контур готов к приёмке аммиака.

Заполнение контура АХУ аммиаком проводится на основании письменного распоряжения главного инженера из баллонов или автобойлера, персонал смены должен быть обучен и иметь разрешение на работу и пройти спец. инструктаж.

После заполнения линейного ресивера аммиаком готовим к запуску аммиачный компрессор.

Аммиачный компрессор однокорпусной двухступенчатый винтовой с приводом от электродвигателя мощностью 350 кВт. Нагрузка компрессора в автоматическом режиме регулируется нагрузочными золотниками от (0,5-98) % - первая ступень, от (20-98) % вторая ступень. Система охлаждения за счёт впрыска масла в винтовую пару. Подача масла на нагрузочные золотники, смазку подшипников, смазку и охлаждение торцевых уплотнений, осуществляется за счет принудительной циркуляции винтового маслонасоса. Насос обеспечивает непрерывную циркуляцию масла через компрессор, охладитель масла поз. Е-41540-01 и масляные фильтры поз. F-41541-04, F-41541-14 - один в работе, другой в резерве. Предусмотрен контроль за работой фильтров по прибору поз. PD-40102-07-2. Работа винтовых пар компрессора обеспечивается подачей масла на винты корпуса низкого давления, и далее смешиваясь с регулирующим, смазочным, уплотнительным маслами переходит в корпус высокого давления вместе с аммиаком сливается в масляный сепаратор поз. В-40102-01. Охлаждение масла осуществляется в теплообменнике поз. Е-41540-01, 50% водным раствором пропиленгликоля. Регулятор температуры масла клапан TCV-41540-15, работающий в автоматическом режиме по принципу термостата, контроль по прибору TT-41543-06. Масляный сепаратор оборудован коалесцентными

фильтрами поз. F-40102-02 в количестве четырёх шт., масло из которых автоматически возвращается в линию всаса компрессора. Контроль за работой фильтров по прибору поз. PD-40102-07-1.

Во время нормальной работы компрессора, газообразный аммиак с давлением (8-14) бар поступает в конденсатор NH₃ поз. E-46100-01, где конденсируется и поступает в линейный ресивер поз. T-47100-01.

Конденсатор аммиака представляет собой трубчатый теплообменник, закрытый металлическим каркасом, оборудованный штуцером для удаления инертных газов, химобессоленная вода на трубный пучок подаётся насосом поз. P-46100-03 через распределительные форсунки расположенные над трубным пучком. Подача химобессоленной воды в чашу конденсатора поступает от станции химводоподготовки, уровень в чаше конденсатора поддерживается поплавковым клапаном. Предусмотрен постоянный слив (для регулирования нормального солевого баланса) циркулирующей воды. Охлаждение циркулирующей воды в конденсаторе осуществляется вентилятором с приводом от двухскоростного электродвигателя поз. M-46100-02, работающим в автоматическом режиме по датчику давления на нагнетании аммиачного компрессора поз. PT 46101-02. Забор воздуха для охлаждения циркуляционной воды происходит через распределительные устройства, расположенные в средней части металлического каркаса. Водяная чаша конденсатора оборудована двумя электроподогревателями поз. H-46100-05A/B – включение/отключение от прибора поз. TS-46100-08 и датчиком уровня поз. LS-46100-08. Шестилопостной вентилятор обеспечивает охлаждение циркуляционной воды и конденсацию паров аммиака.

Сконденсированный аммиак из конденсатора NH₃ поступает в линейный ресивер поз. T-47100-01, оборудованный датчиками уровня поз. LS 47100-07-низкий уровень, поз. LS 47100-08 - высокий уровень и уровнемерным стеклом поз. LI 47100-09.

Из линейного ресивера аммиак поступает в циркуляционный ресивер поз. E-45100-01. Уровень в циркуляционном ресивере поддерживается автоматически по показаниям прибора LT 45100-02 регулятором LCV-45101-15, установленном на трубопроводе жидкого аммиака от линейного ресивера к циркуляционному ресиверу. Предусмотрена сигнализация, верхнего LS 45100-08 и нижнего LS 45100-07, значений уровня в циркуляционном ресивере. На трубопроводе жидкого аммиака 40 RL- P45101 установлена ручная арматура HV-45101-02 для первоначальной заправки системы аммиаком. Через этот же узел при необходимости возможно освобождение системы от аммиака.

В циркуляционном ресивере происходит дросселирование жидкого аммиака до остаточного давления 3,6 бар, понижение давления осуществляется автоматически регулятором PCV-45103-05 и контролируется по манометру PI-45103-04. При снижении давления температура снижается до 2° С и газообразный аммиак возвращается на промежуточную ступень холодильного компрессора.

Из циркуляционного ресивера жидкий аммиак поступает в следующие потребители холода:

- пластинчатый теплообменник поз. E-33500-01 предназначен для охлаждения газообразной двуокиси углерода перед водяным сепаратором поз. В-20102-50, температура поддерживается автоматически клапаном TCV-45104-10;

- пластинчатый теплообменник поз. E-12315-01 для захлаживания циркуляционной воды, поступающей в верхнюю часть скруббера;

- пластинчатый теплообменник поз. E-37301-01 подогреватель жидкой двуокиси углерода в кубовой части колонны дистилляции;

- пластинчатый теплообменник поз. E-37311-20 переохладитель готовой продукции.

Образующийся, в результате испарения, газообразный аммиак после теплообменников поз. E-12315-01 и E-33500-01 возвращается в

циркуляционный ресивер поз. E-45100-01, а с теплообменников поз. E-37301-01 жидкий аммиак и E-37311-20 газообразный аммиак возвращается в конденсатор CO₂ поз. E-38100-01.

Конденсатор CO₂ поз. E-38100-01- предназначенный для сжижения газообразной двуокиси углерода представляет собой кожухотрубный теплообменник, где кипение аммиака осуществляется в межтрубном пространстве с температурой до минус 33 °С и давлением (- 0,24 – 1) бар, нормальный объем жидкого аммиака составляет 800 л. Конденсация газообразной двуокиси углерода происходит в трубном пространстве, давление в контуре поддерживается автоматически, клапаном QCV-38300-13 по сигналу от датчика давления поз. PT 38100-01 (18-22,9) бар. Подпитка конденсатора жидким аммиаком осуществляется от циркуляционного ресивера. Уровень аммиака в конденсаторе CO₂ поддерживается автоматически по показаниям прибора LT 38100-02, регулятором LCV-47102-12, отсекателем SOV-47102-07 установленном на трубопроводе жидкого аммиака 40-RL-P47102. Трубопровод питания конденсатора предварительно проходит через пластинчатый теплообменник NH₃ E-37301-01, который предназначен для охлаждения аммиака до минус 15 °С.

Испарившийся аммиак в конденсаторе CO₂ и пластинчатом теплообменнике поз. E37311-20, поступает на первую ступень компрессора NH₃, сжимается до давления не более 14 бар и температурой не более 85 °С, и через масляный сепаратор аммиачного компрессора поз. В-40102-01 поступает в конденсатор аммиака поз. E-46100-01. Программой холодильной установки предусмотрено термостатирование емкостей хранения жидкой двуокиси углерода. Когда производство жидкой двуокиси углерода остановлено станцию управления технологическим процессом можно перевести в режим «хранения», при котором будет работать блок доочистки, поддерживая постоянное давление и температуру двуокиси углерода в емкостях хранения (16,5-14) бар за счет работы аммиачной холодильной установки. [31]

Аммиачный холодильный компрессор.

Необходимое количество холода для конденсации газообразной двуокиси углерода обеспечивается аммиачной холодильной установкой (АХУ). Основным агрегатом АХУ является винтовой двухступенчатый компрессор, тип N2520LMC-LBL изготовитель фирма «МАЙКОМ», Япония. Привод от электродвигателя мощностью 350 Квт. Производительность 2360 м³/час, число оборотов 2950 об/мин, давление второй ступени не более 14 бар, температура не более 84,9 °С. Производительность аммиачного компрессора поз. С-40100-01 регулируется золотниковыми клапанами изменением их степени открытия, и корректируется в зависимости от показаний РТ 40101-06, давление аммиака на всасе первой ступени компрессора. Золотники приводятся в работу подачей регулирующего масла через соленоидные клапана, контроль по приборам поз. GT-40100-05, GT - 40100-03. Компрессор имеет защиту от превышения давления на нагнетании по РТ 46101-02. Защиту от низкого перепада масло-газ поз. PD 41543-04. Защиту по максимальному перепаду давления на коалесцентном фильтре поз. PD 40102-07-1. Защиту по низкому давлению на всасе первой ступени компрессора поз. РТ-40101-06. Защиту по перегреву на первой ступени компрессора поз. TD 40101-07, перепад давления на масляном фильтре поз. PD 40102-07-2. Перед пуском в работу компрессора нагрузочные золотники находятся: на первой ступени 0,5 - 1,5 %, на второй 20 - 20,5 %, при работе в нормальном технологическом режиме нагрузочные золотники в положении 97 – 98 % работают в автоматическом режиме. «Программа» позволяет разгрузить первую ступень компрессора до 50 %, работая в режиме «хранения». Режим «хранения» жидкой двуокиси углерода проводится при остановленном технологическом процессе, для понижения давления газообразной двуокиси углерода в емкостях хранения готовой продукции от 16,5 до 14бар. Сжатие газообразного аммиака осуществляется в две ступени. Система охлаждения за счёт впрыск масла в винтовую пару. Подача масла на винтовые пары корпуса низкого давления осуществляется за счет

перепада давления между высоким и низким корпусами. Маслонасос обеспечивает работу нагрузочных золотников, непрерывную циркуляцию масла через подшипники, торцевые уплотнения компрессора, теплообменник кожухотрубный (маслоохладитель) поз. E- 41540-01 и масляные фильтры F-41541-01 и F41541-14 (один в работе, другой в резерве). Охлаждение масла осуществляется системой водооборотного цикла 50 % водным раствором пропиленгликоля. Маслосистема оборудована автоматическим регулятором температуры масла поз. TCV-41540-15, работающего по принципу термостата. Возврат масла в компрессор после коалесцентных фильтров автоматизирован. [31]

Водооборотный цикл.

Охлаждение оборудования обеспечивает замкнутый водооборотный цикл, заполненный 50 % водным раствором пропиленгликоля. В состав водооборотного цикла входят: градирня поз E-50100-01 насосы поз. P-50300-01A/B. Градирня представляет собой трубчатый теплообменник, оборудованный противовакуумным клапаном, закрытый металлическим каркасом, внутри которого находится насадка, предназначенная для равномерного распределения потоков воздуха и циркуляционной воды. Вода контура орошения охлаждается потоком воздуха от шестилопостного вентилятора с приводом от двухскоростного электродвигателя поз. M50100-02, переключение с медленных на быстрые обороты и обратно происходит автоматически от показаний датчика температуры поз. TT 50301-08. Пропиленгликоль - незамерзающая жидкость разрешена для применения в пищевой промышленности. Предусмотрена сигнализация по верхнему и нижнему пределу температуры оборотной воды контроль по прибору TT 50301-08. Предусмотрен контроль объемного расхода раствора пропиленгликоля по датчику поз. FS 50302-09, установленного на линии нагнетания насосов поз. P-50300-01A/B, и остановкой при падении расхода. Подача раствора осуществляется на теплообменники поз. E-21540-01(охладитель масла компрессора CO₂), E-20102-10 (охладитель

газообразной двуокиси углерода перед сепаратором - влагоотделителем), E-12305-01(теплообменник охладитель циркуляционной воды скруббера), E-41540-01(охладитель масла компрессора NH₃). Предусмотрен контроль температуры раствора после каждого теплообменника и на общем участке перед градирней по прибору ТТ 50303-02.

Температура масла на компрессоре NH₃ поз. С-40100-01 регулируется при помощи термостата поз. TCV-41540-15, при низкой температуре термостат закрыт, масло минует охладитель масла, при повышении температуры клапан термостата открывается и часть масла поступает в масляный охладитель, чем выше температура тем больше открывается клапан термостата и наоборот.

Температур масла на компрессоре CO₂ поз. С-20100-01 регулируется регулятором TCV-21540-15, аналогично компрессору NH₃.

Поток охлаждающего раствора на теплообменник поз. E-20102-10, регулируется ручной арматурой HV-20112-06

Поток охлаждающего раствора на теплообменник поз. E-12305-01 регулируется ручной арматурой HV-12312-06

Охлаждение раствора пропиленгликоля циркулирующего в трубном пучке градирни, происходит комбинированным способом. Насос поз Р-50100-04 подаёт воду из чаши градирни, через распределительные форсунки, установленные над трубным пучком, одновременно навстречу потоку воды движется воздух, поток воздуха создаётся вентилятором, количество воздуха регулируется, по датчику температуры поз. ТТ 50301-08. При достижении температуры раствора 25⁰С, включается электродвигатель вентилятора на низкой скорости n-750об/мин, при достижении температуры раствора 32⁰С электродвигатель переходит на высокие обороты n-1500об/мин. В зависимости от температуры окружающего воздуха уставки по температуре можно менять в пределах 18 – 36 °С. Для уменьшения отложения солей жёсткости на поверхности трубного пучка, схемой предусмотрена постоянная продувка небольшого протока циркуляционной воды в ливневую

канализацию для поддержания нормального солевого состава в чаше. Для уменьшения потерь в верхней части градирни установлен каплеуловитель. Чаша градирни оборудована датчиком минимального уровня поз LS 50100-07, четырьмя тэнами поз. Н-50100-06А, В, С, D, контроль по прибору TS 50100-07. Подача химически-очищенной воды в чашу градирни осуществляется автоматически от станции химводоподготовки.

Вода на станцию химводоподготовки поступает из коллектора речной воды цеха 40 ОАО «КуйбышевАзот», далее через коммерческий узел учета, вода поступает в накопительный бак поз. Т-58100-09. Регулирование уровня в баке осуществляется автоматически клапаном SOV-58101-03. По показаниям прибора LS 58100-07 осуществляется контроль по низкому уровню в накопительном баке. Для очистки речной воды от микрофлоры в трубопровод воды после регулятора уровня осуществляется ввод раствора гипохлорита натрия насосом-дозатором Р-58100-04, который оборудован устройством для изменения расхода. Раствор гипохлорита натрия готовится в емкости концентрированного хлора поз. Т-58100-01, оборудованного датчиком минимального уровня поз. LS-58100-08. Из бака поз. Т-58100-09 вода насосом поз. Р-58100-11 подается в последовательно установленные песочный поз. А-58100-26 и угольный фильтр поз. А-58100-28, наполненные речным песком и активированным углем. Периодически фильтра подлежат регенерации путем промывки водой в обратную сторону. В поток воды перед механическим (песочным) фильтром подается сжатый воздух от компрессора поз. С-58100-14 для рыхления песочного фильтра.

Давление воды перед фильтрами (2,5 – 4,5) бар, поддерживается включением насоса поз. Р-58100-11, на линии нагнетания насоса установлен аккумулятор давления Т-58100-10. Включение происходит автоматически при достижении давления 2,5 бар, выключение при достижении 4,5 бар. Давление регулируется вручную от датчика PS 58100-45. При работе в нормальном режиме контроль за работой фильтров осуществляется по манометрам PI 58100-17; PI 58100-30; PI 58100-31 При увеличении перепада

на фильтрах более 0,6 бар необходимо проводить промывку механического и угольного фильтров, речной водой, потоком в обратную сторону через дренажный вентиль HV- 58100-20 и HV 58100-35. После песочного и угольного фильтров вода проходит умягчение, проходя через слой катионитовой смолы, которая поглощает растворенные в воде соли кальция и магния. Катионит засыпан в пару фильтров поз. - А-58100-30А/В, работающих в автоматическом режиме попеременно. Периодически в работу включается резервный, а бывший в работе проходит регенерацию. Регенерация катионитовой смолы проводится раствором соли (NaCl) в автоматическом режиме. Раствор готовится в емкости для ее приготовления поз. Т-58100-35. После фильтров вода поступает через поплавковые клапана в чашу градирни Е-50100-01 и аммиачного конденсатора Е-46100-01 контроль по расходомеру поз. FT 50100-43, схемой предусмотрен отбор проб для контроля за составом воды. В трубопровод умягченной воды для улучшения ее качества, осуществляется дозировка раствора полифосфата натрия, насосом дозатором поз. Р-58100-40. Подача раствора регулируется изменением задания на мониторе насоса дозатора, работающего в автоматическом режиме. Раствор полифосфата натрия готовится в емкости поз. Т-58100-37. Предусмотрен контроль и сигнализация минимального уровня в емкости приготовления по датчику LS 58100-44. [31]

Склад готовой продукции.

Для хранения товарной продукции (жидкой двуокиси углерода), предусмотрено 5 вертикальных изотермических емкостей (танков хранения) поз. Т-61100-01А/В/С/Д/Е объемом по 100м³ каждая, заполнять разрешается не более 92 тонн, скачивать не ниже 1,5 тонны, заполнение танков не более 86%. Рабочее давление в танках (14 – 16,5) бар регулируется автоматически перепуском газообразной двуокиси углерода на вторую ступень компрессора CO₂ через клапан поз. POV-20120-05. Из доочистки жидкая двуокись углерода по трубопроводу проходит аммиачный пластинчатый теплообменник (переохладитель) и через запорную арматуру поз. HV-37311-

13 поступает в коллектор заполнения танков хранения. Танки хранения оборудованы пневмоотсекателями на заполнение и слив жидкой двуокиси углерода, работающие в автоматическом режиме. При наполнении жидкой двуокисью углерода до 92 тонн, делается анализ продукции, и это считается партией, готовой к реализации.

Газообразная двуокись углерода (дыхание танков) из всех хранилищ через арматуру поз. HV-61101-01 A/B/C/D/E поступает в общий коллектор, далее газообразная двуокись углерода распределяется:

- на первую ступень компрессора CO₂ через клапан поз. SOV-20101-10 защита от вакуума при остановке, на вторую ступень через клапан поз. POV-20120-05 для поддержания давления в танках хранения в автоматическом режиме.

- на технологические цели - охлаждение дегидраторов в процессе регенерации через клапан поз. FCV-36103-03 расход регулируется автоматически (190-205) кг/час, прошедший через алюмогель дегидрататоров двуокись углерода сбрасывается в атмосферу по линии 50-CG-P36106 и на свечу.

- на нужды технологического газа, используемого для управления пневматическими клапанами, газ через редуцирующий клапан поз. PCV-38103-04 с давлением (5,1 –6,9) бар, поступает в общий коллектор линия 25 IA-P38311 и далее на исполнительные механизмы клапанов.

- Расход технологического газа 40 кг/час, расчет по материальному балансу, контроль давления по прибору PT 38103-09.

Перед пуском установки в работу и в процессе работы, в программе выбираются емкости первого и второго заполнения жидкой двуокисью углерода, для режима автоматического переключения клапанов. Вход жидкой двуокиси углерода в танки поступает через автоматические клапаны поз. POV-61107-01A/B/C/D/E. При достижении уровня 92 тонн программа открывает клапан входа в емкость второго заполнения, после чего закрывает клапан на входе емкости первого наполнения. Оператор выбирает

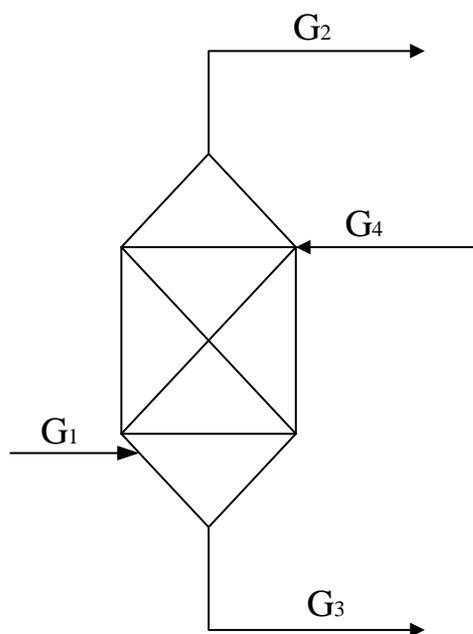
следующий танк для заполнения. Для непрерывного контроля качества каждой партии ёмкости оборудованы пробоотборными точками поз. QR-61100-A/B/C/D/E, каждая точка имеет отсечную арматуру поз. QR-61106-02A/B/C/D/E.

Для защиты от нагрева танки заизолированы, в качестве изоляционного материала использован пенополиуретан, толщина изоляции 150мм, для предохранения от разрушения слой изоляции покрыт оцинкованным листом.

Отгрузка двуокиси углерода производится при помощи насосов поз. P-64100A/B/C/D, установленных рядом с танками хранения, порядок приёма транспортного средства, взвешивания, подготовки и заправки прописаны в инструкции оператора № ПИ-81-9. [31]

ГЛАВА 2. МОДЕРНИЗАЦИЯ БЛОКА ПЕРВИЧНОЙ ОЧИТКИ ДВУОКИСИ УГЛЕРОДА

2.1 Материальный расчёт и материальный баланс основного аппарата (скруббера)



G_1 -входящая газовая смесь

G_2 -выходящая газовая смесь

G_3 -выходящая вода из кубовой части

G_4 -входящая вода на орошение

p_0 атмосферное = 100 кПа

Производительность установки по входящей смеси газа $N = 67158$ т/год

Температура входящей смеси $t = 97,4^{\circ}\text{C}$

Температура выходящей смеси $t = 7,2^{\circ}\text{C}$

Давление в скруббере $P = 187$ кПа

Начальная концентрация компонентов в поступающем абсорбенте (воде)

$X_H = 0$

H_2 1,2 O_2 0,4 N_2 1,5 CH_4 0,01 CO_2 85,19 H_2O 11,7

Итого 100%

Состав выходящих газов % об.

H₂ 1,35 O₂ 0,45 N₂ 1,69 CH₄ 0,01 CO₂ 96,06 H₂O 0,44

Итого 100%

Таблица 2.1- Состав и количество поступающей газовой смеси

Компоненты	Концентрации компонентов ω _н , % об.	M, кг/кмоль	V _н , м ³ /ч	N _н , кмоль/ч	у _н , % моль	G _н , кг/ч	y _н , % массо	M ^н _{ср} , кг/кмоль
H ₂	1,2	2	39,13	47,97	18,45	95,94	1,2	0,37
O ₂	0,4	32	13,04	0,999	0,38	31,98	0,4	0,12
N ₂	1,5	28	48,91	4,28	1,65	119,93	1,5	0,46
CH ₄	0,01	16	0,33	0,05	0,02	0,8	0,01	0,003
CO ₂	85,19	44	2777,79	154,79	59,52	6810,94	85,2	26,19
H ₂ O	11,7	18	381,5	51,97	19,98	935,42	11,7	3,6
Итого	100	30,74	3260,7	260,06	100	7995	100	30,74

$$\rho = G/V \text{ кг/м}^3 \quad (2,1)$$

$$\rho = 7995 / 3260,7 = 2,45 \text{ кг/м}^3$$

$$V = \omega \cdot V_{\text{общ}} / 100 \quad (2,2)$$

$$N = V / 22,4 \quad (2,3)$$

$$G = \rho \cdot V \quad (2,4)$$

$$N \cdot 100 / N_{\text{общ}} \quad (2,5)$$

$$y = G \cdot 100 / G_{\text{общ}} \quad (2,6)$$

Таблица 2.2 - Состав и количество выходящей газовой смеси

Компоненты	Концентрация компонентов $\omega_k, \%$ об.	$M, \text{ кг/кмоль}$	$V_k, \text{ м}^3/\text{ч}$	$N_k, \text{ кмоль/ч}$	$y_k, \%$ моль	$G_k, \text{ кг/ч}$	$y_k', \%$ массо	$M_{\text{ср}}^k, \text{ кг/кмоль}$
H ₂	1,35	2	29,51	51,23	22,82	102,45	1,35	0,46
O ₂	0,45	32	9,84	1,07	0,48	34,15	0,45	0,15
N ₂	1,69	28	36,94	4,58	2,04	128,25	1,69	0,57
CH ₄	0,01	16	0,22	0,05	0,02	0,76	0,01	0,003
CO ₂	96,06	44	2099,78	165,68	73,81	7289,99	96,06	32,48
H ₂ O	0,44	18	9,62	1,86	0,83	33,39	0,44	0,15
Итого	100	33,81	2185,9	224,46	100	7589	100	33,81

Начальная концентрация целевого компонента

$$y_H = 100 - \omega_H \quad (2,7)$$

$$y_H = 14,81\%$$

$$y_H/100 = 0,1481$$

Конечная концентрация целевого компонента

$$y_B = 100 - \omega_k \quad (2,8)$$

$$y_B = 3,94$$

$$y_B/100 = 0,0394$$

Начальная концентрация примесей в CO₂ на входе

$$Y_H = y_H / (\omega_H / 100) \quad (2,9)$$

$$Y_H = 0,1738, \text{ кмоль прим/кмоль CO}_2$$

Степень извлечения примесей ε

$$\varepsilon = 1 - (y_k / y_H) \quad (2,10)$$

$$\varepsilon = 0,73$$

Конечная концентрация примесей в CO₂, выходящем из скруббера Y_B

$$Y_B = (y_H \cdot (1 - \varepsilon)) / (1 - y_H) \quad (2,11)$$

$$Y_B = 0,04625 \text{ кмоль прим/кмоль CO}_2$$

Объем примесей $V_{\text{п}}$ ($\text{м}^3/\text{ч}$) в поступающей газовой смеси

$$V_{\text{п}} = V_{\text{общ}} - V_{\text{CO}_2} \quad (2,12)$$

$$V_{\text{п}} = 482,91 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Количество поглощенных примесей M (кмоль/ч)

$$M = (V_{\text{п}} \cdot (y_{\text{н}}/100) \cdot \varepsilon) / ((\omega_{\text{н}}/100) \cdot 22,4) \quad (2,13)$$

$$M = 2,75 \text{ кмоль/ч}$$

Конечная концентрация примесей в воде на выходе $X_{\text{к}}$

$$X_{\text{к}} = (Y_{\text{н}} - Y_{\text{к}}) / l \quad (2,14)$$

$$l = L/G \quad (2,15)$$

$$X_{\text{к}} = 0,06336$$

L -расход воды (кг/ч)

$$L = 16100 \text{ кг/ч}$$

Таблица 2.3 - Состав и количество выходящей воды из кубовой части

№ п/п	Компонент	M	%масс	Кг/ч	Кмоль/ч	%моль
1	H ₂ O	18	100	16100	893,6	100
2	Итого:		100	16100	893,6	100

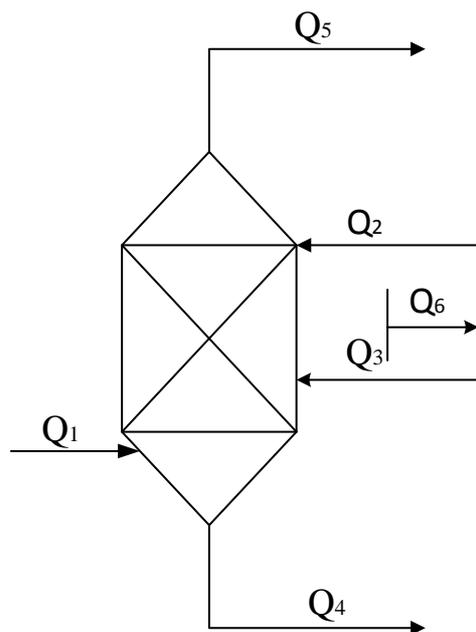
Таблица 2.4 - Состав и количество входящей воды на орошение

№ п/п	Компонент	M	%масс	Кг/ч	Кмоль/ч	%моль
1	H ₂ O	18	100	16100	893,6	100
2	Итого:		100	16100	893,6	100

Таблица 2.5 - Сводная таблица материального баланса

Приход		Расход	
Название компонента	Кг/ч	Название компонента	Кг/ч
1.Количество подаваемого продукта	7995	1.Количество выходящего продукта	7589
		2.Количество компонента в кубовую часть	406
Итого:	7995	Итого:	7995
3.Количество воды на орошение	16100	Количество воды из кубовой части	16100
Итого:	16100	Итого	16100

2.2 Тепловой расчёт и тепловой баланс основного аппарата



Q1 – Тепло с питанием

Q2 – Тепло из верхнего теплообменника

Q3 – Тепло из нижнего теплообменника

Q4 – Тепло с кубовым продуктом

Q5 – Тепло выходящего газа

Q6 – Теплопотери

Тепловой баланс:

$$Q1+Q2+Q3=Q4+Q5+Q6 \quad (2,17)$$

Исходные данные

Температура входящей смеси $t = 55^{\circ}\text{C}$

Температура выходящей смеси $t = 7,2^{\circ}\text{C}$

Температура из верхнего теплообменника 7°C

Температура из нижнего теплообменника 20°C

Температура кубовой части 20°C

Давление в скруббере $P = 187\text{кПа}$

1. Тепло с питанием:

$$Q1=m1 \cdot C1 \cdot t1, \text{ где} \quad (2,18)$$

$m1$ -масса исходной фракции, кг/с

$m1 = 2,09722\text{кг/с}$

C1-теплоёмкость фракции, Дж/кг·град

t1-температура сырья, $t_1=55^{\circ}\text{C} = 328,15\text{K}$

C1-расчитываем по двуокиси углерода.

Коэффициенты для определения теплоёмкости CO₂:

A0=23,6

A1= 59,9

A2= -39,4

T=273

$$C_i \text{ CO}_2 = A_0 + A_1 \cdot (T + t_1/1000) + A_2 \cdot (T + t_1/1000)^2 \quad (2,19)$$

C_i=40,38143

C_iCO₂= 917,76 Дж/(кг·K)

Q1= 631604,94 Вт

2. Тепло из верхнего теплообменника

$$Q_2 = m_2 \cdot C_2 \cdot t_2, \text{ где} \quad (2,20)$$

m₂-масса исходной фракции, кг/с

m₂= 0,9783 кг/с

C2-теплоёмкость фракции, Дж/кг·град

C_iH₂O = 4200 Дж/(кг·K)

t2-температура сырья

$t_2=7^{\circ}\text{C} = 280,15\text{K}$

Q2=1150481 Вт

3. Тепло из нижнего теплообменника

$$Q_3 = m_3 \cdot C_3 \cdot t_3, \text{ где} \quad (2,21)$$

m₃-масса исходной фракции, кг/с

m₃= 3,4938 кг/с

C3-теплоёмкость фракции, Дж/кг·град

C_iH₂O = 4190 Дж/(кг·K)

t3-температура сырья

$t_3=20^{\circ}\text{C} = 293,15\text{K}$

Q3=4291429 Вт

4. Тепло с кубовым продуктом

Определяем температуру в кубе.

$$t_4 \text{ H}_2\text{O} = ((\Phi \cdot (Y_H - Y_2) - c_{\text{CO}} \cdot (t_1 \text{ H}_2\text{O} - t_1 \text{ CO}_2)) / (1 \cdot c_{\text{H}_2\text{O}})) + t_1 \text{ H}_2\text{O} \quad (2,22)$$

$$t_4 \text{ H}_2\text{O} = ((1128197,16 \cdot (0,1738 - 0,0462) - 0,218 \cdot 4900 \cdot (7 - 55)) / (16100 / 7995 \cdot 4190)) + 7$$

$$t_4 \text{ H}_2\text{O} = 27^\circ\text{C}$$

$$Q_4 = m_4 \cdot C_4 \cdot t_4, \text{ где} \quad (2,23)$$

m_4 - масса исходной фракции, кг/с

$$m_4 = 4,4722 \text{ кг/с}$$

C_4 - теплоёмкость фракции, Дж/кг·град

$$C_{\text{H}_2\text{O}} = 4180 \text{ Дж/(кг·K)}$$

t_4 - температура сырья

$$t_4 = 27^\circ\text{C} = 300,15 \text{ K}$$

$$Q_4 = 5610942,87 \text{ Вт}$$

5. Тепло выходящего газа

1. Тепло с питанием:

$$Q_5 = m_5 \cdot C_5 \cdot t_5, \text{ где} \quad (2,24)$$

m_5 - масса исходной фракции, кг/с

$$m_5 = 2,108 \text{ кг/с}$$

C_5 - теплоёмкость фракции, Дж/кг·град

$$t_5 \text{ - температура сырья, } t_4 = 7,2^\circ\text{C} = 280,35 \text{ K}$$

t_5 - рассчитываем по двуокиси углерода.

Коэффициенты для определения теплоёмкости CO_2 :

$$A_0 = 23,6$$

$$A_1 = 59,9$$

$$A_2 = -39,4$$

$$T = 273$$

$$C_{\text{CO}_2} = A_0 + A_1 \cdot (T + t_1 / 1000) + A_2 \cdot (T + t_1 / 1000)^2 \quad (2,25)$$

$$C_{\text{CO}_2} = 37,29061 \text{ Дж/моль·K}$$

$$C_{\text{CO}_2} = 847,51 \text{ Дж/(кг·K)}$$

$$Q_5 = 500593,8 \text{ Вт}$$

6.Теплопотери

$$Q_6=(Q_4+Q_5)-(Q_1+Q_2+Q_3) = 38021,72 \text{ Вт} \quad (2,26)$$

7.Общая теплота прихода

$$Q_1+Q_2+Q_3+Q_6 = 6111536,67 \text{ Вт} \quad (2,27)$$

8.Общая теплота расхода

$$Q_4+Q_5 = 6111536,67 \text{ Вт} \quad (2,28)$$

2.3 Технологический и конструктивный расчёт основного аппарата

Определение скорости газа

$$\lg(((\omega^2_{пр} \cdot \rho_{г}) / (g \cdot d_3 \cdot \varepsilon^2 \cdot \rho_{ж})) \cdot (\mu_{ж} / \mu_{г})^{0,16}) = A - B((L / G)^{0,25} \cdot (\rho_{г} / \rho_{ж})^{0,125}) \quad (2,29)$$

Вязкость CO_2 $\mu = 0,0184 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$

Вязкость H_2O $\mu = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$

Плотность H_2O $\rho = 958 \text{ кг/м}^3$

Плотность CO_2 , кг/м^3

$$\rho_{г} = (M_{\text{CO}_2} / 22,4) \cdot T_0 \cdot p / ((T_0 + t) \cdot p_0) \quad (2,30)$$

$\rho_{г} = 2,7073 \text{ кг/м}^3$

Эквивалентный диаметр насадки стального кольца Палля 25X25X0,6 мм

$d_3 = 0,015 \text{ м}$

Эквивалентный диаметр насадки стального кольца Палля 50X50X1 мм

$d_3 = 0,033 \text{ м}$

Свободный объём насадки ε

25X25X0,6 равен $0,9 \text{ м}^3 / \text{м}^3$

50X50X1 равен $0,9 \text{ м}^3 / \text{м}^3$

Коэффициенты

$A = -0,49$

$B = 1,04$

Удельная поверхность насадки σ ($\text{м}^2 / \text{м}^3$):

25X25X0,6 - 220

50X50X1 - 120

$\omega = 1,3773 \text{ м/с}$

Определения диаметра колонны

Скорость газовой смеси для колец Палля 25X25X0,6 (мм)

Рабочая скорость (м/с)

$$\omega = 0,75 \cdot \omega_{\text{пр}} \quad (2,31)$$

$$\omega = 0,75 \cdot 1,4938 = 1,03$$

Определение диаметра (м)

$$D = \sqrt{(V / 0,785 \cdot \omega)} \quad D = 1,09 \quad (2,32)$$

Принимаем диаметр 1 метр

Пересчет рабочей скорости при стандартном диаметре (м/с)

$$\omega = V / (0,785 \cdot D^2) = 1,15 \quad (2,33)$$

Площадь сечения (м²)

$$S = 0,785 \cdot D^2 \quad (2,34)$$

$$S = 0,785$$

Объём насадки (м³)

$$V_{\text{н}} = H_{\text{н}} \cdot S \quad (2,35)$$

$$V_{\text{н}} = 4,72$$

Определяем поверхность насадки (м²)

$$F = V \cdot \delta \quad (2,36)$$

$$F = 1039,1$$

Определение высоты единицы переноса для газовой фазы.

$$W_{\text{г}} = G / (3600 \cdot S) \quad (2,37)$$

$$W_{\text{г}} = 7995 / (3600 \cdot 0,785) = 2,83 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{сек}$$

Находим критерий Рейнольдса по формуле

$$Re_{\text{г}} = (4 \cdot W_{\text{г}}) / (f \cdot \mu_{\text{г}}) = 2795,54 \quad (2,38)$$

где: f - удельная поверхность насадки (220 м²/м³)

$\mu_{\text{г}}$ - вязкость CO₂

Диффузионный критерий Прандтля для газа определяем по формуле:

$$Pr_{\text{г}} = \nu_{\text{г}} / (\rho_{\text{г}} \cdot D_{\text{г}}) = 0,49 \quad (2,39)$$

где: $D_{\text{г}}$ - коэффициент диффузии CO₂ в смеси (0,138 · 10⁻⁴)

$\rho_{\text{г}}$ - плотность CO₂

При $\varepsilon = 0,9$ и $a = 8,13$ определяем высоту единицы переноса для газовой фазы:

$$h_1 = ((a \cdot \varepsilon) / (\psi f)) \cdot \text{Re}_r^{0,25} \cdot (\text{Pr}_r)^{2/3} \quad (2,40)$$

$$h_1 = 0,22 \text{ м}$$

Определение высоты единицы переноса для жидкой фазы.

$$W_{\text{ж}} = L / (3600 \cdot S) \quad (2,41)$$

$$W_{\text{ж}} = 16100 / (3600 \cdot 0,785) = 5,697 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{сек}$$

Находим критерий Рейнольдса по формуле

$$\text{Re}_{\text{ж}} = (4 \cdot W_{\text{ж}}) / (f \cdot \mu_{\text{ж}}) = 129,48 \quad (2,42)$$

где: f - удельная поверхность насадки ($220 \text{ м}^2/\text{м}^3$)

$\mu_{\text{ж}}$ - вязкость H_2O

Диффузионный критерий Прандтля для жидкости определяем по формуле:

$$\text{Pr}_{\text{ж}} = \mu_{\text{ж}} / (\rho_{\text{ж}} \cdot D_{\text{ж}}) = 426,1 \quad (2,43)$$

где: $D_{\text{ж}}$ - коэффициент диффузии H_2O в смеси ($1,96 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{сек}$) $= 1,96 \cdot 10^{-9} \text{ (м}^2/\text{сек)}$

$\rho_{\text{ж}}$ - плотность H_2O (958 кг/м^3)

Рассчитываем приведенную толщину пленки по формуле

$$\delta_{\text{прив.}} = (\mu_{\text{ж}}^2 / (\rho_{\text{ж}}^2 \cdot g))^{1/3} \quad (2,44)$$

$$\delta_{\text{прив.}} = ((0,8 \cdot 10^{-3})^2 / (958^2 \cdot 9,81))^{1/3} = 4,1\text{E-}05$$

Высота единицы переноса для жидкой фазы:

$$h_2 = 119 \cdot \delta_{\text{прив.}} \cdot \text{Re}_{\text{ж}}^{0,25} \cdot \text{Pr}_{\text{ж}}^{0,5} = 0,34323 \quad (2,45)$$

Определение высоты единицы переноса

$$k = (Y_{\text{H}}^* - Y_{\text{B}}^*) / (X_{\text{H}} - X_{\text{B}}) \quad (2,46)$$

$$Y_2^* = 0, X_2 = 0$$

$$k = 0,02575 / 0,06336 = 0,41$$

Находим высоту единицы переноса:

$$h = h_1 + (k / 1) \cdot h_2 \quad (2,47)$$

$$h = 0,28 \text{ м}$$

$$n = \int_{Y_{\text{B}}}^{Y_{\text{H}}} \frac{(Y_{\text{H}} - Y_{\text{B}})}{Y} \cdot dY \quad (2,48)$$

$n = 16,906$

Определение высоты насадки:

$$H = n \cdot h \quad (2,49)$$

$H = 4,81 \text{ м}$

С запасом 25% принимаем:

$H = 1,25 \cdot 4,81 = 6,02 \text{ м}$

6016,77 мм

Высота колонны

$$H_k = H + Z_B + Z_H + h_p \quad (2,50)$$

где: Z_B, Z_H - высота сепарационного пространства над насадкой и расстояние между днищем и насадкой, м

h_p - высота промежутка между секциями насадки

$Z_B = 2300 \text{ мм}$

$Z_H = 1750 \text{ мм}$

$h_p = 834 \text{ мм}$

$H_k = 10900 \text{ мм}$

Определение средней движущей силы

Движущая сила в низу абсорбера

$$\Delta Y_H = Y_H - Y_H^* \quad (2,51)$$

$$Y_H^* = (M_{CO_2} / M_{cp}) \cdot (y_H / (100 - y_H)) \quad (2,52)$$

$Y_H^* = 0,02575$

$\Delta Y_H = 0,1481$

движущая сила в верху абсорбера

$$Y_B^* = (M_K / M_H) \cdot (y_B / (100 - y_B)) \quad (2,53)$$

$Y_B^* = 0,00162$

$$\Delta Y_B = Y_B - Y_B^* \quad (2,54)$$

$\Delta Y_B = 0,04463$

$$\Delta Y_{cp} = (\Delta Y_H - \Delta Y_B) / \ln (\Delta Y_H / \Delta Y_B) \quad (2,55)$$

$\Delta Y_{cp} = 0,086$

$$U = (L_{\text{ср}} \cdot 3600) / (\rho_{\text{ж}} \cdot 0,785 \cdot d_{\text{к}}^2) \quad (2,56)$$

$$\text{или } U = L / (\rho_{\text{ж}} \cdot 0,785 \cdot d_{\text{к}}^2)$$

$$U = 21,409 \text{ (м}^3\text{/(м}^2\text{*ч))}$$

Оптимальная плотность орошения ($U_{\text{опт}}$) ($\text{м}^3\text{/(м}^2\text{*ч)}$):

$$U_{\text{опт}} = B * \sigma$$

где: B - коэффициент, зависящий от вида процесса, для абсорбции $B = 0,158$

$$U_{\text{опт}} = 0,158 * 220 = 34,76 \text{ (м}^3\text{/(м}^2\text{*ч))}$$

$$U / U_{\text{опт}} = 25,398 / 34,76 = 0,62$$

Так как $U / U_{\text{опт}} = 0,62$, то принимаем $\psi = 0,7$.

Определяем диаметров штуцеров:

$$D_{\text{шт}} = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot W}} \quad (2,57)$$

где W - скорость движения CO_2 или H_2O соответственно

V - объёмный расход CO_2 или H_2O соответственно

$D_{\text{шт1}}$ - диаметр штуцера, входящего CO_2 в абсорбер

$D_{\text{шт2}}$ - диаметр штуцера, выходящего CO_2 из абсорбера

$D_{\text{шт3}}$ - диаметр штуцера выходящей H_2O из абсорбера

$D_{\text{шт4}}$ - диаметр штуцера входящей H_2O в абсорбер на верхнюю часть насадки

$D_{\text{шт5}}$ - диаметр штуцера входящей H_2O в абсорбер на нижнюю часть насадки

$$V_{1 \text{ CO}_2} = 3260,7 \text{ м}^3\text{/ч}$$

$$V_{2 \text{ CO}_2} = 2185,9 \text{ м}^3\text{/ч}$$

$$V_{3 \text{ H}_2\text{O}} = 16,3 \text{ м}^3\text{/ч}$$

$$V_{4 \text{ H}_2\text{O}} = 3,5 \text{ м}^3\text{/ч}$$

$$V_{5 \text{ H}_2\text{O}} = 12,8 \text{ м}^3\text{/ч}$$

$$D_{\text{шт1}} = 0,277 \text{ м принимаем } D_{\text{шт1}} = 300 \text{ мм}$$

$$D_{\text{шт2}} = 0,227 \text{ м принимаем } D_{\text{шт2}} = 250 \text{ мм}$$

$$D_{\text{шт3}} = 0,107 \text{ м принимаем } D_{\text{шт3}} = 100 \text{ мм}$$

$$D_{\text{шт4}} = 0,050 \text{ м принимаем } D_{\text{шт4}} = 50 \text{ мм}$$

$$D_{\text{шт5}} = 0,095 \text{ м принимаем } D_{\text{шт5}} = 100 \text{ мм}$$

Механический расчет производится согласно ГОСТ Р 52857.1 – 2007

1. Расчет толщины обечайки:

$$S_R > \frac{P \cdot D}{2 \cdot f \cdot \sigma - P} \quad (2,58)$$

$$S = S_R + C_1 + C_2 \quad (2,59)$$

где P – расчетное давление в аппарате

D – диаметр аппарата

f – коэффициент прочности сварного шва

[σ] – допускаемое напряжение при расчетной температуре

C₁ – прибавка на коррозию

C₂ – прибавка до целого числа

$$S_R > \frac{0,187 \cdot 1000}{2 \cdot 0,98 \cdot 156 - 0,187}$$

$$S_R > 0,61$$

$$S = 0,61 + 1,8 + 0,59 = 3 \text{ мм}$$

$$S_{\text{станд}} = 4 \text{ мм}$$

2. Расчёт толщины сферических днищ (эллипс)

$$S_R > \frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma - 0,5 \cdot P} \quad (2,60)$$

$$S = S_R + C_1 + C_2 \quad (2,61)$$

$$S_R > \frac{0,187 \cdot 1000}{2 \cdot 156 - 0,5 \cdot 0,187}$$

$$S_R > 0,61$$

$$S = 0,61 + 1,8 + 0,59 = 3 \text{ мм}$$

Ввиду того, что аппарат имеет высоту 11 м принимаем S_{станд} = 8 мм

3. Определение внутреннего избыточного давления для корпуса

$$(P) = \frac{2 \cdot f \cdot S - C \cdot \sigma}{D + S - C} \quad (2,62)$$

$$(P) = \frac{2 \cdot 0,98 \cdot 4 - 1,8 \cdot 156}{1000 + 4 - 1,8} = 0,7 \text{ МПа}$$

4. Определение внутреннего избыточного давления для днища

$$(P) = \frac{2 \cdot \varphi \cdot S-C \cdot \sigma}{D+0,5 \cdot S-C} \quad (2,63)$$

$$(P) = \frac{2 \cdot 0,98 \cdot 4-1,8 \cdot 156}{1000-0,5 \cdot 4-1,8} = 0,7 \text{ МПа}$$

2.4 Расчёт вспомогательного аппарата (пластинчатого теплообменника)

Расчёт пластинчатого теплообменника для охлаждения двуокиси углерода аммиаком.

Определение тепловой нагрузки

$$G(\text{NH}_3) = 0,087 \text{ кг/с.}$$

$$C = 4600 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \text{ удельная теплоёмкость (NH}_3\text{)}$$

$$Q = G_1 \cdot C_1 \cdot t_1' - t_1'' = 0,087 \cdot 4600 \cdot 97 - 2 = 38019 \text{ ВТ} \quad (2,64)$$

Определение расхода холодного теплоносителя

$$G(\text{CO}_2) = \frac{Q}{C \cdot (t_2 - t_1)} \quad (2,65)$$

$C = 4190 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ - удельная теплоёмкость воды

$t_2 = 97^\circ\text{C}$ - конечная температура двуокиси углерода

$t_1 = 55^\circ\text{C}$ - начальная температура двуокиси углерода

$$G(\text{CO}_2) = \frac{38019}{920 \cdot 42} = 0,98 \text{ кг/с}$$

Определение среднего температурного напора

$$97 \rightarrow 55$$

$$3 \leftarrow 2$$

$$\Delta t_M = 42 \quad 1 = \Delta t_6$$

$$\text{т.к. } \frac{\max}{\min} > 2, \text{ то } \frac{\Delta t_M - \Delta t_6}{\ln \max / \min} \quad (2,66)$$

$$2,3 \cdot \log = \ln$$

$$\frac{42}{\ln(41)} = 11,238^{\circ}\text{C}$$

$$t_{cp} = 11,238^{\circ}\text{C}$$

Определение ориентировочной поверхности теплопередачи

$K_{op} = 900 \text{ Вт}(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – ориентировочный коэффициент теплопередачи.

$$F_{op} = \frac{Q}{K_{op} \cdot t_{cp}} = \frac{38019}{900 \cdot 11,238} = 3,76 \text{ м}^2 \quad (2,67)$$

У теплообменника следующие характеристики:

Поверхность теплообмена: $F = 6,2 \text{ м}^2$

Количество пластин: $N = 50$

Масса аппарата: $M = 176 \text{ кг}$

Габариты пластин:

Длина: 724 мм

Толщина общая: 179 мм

Ширина: 320 мм

Толщина пластин

$1,2 \text{ мм} \cdot 50 = 60 \text{ мм}$

Пространство между пластинами

$2,48 \text{ мм} \cdot 48 = 119 \text{ мм}$

Эквивалентный диаметр канала:

$d_{э} = 0,0050 \text{ м}$

Поперечное сечение канала:

$S = 0,0018 \text{ м}^2$

Приведённая длина канала:

$$L = S \cdot 50 / d = 18 \text{ м} \quad (2,68)$$

Уточнённый расчёт требуемой поверхности

$$w_1 = \frac{G(\text{NH}_3)}{P(\text{NH}_3) \cdot N \cdot S} = \frac{0,0087}{630 \cdot 25 \cdot 0,0018} = 0,0031 \text{ м} / \text{с} \text{ лин. скор. NH}_3 \quad (2,69)$$

$$W_1 = \frac{G}{S} = \frac{0,087}{0,0018} = 48,3 \text{ кг} / \text{м}^2 \cdot \text{с} \text{ массовая скорость NH}_3 \quad (2,70)$$

Re1 определим по массовой скорости NH₃

$$Re_1 = \frac{W_1 \cdot d_э}{\mu_1} = \frac{48,3 \cdot 0,0050}{0,00024} = 1006 \quad (2,71)$$

Re₁ = 1006 > 50 турбулентный режим

$$Nu_1 = 0,135 \cdot Re^{0,73} \cdot Pr^{0,43} = 0,135 \cdot 1006^{0,73} \cdot 2,16^{0,43} = 27,1 \quad (2,72)$$

$$Pr_1 = \frac{\mu_1 \cdot C_1}{\lambda_1} = \frac{0,000252 \cdot 1,1 \cdot 4190}{0,463 \cdot 1,16} = 2,16 \quad (2,73)$$

$$\alpha_1 = \frac{\lambda_1 \cdot Nu_1}{d_э} = \frac{0,463 \cdot 1,16 \cdot 27,1}{0,0050} = 2911 \quad (2,74)$$

$$w_2 = \frac{G(CO_2)}{P(CO_2) \cdot N \cdot S} = \frac{0,98}{300 \cdot 25 \cdot 0,0018} = 0,072 \text{ м/с} - \text{лин. скор } CO_2 \quad (2,75)$$

$$W_2 = \frac{G_2}{S_2} = \frac{0,98}{0,0018} = 544,44 \text{ кг / м}^2 \cdot \text{с} - \text{массовая скорость } CO_2 \quad (2,76)$$

Re2 определим по массовой скорости CO₂

$$Re_2 = \frac{W_2 \cdot d_э}{\mu_2} = \frac{544,44 \cdot 0,0050}{0,00001779} = 153018 \quad (2,77)$$

Re₂ > 50 турбулентный режим

$$Nu_2 = 0,135 \cdot Re^{0,73} \cdot Pr^{0,43} = 0,135 \cdot 153018^{0,73} \cdot 0,75^{0,43} = 726,89 \quad (2,78)$$

$$Pr_2 = \frac{\mu_2 \cdot C_2}{\lambda_2} = \frac{0,00001779 \cdot 920}{0,02189} = 0,75 \quad (2,79)$$

$$\alpha_2 = \frac{\lambda_2 \cdot Nu_2}{d_э} = \frac{0,02189 \cdot 726,89}{0,0050} = 3182 \quad (2,80)$$

Сумма термических сопротивлений гофрированной стенки из нержавеющей стали толщиной 1.2 мм и загрязнений составляет:

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{1,2 \cdot 0,001}{17,5} + \frac{1}{5800} + \frac{1}{5800} = 0,00041 \text{ м}^2 \cdot \text{К / Вт} \quad (2,81)$$

Коэффициент теплопередачи равен:

$$K = \frac{1}{\sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{0,00041 + \frac{1}{2911} + \frac{1}{3182}} = 936,59 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)} \quad (2,82)$$

Требуемая поверхность теплопередачи:

$$F_{\text{тр}} = \frac{Q}{K \cdot t_{\text{cp}}} = \frac{38019}{936,59 \cdot 11,238} = 3,61 \text{ м}^2 \quad (2,83)$$

Теплообменник номинальной поверхностью $F = 6,2$ подходит с запасом:

$$\Delta = \frac{6,2 - 3,61}{3,61} \cdot 100 = 71,74\% \quad (2,84)$$

Компоновочный расчёт

Поверхность теплообмена: $F = 6,2 \text{ м}^2$

Количество пластин: $N = 50$

Масса аппарата: $M = 176 \text{ кг}$

Габариты пластин:

Длина: 724 мм

Толщина общая: 179 мм

Ширина: 320 мм

Толщина пластин: $1,2 \text{ мм} \cdot 50 = 60 \text{ мм}$

Пространство между пластинами: $2,48 \text{ мм} \cdot 48 = 119 \text{ мм}$

Эквивалентный диаметр канала:

$$d_{\text{э}} = 0,0050 \text{ м}$$

Поперечное сечение канала:

$$S = 0,0018 \text{ м}^2$$

Приведённая длина канала:

$$L = 18 \text{ м}$$

Расчёт патрубков

d_1 – диаметр патрубка входящего жидкого NH_3

d_2 – диаметр патрубка выходящего газообразного NH_3

d_3 – диаметр патрубков входящего и выходящего CO_2

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot W \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,087}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 630}} = 18,4 \text{ мм}, \text{ принимаем } 58 \text{ мм} \quad (2,85)$$

$$\rho(\text{NH}_3) = \frac{M(\text{NH}_3)}{22,4} \cdot \frac{T_{\text{атм}} \cdot P}{P_{\text{атм}} \cdot T} = \frac{17}{22,4} \cdot \frac{240 \cdot 0,3}{0,1 \cdot 275} = 1,99 \quad (2,86)$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot W \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,087}{3,14 \cdot 25 \cdot 1,99}} = 48 \text{ мм, принимаем } 58 \text{ мм} \quad (2,87)$$

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot W \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,98}{3,14 \cdot 25 \cdot 19,9}} = 50 \text{ мм, принимаем } 58 \text{ мм} \quad (2,88)$$

Расчёт гидравлических сопротивлений для NH_3

$$\Delta p_1 = x \xi \frac{L}{d_э} \cdot \frac{\rho w^2}{2} + 3 \frac{\rho w_{ш}^2}{2} \quad (2,89)$$

Коэффициент α_1 и α_2 зависит от типа пластин. $\alpha_2 = 17$

$$\xi_1 = \frac{\alpha_2}{\text{Re}^{0,25}} = \frac{17}{1006^{0,25}} = 3,03 \quad x_1 = 1 \quad (2,90)$$

$$w_{1ш} = \frac{G \cdot 4}{\pi d_{ш}^2 \cdot \rho} = \frac{0,087 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,058^2 \cdot 630} = 0,058 \text{ м/с} \quad (2,91)$$

$$\Delta p_1 = 3,03 \frac{1,3}{0,0050} \cdot \frac{630 \cdot 0,0031^2}{2} + 3 \frac{630 \cdot 0,058^2}{2} = 5,54 \text{ Па}$$

Расчёт гидравлических сопротивлений для CO_2

$$\Delta p_2 = x \xi \frac{L}{d_э} \cdot \frac{\rho w^2}{2} + 3 \frac{\rho w_{ш}^2}{2} \quad (2,92)$$

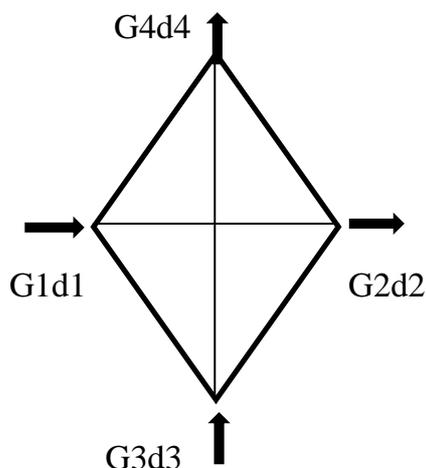
$$\xi_2 = \frac{\alpha_2}{\text{Re}^{0,25}} = \frac{17}{153018^{0,25}} = 0,859 \quad x_2 = 1 \quad (2,93)$$

$$w_{2ш} = \frac{G \cdot 4}{\pi d_{ш}^2 \cdot \rho} = \frac{0,087 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,058^2 \cdot 19,9} = 1,237 \text{ м/с} \quad (2,94)$$

$$\Delta p_2 = 0,859 \frac{1,3}{0,0050} \cdot \frac{300 \cdot 0,072^2}{2} + 3 \frac{300 \cdot 1,237^2}{2} = 861,6 \text{ Па}$$

Механический расчёт

Диаметр штуцеров



$$d1_{CO2} = 58\text{мм}$$

$$d2_{CO2} = 58\text{мм}$$

$$d3_{NH3} = 58\text{мм}$$

$$d4_{NH3} = 58\text{мм}$$

Определение толщины крышки корпуса

$$S_r = R_D \sqrt{\frac{P}{\delta}} \quad (2,95)$$

δ – допустимое напряжение 156МПа ГОСТ Р 52857.1-2007 марка стали 0,8х18Н10Т

P – расчётное давление 0,6МПа

D – диаметр аппарата 545мм

S_r – расчётная толщина

$$S_r = 0,6 \cdot 545 \sqrt{\frac{0,6}{156}} = 20,28$$

$$S = S_r + C_1 + C_2 \quad (2,96)$$

C_1 – прибавка на коррозию

C_2 – прибавка для получения целого числа

$$S = 20,28 + 2 + 0,72 = 23\text{мм}, \text{ принимаем } 30\text{мм}$$

2.5 Описание модернизации

В ходе произведённого анализа работы блока первичной очистки двуокиси углерода было выявлено, что в особо жаркий период из-за сильно горячего поступающего газа сырца температура которого бывает доходит до 105°C , в кубовой части скруббера CO_2 начинает образовываться ботаника, что влияет на качество продукта, также в связи с повышенной температурой газа после скруббера, когда горячий газ приходит на всас CO_2 компрессора, нарушается технологический режим, в следствии этого бывают случаются остановки по превышению температуры на всасе.

Для устранения негативных влияний, связанных с повышенной температурой газа, мною предлагается после газодувки, перед скруббером CO_2 , смонтировать байпасную линию на которую смонтирован пластинчатый теплообменный аппарат для охлаждения CO_2 , аммиаком, в особо жаркий период, осуществлять подачу перегретого газа-сырца по этой линии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обследование технологической схемы и оборудования на предприятие ООО «Химтэко» с анализом существующей схемы первичной очистки двуокиси углерода, показало, что в жаркий период на скруббер CO_2 газ сырец идёт с повышенной температурой, вследствие этого падает качество продукта и ухудшаются технологические параметры производства CO_2 . Для устранения этих негативных влияний блок первичной очистки двуокиси углерода нужно модернизировать.

Разработанная модернизация включает в себя добавление байпасной линии после газодувки, на байпасной линии смонтирован пластинчатый теплообменный аппарат для охлаждения CO_2 аммиаком с площадью теплообмена $6,2\text{M}^2$. Эту линию можно использовать в особо жаркий период, т.е. пускать перегретый CO_2 по этой линии для поступления и впоследствии охлаждение в теплообменном аппарате, в остальное время работать по обычной схеме.

Модернизация блока первичной очистки двуокиси углерода, позволила снизить температуру входящего в скруббер газа сырца на 42°C , с 97°C до 55°C , что устранило негативные последствия, вызванные перегретым газом. В результате этого удалось снизить время простоя оборудования, затраты на ремонтные работы, а также улучшить качество продукта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамов О.В. Процессы и аппараты пищевых производств: Учебник для вузов / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.В. Логинов; Под ред. А.Н. Остриков. - СПб.: ГИОРД, 2012. - 616 с.
2. Аметистов Е.В. Основы теории теплообмена: Учебное пособие. – М.: МЭИ, 2000. – 247 с.
3. Башкатов Т.В., Жигалин Я.Л. «Технология синтетических каучуков», 2-е изд., перераб. Л: Химия, 1987.
4. Басовский Л.Е. «Экономика отрасли», изд. Инфра - М 2009.
5. Бобович Б.Б. Процессы и аппараты переработки отходов: Учебное пособие / Б.Б. Бобович. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 288 с.
6. Бессонный А. Н., Дрейцер Г. А., Кунтыш В. Б. и др.: под общ. ред. В. Б. Кунтыша, А. Н. Бессонного. Основы расчёта и проектирования теплообменников воздушного охлаждения: Справочник - СПб.: Недра, 1996. - 512 с.
7. Вальдберг А.Ю. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Защита атмосферы: Учебное пособие для вузов / А.Ю. Вальдберг, Н.Е. Николайкина. - М.: Дрофа, 2008. - 239 с.
8. Власов Ю. А., Сабуров Э. Н. Стационарная теплопроводность тел простейшей формы с внутренними источниками теплоты: Методические указания к изучению раздела лекционного курса "Тепломассообмен". - Архангельск: РИО АЛТИ, 1988. - 31 с.
9. ГОСТ Р ИСО15547-1-2009 Нефтяная и газовая промышленность. Пластинчатые теплообменники. Технические требования.
10. ГОСТ Р 528557.1-2007 «Сосуды и аппараты» нормы и методы расчёта на прочность. Общие требования.
11. ГОСТ 12.04.034-85. Средства индивидуальной защиты.
12. ГОСТ 12.4.011 Средства защиты работающих.
13. ГОСТ 14192-96: Маркировка грузов.

14. ГОСТ 19433-88: Грузы опасные. Классификация и маркировка.
15. Гутник С.П., Сосонко В.С, Гутман В.Д., «Расчёты по технологии органического синтеза» М: Химия, 1988. – 272с.
16. Игнатович Э. Химическая техника. Процессы и аппараты. М.: Техносфера, 2007. – 655с.
17. Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомёл А. С. Теплопередача: Учебник - М.: Энергоиздат, 1981. - 416 с.
18. Кафаров В. В. Основы массопередачи. - М.: Высшая школа, 1979. - 439 с.
19. Каторина Л. С. Теплообмен при конденсации пара: Методические указания к изучению раздела лекционного курса "Тепломассообмен". - Архангельск: РИО АЛТИ, 1993. - 33 с.
20. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена. - М.: Атомиздат, 1979. - 416 с.
21. Кутателадзе С.С., Боришанский В.М - Справочник по теплопередаче. М : ГЭИ. 1958. – 418с.
22. Кутателадзе С. С. Теплоотдача и гидродинамическое сопротивление: Справочное пособие. М.: Энергоатомиздат, 1990. - 367 с.
23. Кунтыш В.Б., Бессонный А.Н., Дрейцер Г.А., Егоров И.Ф.: под общ. ред. Кунтыша В. Б. Примеры расчета не стандартизованных эффективных теплообменников. - СПб.: Недра, 2000. - 300 с.
24. Крейт Ф., Блэк У. Основы теплопередачи: Пер. с англ. - М.: Мир, 1983. - 512 с.
25. Лебедев Н.Н. «Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза» 4-е изд.: Химия, 1988 - 573с.
26. Лыков А. В. Тепломассообмен (Справочник). 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергия, 1978. - 480 с.
27. Леухин Ю. Л., Сабуров Э. Н. Теплоотдача в кольцевых каналах: Методические указания к изучению раздела лекционного курса "Тепломассообмен". - Архангельск: РИО АЛТИ, 1988. - 32 с.

28. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. - М.: Энергия, 1977. - 344 с.
29. Огородников С.К. «Справочник нефтехимика» том 1, Л: Химия, 1978.
30. ПБ 09-540-03 Общие правила взрывобезопасности.18. Теоретические основы хладотехники. Тепломассообмен / Под ред. Э. И. Гуйго. - М.: Агропромиздат, 1986. - 320 с.
31. Постоянный технологический регламент цеха по производству двуокиси углерода жидкой ТР – 81
32. Постановление Правительства РФ № 992 «О лицензировании эксплуатации химически опасных производственных объектов».
33. Павлов, Романков «Сборник задач по курсу процессы и аппараты», М: Химия 1979.
34. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. «Процессы и аппараты химической технологии», изд. «Химия» М., 1968.
35. Павлов, Романков «Сборник задач по курсу процессы и аппараты», М: Химия 1979.
36. Пилипенко Н.И. Процессы и аппараты: Учебник для студентов учреждений сред. проф. образования / Н.И. Пилипенко, Л.Ф. Пелевина. - М.: ИЦ Академия, 2008. - 304 с.
37. Рахмилевич З.З., Радзин И. М., Фарамазов С. А. Справочник механика химических и нефтехимических производств. - М.: Издательство: Химия, 1985. – 592с.
38. Рамм В.М. Абсорбция газов. Изд. 2-е, переработ. и доп. М., "Химия", 1976. – 656с.
39. Справочник по теплообменникам: в 2 Т. Т. 1 / Пер. с англ., под ред. В. С Петухова, В. К. Шикова. - М.: Энергоиздат, 1987. - 560 с.
40. Справочник по теплообменникам: в 2 Т. Т. 2 / Пер. с англ., под ред. О. Г. Мартыненко и др., М.: Энергоатомиздат, 1987. - 352 с.

41. Справочник по теплообменным аппаратам / П. И. Бажан, Г. Е. Каневец, В. М. Селиверстов. - М.: Машиностроение, 1989. - 367 с.
42. Сабуров Э. Н. Основы теплопроводности: Методические указания к изучению раздела лекционного курса "Тепломассообмен". - Архангельск: РИО АЛТИ, 1982. - 36 с.
43. Сабуров Э. Н. Стационарная теплопроводность тел простейшей формы: Методические указания к изучению раздела лекционного курса "Тепломассообмен". - Архангельск: РИО АЛТИ, 1986. - 40 с.
44. Сабуров Э. Н. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена: Методические указания к изучению раздела лекционного курса "Тепломассообмен". - Архангельск: РИО АЛТИ, 1981. - 32 с.
45. Сабуров Э. Н. Теплоотдача пластины: Методические указания к изучению раздела лекционного курса "Тепломассообмен". - Архангельск: РИО АЛТИ, 1983. - 36 с.
46. Сабуров Э. Н. Теплоотдача в поле центробежных сил: Конспект лекций. - РИО АЛТИ, 1979. - 48 с.
47. Сабуров Э. Н. Тепловой пограничный слой: Методические указания к изучению раздела лекционного курса "Тепломассообмен". - Архангельск: РИО АЛТИ, 1981. - 32 с.
48. Федеральный закон N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
49. Фраас А., Оцисик М. Расчет и конструирование теплообменников. N.Y.: Атомиздат, 1971. – 361с.
50. Черкасский В.М. Насосы. Вентиляторы. Компрессоры. М.: Энергия, 1977. – 424с.
51. Чернобыльский И. И. Машины и аппараты химических производств. – М.: Машиностроение, 1974. – 456с.
52. Эмирджанов Р.Т. Основы расчёта нефтезаводских процессов и аппаратов.- Баку: Азербайджанское государственное Издательство, 1956 - 421с.

53. Эмирджанов Р.Т. Примеры расчётов.- Баку: Азербайджанское государственное Издательство, 1951 - 188с.

54. Эмирджанов Р.Т., Лемберанский Р.А. Основы технологических расчетов в нефтепереработке и нефтехимии - М.: Химия, 1989. - 192 с

55. Юдаев Б. Н. Теплопередача. - М.: Высшая школа, 1981. - 320 с.

56. Юдаев Б.Н. Техническая термодинамика. Теплопередача - М.: Высшая школа, 1988. - 479 с.

57. Яковлев Н.Я. Цены и ценообразование: Учебное пособие. М.: ИКЦ "Маркетинг", - 2009.