

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа
Кафедра Технологические машины и оборудования нефтегазового комплекса

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Э.А. Петровский

« ____ » _____ 2017 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

направление 15.03.02 «Технологические машины»
профиль 15.03.02.01 «Проектирование технических
и технологических комплексов»

**Повышение надёжности абсорбера для очистки попутного нефтяного
газа от сероводорода для Ачинского НПЗ**

Руководитель _____ к.т.н., доцент Е.А. Соловьёв

Выпускник _____ И.С. Елифанцев

Красноярск 2017

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа
Кафедра Технологические машины и оборудования нефтегазового комплекса

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Э. А. Петровский

«___» _____ 2017 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Красноярск 2017

Студенту Епифанцеву Ивану Сергеевичу

Группа ЗНБ 12-02

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины»

Профиль 15.03.02.01 «Проектирование технических и технологических комплексов»

Тема выпускной квалификационной работы «Повышение надёжности абсорбера для очистки попутного нефтяного газа от сероводорода для Ачинского НПЗ».

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

Руководитель ВКР Е.А. Соловьёв, доцент кафедры ТМОНГК, Институт нефти и газа Сибирского федерального университета

Исходные данные для ВКР: Предметом исследования является технологический процесс очистки попутного нефтяного газа от сероводорода. Объект разработки – колонный аппарат для осуществления процесса абсорбции сероводорода. Критериями повышения надёжности являются: повышение стойкости корпуса установки и внутренних устройств к коррозионному и эрозионному износу. Производительность абсорбера по газу: 8000 м³/ч. Рабочее давление: 0.9 МПа. Рабочая температура: 45°С. Исходное содержание сероводорода в газе: 5 % об. Конечное содержание сероводорода на выходе: 0 % об.

Перечень рассматриваемых вопросов (разделов ВКР):

Введение. Актуальность темы и современное состояние проблемы

Раздел 1 – Литературный обзор. Аналитический обзор литературы, в том числе патентных источников, статей в научно-технических журналах по абсорбционной очистке попутного нефтяного газа от сероводорода. Сравнительный анализ существующих способов очистки попутного газа от сероводорода. Анализ технологических особенностей процесса абсорбционной очистки газа, применяемых сорбентов. Изучение существующих конструкций абсорбционных колонных аппаратов для очистки попутного газа от серы. Заключение литературному обзору, постановка задач на проектирование установки.

Раздел 2 – Конструкторско-технологический раздел. Описание конструкции и принципа работы абсорбера. Расчёт основных параметров абсорбера (технологический расчёт, механический расчёт). Разработка мероприятий антикоррозионной защите корпуса абсорбера и внутренних устройств.

Раздел 3 – Эксплуатация и ремонт. Разработка мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту.

Заключение. Выводы по результатам выполненной работы.

Перечень графического и иллюстративного материала: Технологическая схема системы очистки попутного нефтяного газа от серы (1 лист формата А3), чертёж общего вида абсорбера (1 лист формата А3), презентация (12 –16 страниц).

Руководитель ВКР _____ Е.А. Соловьёв

Задание принял к исполнению _____ И.С. Епифанцев

« ____ » _____ 2017 г.

Содержание

Введение

1. Аналитический обзор литературы

1.1 Сероводород

1.2 Технологические особенности процесса абсорбции

1.3 Существующие конструкции абсорберов

1.4 Применяемые абсорбенты

1.5 Критерии надежности абсорбера

1.6 Выводы

Введение

Развитие энергетического, промышленного и экономического потенциала России зависит от увеличения добычи, переработки газа, нефти и газового конденсата. Качественные показатели газов, подаваемых в магистральный газопровод, определяются в соответствии с ОСТ 51,40-83, ОСТ 50,40-93 и техническими условиями, разработанными на их основе. Наиболее широкое применение нашли методы осушки газа абсорбционные, что обеспечивает более 70% добываемого в России газа к транспортировке с применением этого метода. Этот процесс основан на различии давлений насыщенных паров влаги в сырьевом газе и над раствором абсорбента, контактирующим с газом.

Для нормальной работы газоперерабатывающих установок, эффективности процессов переработки необходимо проводить очистку газа от содержащихся в нем примесей.

Для очистки газов от кислых примесей применяют абсорбционные процессы. Процесс абсорбции состоит в избирательном поглощении жидкостью (абсорбентом) целевых составных частей исходной газовой смеси. Абсорбцию применяют для разделения смеси, очистки и осушки различных углеводородных газов, извлечение бензина, пропан-пропиленовой фракции из естественных и попутных газов. Процесс абсорбции протекает тогда, когда парциальное давление или концентрация извлекаемого компонента в газовой смеси больше. Чем больше эта разность, тем интенсивнее переход компонента из газовой смеси в жидкость. Иногда абсорбция и адсорбция осуществляются в одном аппарате. В качестве абсорбентов используют водные растворы алканоламинов. Алканоламины обеспечивают тонкую очистку газов от сероводорода и диоксида углерода

при незначительном поглощении углеводородов. Выбор способа очистки сводится к выбору растворителя (абсорбента).

В дипломном проекте описываются способы очистки углеводородных газов от кислых примесей, физико-химические основы аминовой очистки, приводится технологический расчет абсорбера и предлагаются мероприятия по повышению надежности абсорбера.

1. Аналитический обзор литературы

1.1 Сероводород

Сероводород (H_2S) - сильный нервно-паралитический яд: острое отравление человека наступает при концентрации 0,2-0,3 мг/л, а концентрация 1 мг/л - смертельна. Его токсичность проявляется также в раздражающем действии на слизистые оболочки верхних дыхательных путей. Предельно-допустимая концентрация его в воздухе рабочих помещений составляет 0,01 мг/л. Сероводород обладает также высокой коррозионной агрессивностью. Поэтому сероочистка важна, прежде всего, для того, чтобы не загрязнять атмосферу сероводородом, повышенное содержание в воздухе которого, может привести к серьезным последствиям для окружающей среды. Поэтому, такие процессы, как добыча нефти, которые сопровождаются высвобождением сопутствующих газов, содержащих сероводород, не могут происходить без сероочистки. Однако, экология – это не единственный фактор, который обуславливает применение сероочистки. Дело в том, что при контакте с водой, сероводород оказывает мощное коррозионное воздействие на металлы. А именно металлы являются основным материалом для строительства трубопроводов в области нефтяной промышленности. Сероочистка необходима, чтобы сероводород не разрушал все оборудование, которое используется для добычи и транспортировки нефти. В противном случае, сероводород в совокупности с водяным паром, содержащимся в сопутствующих нефтяных газах, разрушат все оборудование, которое будет поражено коррозией. Именно поэтому сероочистка так необходима в нефтедобывающей промышленности. Сегодня

сероочистка и ее эффективность во многом определяют рентабельность тех или иных компаний, занимающихся разработками нефтяных месторождений.

1.2 Технологические особенности процесса абсорбции

Для очистки газа от кислых компонентой используют три группы методов: абсорбционные, адсорбционные и каталитические.

Абсорбционные методы включают в зависимости от природы взаимодействия кислых компонентов с активной частью абсорбента делятся:

- физическая абсорбция –извлечение кислых компонентов основывается на различной растворимости компонентов газа в абсорбенте, очистка газов происходит в результате контакта газов жидкими растворителями;
- хемосорбиционная абсорбция - основана на химическом взаимодействии сероводорода и диоксида углерода с активной частью абсорбента.
- физико-химическая абсорбция – основана на использование комбинированных абсорбентов.

Основные недостатки процессов физической абсорбции: применяемые растворители относительно хорошо поглощают углеводороды; тонкая очистка газов обеспечивается после дополнительной доочистки алканоламиновыми растворителями.

Основные недостатки процессов химической абсорбции: не достигается комплексная очистка газов от сероводорода, диоксида углерода, меркаптанов, серооксида углерода, сероуглерода; с некоторыми растворителями образуются нерегенерируемые химические соединения; кратность циркуляции абсорбента высока.

Адсорбционные методы очистки газов основаны на селективном извлечении кислых компонентов твердыми поглотителями - адсорбентами. Если извлекаемый компонент удерживается адсорбентом только физическими силами, то это физическая адсорбция. Если извлекаемый компонент вступает с адсорбентом в химическое взаимодействие говорят о химической адсорбции.

Каталитические методы очистки газов применяют в тех случаях, когда в газе присутствуют соединения, недостаточно полно удаляемые с помощью жидких или твердых поглотителей и когда требуется тонкая очистка газа. Они делятся на:

- окислительные методы, которые заключаются в проведении реакций каталитического окисления сероводорода до элементарной серы или каталитического окисления меркаптанов до дисульфидов.

восстановительные методы, которые заключаются в восстановлении сернистых соединений при взаимодействии их с водородом или с водяным паром, а также в гидрировании диоксида углерода до метана.

Абсорбцией называют процесс поглощения газа жидким поглотителем, в котором газ растворим в той или иной степени. Обратный процесс – выделение растворенного газа из раствора – носит название десорбции. [1, с 590] В абсорбционных процессах (абсорбция, десорбция) участвуют две фазы – жидкая и газовая и происходит переход вещества из газовой фазы в жидкую (при абсорбции) или, наоборот, из жидкой фазы в газовую (при десорбции). Таким образом, абсорбционные процессы являются одним из видов процессов массопередачи. Различают химическую абсорбцию и хемосорбцию. При физической абсорбции растворение газа не сопровождается химической реакцией (или, по крайней мере, эта реакция не оказывает заметного 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 заметное давление компонента, хотя и меньшее, чем при физической абсорбции. Протекание абсорбционных процессов характеризуется их статикой и кинетикой: равновесие между жидкой и газовой фазами, определяет состояние, которое устанавливается при весьма продолжительном соприкосновении фаз. Равновесие между фазами определяется термодинамическими свойствами компонента и поглотителя и зависит от состава одной из фаз, температуры и давления. Для абсорбционной и десорбционной процессов равновесие между газами и их растворами в жидкости описывается законом Генри [1, с 590], согласно которому равновесное парциальное давление p^* пропорционально содержанию растворенного газа в растворе X :

$$P^* = \psi \cdot X \quad (1)$$

где ψ - коэффициент пропорциональности, имеющий размерность давления и зависящий от свойств растворенного газа и поглотителя и от температуры. Кинетика абсорбции, т. е. скорость процесса массообмена, определяется движущей силой процесса (т. е. степенью отклонения системы от равновесного состояния), свойствами поглотителя, компонента и инертного газа, а также способом соприкосновения фаз (устройством абсорбционного аппарата и гидродинамическим режимом его работы). В абсорбционных аппаратах движущая сила, как правило, изменяется по их длине и зависит от

характера взаимного движения фаз (противоток, прямоток, перекрестный ток и т. Д.). При этом возможно осуществление непрерывного или ступенчатого контакта. В абсорберах с непрерывным контактом характер движения фаз не меняется по длине аппарата и изменение движущей силы происходит непрерывно. Абсорберы со ступенчатым контактом состоят из нескольких ступеней, последовательно соединенных по газу и жидкости, причем при переходе из ступени в ступень происходит скачкообразное изменение движущей силы. На практике абсорбции подвергают большей частью не отдельные газы, а газовые смеси, составные части которых (одна или несколько) могут поглощаться данным поглотителем в заметных количествах. Эти составные части называют абсорбируемыми компонентами или просто компонентами, а не поглощаемые составные части – инертным газом. Жидкая фаза состоит из поглотителя и абсорбируемого компонента. Во многих случаях поглотитель представляет собой раствор активного компонента, вступающего в химическую реакцию с абсорбируемым компонентом; при этом вещество, в котором растворен активный компонент, будем называть растворителем. Инертный газ и поглотитель являются носителями компонента соответственно в газовой и жидкой фазах. При физической абсорбции инертный газ и поглотитель не расходуются и не участвуют в процессах перехода компонента из одной фазы в другую. При хемосорбции поглотитель может химически взаимодействовать с компонентом. Промышленное проведение абсорбции может сочетаться с десорбцией, что позволяет многократно использовать поглотитель и выделять абсорбируемый компонент в чистом виде. Экспериментально установлено, что процесс абсорбции всегда сопровождается с выделением тепла. Условия, благоприятные для десорбции, противоположны условиям, способствующим абсорбции. Для осуществления десорбции над раствором должно быть заметное давление компонента, чтобы он мог выделяться в газовую фазу. Поглотители, абсорбция в которых сопровождается

необратимой химической реакцией, не поддаются регенерации путем десорбции. Регенерацию таких поглотителей можно производить химическим методом[2].

1.3 Существующие конструкции абсорберов

Абсорберы – аппараты, в которых осуществляются абсорбционные процессы. Подобно другим процессам массопередачи, абсорбция протекает на поверхности раздела фаз. Поэтому абсорберы должны иметь развитую поверхность соприкосновения между жидкостью и газом. По способу образования этой поверхности абсорберы условно разделяются на следующие 4 группы:

- поверхностные и пленочные;
- насадочные;
- барботажные (тарельчатые);
- распыливающие.

Поверхностные и пленочные абсорберы

В абсорберах этого типа поверхностью соприкосновения фаз является зеркало неподвижной или медленно движущейся жидкости, или же поверхность текущей жидкой пленки.

Поверхностные абсорберы¹. Эти абсорберы используют для поглощения хорошо растворимых газов (например, для поглощения

¹ Касаткин А.Г. «Основные процессы и аппараты химической технологии»; изд. «Химия», М., 1971.

хлористого водорода водой). В указанных аппаратах газ проходит над поверхностью неподвижной или медленно движущейся жидкости (рис.1).

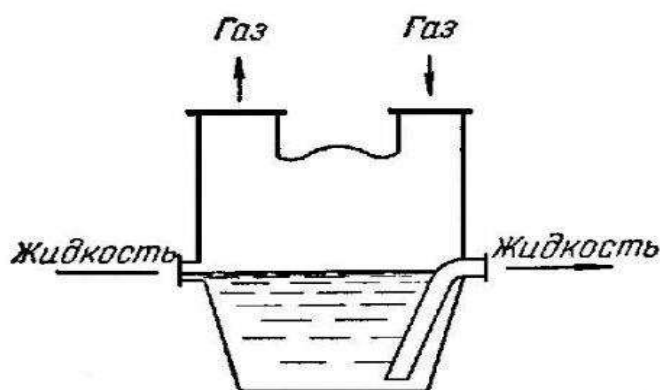


Рисунок 1 - Поверхностный абсорбер

Так как поверхность соприкосновения в таких абсорберах мала, то устанавливают несколько последовательно соединенных аппаратов, в которых газ и жидкость движутся противотоком друг к другу. Для того чтобы жидкость перемешалась по абсорберам самотеком, каждый последующий по ходу жидкости аппарат располагают несколько ниже предыдущего. Для отвода тепла, выделяющегося при абсорбции, в аппаратах устанавливают змеевики, охлаждаемые водой или другим охлаждающим агентом, либо помещают абсорберы в сосуды с проточной водой.

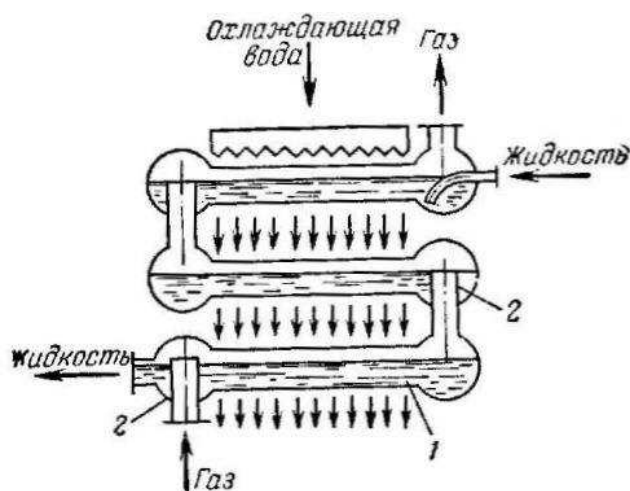


Рисунок 2 - Оросительный абсорбер: 1 – элемент абсорбера; 2 – сливные пороги.

Более совершенным аппаратом такого типа является абсорбер (рис.2), состоящий из ряда горизонтальных труб, орошаемых снаружи водой. Необходимый уровень жидкости в каждом элементе 1 такого аппарата поддерживается с помощью порога 2².

Пластинчатый абсорбер состоит из двух систем каналов: по каналам 1 большого сечения движутся противотоком газ и абсорбент, по каналам 2 меньшего сечения - охлаждающий агент (как правило, вода). Пластинчатые абсорберы обычно изготавливаются из графита, так как он является химически стойким материалом, хорошо проводящим тепло³.

Поверхностные абсорберы имеют ограниченное применение вследствие их малой эффективности и громоздкости.

Пленочные абсорберы. Эти аппараты более эффективны и компактны, чем поверхностные абсорберы. В пленочных абсорберах поверхностью контакта фаз является поверхность текущей пленки жидкости. Различают следующие разновидности аппаратов данного типа: 1) трубчатые абсорберы; 2) абсорберы с плоско-параллельной или листовой насадкой; 3) абсорберы с восходящим движением пленки жидкости [4]⁴.

Трубчатый абсорбер (рис.3) сходен по устройству с вертикальным кожухотрубчатым теплообменником. Абсорбент поступает на верхнюю трубную решетку 1, распределяется по трубам 2 и стекает по их внутренней поверхности в виде тонкой плёнки⁵.

²Касаткин А.Г. «Основные процессы и аппараты химической технологии»; изд. «Химия», М., 1971.

³Касаткин А.Г. «Основные процессы и аппараты химической технологии»; изд. «Химия», М., 1971.

⁴Касаткин А.Г. «Основные процессы и аппараты химической технологии»; изд. «Химия», М., 1971

⁵Альбом основных аппаратов химической технологии : Часть 3 : Аппараты массообменных процессов / сост. Л. Ю. Лаврова, В. А. Степанов. Екатеринбург : УГТУ–УПИ, 2007. 55 с.

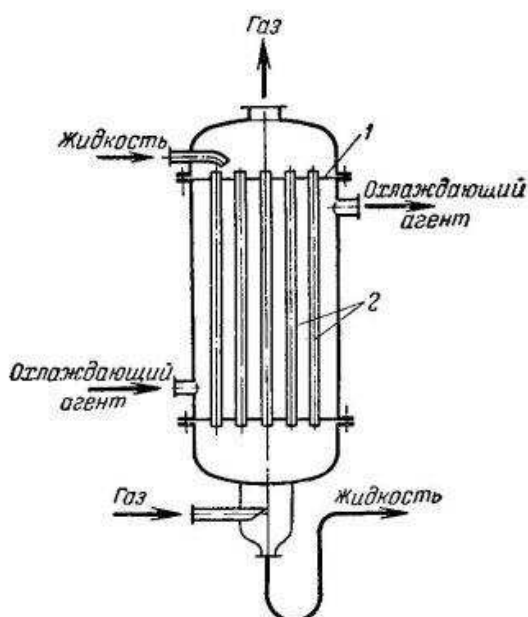


Рисунок 3 - Трубчатый абсорбер. 1 – трубная решетка; 2 – трубы.

В аппаратах с большим числом труб для более равномерной подачи и распределения жидкости по трубам используют специальные распределительные устройства. Газ движется по трубам снизу вверх навстречу стекающей жидкой пленке. Для отвода тепла абсорбции по межтрубному пространству пропускают воду или другой охлаждающий агент.

Абсорбер с плоскопараллельной насадкой.

Такой аппарат представлен на рисунке 4⁶. Пакет листовой насадки 1 в виде вертикальных листов из различного материала (металл, пластические массы, натянутая на каркас ткань и др.) помещают в колонну (абсорбер). В верхней части абсорбера находятся распределительные устройства 2 для обеспечения равномерного смачивания листовой насадки с обеих сторон.

⁶ Семенов П. А. и Шварцштейн Я. В. Абсорбер с плоскопараллельной насадкой. Химическая промышленность 19-52, 9, стр 12—15. и 1953. Л11 7. ip 20—31.

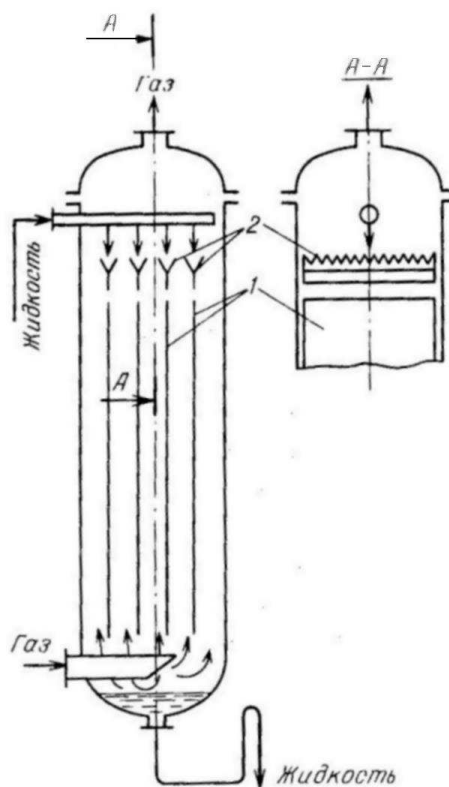


Рисунок 4 - Плёночный абсорбер с плоско-параллельной (листовой) насадкой: 1 - пакеты листовой насадки; 2 - распределительное устройство

Абсорбер с восходящим движением пленки (рис.5) состоит из труб 1, закрепленных в трубных решетках 2⁷. Газ из камеры 3 проходит через патрубки 4, расположенные соосно с трубами 1. Абсорбент поступает в трубы через щели 5. Движущийся с достаточно большой скоростью газ увлекает жидкую пленку в направлении своего движения (снизу вверх), т. е. аппарат работает в режиме восходящего прямотока. По выходе из труб 1 жидкость сливается верхнюю трубную решетку и выводится из абсорбера. Для отвода тепла абсорбции по межтрубному пространству пропускают охлаждающий агент. Для увеличения степени извлечения применяют абсорберы такого типа, состоящие из двух или более ступеней, каждая из которых работает по принципу прямотока, в то время как в аппарате в целом газ и жидкость движутся противотоком друг к другу. В аппаратах с

⁷Плановский А.Н. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Госхимиздат, 1972. 668 с.

восходящим движением пленки вследствие больших скоростей газового потока (до 30-40 м/сек) достигаются высокие значения коэффициентов массопередачи.

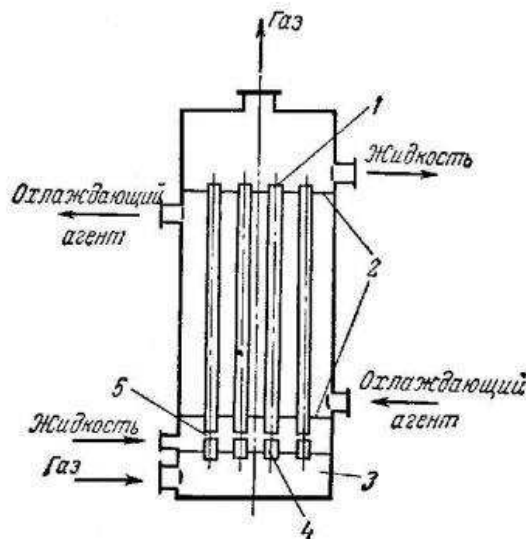


Рисунок 5 - Абсорбер с восходящим движением жидкой пленки: 1 — трубы; 2 — трубная решетка; 3 — камера; 4 — патрубок для подачи газа

Насадочные абсорберы.

Широкое распространение в промышленности в качестве абсорберов получили колонны, заполненные насадкой — твердыми телами различной формы. В насадочной колонне (рис.) насадка 1 укладывается на опорные решетки 2, имеющие отверстия или щели для прохождения газа и стока жидкости. Последняя с помощью распределителя 3 равномерно орошает насадочные тела и стекает вниз. По всей высоте слоя насадки равномерного распределения жидкости по сечению колонны обычно не достигается, что объясняется пристеночным эффектом — большей плотностью укладки насадки в центральной части колонны, чем у ее стенок. Вследствие этого жидкость имеет тенденцию растекаться от центральной части колонны к ее стенкам. Поэтому для улучшения смачивания насадки в колоннах большого диаметра насадку иногда укладывают слоями (секциями) высотой 2-3 м и под

каждой секцией, кроме нижней, устанавливают перераспределители жидкости 4⁸.

В насадочной колонне жидкость течет по элементу насадки главным образом в виде тонкой пленки, поэтому поверхностью контакта фаз является в основном смоченная поверхность насадки, и насадочные аппараты можно рассматривать как разновидность пленочных. Однако в последних пленочное течение жидкости происходит по всей высоте аппарата, а в насадочных абсорберах - только по высоте элемента насадки. При перетекании жидкости с одного элемента насадки на другой пленка жидкости разрушается и на нижележащем элементе образуется новая пленка. При этом часть жидкости проходит через расположенные ниже слои насадки в виде струек, капель и брызг. Часть поверхности насадки бывает смочена неподвижной (застойной) жидкостью.

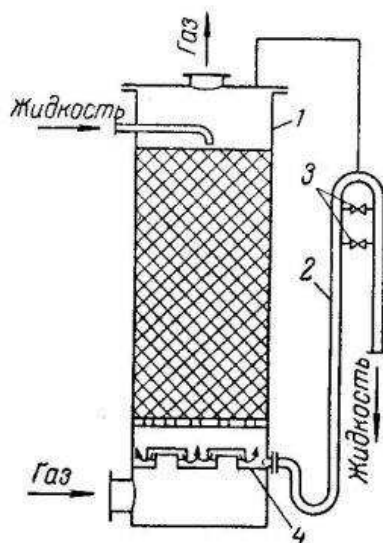


Рисунок 6 - Эмульгационная насадочная колонна: 1 - колонна; 2 - гидравлический затвор; 3 - вентиль; 4 - распределительная тарелка.

⁸ СССР. ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СССР (ГОСПАТЕНТ СССР) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ (21) 4939988/26 (22) 22.04.91 (46) 23.04.93. Бюл. М 15 (71) Волгоградский политехнический институт (72) А.Б. Голованчиков, М.Ю. Ефремов, Н.В. Тябин, В.М. Горелик и А.В. Овод (56) Рамм В.М., Абсорбция газов. в Г. М.: Химия, 1976, с. 655.

В обычных насадочных колоннах поддержание режима эмульгирования представляет большие трудности. Имеется специальная конструкция насадочных колонн с затопленной насадкой, называемых эмульгационными (рис.6). В колонне 1 режим эмульгирования устанавливают и поддерживают с помощью сливной трубы, выполненной в виде гидравлического затвора 2. Высоту эмульсии в аппарате регулируют посредством вентилей 3. Для более равномерного распределения газа по сечению колонны в ней имеется тарелка 4. Эмульгационные колонны можно рассматривать как насадочные лишь условно. В этих колоннах механизм взаимодействия фаз приближается к барботажному.

Барботажные (тарельчатые) абсорберы

Тарельчатые абсорберы представляют собой, как правило, вертикальные колонны, внутри которых на определенном расстоянии друг от друга размещены горизонтальные перегородки - тарелки. С помощью тарелок осуществляется направленное движение фаз и многократное взаимодействие жидкости и газа.

В настоящее время в промышленности применяются разнообразные конструкции тарельчатых аппаратов. По способу слива жидкости с тарелок барботажные абсорберы можно подразделить на колонны: 1) с тарелками со сливными устройствами и 2) с тарелками без сливных устройств.

Тарельчатые колонны со сливными устройствами. В этих колоннах перелив жидкости тарелки на тарелку осуществляется при помощи специальных устройств - сливных трубок, карманов и т. п. Нижние концы трубок погружены в стакан на нижерасположенных тарелках и образуют гидравлические затворы, исключая возможность прохождения газа через сливное устройство.

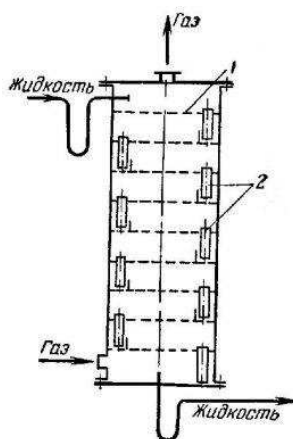


Рисунок 7 - Тарельчатая колонна со сливными устройствами: 1 – тарелка; 2 – сливные устройства.

Принцип работы колонн такого типа виден из рис.7, где в качестве примера показан абсорбер с ситчатыми тарелками. Жидкость поступает на верхнюю тарелку 1, сливается с тарелки на тарелку через переливные устройства 2 и удаляется из нижней части колонны⁹. Газ поступает в нижнюю часть аппарата, проходит последовательно сквозь отверстия или колпачки каждой тарелки. При этом газ распределяется в виде пузырьков и струй в слое жидкости на тарелке, образуя на ней слой пены, являющийся основной областью массообмена и теплообмена на тарелке. Отработанный газ удаляется сверху колонны.

Переливные трубки располагают на тарелках таким образом, что жидкость на соседних тарелках протекала во взаимнопротивоположных направлениях. За последнее время все шире применяют сливные устройства в виде сегментов, вырезанных в тарелке и ограниченных порогом - переливом.

К тарелкам со сливными устройствами относятся: ситчатые, колпачковые, клапанные и балластные, пластинчатые.

Ситчатые тарелки. Колонна с ситчатыми тарелками (рис.8) представляет собой вертикальный цилиндрический корпус 1 с

⁹ Авторы патента: ПИЛЛИНГ Марк У. (US) ФИШЕР Маркус (DE) МОСКА Джузеппе (IT) ТАЧЧИНИ Елена (IT) Владельцы патента RU 2502548: СульцерХемтех АГ (CH)

горизонтальными тарелками 2, в которых равномерно по всей поверхности просверлено значительное число отверстий диаметром 1-5 мм. Для слива жидкости и регулирования ее уровня на тарелке служат переливные трубки 3, нижние концы которых погружены в стаканы 4¹⁰.

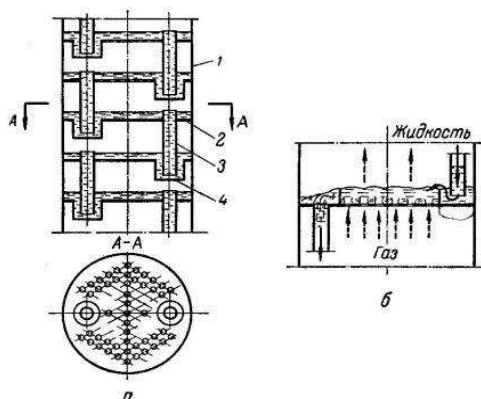


Рисунок 8 - Ситчатая колонна: а – схема устройства колонны; б – схема работы тарелки; 1 – корпус; 2 – тарелка; 3 – переливная трубка; 4 – стакан.

Газ проходит сквозь отверстия тарелки и распределяется в жидкости в виде мелких струек и пузырьков. При слишком малой скорости газа жидкость может просачиваться (или «проваливаться») через отверстия тарелки на нижерасположенную, что должно привести к существенному снижению интенсивности массопередачи. Поэтому газ должен двигаться с определенной скоростью и иметь давление, достаточное для того, чтобы преодолеть давление слоя жидкости на тарелке и предотвратить стекание жидкости через отверстия тарелки.

Ситчатые тарелки отличаются простотой устройства, легкостью монтажа, осмотра и ремонта. Гидравлическое сопротивление этих тарелок невелико. Ситчатые тарелки устойчиво работают в довольно широком интервале скоростей газа, причем в определенном диапазоне нагрузок по газу

¹⁰УДК 66.015,23.05 (088.8) Авторы изобретения Л. И. Баркар, В. М. Лукьяненко, В. Д. Васильев, В. А. Мазух и А. В. Никишкин Краснодарское проектно-конструкторское бюро по проектированию оборудования для производства пластических масс и синтетических смол и Сумской машиностроительный завод им. М. В. фрунзе

и жидкости эти тарелки обладают высокой эффективностью. Вместе с тем ситчатые тарелки чувствительны к загрязнениям и осадкам, которые забивают отверстия тарелок. В случае внезапного прекращения поступления газа или значительного снижения его давления с ситчатых тарелок сливается вся жидкость и для возобновления процесса требуется вновь запускать колонну.

Разновидностью абсорберов с ситчатыми тарелками являются так называемые пенные абсорберы, тарелки которых, как указывалось, отличаются от ситчатых конструкцией переливного устройства. При одинаковом числе тарелок эффективность пенных аппаратов выше, чем эффективность абсорберов с ситчатыми тарелками. Однако вследствие большой высоты пены на тарелках гидравлическое сопротивление пенных абсорберов значительно, что ограничивает область их применения.

Колпачковые тарелки. Менее чувствительны к загрязнениям, чем колонны с ситчатыми тарелками, и отличаются более высоким интервалом устойчивой работы колонны, с колпачковыми тарелками (рис. 9) Газ на тарелку 1 поступает по патрубкам 2, разбиваясь затем прорезями колпачка 3 на большое число отдельных струй. Прорези колпачков наиболее часто выполняются в виде зубцов треугольной или прямоугольной формы. Далее газ проходит через слой жидкости, перетекающей по тарелке от одного сливного устройства 4 к другому. При движении через слой значительная часть мелких струй распадается, и газ распределяется жидкости в виде пузырьков. Интенсивность образования пены и брызг на колпачковых тарелках зависит от скорости движения газа и глубин погружения колпачка в жидкость¹¹.

¹¹Патент В01D3/20 барботажные колпачки; стаканы для прохода паров; сливные трубы для жидкости, «Колпачковая тарелка», автор Слободяник Иван Петрович

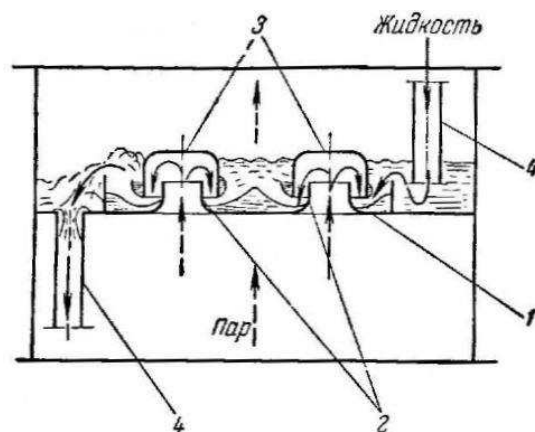


Рисунок 9 - Схема работы колпачковой тарелки: 1 – тарелка; 2 – газовые патрубки; 3 – колпачки; 4 – сливные трубки.

На рисунке 10 показана схема работы колпачка при неполном (а) и полном (б) открытии прорезей, причем в последнем случае колпачок работает наиболее эффективно. Сечение и форма прорезей колпачка имеют второстепенное значение, но желательно устройство узких прорезей, так как при этом газ разбивается на более мелкие струйки, что способствует увеличению поверхности соприкосновения фаз. Для создания большей поверхности контакта фаз на тарелках обычно устанавливают значительное число колпачков, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга.

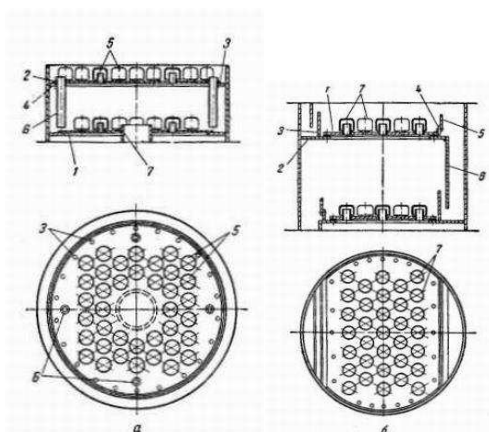


Рисунок 10 - Колпачковые тарелки с различными переливами жидкости: а – радиальный перелив; 1 – диск; 2 – прокладка; 3 – болты; 4 – опорные кольца; 5 – колпачки; 6 – периферийные переливные трубы; 7 – центральная сливная трубка; б – диаметральный перелив; 1 – диск; 2 – опорный лист; 3 –

приемный порог; 4 – сливной порог; 5 – сменная гребенка; 6 – перегородка; 7 – колпачки.

Колпачковые тарелки изготавливают с радиальным или диаметральной переливами жидкости. Тарелка с радиальным переливом жидкости (рис.10, а) представляет собой стальной диск 1, который крепится на прокладке 2 болтами 3 к опорному кольцу 4. Колпачки 5 расположены на тарелке в шахматном порядке. Жидкость переливается на лежащую ниже тарелку по периферийным сливным трубкам 6, движется к центру и сливается на следующую тарелку по центральной трубке 7, затем снова течет к периферии и т. д.

Тарелка с диаметральной переливом жидкости (рис.10, б) представляет собой срезанный с двух сторон диск 1, установленный на опорном листе 2. С одной стороны тарелка ограничена приемным порогом 3, а с другой – сливным порогом 4 со сменной гребенкой, при помощи которой регулируется уровень жидкости на тарелке. В тарелке этой конструкции периметр слива увеличен путем замены сливных трубок сегментобразными отверстиями, ограниченными перегородками, что снижает вспенивание жидкости при ее переливе.

Колпачковые тарелки устойчиво работают при значительных изменениях нагрузок по газу и жидкости. К их недостаткам следует отнести сложность устройства и высокую стоимость, низкие предельные нагрузки по газу, относительно высокое гидравлическое сопротивление, трудность очистки. Поэтому колонны с колпачковыми тарелками постепенно вытесняются новыми, более прогрессивными конструкциями тарельчатых аппаратов.

Клапанные и балластные тарелки. Эти тарелки получают за последнее время все более широкое распространение, особенно для работы в условиях значительно меняющихся скоростей газа.

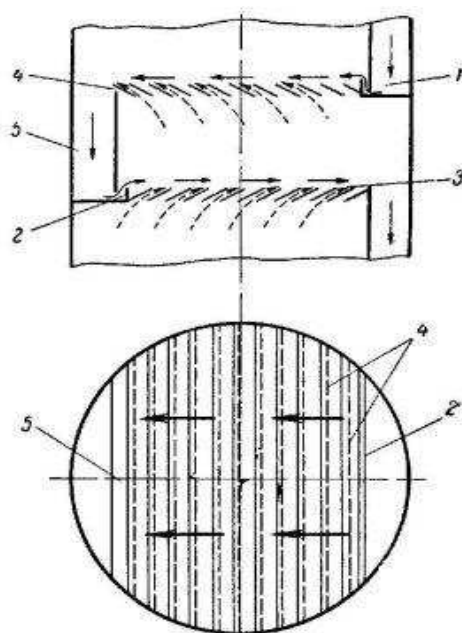


Рисунок 11 - Пластинчатые тарелки: 1 – гидравлический затвор; 2 – переливная перегородка; 3 – тарелка; 4—пластины; 5 – сливной карман.

Пластинчатые тарелки¹². Эти тарелки, в отличие от тарелок, рассмотренных выше, работают при однонаправленном движении фаз, т. е. каждая ступень работает по принципу прямотока, что позволяет резко повысить нагрузки по газу и жидкости, в то время как колонна в целом работает с противотоком фаз. В колонне с пластинчатыми тарелками (рис.11) жидкость (движение которой показано на рисунке сплошными стрелками) поступает с вышележащей тарелки в гидравлический затвор и через переливную перегородку 2 попадает на тарелку 5, состоящую из ряда наклонных пластин 4. Дойдя до первой щели, образованной наклонными пластинами жидкость встречается с газом (пунктирные стрелки), который с большой скоростью (20-40 м/сек) проходит сквозь щели. Вследствие небольшого угла наклона пластин газ выходит на тарелку в направлении, близком к параллельному по отношению к плоскости тарелки. При этом происходит эжектирование жидкости, которая диспергируется газовым потоком на мелкие капли и отбрасывается вдоль тарелки к следующей щели,

¹²Номер патента: 298337 Авторы: Луговой, Дронин

где процесс взаимодействия жидкости и газа или пара повторяется. В результате жидкость с большой скоростью движется вдоль тарелки от переливной перегородки 2 к сливному карману 5. В данном случае нет необходимости в установке переливного порога у кармана 5, что уменьшает общее гидравлическое сопротивление тарелки.

Таким образом, пластинчатые тарелки работают так, что в отличие от тарелок других конструкций жидкость является дисперсной фазой, а газ - сплошной, и контактирование жидкости и газа осуществляется на поверхности капель и брызг. Описанный гидродинамический режим газо-жидкостной дисперсной системы на контактной тарелке может быть определен как капельный или капельно-брызговой. Этот режим позволяет резко повысить нагрузки по жидкости и газу в колоннах с пластинчатыми тарелками.

Помимо работы пластинчатых тарелок в интенсивном капельном режиме к числу их достоинств относятся: низкое гидравлическое сопротивление, возможность работы с загрязненными жидкостями, низкий расход металла при их изготовлении. На тарелках этого типа уменьшается продольное перемешивание жидкости, что приводит к увеличению движущей силы массопередачи. Недостатками пластинчатых тарелок являются: трудность отвода и подвода тепла, снижение эффективности при небольших расходах жидкости.

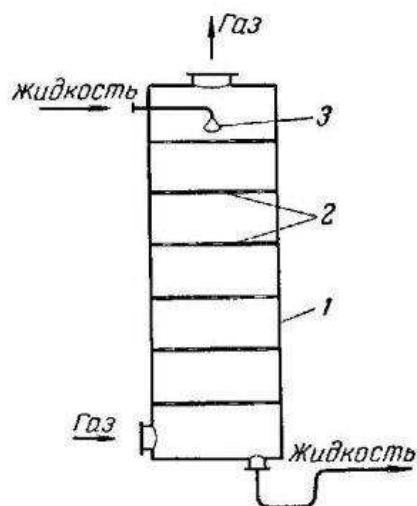
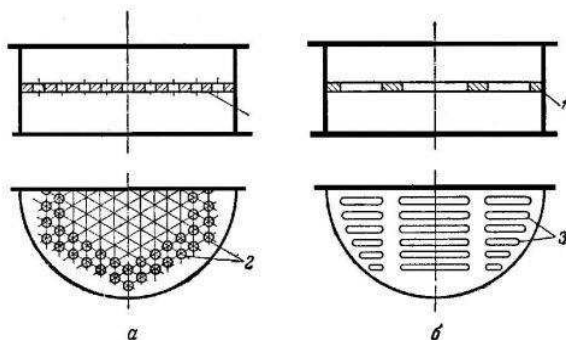


Рисунок 12 - Колонна с тарелками без сливных устройств: 1 – колонна; 2 – тарелка; 3 – распределитель жидкости.

Колонны с тарелками без сливных устройств (рис.12)¹³. В тарелке без сливных устройств газ и жидкость проходят через одни и те же отверстия или щели. На тарелке одновременно с взаимодействием жидкости и газа путем барботажа происходит сток части жидкости на нижерасположенную тарелку – «проваливание» жидкости. Поэтому тарелки такого типа обычно называют провальными. К ним относятся дырчатые, решетчатые, трубчатые и волнистые тарелки.

Дырчатые тарелки аналогичны по устройству ситчатым тарелкам и отличаются от последних лишь отсутствием сливных устройств. Диаметр отверстий в этих тарелках равен 4-10 мм, а суммарная площадь сечения всех отверстий по отношению к сечению колонны составляет 10-25%.



¹³Касаткин А.Г. «Основные процессы и аппараты химической технологии»; изд. «Химия», М., 1971.

Рисунок 13 - Провальные тарелки: а – дырчатая; б – решетчатая; 1 – тарелка; 2 – отверстия; 3 – щели.

Решетчатые тарелки (рис.13) имеют отверстия в виде выфрезерованных или выштампованных щелей шириной 3-8 мм¹⁴.

Трубчатые тарелки представляют собой чаще всего решетки, образованные из ряда труб, присоединенных к коллектору.

Волнистые тарелки - гофрированные металлические листы с отверстиями 4-8 мм.

Дырчатые и решетчатые провальные тарелки отличаются простотой конструкции, низкой стоимостью изготовления и монтажа, сравнительно небольшим гидравлическим сопротивлением.

К достоинству трубчатых провальных тарелок относится легкость отвода тепла от барботажного слоя на тарелке путем пропускания охлаждающего агента по трубам, из которых состоит тарелка. Однако эти тарелки в сравнении с дырчатыми и решетчатыми значительно сложнее по устройству и монтажу.

Основной недостаток колонн с дырчатыми, решетчатыми и трубчатыми провальными тарелками - небольшой интервал изменения скоростей газа и жидкости, в пределах которого поддерживается устойчивая и эффективная их работа.

В более широком диапазоне нагрузок работают волнистые провальные тарелки. Однако эти тарелки сложнее, чем дырчатые и решетчатые провальные тарелки по устройству и монтажу.

Распыливающие абсорберы.

В абсорберах этого типа тесный контакт между фазами достигается путем распыливания или разбрызгивания различными способами жидкости в газовом потоке.

¹⁴Номер патента: 980740 Авторы: Поспелов, Плаксин, Путилина, Зайденберг, Назаров

Полый распыливающий абсорбер (рис.14) представляет собой колонну, в верхней части корпуса 1 которой имеются форсунки 2 для распыливания жидкости (главным образом механические). В распыливающих абсорберах объемные коэффициенты массопередачи быстро снижаются по мере удаления от форсунок вследствие коалесценции капель и уменьшения поверхности фазового контакта. Поэтому оросители (форсунки) в этих аппаратах обычно устанавливают на нескольких уровнях¹⁵.

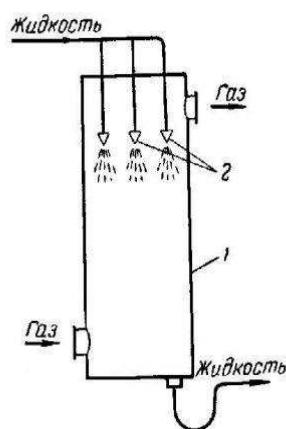


Рисунок 14 – Полый распыливающий абсорбер: 1 – колонна; 2 – форсунки.

К достоинствам полых распыливающих абсорберов относятся: простота устройства, низкое гидравлическое сопротивление, возможность работы с загрязненными газами, легкость осмотра, очистки и ремонта. Недостатки этих аппаратов: невысокая эффективность, значительный расход энергии на распыливание жидкости, трудность работы с загрязненными жидкостями, необходимость подачи больших количеств абсорбента для увеличения количества капель и соответственно - поверхности контакта фаз, низкие допустимые скорости газа, значения которых ограничены уносом капель жидкости.

Распыливающие абсорберы применяются главным образом для поглощения хорошо растворимых газов, так как вследствие высокой

¹⁵Касаткин А.Г. «Основные процессы и аппараты химической технологии»; изд. «Химия», М., 1971.

относительной скорости фаз и турбулизации газового потока коэффициенты массоотдачи в газовой фазе в этих аппаратах достаточно высоки.

На рисунке 15 представлена схема роторного центробежного абсорбера. В этом аппарате вращающиеся тарелки 1, укрепленные на валу, чередуются с неподвижными тарелками 2, которые крепятся к корпусу колонны. Тарелки 1 снабжены кольцевыми вертикальными ребрами 3, а тарелки 2 – коаксиальными ребрами¹⁶. При таком устройстве между вращающимися и неподвижными тарелками образуются кольцевые каналы. Жидкость поступает в центральную часть колонны и под действием центробежной силы разбрызгивается кромкой вращающегося ребра. Капли пролетают пространство, заполненное газом, и ударяются о стенку соответствующего ребра неподвижной тарелки. Таким образом, при движении жидкости от центра к периферии тарелки происходит многократное контактирование фаз.

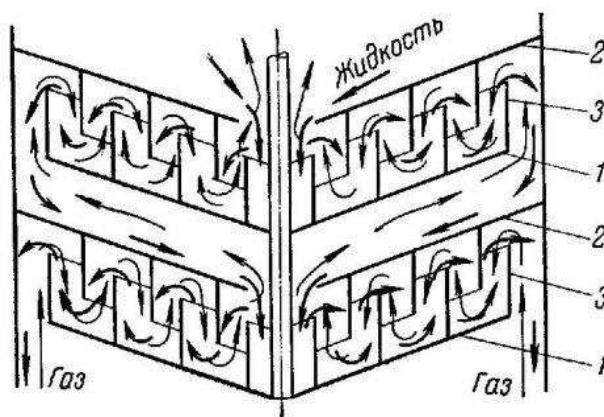


Рисунок 15 - Роторный центробежный абсорбер: 1 – вращающиеся тарелки; 2 – неподвижные тарелки; 3 – кольцевые ребра.

1.4. Применяемые абсорбенты

Для очистки природных газов, включая нефтяные (попутные), и нефтезаводских газов от сероводорода и диоксида углерода широкое распространение нашли хемосорбционные способы, важнейшими из которых

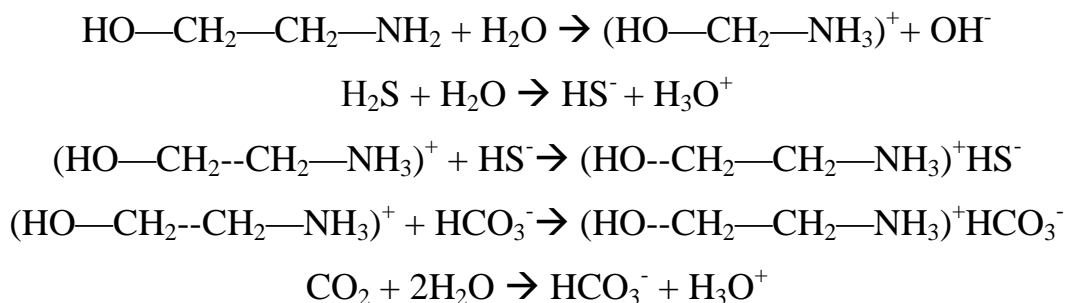
¹⁶Касаткин А.Г. «Основные процессы и аппараты химической технологии»; изд. «Химия», М., 1971.

являются аминовые. Названия этих процессов, связаны с амином, применяемым в качестве основного компонента поглотительного раствора абсорбента: МЭА - способ; ДЭА – способ и др. Каждый из этих способов обладает определенными достоинствами, преимуществами, и, конечно, недостатками.

В промышленности выбор метода значительную роль играет доступность амина. Выбор растворителя зависит от требуемой степени очистки газа, начального содержания примесей, необходимых технико-экономических показателей процесса. При взаимодействии с кислыми компонентами газа этаноламины образуют химические соединения, легко распадающиеся на исходные компоненты при повышении температуры и снижении давления.

Заключительный вывод о целесообразности применения того или иного метода делается на основе анализа и сравнения его с существующими способами.

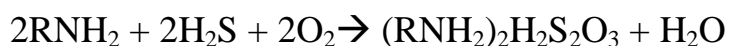
МЭА – способ. В МЭА- способе хемосорбентом является моноэтаноламин в водном растворе с концентрацией 15-30%. Высокие концентрации МЭА могут быть использованы только при использовании высокоэффективных ингибиторов коррозии. Реакция МЭА с сероводородом, диоксидом углерода протекает по схеме:



Реакция с H₂S практически идет до образования сульфида этаноламина, а с CO₂ только до карбоната этаноламина

Растворы МЭА обеспечивают тонкую очистку газа от H_2S и CO_2 в широком диапазоне концентраций. МЭА легко регенерируется, химически стабилен и, по сравнению с другими аминами, мало поглощает углеводороды.

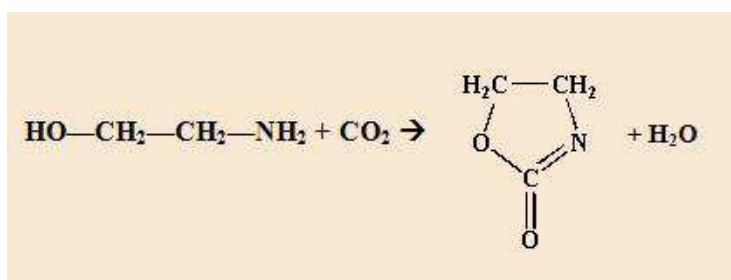
Существенным недостатком МЭА является его относительно высокая реакционная способность по отношению к органическим соединениям серы, содержащимся в газе, и высокая коррозионная активность его растворов. Реакция МЭА с H_2S протекает в присутствии следов кислорода с образованием нерегенерируемого соединения – тиосульфата этаноламина:



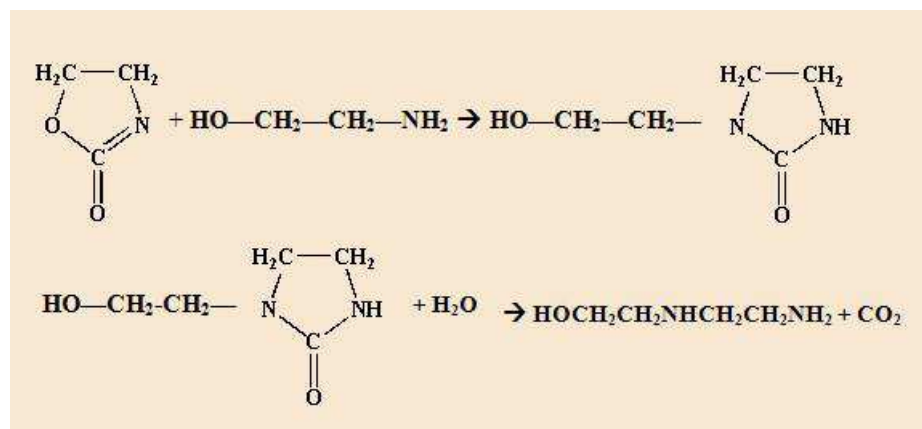
Реакция МЭА с сероокисью углерода идет с образованием трудно разлагаемого соединения:



При повышенных температурах МЭА реагирует с CO_2 с образованием неразлагаемых соединений. Сначала образуется оксозолидон-2:



Далее протекают следующие реакции:



В первом случае образуется вещество ограниченно растворимое в воде. Поэтому оно способно забивать аппаратуру. Второе вещество – жидкое, хорошо растворимо в воде, имеет щелочную реакцию и вызывает усиленную коррозию.

МЭА сравнительно легко окисляется сначала с образованием α -аминоальдегида, затем глицина, гликолевой кислоты, щавелевой кислоты и, наконец, муравьиной кислоты. Это приводит к образованию нерастворимых солей железа.

При попадании в аминовый раствор органических кислот (нафтеновых – из газового конденсата, жирных – при разложении аминоальдегидов) в абсорбере образуются аминовые мыла, вызывающие сильное пенообразование. Поэтому растворы МЭА значительно более склонны к вспениванию, чем, например, растворы ДЭА. Это один из недостатков растворов МЭА как абсорбентов H_2S и CO_2 .

ДЭА – способ. В последнее время в качестве хемосорбента все чаще применяют диэтаноламин в водном растворе при концентрации 25-30%. Скорость реакций ДЭА ниже, чем для МЭА. Кроме того, продукты реакций ДЭА с COS и CS_2 практически полностью гидролизуются до H_2S и CO_2 . ДЭА химически стабилен в условиях аминовой очистки газа, сравнительно легко гидролизуется и имеет низкое давление насыщенных паров. Поэтому ДЭА обеспечивает тонкую очистку газа в присутствии COS и CS_2 . Раствор ДЭА

вспенивается в меньшей степени, чем раствор МЭА, т.к. и абсорбция и десорбция проводятся при относительно высокой температуре, чем при работе с раствором МЭА.

Недостатками ДЭА – способа являются относительно низкая поглотительная способность раствора, а также сильная коррозия оборудования, высокая стоимость.

Важным преимуществом ДЭА способа по сравнению с МЭА – способом, является его применимость для очистки газов, содержащих COS и тяжелые углеводороды. Достоинством метода также является отсутствие стадии глубокой регенерации раствора.

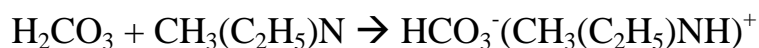
Французская фирма NSPA существенно усовершенствовала ДЭА-способ, что позволило увеличить концентрацию ДЭА в поглотительном растворе до 40% масс и степень насыщения амина кислыми газами до 1,1 моль/моль. Поэтому усовершенствованный NSPA-ДЭА-способ стал широко применяться при очистке высокосернистых газов из газоконденсатных месторождений.

Способ «АДИП» (ДИПА). В этом способе в качестве хемосорбента используется диизопропаноламин (ДИПА) в водном растворе с концентрацией до 40%. ДИПА обеспечивает тонкую очистку газа от H_2S и CO_2 . При этом извлекается до 50% COS и RSR.

Подобно ДЭА ДИПА с CO_2 , COS и RSR образует легко регенерируемые соединения. Потери ДИПА при регенерации примерно вдвое меньше, чем МЭА. Растворимость углеводородов в ДИПА ниже, чем в МЭА и ДЭА. При использовании в качестве абсорбента растворов ДИПА практически отсутствует коррозия аппаратуры. Тепловой эффект реакции ДИПА с H_2S и CO_2 ниже, чем, для МЭА, и поэтому пара на регенерацию ниже.

Недостатком ДИПА является его высокая стоимость.

МДЭА – способ. В этом способе хемосорбентом является метилдиэтаноламин (МДЭА). МДЭА, медленно реагируют с CO_2 существенно меньше, чем с H_2S . В этом случае протекает в основном реакция:



Поэтому растворы третичных аминов селективно поглощают H_2S в присутствии CO_2 .

Преимущества МДЭА по сравнению с другими является высокая абсорбционная способность, что облегчает процесс регенерации.

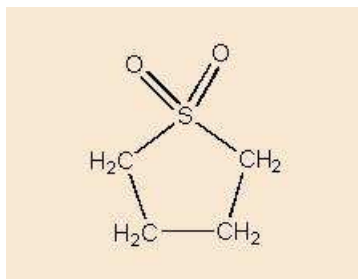
Способ Экоамин. В качестве хемосорбента используется дигликольамин ДГА с концентрацией в водном растворе 60-65% масс. ДГА обеспечивает тонкую очистку от сероводорода, диоксида углерода, меркаптанов, сероуглерода. Образует с примесями легко регенерируемые соединения. Недостатком ДГА являются его высокая стоимость и сравнительно большие потери при эксплуатации.

Способ «Амизол». Этот способ основан на применении в качестве хемосорбента МЭА или ДЭА в метаноле. Такой абсорбент поглощает H_2S и CO_2 , меркаптаны, углеводороды и воду. Абсорбция ведется при 35°C , а регенерация при 80°C . Это обуславливает низкий расход тепла на регенерацию, по сравнению с водными растворами аминов. Побочные реакции аминов с CO_2 и COS идут в метанольном растворе в 10 раз медленнее, чем в водном растворе МЭА и в 100 раз, чем в водном растворе ДЭА. Коррозия оборудования практически отсутствует.

Недостатком способа является большой унос паров метанола. Очистка газа водой после абсорбера дает возможность практически полностью удалять метанол.

Способ «Сульфинол». В этом способе в качестве абсорбента используется раствор алканоламина в двуокиси титрагидротиофена (в циклотетраметилсульфоне).

Последний получил фирменное название «Сульфолан»:



В качестве алканоламина обычно применяют ДИПА, иногда ДЭА. Абсорбент имеет следующий состав: амин – 30%, сульфолан – 64%, вода – 6%.

Сульфинол обладает значительно большей поглотительной способностью, чем МЭА. Важным преимуществом сульфинола является возможность одновременной тонкой очистки от H₂S, CO₂, COS, меркаптанов и сероуглерода.

Недостатком способа «Сульфинол» является преждевременное разгазирование абсорбента. Оно начинается после дреселирования и далее прокачивается газожидкостная смесь, которая приводит к образованию газовых пробок, гидравлическим ударам и вспениванию.

1.5 Критерии надежности абсорбера

Выбор типа аппарата зависит от ряда факторов: допустимой величины гидравлического сопротивления, производительности по газу, соотношения между объемными расходами фаз, характера ограничений по загрязнениям контактирующих сред, химической агрессивности фаз.

Тарельчатые колонны предпочтительны при высоких требованиях к эффективности абсорбции. При необходимости организации отвода тепла в процессе абсорбции они обеспечивают высокую эффективность при значительных колебаниях расхода газа.

Насадочные колонны стабильно работают при больших нагрузках по жидкости. Они просты в изготовлении и монтаже, имеют низкое гидравлическое сопротивление, что положительно влияет на процесс при давлениях, близких к атмосферному. Однако потеря давления в газовом потоке должна быть минимальной по экономическим соображениям.

Основные критерии при выборе абсорбера:

1. Максимальная площадь поверхности контакта между газовой и жидкой фазами при максимальной эффективности массообмена.
2. Максимальная пропускная способность по газовой и жидкой фазам, обеспечивающая высокую производительность аппарата при минимальном гидравлическом сопротивлении.
3. Устойчивость и равномерность работы по всему сечению и высоте в широком диапазоне изменения нагрузок по фазам.
4. Низкая стоимость, простота монтажа, обслуживания и ремонта.
5. Прочность, долговечность и коррозионная устойчивость.
6. Эффективность степени очистки попутных газов от сероводорода.

1.6 Выводы

Моноэтаноламиновая очистка широко распространена для очистки нефтезаводских газов от сероводорода. Использование раствора МЭА позволяет достичь высокой степени очистки, так как он обладает значительной поглотительной способностью (даже при низком давлении), и в этом основные преимущества данного процесса. Процесс очистки водным раствором МЭА имеет и существенные недостатки, основным из которых является большой расход тепла и охлаждающей воды на регенерацию раствора, что обусловлено значительной теплотой реакции взаимодействия CO_2 и H_2S с раствором и существенным температурным перепадом между процессом абсорбции и регенерации. [1]

Недостатком моноэтаноламиновой очистки является использование относительно дорогого моноэтаноламина. [2]

Достоинствами моноэтаноламиновой очистки являются высокая скорость поглощения кислых газов, низкая стоимость реагентов, легкость регенерации и низкая растворимость углеводородов. При всех достоинствах МЭА-процесс имеет ряд существенных недостатков, основными из которых являются:

- необратимо образование химических соединений МЭА с COS , CS_2 и O_2 ;
- большие потери от испарения;
- низкая эффективность по меркаптанам;
- неселективность к H_2S в присутствии CO_2 ;
- вспениваемость в присутствии жидких углеводородов, ингибиторов коррозии и механических примесей.

Обеспечение надежности работы установок очистки газа от кислых компонентов является основным вопросом при их эксплуатации. Нарушение

режима установок может привести к немедленному ухудшению качества товарного газа и даже аварийной остановке установки. Надежность работы установок снижается при следующих условиях: деструкция аминов из-за побочных реакций и термического разложения; осмоление; коррозия оборудования и трубопроводов; вспенивание в системах очистки газа; осаждение твердых примесей на поверхности труб и оборудования.

Для уменьшения потерь абсорбентов рекомендуется:

- поддерживать температуру регенерации насыщенного абсорбента не выше 130°C;
- применять эффективные системы очистки раствора от механических примесей, являющаяся их катализатором разложения аминов;
- не допускать вспенивания раствора амина.

Потери абсорбентов – важный показатель работы установок очистки газа, поскольку стоимость абсорбентов высока и затраты на абсорбент составляют существенную часть эксплуатационных затрат. Потери зависят от конструкции оборудования, состава газа, применяемого амина. Для различных установок 150-200 гр. на 1000 м³ газа. Унос зависит от упругости паров амина при температуре абсорбции и от эффективности сепарационного оборудования (механический унос в виде капель).

Коррозия оборудования зависит от многих факторов:

- концентрации кислых газов и их соотношения;
- степени насыщения амина;
- концентрации аминов;
- температуры;
- нагрева поглотительного раствора.

Сами алканол амины не вызывают коррозии углеродистых сталей. Основная причина коррозии – кислые газы. Сероводород H₂S действует на сталь как кислота, с образованием сульфида металла. Это соединение создает

на поверхности металла непрочно удерживаемую пленку, которая несколько замедляет дальнейшую коррозию. Диоксид углерода CO_2 в присутствии воды действует как угольная кислота, образуя бикарбонаты и карбонаты. Скорость коррозии увеличивается с повышения температуры, концентрация кислых компонентов и количества воды в системе, а так же при наличии продуктов реакций окисления и разложения аминов, минеральных солей и т.д.

Скорость коррозии зависит так же от материала оборудования и качества его изготовления. Легированные стали менее подвержены коррозии, наиболее уязвимые места установок должны быть изготовлены из легированной стали, (скорость коррозии возрастет с повышением температуры и диоксида углерода CO_2 в растворе поэтому при повышении их содержания в растворе необходимо увеличить количество раствора, подаваемого на фильтрацию).

На скорость коррозии оказывает влияние также, соотношение CO_2 : H_2S в очищенном и десорбированном газах. Наибольшее насыщение раствора допускается при очистке газов с меньшим содержанием диоксида углерода CO_2 и большим содержании сероводорода H_2S . В обратном случае степень насыщения раствора должна быть как можно меньше.

Выбор концентрации выбираемого раствора также осуществляется с учетом соотношения $\text{H}_2\text{S}:\text{CO}_2$. Чем выше его значение, тем больше концентрацию раствора можно применять. Рекомендованная масса концентрации алканоамина и степень насыщения, при которых коррозия не превышает допустимых величин приведенных ниже (таблица 1).

Таблица 1 – Рекомендуемые концентрации аминов.

Алканоамины	МЭА	ДГА	ДИПА	МДЭА	ДЭА
Концентрация амина %	10-20	50-60	35-40	25-50	20-30
Насыщение амина моль/моль	0,25-0,45	0,25-0,45	0,5-0,85	0,4-0,7	0,5-0,85

Применение ингибиторов коррозии позволяет поднять концентрацию и степень насыщения амина, уменьшить коррозию.

Борьба с пенообразованием.

Вспенивание растворов амина – одна из важных проблем эксплуатационных установок газа. Вспенивание происходит чаще всего в абсорберах и проявляется в резком увеличении перепада давления в аппаратах, появления уровня жидкости в сепараторе очищенного или кислого газов. В результате вспенивания технико-экономические показатели установок ухудшаются. Прежде всего, происходит большая потеря аминов, снижается производительность установки по газу, ухудшается качество кислого газа.

Амины в чистом виде не образуют пену. Основная причина вспенивания – это примеси, попадающие в абсорбер: углеводородный конденсат, пластовая вода, песок, сульфиды металлов, большое количество ингибиторов коррозии, различные ПАВ.

Исходя из выше изложенного, можно поставить следующие задачи:

- разработать абсорбер с расходом м³/ч для очистки попутного нефтяного газа от сероводорода для Ачинского нефтеперерабатывающего завода, содержание сероводорода %;
- предложить мероприятия для повышения долговечности службы абсорбера.

2 Конструктивно-технологический раздел

2.1 Конструкция и принцип работы абсорбера

2.2 Конструктивный расчет

2.2.1 Расчет диаметра колонны

2.2.2 Расчет высоты колонны

2.2.3 Подбор днища и крышки

2.2.4. Расчет тарелок

2.2.5 Расчет штуцеров

2.2.6 Расчет массы аппарата

2.2.7 Расчет на прочность корпуса (расчет толщины стенки обечайки и днища с учетом надбавки на коррозию и эрозии) Защита абсорбера от воздействия внешней среды.

2.3 Мероприятия по повышению надежности абсорбционной установки

2 Конструктивно-технологический раздел

2.1 Конструкция и принцип работы абсорбера

Абсорбер (рис. 16) представляет собой вертикальную цилиндрическую оболочку высокого давления (поз.1) с юбочной опорой (поз.2).

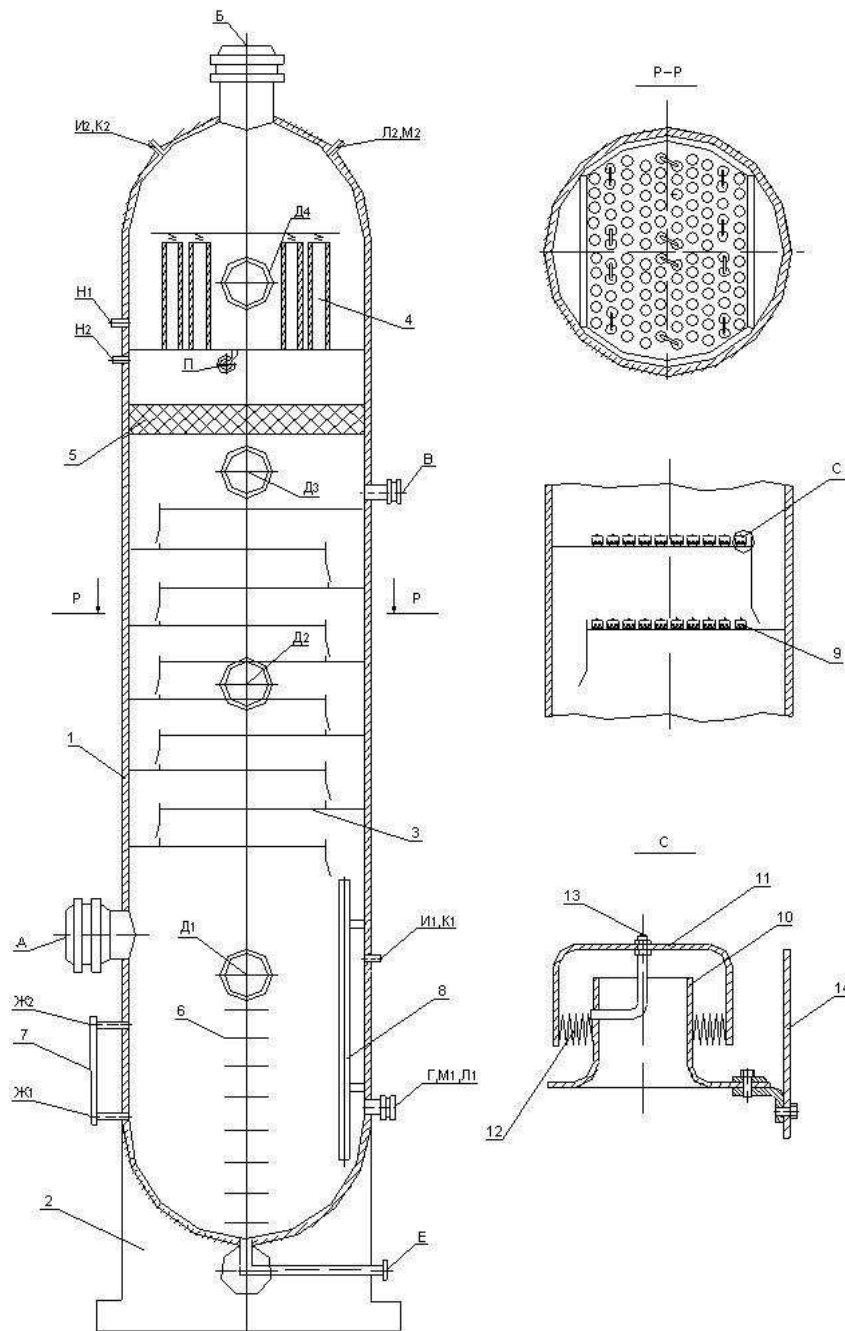


Рисунок 16 – Абсорбер тарельчатый К-303а

Внутри цилиндрической оболочки установлены колпачковые односливные тарелки в количестве 10 штук (поз.3), отбойник сетчатый (поз.5) и фильтрующие бескаркасные элементы (коалесциры) в количестве 30 штук (поз.4). Для внутреннего осмотра и выполнения технического обслуживания абсорбера предусмотрены люки (поз.Д1-Д4) и ступеньки (поз.6). Для контроля уровня МЭА в абсорбере установлен уровнемер (поз.7), для контроля давления и температуры установлены соответствующие приборы КИП и А.

Колпачковые тарелки являются съемными, и каждая представляет собой пакет приливов (поз.10) с накрытыми колпачками (поз.11). Колпачок фиксируется к приливу угловым стержнем (поз.13). К колпачковой тарелке крепится сливной лист (поз.14).

Абсорбер оборудован патрубками, штуцерами и отводами, которые имеют следующее назначение:

- «А» — вход газа;
- «Б» — выход газа;
- «В» — вход МЭА;
- «Г» — выход МЭА;
- «Е» — слив гликоля в емкость Е1;
- «Ж1,2» — для колонки уровнемера;
- «И1,2» — для установки манометров;
- «К1,2» — для датчиков давления;
- «Л1,2» — для установки термометров;
- «М1,2» — для датчиков температуры;
- «Н1,2» — для замера перепада давления;
- «П» — дренаж конденсата в сборник.

Технические характеристики и параметры абсорбера представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Техническая характеристика и параметры абсорбера К-303а

Наименование частей сосуда		Корпус	Тарелки
Рабочее давление, МПа (кг/см ²), не более		0,57 (5,7)	0,9 (9,0)
Расчетное давление, МПа (кг/см ²)		0,80 (8,0)	-
Пробное давление испытаний, МПа (кг/см ²)	гидравлического	1,10 (11,0)	1,10 (11,0)
	пневматического		
Рабочая температура, °С		45	230
Расчетная температура, °С		100	-
Минимально допустимая отрицательная температура стенки, °С		минус 50	
Наименование рабочей среды		Углеводородный газ (Н ₂ – 50-80%, Н ₂ S – 4,3 %) раствор МЭА (Н ₂ S до 23 мг/л)	водяной пар
Характеристика рабочей среды	класс опасности	1	
	взрывоопасность	да	
	пожароопасность	да	
Прибавка для компенсации коррозии (эрозии), см		0,4	
Вместимость, м ³		73,140	
Расчетный срок службы сосуда, лет		10	

Принцип работы абсорбера.

Технологический газ поступает в абсорбер через патрубок входа «А» и проходит осушку на колпачковых тарелках (рис. 16, поз.3) раствором МЭА. Раствор МЭА подается через штуцер «В» на верхнюю тарелку, последовательно стекает на нижние тарелки и далее по трубе слива (поз.8) в кубовую часть установки. Уровень МЭА на тарелке поддерживается конструктивно не более высоты сливного листа (поз.14). Газ подходит снизу во внутрь прилива в подколпачковое пространство и далее, проходя через «V»-образные щели контактирует с МЭА.

Отделение МЭА от газа осуществляется на сетчатом отбойнике (поз.5) и фильтрах коалесцирах (поз.4). Осушенный газ отводится через патрубок выхода газа «Б» в верхней части абсорбера.

Улавливаемый на сетчатом отбойнике и фильтрах коалесцирах МЭА стекает на верхнюю тарелку. Слив МЭА из абсорбера производится через штуцер выхода «Г».

Отвод части жидкой фракции с фильтров коалесциров производится через штуцер «П» (при проведении техобслуживания).

Уровень МЭА в абсорбере контролируется с помощью уровнемера (поз.7).

Подготовка к пуску абсорбера.

Перед вводом в эксплуатацию абсорбер должен пройти техническое освидетельствование в соответствии с требованиями «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

Произвести осмотр абсорбера. Внутренние поверхности элементов абсорбера, а также присоединяемых к нему трубопроводов очистить от грязи, песка, отслаивающейся окалины и других посторонних предметов, промыть и продуть.

Проверить затяжку фланцевых соединений и работоспособность запорной арматуры.

Произвести гидроиспытания абсорбера пробным давлением 0,7 МПа при снятых фильтрах коалесцирах.

После проведения гидроиспытания вода из аппарата должна быть удалена, внутренняя полость продута сухим сжатым воздухом.

Аппарат признается выдержавшим испытание, если во время его проведения отсутствуют:

— падение пробного давления по манометру в течение 20 минут и после его снижения до рабочего в течение всего времени, необходимого для осмотра;

— течь, потение, наличие пузырьков в сварных швах, на основном металле и фланцевых соединениях;

— остаточные деформации конструкции.

Результаты проведения работ заносятся в соответствующие разделы паспорта абсорбера.

2.2 Конструктивный расчет

2.2.1 Расчет диаметра колонны

В качестве исходных данных задаются следующие величины:

1. Объемный расход поступающей газовой фазы в колонну: $V_{г} = 8\ 000$ м³/ч

2. Содержание поглощаемого компонента в поступающем газе: $y_{н} = 4,3$ %

3. Степень извлечения: $\alpha = 100$ %

4. Начальное содержание поглощаемого компонента в абсорбенте массовая доля: $x_{вн} = 0$ %

5. Конечное содержание поглощаемого компонента в абсорбенте массовая доля $x_{вк} = 0,45$ %

6. Температура поступающей газовой смеси в колонну $t = 45 \text{ }^\circ\text{C}$

7. Давление в колонне $P = 0,57 \text{ МПа}$

Порядок расчета

Определим диаметр колонны по формуле (1)

$$D_k = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\omega \cdot \pi}} \quad (1)$$

Воспользовавшись формулой (2) найдём оптимальную скорость газа в колонне.

$$\omega_{opt} = 0,75 \cdot \sqrt{\frac{\rho_{МЭА} - \rho_{H_2S}}{\rho_{H_2S}}} \quad (2)$$

$$\omega_{opt} = 0,075 \cdot \sqrt{\frac{1015 - 1,52}{1,52}} = 1,94 \text{ м/с}$$

$$D_k = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,4}{1,94 \cdot 3,14}} = 1,255$$

Из ряда стандартных диаметров принимаем диаметр колонны, равный 1400мм.

Уточним скорость газа.

$$\omega_{opt} = \frac{4 \cdot 2,4}{3,14 \cdot (1,4)^2} = 1,56 \text{ м/с}$$

2.2.2 Расчет высоты колонны

Определим высоту колонны, вычислив её по формуле (3).

$$H_k = H_\epsilon + H_{тар} + H_n \quad (3)$$

при $D = 1400$ из справочника выписываем значения:

$$H_B = 1000 \text{ мм.}$$

$$H_H = 2000 \text{ мм.}$$

$$h = 600 \text{ мм.}$$

Высоту тарельчатой части колонны определим, используя формулу (4).

$$H_{тар} = (n - 1) \cdot h \quad (4)$$

$$H_{тар} = (10 - 1) \cdot 0,6 = 5,4 \text{ м.}$$

$$H_k = 1 + 2 + 5,4 = 8,4 \text{ м.}$$

2.2.3 Подбор крышки и днища

Для данной колонны из ряда стандартных элементов подберём крышку и днище (ГОСТ 6533-78). Технические характеристики данных элементов указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики крышки и днища абсорбера

Параметры	крышка	днище
Внутренний диаметр D_ϵ , мм	1400	1400
Высота борта h , мм	40	40
Высота эллиптической части h_ϵ , мм	350	350
Внутренняя поверхность F_ϵ , м ²	2,39	2,39
Внутренняя ёмкость Y , м ³	0,45	0,45
Толщина стенки S , мм	15,2	15,2

Масса m , кг	420	420
----------------	-----	-----

2.2.4 Расчет тарелок

В барботажных абсорберах поверхность соприкосновения фаз развивается потоками газа, распределяющегося в жидкости в виде пузырьков и струек. Такое движение газа, называемое барботажем, осуществляется в тарельчатых колоннах с колпачковыми, ситчатыми или провальными тарелками.

Особенностью тарельчатых колонн является ступенчатый характер проводимого в них процесса - газ и жидкость последовательно соприкасаются на отдельных ступенях (тарелках) аппарата.

В зависимости от диаметра, колонные аппараты изготавливают с тарелками различных типов. В данную колонну диаметром 1400 мм можно установить колпачковые тарелки типа ТСК-1 (ОСТ 26-01-66-86).

Технические характеристики колпачковых тарелок типа ТСК-1 при диаметре колонны 1400 мм указаны в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристика колпачковых тарелок ТСК-1

Характеристика	Параметры
Свободное сечение колонны, M^2	1,54
Длина линии барботажа, M	12,3
Периметр слива L_c , M	0,818
Свободное сечение тарелки, M^2	0,129
Относительная площадь для отхода паров F_2 , %	11,4
Масса, кг	68,6

2.2.5 Расчет штуцеров

Подсоединение трубопроводов к сосудам и аппаратам осуществляется с помощью вводных труб или штуцеров. Штуцерные соединения могут быть

разъемными (резьбовыми, фланцевыми, сальниковыми) и неразъемными (сварными, паяными, клеевыми). Наиболее распространены разъемные соединения с помощью фланцевых штуцеров. Стальные фланцевые штуцера представляют собой короткие куски труб с приваренными к ним фланцами либо с фланцами, удерживающимися на отбортовке, либо с фланцами, откованными за одно со штуцером. В зависимости от толщины стенок патрубки штуцеров могут быть тонкостенными и толстостенными. Типы штуцеров зависят от номинального (условного) давления и температуры среды.

Присоединение фланцевых штуцеров к корпусу аппарата, днищу или крышке выполняется с определенным вылетом, который зависит от условного диаметра и условного давления, а также от толщины изоляции аппарата, если он таковую имеет.

По назначению все фланцевые соединения в химическом аппаратостроении подразделяют на фланцы для трубной арматуры и труб (сюда же относятся все фланцы штуцеров и аппаратов) и фланцы для аппаратов (с их помощью осуществляется крепление крышек, днищ и т.д.)

Диаметр штуцеров рассчитываем по формуле (5).

$$D_k = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\omega \cdot \pi}} \quad (5)$$

Производительность колонны велика, поэтому для подачи и отвода газового потока со скоростью 1,56 м/с предусмотрим по 2 штуцера.

$$D_y = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,4}{2 \cdot 1,56 \cdot 3,14}} = 0,99_m$$

Для подачи поглотителя и отвода насыщенного поглотителя со скоростью 1,3 м/с предусмотрим по 2 штуцера.

$$D_y = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,4}{2 \cdot 1,3 \cdot 3,14}} = 1,0 \text{ м}$$

Уточняем по справочным данным диаметры штуцеров и толщину стенок. Данные представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристика штуцеров

Номер штуцера	1	2	3	4
Толщина стенки S , мм	22	22	22	22
Наружный диаметр D_y , мм	1000	1000	1000	1000

2.2.6 Расчет массы аппарата

Массу данной колонны определяем по формуле (6).

$$m_k = \pi \cdot D_k \cdot S \cdot H_k \cdot \rho_{ст} \quad (6)$$

$$m_k = 3,14 \cdot 1,4 \cdot 0,022 \cdot 8,4 \cdot 7850 = 6377,2 \text{ кг}$$

Массу тарелок определим по формуле (7)

$$m_{тар} = m_m \cdot n \quad (7)$$

$$m_{тар} = 68,6 \cdot 10 = 686 \text{ кг}$$

Пользуясь формулой (8) определим массу максимальной загрузки колонны.

$$m_{\text{макс.загр}} = \left(\frac{\pi \cdot D_k^2}{4} \cdot H_k \cdot \frac{\pi \cdot D_k^2}{4} \cdot H_{тар} - 2 \cdot V_{\text{внемк}} \right) \cdot \rho_{МЭА} \quad (8)$$

$$m_{\text{макс.загр}} = \left(\frac{3,14 \cdot 1,4^2}{4} \cdot 8,4 \cdot \frac{3,14 \cdot 1,4^2}{4} \cdot 5,4 - 2 \cdot 0,45 \right) \cdot 1015 = 2412 \text{ кг}$$

Массу максимальной нагрузки на опоры определим, пользуясь формулой (9).

$$m_{\text{макс.нагр}} = m_k + m_{\text{тар}} + m_{\text{макс.загр}} + m_{\text{кр}} + m_{\text{дн}} \quad (9)$$

$$m_{\text{макс.нагр}} = 6377,2 + 686 + 2412 + 420 + 420 = 10315,2 \text{ кг}$$

Переведем массу максимальной нагрузки в мега ньютонны, используя формулу (10).

$$m_{\text{макс.нагр}} = \frac{m_{\text{макс.нагр}} \cdot 9,81}{1000} \quad (10)$$

$$m_{\text{макс.нагр}} = \frac{10315,2 \cdot 9,81}{1000} = 0,101 \text{ Мн}$$

Подбор опор.

Химические аппараты устанавливают на фундамент чаще всего с помощью опор. Аппараты, работающие в горизонтальном положении, независимо от того, где их монтируют (внутри помещения или вне его), устанавливают на седловых опорах. Аппараты вертикального типа, размещаемы на открытых площадках, оснащают юбочными опорами - цилиндрическими или коническими. Чаще всего юбочные опоры применяют для аппаратов колонного типа. Аппараты, устанавливаемые в помещении, могут монтироваться либо на подвесных лапах, либо на стойках.

Если аппарат устанавливают на полу того или иного этажа, то при соотношении высоты колонны к ее диаметру меньшим 5 используют опорные стойки, которые могут быть вертикальными или наклонными, круглого или некруглого сечения. Опорные стойки круглого сечения применяют, как правило, для аппаратов малых объемов. Чтобы сохранить прочность обечаек и днищ аппаратов при воздействии на них опорных нагрузок, между опорой и элементами аппарата иногда помещают специальную прокладку. Число опор, определяемое конструктивными соображениями, проверяют расчетным путем: стоек должно быть не менее трех. Т.к. соотношение высоты данной колонны к ее диаметру меньше 5, то данную колонну необходимо установить на опорные стойки некруглого сечения, в количестве четырех штук.

2.2.7 Расчет на прочность корпуса (расчет толщины стенки обечайки и днища с учетом надбавки на коррозию и эрозии) Защита абсорбера от воздействия внешней среды.

Расчет толщины стенки обечайки корпуса

Расчет выполнен по соответствию с ГОСТ Р 52857.1-2007 – 52857.12-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность».

Наименование аппарата – абсорбер К-303а

Материал оболочки – сталь 09Г2С

Тип оболочки – цилиндрическая (Ø2200)

Толщина стенки оболочки, нагруженной внутренним избыточным давлением, находится по формуле (11):

$$S \geq S_p + C \quad (11)$$

Где S_p – расчетная толщина оболочки, мм;

C – сумма прибавок к расчетной толщине, мм.

$$S_p = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \zeta \cdot F_i - P}, \quad (12)$$

Где P – расчетное давление, МПа. $P = 0,800$ МПа.;

D – внутренний диаметр оболочки, мм. $D = 2200$ мм.;

ζ = допускаемое напряжение для материала оболочки при расчетной температуре $t = 100^\circ\text{C}$, МПа. $\zeta = 160,0$ МПа.;

F_i – коэффициент прочности сварочного шва. $F_i = 0,9$;

$$C = C_1 + C_2 + C_3, \quad (13)$$

Где C_1 – прибавка для компенсации коррозии, мм. $C_1 = 1,0$ мм.;

C_2 – прибавка для компенсации минусового допуска, мм. $C_2 = 0,00$ мм.;

C_3 – прибавка технологическая, мм. $C_3 = 0,00$ мм.

$C = 1,0 + 0,00 + 0,00 = 1,00$ мм.

$$S_p = \frac{0,8 \cdot 2200}{2 \cdot 160,0 \cdot 0,9 - 0,8} = 6,13 \text{ мм}$$

$$S \geq 6,13 + 1,00 = 7,13 \text{ мм}$$

Принимаем толщину оболочки $S = 22,0$ мм.

Допускаем внутреннее избыточное давление для оболочки, МПа:

$$[P] = \frac{2 \cdot \zeta \cdot F_i \cdot (S - C)}{D + (S - C)} \quad (14)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 160,0 \cdot 0,9 \cdot (22,0 - 1,0)}{2200 + (22,0 - 1,0)} = 2,72 \text{ МПа}$$

Условия применения расчетных формул (15):

$$\frac{S - C}{D} \leq 0,1 \quad (15)$$

Тогда:

$$\frac{22,0 - 1,0}{2200} \leq 0,1$$

$$0,00955 \leq 0,1$$

Условие по формуле 15 выполняется.

Расчет толщины стенки днища корпуса.

Наименование аппарата – абсорбер К-303а

Материал оболочки – сталь 09Г2С

Тип оболочки – эллиптическое днище (Ø1400)

Толщина стенки оболочки, нагруженной внутренним избыточным давлением, находится по формуле (11).

$$C = 1,0 + 0,00 + 0,00 = 1,00 \text{ мм.}$$

$$S_p = \frac{1,10 \cdot 1400}{2 \cdot 160,0 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 1,6} = 5,36 \text{ мм}$$

$$S \geq 5,36 + 1,00 = 6,36 \text{ мм}$$

Принимаем толщину стенки оболочки $S = 15,2$ мм.

Допускаем внутреннее избыточное давление для оболочки, МПа по формуле 14.

$$[P] = \frac{2 \cdot 160,0 \cdot 0,9 \cdot (15,2 - 1,0)}{1400 + (15,2 - 1,0)} = 2,91 \text{ МПа}$$

Условия применения расчетных формул (16,17):

$$0,002 \leq \frac{S - C}{D} \leq 0,1 \quad (16)$$

$$0,2 \leq \frac{H}{D} \leq 0,5 \quad (17)$$

Где H – высота выпуклой части днища, мм. $H = 0,25 \cdot D$,

$$H = 0,25 \cdot 1400 = 350,0 \text{ мм.}$$

$$0,002 \leq \frac{15,2 - 1,0}{1400} \leq 0,1$$

$$0,002 < 0,0101 < 0,1$$

Условие по формуле 16 выполняется.

$$0,2 \leq \frac{350,0}{1400} \leq 0,5$$

$$0,2 < 0,25 < 0,5$$

Условие по формуле 17 выполняется.

Толщина стенки днища в зоне отбортовки должна удовлетворять условию:

$$h_1 \leq 0,8 \cdot (D \cdot (S - C))^{0,5} \quad (18)$$

Где h_1 – высота отбортовки днища, мм. $h_1 = 40,0$ мм.

$$40,0 \leq 0,8 \cdot (1400 \cdot (15,2 - 1,0))^{0,5}$$

$$40,0 < 112,797$$

Условие по формуле 18 выполняется.

Результаты расчета оформим в таблицу 7.

Тогда:

$$\frac{22,0 - 1,0}{2200} \leq 0,1$$

$$0,00955 \leq 0,1$$

Условие по формуле 15 выполняется.

Таблица 7 – Результаты расчета на прочность корпуса, работающего под внутренним давлением

Характеристики материалов узла врезки	
Допускаемые напряжения для оболочки, МПа	160,0
Допускаемые напряжения для внешней части штуцера, МПа	160,0
Допускаемые напряжения для внутренней части штуцера, МПа	0,0
Допускаемые напряжения для накладного кольца, МПа	0,0
Результаты расчёта	
Расчетный диаметр укрепляемой оболочки D_p , мм	1400,0
Расчетная длина внешней части штуцера, I_{1p} , мм	96,18
Расчетная длина внутренней части штуцера, I_{2p} , мм	0,0
Расчетная длина образующей оболочки в зоне укрепления L_0 , мм	118,32
Расчетный диаметр одиночного отверстия в оболочке d_{0p} , мм	47,33
Наибольший диаметр отверстия без укрепления d_0 , мм	251,55
Расчетный диаметр отверстия под штуцер d_p , мм	506,0
Отношение напряжений $K_{сн1}$ (внешняя часть штуцера)	1,0

Отношение напряжений $K_{сн2}$ (внутренняя часть штуцера)	0,0
Отношение напряжений $K_{сн3}$ (накладное кольцо)	0,0

Окончание таблицы 7

Длина образующей оболочки, участвующая в укреплении, мм	118,32
Площадь укрепления оболочкой A_0 , мм ²	548,1
Площадь укрепления внешней частью штуцера $A_{1н}$, мм ²	983,91
Площадь укрепления внутренней частью штуцера $A_{1в}$, мм ²	0,0
Площадь укрепления накладным кольцом (вставкой) A_2 , мм ²	0,0
Требуемая площадь укрепления A , мм ²	1231,01
Действительная площадь укрепления $A_{1н} + A_{1в} + A_2 + A_0$, мм ²	1532,01
Условия крепления отверстия $A_{1н} + A_{1в} + A_2 + A_0 > A$	ВЫПОЛНЯЕТСЯ
Коэффициент снижения допускаемого давления N_u	0,62
Допускаемое внутреннее давление в зоне врезки [P], МПа	1,26

2.3 Мероприятия по повышению надежности абсорбционной установки

2.3.1 Защита от коррозии

Промышленная атмосфера содержит углекислый газ, окись углерода, сернистый ангидрид и другие вещества, которые попадают в нее при выбрасывании дымовых и промышленных газов. Кроме указанных газов, промышленная атмосфера содержит много пыли, включающей кремнезем, земляные породы, сажу и другие вещества.

Исследования показывают, что при содержании в атмосфере 0,01% SO_2 и влажности 70% потери в весе углеродистой стали в течение 90 дней на 100 см^2 поверхности достигает 120 мг. Если в этой атмосфере имеется сажа, то скорость коррозии углеродистой стали возрастает в 2 раза.

Углеродистая сталь начинает корродировать на воздухе при влажности его свыше 65%, когда на поверхности изделия образуется водяная пленка. Атмосферная коррозия ускоряется при наличии в воздухе пыли и газов, выбрасываемых промышленными предприятиями.

Углеродистые стали при комнатной температуре реагируют с кислородом воздуха и покрываются тонкой пленкой окислов. При высоких температурах диффузия воздушной среды через пленку окисла к металлу возрастает, окисление металла ускоряется, и толщина слоя продуктов коррозии увеличивается. В атмосфере без водяного пара углеродистая сталь корродирует значительно медленнее, чем в атмосфере с водяным паром.

В целях защиты агрегатов от атмосферной коррозии, предусматривается покрытие аппаратуры лаками или другими покрытиями. В химическом аппаратостроении лакокрасочным антикоррозионным покрытиям подвергается преимущественно аппаратура из углеродистой стали и чугуна.

Выбор лакокрасочного покрытия стальной и чугунной химической аппаратуры определяется:

1) степенью агрессивности воздействия окружающей среды на изделие и условиями эксплуатации его;

2) требованиями качества отделки поверхности изделия;

3) цветом покрытия.

Класс покрытия, характеризующий качество отделки поверхности, выбирается в зависимости от назначения изделия, условия и места эксплуатации его. Для химической аппаратуры внутрироссийских поставок обычно применяют IV класс отделки поверхности и реже III класс.

Для химической аппаратуры рекомендуются следующие цвета покрытий: серый, серебристо-алюминиевый, белый. Выбор лакокрасочных покрытий по условиям эксплуатации химической аппаратур осуществляется по ряду критериев и в нашем случае для агрегатов при температурах в пределах 25 ± 10 °С.

Для защиты абсорбера от коррозии выбираем краску ОС-12 03 (ТУ 2312-010-88169863-2012). Органосиликатная композиция ОС-12 03 предназначена для защиты несущих и ограждающих металлоконструкций производственных зданий и сооружений, опорных линий электропередач, шахтных копр, пролетных строений мостов, наружных поверхностей дымовых труб, промышленных резервуаров от атмосферной коррозии, а также коррозии в газовых средах со слабоагрессивной степенью воздействия, для защитно-декоративной атмосферостойкой окраски наружных поверхностей бетонных и железобетонных наземных ограждений и несущих конструкций. Технические характеристики краски приведены в таблице 8.

Перед применением ОС-12-03 необходимо убедиться, что композиция хорошо перемешана и однородна по всему объему тарного места. При необходимости композицию ОС-12-03 перед нанесением можно разбавить до рабочей вязкости сольвентом, ксилолом либо толуолом. Окрашиваемую поверхность необходимо предварительно очистить от пыли, старой отслоившейся краски, жира и других загрязнений. Композиция ОС-12-03

наносится методом безвоздушного или пневматического распыления кистью, валиком, либо окунанием при температуре окружающего воздуха от –30 до + 35 °С.

Рекомендуемое количество слоев 2-3 с промежуточной сушкой до двух часов в зависимости от температуры окружающего воздуха. Теоретический расход по металлу- до 300 г /м², по бетону до 400 г /м².

Таблица 8 – Технические характеристики ОС-12-03

Цвет пленки композиции	Должен соответствовать образцам цвета картотеки или контрольным образцам цвета
Внешний вид пленки	Однородная поверхность, без посторонних включений
Условная вязкость по вискозиметру типа ВЗ-246 с диаметром сопла 4,0 мм при температуре (20±2)°С, не менее, с	20
Время высыхания грунтовки до степени 3, при температуре (20±2) °С, ч, не более:	2
Прочность пленки при ударе на приборе У-1, см, не менее	30
Массовая доля нелетучих веществ, %, не менее	55
Адгезия пленки, баллы, не более	1
Степень перетира, мкм, не более	50
Стойкость пленки к статическому воздействию воды, при температуре (20±2) °С, ч не менее	72
Термостойкость пленки при температуре (150±2) °С, в течении ч, не менее	3

Преимуществом лакокрасочных изолирующих покрытий являются сравнительно невысокая стоимость некоторых материалов и более низкие материальные затраты на их нанесение, не требующие использования горячих газов или электроэнергии, необходимых для нанесения металлизационных покрытий.

3 Эксплуатация установки

Установка сосуда, работающего под давлением, его регистрация в органах Госгортехнадзора, пуск в эксплуатацию, техническое освидетельствование, содержание и обслуживание должны производиться в полном соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» (ПБ 03-576-03).

Монтаж аппарата должен осуществляться в соответствии с проектом производства работ, разработанным специальной проектной организацией

Перед монтажом каждый сосуд должен быть проверен на герметичность в соответствии с требованиями «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» (ПБ 03-576-03) и «Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия» (ПБ 03-584-03). В случае обнаружения течи дефектные места исправляются силами ремонтных служб предприятия-владельца или вызываются представители предприятия-изготовителя в соответствии с требованиями «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» (ПБ 03-576-03) и проводятся повторные испытания. После окончания и сосуд освобождается от испытательной среды.

Сосуда должны устанавливаться на металлических или бетонных опорных площадках. Горизонтальные сосуды без седловых опор допускается устанавливать на железобетонных постаментов. Количество и размеры опор должны соответствовать технической документации, утвержденной в установленном порядке. Для горизонтальных сосудов следует обеспечить возможность свободного перемещения подвижных опор от температурных удлинений.

Выверка положения аппарата в пространстве (горизонтальность, вертикальность уклон) должна производиться с помощью регулировочных винтов или подкладок.

Установка сосудов на фундамент должны осуществляться при минимальном выпуске регулировочных винтов.

До окончательной затяжки гаек фундаментных болтов не разрешается производить работы, которые могут вызвать смещение аппарата.

Горизонтальные сосуды устанавливаются с уклоном 0,002...0,003 мм в сторону дренажного штуцера, в теплообменниках - в сторону распределительной камеры. Выверка уклона производится по нижней образующей корпуса сосуда.

Подвижная опора при температурных удлинениях горизонтальных сосудов должна скользить подкладному листу, которым укомплектована опора или по металлоконструкции.

При установке горизонтальных сосудов с седловыми опорами на фундаменте необходимо выполнить следующие требования:

- выверка сосудов, в опорах которых приварены резьбовые втулки, производится с помощью регулировочных винтов в соответствии с рис.1 (остальные сосуды выверяются методами, рекомендованными монтажной организацией);

- резьбовая часть регулировочных винтов перед бетонной подливкой смазывается графитом или консистентной смазкой;

- подливая бетон, следует следить, чтобы он доходил до поверхности скольжения опоры по подкладному листу. Передвижение подкладного листа относительно фундамента не допускается;

- после выверки сосудов на фундаменте и затвердевания бетонной подливки удалить регулировочные винты, а также болты, крепящие подкладной лист к опоре. Заполнить резьбовые отверстия противокоррозионной смазкой;

- фундаментные болты в подвижной опоре расположить так, чтобы обеспечить свободное перемещение сосуда при температурных удлинениях;

-удаления после установки сосуда на фундамент приварить шайбы фундаментных болтов неподвижных опор к опорным плитам. На неподвижных опорах шайбы не привариваются, а затягиваются гайки фундаментных болтов подвижной опоры совместно с контргайкой так, чтобы между гайкой и шайбой остался зазор 1...2 мм.

Перед сборкой соединений нужно произвести тщательный осмотр приволочной поверхности фланца: риски, забоины другие дефекты не допускаются. Проверить размеры и состояние прокладки, и соответствие ее размеров перевалочным поверхностям стыкуемых фланцев. Паронитовые прокладки перед установкой натереть с обеих сторон сухим графитом.

Перед затяжкой шпилек убедиться в правильности установки прокладки, в наличии полного комплекта шпилек в отверстиях фланцев и в том, что выступ во впадину ответного фланца. Перекос фланцев, а также неполный комплект шпилек не допускается.

Перед затяжкой шпилек убедиться в правильности установки прокладки, в наличии полного комплекта шпилек в отверстиях фланцев и в том, что выступ фланца вошел во впадину ответного фланца. Перекос фланцев, а также неполный комплект шпилек не допускается.

Завертывание гаек при сборке фланцевых соединений производить стандартными гаечными ключами с контролем усилия затяжки, пользоваться у и ключей не допускается.

Затяжка шпилек производится равномерно в 3-4 приема (до достижения расчетного усилия на шпильках, указанного в технической документации) в последовательности, схематично представленной на рисунке17. Через 2 часа после затяжки шпилек производится их дополнительная подтяжка с обеспечением одинакового усилия на каждой шпильке. Подтяжка шпилек во время работы и под нагрузкой во время проведения испытания аппарата не допускается.

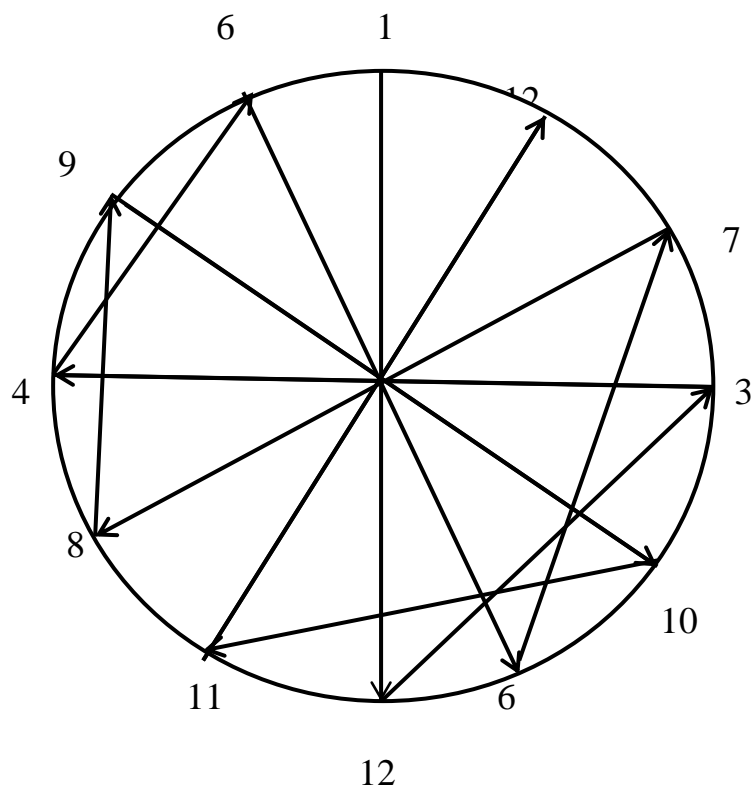


Рисунок 17 – Последовательность затягивания шпилек

Разборка фланцевых соединений производится в обратном порядке. При этом производится осмотр фланцев, прокладки и крепежных деталей с целью выявления внешних дефектов. Каждая разборка фланцевого соединения, выявленные дефекты и способы их устранения должны быть зарегистрированы в паспорте сосуда.

Перед пуском сосуда необходимо проверить:

- наличие разрешения органа Госгортехнадзора на ввод аппарата в эксплуатацию;

-надежность болтовых и фланцевых соединений, в том числе комплектность крепежа;

-надежность крепления фундаментных болтов;

-правильность и надежность присоединения технологических трубопроводов и КИП;

-надежность работы регулирующей, запорной и предохранительной арматуры, связанной с сосудом по технологической схеме.

Сосуды на месте монтажа перед пуском в эксплуатацию, а также периодически в процессе эксплуатации должны подвергаться испытанию в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» (ПБ 03-576-03) и настоящих требований.

Испытание сосуда проводится перед пуском в эксплуатацию до нанесения теплоизоляции.

Проверка технического состояния и техническое обслуживание.

Проверка технического состояния сосудов и их обслуживание до проводится согласно требованиям «правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» (ПБ 03-576-03), техническому надзору, методам инструкции по печей, резервуаров, сосудов и аппаратов ревизии и отбраковке трубчатых (ИТН-93), инструкций по нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств эксплуатации и технике безопасности предприятия-владельца сосуда и настоящей инструкцией.

Ежедневно должно проводиться наблюдение и контроль за плотность фланцевых соединений.

По мере необходимости дежурным слесарем или дежурным службы кип проводится ремонт или замена манометров, термометров и других контрольных приборов в случае выхода их из строя.

Планово-предупредительный ремонт сосуда производится в соответствии с действующим на предприятии положением подвергаться предприятием.

Сосуд, находящийся в эксплуатации, должен владельцем наружному и внутреннему осмотру в доступных местах и замеру толщины стенок в недоступных местах не реже одного раза в 2 года с целью выявления поверхностных дефектов и влияния среды на стенки аппарата. Осмотр сосудов, работающих со средой вызывающей повышенную коррозию металла (более 0,1 мм/год) должны подвергаться осмотру не реже одного раза в год.

Предприятие-владелец также обязано производить замер толщины стенки в недоступных местах перед техническим освидетельствованием сосуда.

Техническое освидетельствование сосуда проводится специализированной организацией, имеющей соответствующую лицензию Госгортехнадзора РФ в сроки, установленные «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» (ПБ 03-576-03).

Проверку состояния наружной поверхности сосуда производится после или частичного снятия изоляции в местах:

- варки штуцеров и люков;
- в сомнительных местах, где имеются следы пропуска продукта и потения изоляции;
- пересечения сварных швов при возможности установления этих мест при внутреннем осмотре;
- в зоне приварки обечайки к днищу (не менее одной по каждому диаметру через 90).

Для элементов сосуда, недоступных для осмотра с двух сторон, производится замер толщины стенки с точностью 40,1 мм. Обязательными местами замеров толщины стенки являются:

- точки вокруг штуцеров (не менее 4-точек) на расстоянии 50 мм от края патрубка;

- точки в центральной части корпуса (не менее 4-х), расположенные по периметру сечения через 90°

При обнаружении поверхностных дефектов (при осмотре) эти места подлежат обязательному контролю толщины стенки.

При внутренних осмотрах особое внимание должно быть обращено на выявление следующих дефектов:

- навнутренней поверхности-трещины, надрывы, выпучены;

- повышенная скорость коррозии стенок;

- в сварных швах-дефекты сварки, трещины, надрывы, протравления.

При проведении замеров толщины стенок элементов сосуда критерием оценки прочности является минимально допустимая толщина стенки. Которая должна быть не менее расчетной с учетом прибавки на коррозию, но не менее указанной от браковочной толщины, указанной в «Инструкции по техническому надзору, методам ревизии и отбраковке трубчатых печей, резервуаров, сосудов и аппаратов нефтеперерабатывающих и нефтехимических.

Требования к пуску:

Заполнение сосудов горизонтального исполнения производить не более чем на 0,83 объема, вертикального не более чем на 0,9 номинального объема. Заполнение сосудов не должно превышать 0,95 номинального объема и допустимый уровень, указан в технической документации.

Требования к эксплуатации:

Контроль уровня жидкости в аппаратах осуществлять указателем уровня и регулятором уровня типа УБ-П.

Подогреватели аппаратов использовать для периодического подогрева жидкости в зависимости от условий эксплуатации, а не для регулирования рабочих параметров.

При остановке аппаратов в зимнее время и отключении теплоносителя слить жидкость из аппарата и воду из подогревателя. Расход теплоносителя определяется в зависимости от условий эксплуатации.

При использовании внутренних подогревателей на линии входа и выхода теплоносителя установить отключающую арматуру, рассчитанную на рабочее давление в аппарате, но не ниже давления в линии теплоносителя. В случае применения в качестве теплоносителя пара или горячей воды, когда давление в аппарате превышает давление в подогревателе, на линии входа теплоносителя должен устанавливаться обратный клапан. Допускается установка обратного клапана на коллекторе подвода теплоносителя.

При остановке подачи теплоносителя удалить его из подогревателя.

Перепад давления при работе фильтров контролируется по манометрам, установленным на трубопроводах входа и выхода продукта.

В начальный период работы перепад давления при чистом фильтрующем элементе фильтра, выбранный приложением, должен составлять в соответствии со справочным $0,4 \text{ кгс/см}^2$.

Допускается давления работающего фильтра не более $1,0 \text{ кгс/см}^2$. При достижении указанного перепада отключить фильтр и прочистить фильтрующий элемент

При фильтрации жидкостей в условиях положительных температур производительность фильтра уменьшать пропорционально ее вязкости.

Возможная перепада давления в аппарате более $1,0 \text{ кгс/см}^2$ неисправность возрастание из-за загрязнения фильтрующего элемента или фильтрации сред с отрицательной температурой или высокой вязкостью. Для устранения неисправности отключить аппарат сбросить давление и зачистить

фильтрующий элемент или уменьшить производительность до восстановления допустимого перепада давления.

Проведение пуска в зимнее время и испытания на герметичность сосудов.

Настоящий регламент распространяется на сосуды химических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов, газовых промыслов и газобензиновых заводов, изготовленные в соответствии с требованиями настоящего стандарта и эксплуатируемые под давлением на открытом воздухе или в неотопливаемом помещении.

Пуск (остановка) или испытание на герметичность в зимнее время. То есть повышение (снижение) давления в сосуде при повышении (снижении) температуры стенки, должны осуществляться в соответствии с графиком (рис. 18).

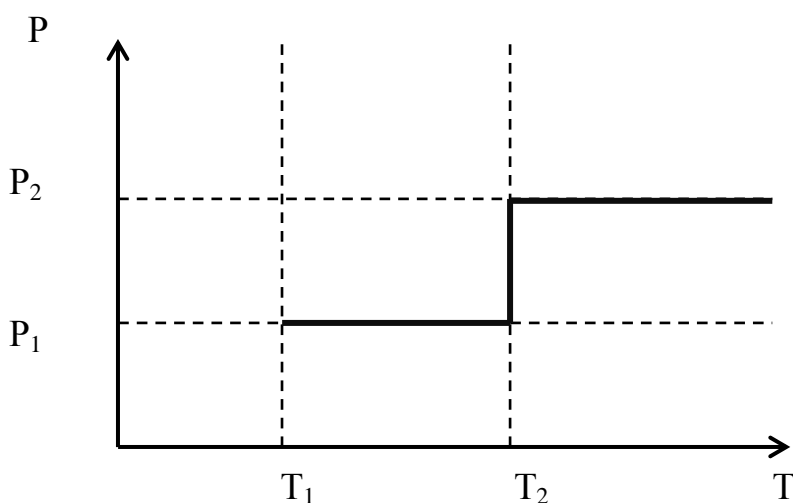


Рисунок 18 – График зависимости давления от температуры

Где: P_1 - давление пуска, P_2 - рабочее давление T_1 - наименьшая температура воздуха, при давлении, которой допускается пуск сосуда под давлением P_1 , T_2 - минимальная температура, при которой сталь и ее сварные соединения допускаются для работы под давлением в соответствии с требованиями обязательных приложений ПБ 03-584-03.

Величина давления P_1 принимается согласно таблице 10 в зависимости от рабочего давления P_2 .

Таблица 10 – Значение давления пуска и рабочего давления

P Мпа (кгс/см ²)	Менее 0,1 (1,0)	От 0,1 (1,0) до 0,3 (3,0)	Более 0,3 (3,0)
P_1 (кгс/см ²)	P_2	0,1 (1,0)	0,35 P_2

При температуре T_2 ниже или равной T_1 давление пуска P_1 принимается равным давлению P_2 .

Скорость подъема (снижения) температуры должна быть не более 30 °С в если час, нет других указаний в технической документации.

Таким образом, обобщим все выше перечисленное. Различают первый пуск и пуск после ремонта, а также остановки плановую и аварийную. Порядок проведения этих операций оговаривается в соответствующей инструкции. Как правило, порядок остановки обратный порядку пуска. Аварийная остановка требует более форсированных действий. В этот период по системе прокачивают жидкую среду для проверки герметичности аппарата и коммуникаций. Продолжительность этой операции 10-30 минут. В этот период необходимо проверить работу всех контрольно измерительных аппаратов и затворной арматуры. Затем в колонне медленно повышают температуру и проводят, так называемую, горячую циркуляцию. Эта операция проводится при температуре 95-100°Сс целью удаления остатков воды из аппарата. После этого температуру в колонне повышают до рабочих температур и начинают подачу сырья. С началом испарения легких фракций подают орошение в колонну. После выхода колонны на нормальный режим она переводится на свежее питание.

При остановке колонны на ремонт к числу общих моментов относятся следующие: снятие давления или вакуума, откачка продукта из колонны, пропарка и промывка. Пропарка осуществляется в течение 8-48 часов, при

этом остатки продукта вытесняют через верхние трубы. Продолжение этой операции будет зависеть от типа процесса, от свойств среды и от характера ожидаемого ремонта. При проведении промывки вода подается в верхнюю часть колонны небольшими порциями, чтобы избежать повреждения корпуса в результате быстрого охлаждения (возможен разрыв швов или образование каких-либо дефектов).

Продолжительность промывки 8-24 ч. После завершения подготовительной операции необходимо сделать анализы воздуха в колонне. Если содержание вредных веществ после промывки и пропарки выше предельно допустимой концентрации, то эти операции следует повторить еще раз. Если содержание этих веществ выше нормы, то можно приступать к ремонтным работам.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа
Кафедра Технологические машины и оборудования нефтегазового
комплекса

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Э.А. Петровский

« 06 » июня 2017 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

направление 15.03.02 «Технологические машины»
профиль 15.03.02.01 «Проектирование технических
и технологических комплексов»

**Повышение надёжности абсорбера для очистки попутного
нефтяного газа от сероводорода для Ачинского НПЗ**

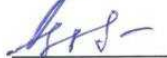
Руководитель



к.т.н., доцент

Е.А. Соловьёв

Выпускник



И.С. Епифанцев

Красноярск 2017