Министерство образования и науки Республики Казахстан

Павлодарский государственный университет им.С. Торайгырова

Биолого-химический факультет

Кафедра химии и химических технологий

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

Пояснительная записка

**По дисциплине** Основн. проц. и аппар. хим. пр-ва

**Тема** Расчет абсорбционной установки

**Студент** Быков Ю.А.

2009

Содержание

Введение

1. Физико-химические основы процесса

1.1 Устройство абсорбционных аппаратов

1.2 Технологическая схема установки

2. Технологический расчет

2.1 Построение линии равновесий и рабочей линии процесса

2.2 Материальный баланс

2.3 Тепловой баланс

3. Конструктивный расчёт

3.1 Расчет диаметра колонны

3.2 Расчет высоты колонны

3.3 Подбор стандартных конструктивных элементов

3.3.1 Подбор крышки и днища

3.3.2 Подбор тарелок

3.4 Расчет штуцеров

3.5 Расчет массы аппарата

3.6 Подбор опор

Заключение

Список использованной литературы

## Введение

Абсорбцией называется процесс избирательного поглощения компонентов из газовой или паровой смеси жидким поглотителем, в котором данный компонент растворим.

Различают физическую абсорбцию и хемосорбцию. При физической абсорбции растворение газа (пара) не сопровождается химической реакцией. Абсорбция протекает до тех пор, пока парциальное давление поглощаемого компонента в газовой (паровой) фазе остаётся выше равновесного давления над раствором. При хемосорбции (абсорбции, сопровождаемой химической реакцией) поглощаемый компонент вступает в необратимую химическую реакцию с поглотителем и образует химическое соединение.

Физическая абсорбция обычно обратима. На этом свойстве абсорбционных процессов основано выделение поглощаемого газа из раствора - десорбция. Десорбцию газа проводят отгонкой его в токе инертного газа или водяного пара в условиях подогрева абсорбента или снижении давления над абсорбентом. Отработанные после хемосорбции абсорбенты обычно регенерируют химическими методами или нагреванием.

Сочетание абсорбции и десорбции позволяет многократно применять поглотитель и выделять поглощенный газ в чистом виде. Часто десорбцию проводить не обязательно, так как полученный в результате абсорбции раствор является конечным продуктом, пригодным для дальнейшего использования.

Протекание абсорбционных процессов характеризуется их статикой и кинетикой. Статика абсорбции, т.е. равновесие между жидкой и газовой фазами, определяет состояние, которое устанавливается при весьма продолжительном соприкосновении фаз. Кинетика абсорбции определяется движущей силой процесса, т.е. степенью отклонения системы от состояния равновесия, свойствами поглотителя, компонента и инертного газа, а также способом соприкосновения фаз.

В промышленности абсорбцию применяют для решения следующих основных задач:

1) для получения готового продукта (например, абсорбция в производстве серной кислоты, абсорбция с получением хлороводородной кислоты, абсорбция оксидов азота водой в производстве азотной кислоты и т.д.); при этом десорбцию проводить не обязательно;

2) для выделения ценных компонентов из газовых смесей (например, абсорбция бензола из коксового газа, абсорбция ацетилена из газов крекинга или пиролиза природного газа и т.д.); при этом абсорбцию проводят в сочетании с десорбцией;

3) для очистки газовых выбросов от вредных примесей (например, очистка топочных газов от , очистка газов от фтористых соединений, выделяющихся при производстве минеральных удобрений и т.д.) Очистку газов от вредных примесей абсорбцией используют также при очистке технологических газов, когда присутствие примесей недопустимо для дальнейшей переработки газа (например, очистка коксового и нефтяного газов от , очистка азотоводородной смеси, используемую для синтеза аммиака от и и т.д.). В этих случаях извлекаемые из газовых смесей компоненты обычно используют, поэтому их выделяют десорбцией;

4) для осушки газов, когда в абсорбционных процессах 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), причем инертный газ и поглотитель являются только носителями компонента соответственно в газовой и жидкой фазах и в этом смысле в массопереносе не участвуют.

Аппараты, в которых проводят процессы абсорбции, называют абсорберами.

Для проведения процесса абсорбции применяют абсорбционные установки, основным элементом которых являются абсорбционные аппараты.

Абсорбционные аппараты классифицируются в зависимости от технологического назначения, давления и вида внутреннего устройства, обеспечивающего контакт газа (пара) и жидкости.

По технологическому назначению абсорбционные аппараты подразделяются на аппараты установок осушки, очистки газа, газораспределения и т.д.

В зависимости от внутреннего устройства различают тарельчатые, насадочные, распылительные, роторные (механические), поверхностные и каскадные абсорберы. Наиболее широко распространены тарельчатые и насадочные аппараты.

В зависимости от применяемого давления аппараты подразделяются на вакуумные, атмосферные и работающие под давлением выше атмосферного.

При выборе типа аппарата следует учитывать технологические требования к процессу и его экономические показатели.

Плёночные аппараты, к которым относятся также абсорберы с регулярной насадкой, незаменимы при проведении процесса в условиях разложения, поскольку их гидравлическое сопротивление самое низкое. Плёночные и насадочные колонны предпочтительнее также для обработки коррозионных сред и пенящихся жидкостей.

Тарельчатые колонны удобны для крупнотоннажных производств при относительно малых расходах жидкости, недостаточных для равномерного смачивания насадки, а также для процессов, сопровождающихся колебаниями температуры, так как периодическое расширение и сжатие корпуса может разрушить хрупкую насадку. На тарелках проще установить змеевики для подвода и отвода теплоты. Тарельчатые колонны также применяются при обработке потоков с твёрдыми примесями или при выделении твёрдого осадка.

Тарельчатые абсорберы обычно представляют собой вертикальные цилиндры - колонны, внутри которых на определенном расстоянии друг от друга по высоте колонны размещаются горизонтальные перегородки - тарелки. Тарелки служат для развития поверхности контакта фаз при направленном движении этих фаз (жидкость течет сверху вниз, а газ проходит снизу вверх) и многократном взаимодействии жидкости и газа.

Таким образом, процесс массопереноса в тарельчатых колоннах осуществляется в основном в газожидкостных системах, создаваемых на тарелках, поэтому в таких аппаратах процесс проходит ступенчато, и тарельчатые колонны в отличие от насадочных, в которых массоперенос проходит непрерывно, относят к группе ступенчатых аппаратов. На каждой тарелке, в зависимости от ее конструкции, можно поддерживать тот или иной вид движения фаз, обычно перекрестный ток или полное перемешивание жидкости.

Насадочные абсорберы получили наибольшее применение в промышленности. Эти абсорберы представляют собой колонны, заполненные насадкой - твердыми телами различной формы. В насадочной колонне насадка укладывается на опорные решетки, имеющие отверстия или щели для прохождения газа и стока жидкости. Которая достаточно равномерно орошает насадку с помощью распределителя и стекает по поверхности насадочных тел в виде тонкой пленки вниз.

В распылительных абсорберах контакт между фазами достигается распыливанием или разбрызгиванием жидкости в газовом потоке. Эти абсорберы подразделяют на следующие группы:

1) форсуночные распыливающие абсорберы, в которых жидкость распыливается на капли форсунками;

2) скоростные прямоточные распыливающие абсорберы, в которых распыливание жидкости осуществляется за счет кинетической энергии газового потока;

3) механические распыливающие абсорберы, в которых жидкость распыляется вращающимися деталями.

В нефтяной и газовой промышленности процесс абсорбции применяется для разделения, осушки и очистки углеводородных газов. Из природных и попутных нефтяных газов путем абсорбции извлекают этан, пропан, бутан и компоненты бензина; абсорбцию применяют для очистки природных газов от кислых компонентов - сероводорода, используемого для производства серы, диоксида углерода, серооксида углерода, сероуглерода, тиолов (меркаптанов) и т.п.; с помощью абсорбции также разделяют газы пиролиза и каталитического крекинга и осуществляют санитарную очистку газов от вредных примесей.

В качестве абсорбентов при разделении углеводородных газов используют бензиновые или керосиновые фракции, а в последние годы и газовый конденсат, при осушке - диэтиленгликоль (ДЭГ) и триэтиленгликоль (**Т**ЭГ). Для абсорбционной очистки газов от кислых компонентов применяют N-метил-2-пирролидон, гликоли, пропиленкарбонат, трибутилфосфат, метанол; в качестве химического поглотителя используются моно - и диэтаноламины.

В отличие от ректификации процесс абсорбции протекает в основном однонаправленно, т.е. абсорбент можно считать практически нелетучим. В случае абсорбции многокомпонентной газовой смеси на некоторой ее стадии отдельные компоненты могут вытесняться другими поглощаемыми компонентами. В результате наряду с процессом абсорбции будет протекать процесс частичной десорбции некоторых компонентов, что приведет к распределению компонентов между газовой и жидкой фазами, обусловленному обоими указанными процессами.

Абсорбция (десорбция) - диффузионный процесс, в котором участвуют две фазы: газовая и жидкая. Движущей силой процесса абсорбции (десорбции) является разность парциальных давлений поглощаемого компонента в газовой и жидкой фазах, который стремится перейти в ту фазу, где его концентрация меньше, чем это требуется по условию равновесия.

Обозначим парциальное давление поглощаемого компонента в газовой фазе через рг, а парциальное давление того же компонента в газовой фазе, находящейся в равновесии с абсорбентом, через рр. Если рг > рр, то компонент газа переходит в жидкость, т.е. протекает процесс абсорбции (рис. VI-1, а). Если рг < рр, то поглощенные компоненты газа переходят из абсорбента в газовую фазу, т.е. осуществляется процесс десорбции.

Чем больше величина рг - рр, тем интенсивнее осуществляется переход компонента из газовой фазы в жидкую. При приближении системы к состоянию равновесия движущая сила уменьшается, и скорость перехода компонента из газовой фазы в жидкую замедляется.

Поскольку парциальное давление компонента пропорционально его концентрации, то движущая сила процесса абсорбции или десорбции может быть выражена также через разность концентраций компонента в газовой Dу = y - ур или жидкой фазе Dх = хр - х.

Количество вещества М, поглощаемого в единицу времени при абсорбции или выделяемого при десорбции, прямо пропорционально поверхности контакта газовой и жидкой фаз F, движущей силе процесса и коэффициенту пропорциональности К, зависящему от гидродинамического режима процесса и физико-химических свойств системы.

## 1. Физико-химические основы процесса

В процессе абсорбции содержание газа в растворе зависит от свойств газа и жидкости, температуры, давления и состава газовой фазы.

В результате растворения в жидкости бинарной газовой смеси (распределяемый компонент А, носитель В) взаимодействуют две фазы (Ф = 2), число компонентов равно трем (К = 3) и, согласно правилу фаз, число степеней свободы системы равно трем.

В системе газ - жидкость переменными являются температура, давление и концентрации в обеих фазах. Таким образом, в состоянии равновесия при постоянных значениях температуры и общего давления зависимость между парциальным давлением газа (или его концентрацией) и составом жидкой фазы однозначна. Данная зависимость выражается через закон Генри, согласно которому парциальное давление растворенного газа пропорционально его мольной доле в растворе или растворимость газа (поглощаемого компонента) в жидкости при данной температуре пропорциональна его парциальному давлению над жидкостью:

Значения коэффициента Генри для данного газа зависят от природы поглотителя и газа и от температуры, но не зависят от общего давления в системе.

Для идеальных растворов на диаграмме зависимость равновесных концентраций от давления изображается прямой, имеющей наклон, равный коэффициенту Генри. С повышением температуры увеличивается значение коэффициента Генри и соответственно уменьшается растворимость газа в жидкости. Таким образом, растворимость газа в жидкости увеличивается с повышением давления и снижением температуры.

Когда в равновесии с жидкостью находится смесь газов, закону Генри может следовать каждый из компонентов смеси в отдельности.

Закон Генри применим к растворам газов, критические температуры которых выше температуры раствора, и справедлив только для идеальных растворов. Поэтому он с достаточной точностью применим лишь к сильно разбавленным реальным растворам, приближающимся по свойствам к идеальным, то есть соблюдается при малых концентрациях растворенного газа или при его малой растворимости. Для хорошо растворимых газов, при больших концентрациях их в растворе, растворимость меньше, чем следует из закона Генри. Для систем, не подчиняющихся этому закону, линия равновесия представляет собой кривую, которую строят обычно по опытным данным.

## 1.1 Устройство абсорбционных аппаратов

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 абсорберы. Эти абсорберы используют для поглощения хорошо растворимых газов. В указанных аппаратах газ проходит над поверхностью неподвижной или медленно движущейся жидкости. 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 перемещалась 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.

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: трубчатые абсорберы, абсорберы с плоско - параллельной или листовой насадкой, абсорберы с восходящим движением пленки жидкости.

Насадочные абсорберы. Одним из наиболее распространенных абсорберов поверхностного типа является насадочный колонный аппарат. Он отличается простотой устройства и пригодностью к работе с агрессивными средами. Его применение допустимо как в тех случаях, когда массообмен контролируется диффузионным сопротивлением жидкой фазы, так и тогда, когда решающим является сопротивление газовой фазы. Насадочные абсорберы представляют собой колонны, загруженные насадкой - твердыми телами различной формы; при наличии насадки увеличивается поверхность соприкосновения газа и жидкости. В насадочной колонне насадка укладывается на опорные решетки, имеющие отверстия или щели для прохождения газа и стока жидкости. Последняя с помощью распределителя равномерно орошает насадочные тела и стекает вниз. В насадочной колонне жидкость течет по элементу насадки 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.

Барботажные (тарельчатые) абсорберы. Тарельчатые абсорберы представляют собой вертикальные колонны, внутри которых размещены горизонтальные перегородки - тарелки. С помощью тарелок осуществляется направленное движение фаз и многократное взаимодействие жидкости и газа. В барботажных абсорберах газ выходит из большого числа отверстий и барботируется через слой жидкости либо в виде отдельных пузырьков (при малых скоростях газа), либо в виде струй (при повышенных скоростях газа), переходящих все же в поток пузырьков на некотором расстоянии от точки истечения газа. В результате образуется газожидкостная (гетерогенная) система нижняя часть, которой состоит из слоя жидкости с распределенными в ней газовыми пузырьками, средняя - из слоя ячеистой пены, а верхняя - из зоны брызг, возникающих при разрыве оболочек уходящих газовых пузырей. Высоты этих слоев изменяются со скоростью газа; с ее возрастанием уменьшается нижний слой и увеличивается средний (в пределах зависящих от физических свойств жидкости).

Структуру газожидкостного слоя можно охарактеризовать его высотой, газосодержанием и размером газовых пузырьков. При истечении газа из одиночного затопленного отверстия с определенным диаметром, скорость которого ниже известного предела образуются одиночные свободно всплывающие пузырьки, диаметр которых, в рассматриваемом режиме, не зависит от расхода газа. Заметим, однако, что при интенсивном истечении газа образуются пузырьки различных размеров, которые при подъеме обычно деформируются, приобретая эллипсоидальную и полусферическую форму. Кроме того, газовые пузырьки имеют вертикальную траекторию движения (иногда даже спиральную).

Уровень жидкости при ее движении вдоль барботажной тарелки на пути от входа до перетока понижается на некоторую величину, вследствие гидравлического сопротивления. Это приводит к неравномерному распределению газового потока по сечению абсорбера; большие количества газа будут проходить там, где высота слоя жидкости меньше.

Площадь живого сечения переточного устройства (трубы, сегмента) определяется по объемному расходу жидкости и ее скорости, принимаемой во избежании захвата газа не выше 0,10 - 0,12 м/с.

Тарельчатые колонны удобны для крупнотоннажных производств при относительно малых расходах жидкости, недостаточных для равномерного смачивания насадки, а также для процессов, сопровождающихся колебаниями температуры, так как периодическое расширение и сжатие корпуса может разрушить хрупкую насадку. На тарелках проще установить змеевики для подвода и отвода теплоты. Тарельчатые колонны также применяются при обработке потоков с твердыми примесями или при выделении твердого осадка.

По способу слива жидкости с тарелок барботажные абсорберы можно подразделить на колонны с тарелками со сливными устройствами и без них.

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

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

Гидродинамические режимы работы тарелок. В зависимости от скорости газа и плотности орошения различают три основных гидродинамических режима работы барботажных тарелок: пузырьковый, пенный, струйный, или инжекционный. Эти режимы отличаются структурой барботажного слоя, которая в основном определяет его гидравлическое сопротивление и высоту, а также поверхность контакта фаз.

Пузырьковый режим. Наблюдается при небольших скоростях газа, когда он движется сквозь слой жидкости в виде отдельных пузырьков. Поверхность контакта фаз на тарелке невелика.

Пенный режим. С увеличением расхода газа выходящие из отверстия и прорези отдельные пузырьки сливаются в сплошную струю, которая на определенном расстоянии от места истечения разрушается вследствие сопротивления барботажного слоя с образованием большого количества пузырьков. При этом на тарелке возникает газожидкостная дисперсная система - пена, которая является нестабильной и разрушается сразу же после прекращения подачи газа. В указанном режиме контактирование газа и жидкости происходит на поверхности пузырьков и струй газа, а также на поверхности капель жидкости, которые в большом количестве образуются над барботажным слоем при выходе пузырьков газа из барботажного слоя и разрушении их оболочек.

Струйный (инжекционный) режим. При дальнейшем увеличении скорости газа длина газовых струй увеличивается, и они выходят на поверхность барботажного слоя, не разрушаясь и образуя большое количество крупных брызг. Поверхность контакта фаз в условиях такого гидродинамического режима резко снижается.

Ситчатые тарелки. Газ проходит сквозь отверстия тарелки и распределяется в жидкости в виде мелких струек и пузырьков. 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 широком интервале скоростей газа, причем в определенном диапазоне нагрузок по газу 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 пенные абсорберы.

Колпачковые тарелки. Газ барботирует через жидкость, выходя из прорезей колпачков, расположенных на каждой тарелке. В прорезях газ дробится на мелкие струйки, которые на выходе из прорези почти сразу поднимаются вверх и, проходя через слои жидкости на тарелке, сливаются друг с другом (рисунок 1).

1 - тарелка; 2 - патрубки; 3 - колпачки; 4 - переливные трубы

Рисунок 1 - Колонна с колпачковыми тарелками

В колонне с колпачковыми тарелками находятся тарелки 1, с патрубками 2, закрытые сверху колпачками 3. Нижние края колпачков снабжены зубцами или прорезями в виде узких вертикальных щелей. Жидкость перетекает с тарелки на тарелку через переливные трубы 4. Уровень жидкости на тарелке соответствует высоте, на которую верхние концы переливных труб выступают над тарелкой. Чтобы жидкость перетекала только по переливным трубам, а не через патрубки 2, верхние концы патрубков должны быть выше уровня жидкости. Нижние края колпачков погружены в жидкость так, чтобы уровень жидкости был выше верха прорезей.

Газ проходит по патрубкам 2 в пространство под колпачками и выходит через отверстие между зубцами или через прорези в колпачках, барботируется в слой жидкости.

Чтобы газ не попадал в переливные трубы и не препятствовал, таким образом, нормальному перетоку жидкости с тарелки на тарелку, нижние концы переливных труб опущены под уровень жидкости. Благодаря этому создается гидрозатвор, предотвращающий прохождение газа через переливные трубы.

Колпачковые тарелки менее чувствительны к загрязнениям, чем колонны с ситчатыми тарелками, и отличаются более высоким интервалом устойчивой работы колонны с колпачковыми тарелками. 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. Для нормальной работы колпачковых тарелок необходимо, чтобы все прорези в колпачках были открыты для равномерного прохода газа. Это условие достигается при скорости движения газа больше чем 0,6 м/с.

Клапанные тарелки. Принцип действия состоит в том, что свободно лежащий над отверстием в тарелке круглый клапан с изменением расхода газа своим весом автоматически регулирует величину площади зазора между клапаном и плоскостью тарелки для прохода газа и тем самым поддерживает постоянной скорость газа при его истечении в барботажный слой. При этом с увеличением скорости газа в колонне гидравлическое сопротивление клапанной тарелки увеличивается незначительно.

Балластные тарелки. Отличаются по устройству от клапанных тем, что в них между легким круглым клапаном и кронштейном-ограничителем установлен на коротких стойках, опирающихся на тарелку, более тяжелый, чем клапан, балласт. Клапан начинает подниматься при небольших скоростях газа. С дальнейшим увеличением скорости газа клапан упирается в балласт и затем поднимается вместе с ним. Балластные тарелки отличаются более равномерной работой и полным отсутствием провала жидкости во всем интервале скоростей газа.

Достоинства клапанных и балластных тарелок: сравнительно высокая пропускная способность по газу и гидродинамическая устойчивость, постоянная и высокая эффективность в широком интервале нагрузок по газу. Последнее достоинство является особенностью клапанных и балластных тарелок по сравнению с тарелками других конструкций. К недостаткам этих тарелок следует отнести их повышенное гидравлическое сопротивление, обусловленное весом клапана или балласта.

Пластинчатые тарелки. Эти тарелки, в отличие от тарелок, рассмотренных выше, работают при однонаправленном движении фаз, то есть 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. Достоинства пластинчатых тарелок: низкое гидравлическое сопротивление, возможность работы с загрязненными жидкостями, низкий расход металла при их изготовлении. Недостатки: трудность отвода и подвода тепла, снижение эффективности при небольших расходах жидкости.

## 1.2 Технологическая схема установки

Газ, охлажденный в теплообменнике 9, подается газодувкой 8 в нижнюю часть абсорбера 6, где равномерно распределяется по сечению колонны и поступает на контактные элементы (тарелку). Абсорбент подается в верхнюю часть колонны центробежным насосом 4 из сборника 3. В колонне осуществляется противоточное взаимодействие газа и жидкости. Очищенный газ выходит из колонны в атмосферу. Абсорбент стекает через гидрозатвор в сборник 7, откуда насосом 5 отправляется на дальнейшую переработку. Для охлаждения газа в холодильник из градирни 2 подается насосом 1 вода, которая после холодильника возвращается на охлаждение в градирню.

Схема автоматизирована. Цель системы автоматического регулирования определяется назначением процесса: очистка газа, поступающего в абсорбер или получение готового продукта. В данной работе рассматривается первая задача, в соответствии с которой основными регулируемыми параметрами являются:

1) концентрация извлекаемого компонента в газовой смеси на выходе из абсорбера;

2) температура газовой смеси, поступающей на абсорбцию;

3) уровень жидкости в абсорбере.

В большинстве случаев расход газовой смеси определяется технологическим режимом, т.е. абсорбционная установка должна переработать весь поступающий поток газа. Поэтому, например, при увеличении количества подаваемой в абсорбер газовой смеси возрастает концентрация извлекаемого компонента в газовой смеси на выходе из абсорбера. При помощи регулятора концентрации увеличивается подача абсорбента в абсорбер, что обеспечивает стабилизацию концентрации компонента в газовой смеси на выходе из абсорбера.

Для улучшения процесса абсорбции поддерживается низкая температура газовой смеси, поступающей в абсорбер, путем изменения расхода охлаждающей воды, подаваемой в холодильник газа 9.

Уровень жидкости в колонне стабилизируется путем изменения отбора жидкости из неё.

Системой автоматизации предусмотрена стабилизация уровней жидкости в сборниках.

В процессе абсорбции при помощи КИП контролируются расходы, температуры, давления технологических потоков.

## 2. Технологический расчет

Целью расчетов абсорберов является определение расхода поглотителя, температуры процесса и количество отводимой теплоты, выбор скорости подачи газа и поглотителя, подбор типа тарелок, размеров аппарата.

При проектировании абсорбционных установок, из которых газ отводится в атмосферу, необходимо учитывать вопросы охраны окружающей среды. Концентрация поглощаемого компонента в газовой фазе на выходе из абсорбера не должна превышать предельно - допустимой. Если это не достигается в одном аппарате, необходимо устанавливать дополнительные аппараты.

## 2.1 Построение линии равновесий и рабочей линии процесса

Для определения числа теоретических единиц переноса необходимо в системе координат построить рабочую линию и линию равновесия.

По начальным и конечным концентрациям поглощаемого газа и поглотителя строим рабочую линию, т.е. прямую, которая проходит через точки с координатами (, ) и (,). Она расположена выше линии равновесия, т.к при абсорбции содержание компонента в газовой фазе выше равновесного. Выразим начальную и найдем конечную концентрации газовой фазы в единицах массовой концентрации; для этого переведём мольные доли в массовые, воспользовавшись формулой (2.1).

 (2.1)

 масс долей

Используя формулу (2.2), переведём массовые доли в относительные массовые доли.

 (2.2)

 относит масс долей

По формуле (2.3) определим концентрацию газа на выходе из абсорбера колонны.

 (2.3) ,

Для построения кривой равновесия задаём значения “" так, чтобы принятые значения включали в заданный интервал и . Значения указаны в таблице 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
| 0,005 | 0,055 | 0,105 | 0,155 | 0, 205 |

Для каждого принятого значения “" принимаем температуру (в зависимости от температуры в абсорбере). Данные указаны в таблице 2.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t, o C | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| Eатм | 1060 | 1205 | 1350 | 1575 | 1800 |

Пользуясь формулой (2.4) определяем для каждого значения “" парциальное давление компонента в парах над жидкостью.

 (2.4)

 ,

 ,

 ,

 ,

 .

Для каждого значения “" (концентрация компонента в газовой смеси) определим равновесное значение “" (концентрация компонента в поглотителе). Для определения используем формулу (2.5).

 (2.5)

 относит масс долей,

 относит масс долей,

 относит масс долей,

 относит масс долей,

 относит масс долей,

По значения “" и “" строим линию равновесия.

В зависимости от степени поглощения газа поглотителем строим рабочую линию. Используя значения , , и . Значения и определим по формулам (2.6) и (2.7).

 (2.6), (2.7).

 относит масс долей,

 относит масс долей.

Из графика определяем, что количество единиц переноса в колонне равно 5. Принимая, что КПД одной тарелки равен 55%, уточняем количество практических тарелок.

 тарелок.


## 2.2 Материальный баланс

Определим секундный расход газа, воспользовавшись формулой (2.8).

 (2.8),

По формуле (2.9) определим массовый расход газа.

 (2.9)

Используя формулу (2.10) определим плотность газа.

 (2.10)

 ,

 .

Определим расход поглотителя по формулу (2.11).

 (2.11)

Используя формулу (2.12) определим объёмный расход поглотителя.

 (2.12)




## 2.3 Тепловой баланс

При растворении газа в жидкости выделяется некоторое количество теплоты. При отсутствии отвода теплоты температура повышается, что ведет к возрастанию равновесного парциального давления компонента, изменению положения линии равновесия, уменьшению движущей силы процесса, ухудшению условий абсорбции.

Практически процесс абсорбции проводится с интенсивным отводом теплоты, чтобы температура раствора в аппарате повышалась незначительно.

Определим температуру газа на выходе из абсорбера, вычислив её по формуле (2.13).

 (2.13)

Определим теплоту растворения газа в воде по формуле (2.14).

 (2.14)

Из справочника находим значение

 ,

 ,

 .

В ходе расчета выяснилось, что разница между теплотой газа на входе и выходе незначительна, следовательно, предусматривать отвод тепла нет необходимости.

## 3. Конструктивный расчёт

## 3.1 Расчет диаметра колонны

Определим диаметр колонны по формуле (3.1)

 (3.1)

Воспользовавшись формулой (3.2) найдём оптимальную скорость газа в колонне.

 (3.2)

 ,

 .

Из ряда стандартных диаметров принимаем диаметр колонны, равный 2200мм.

Уточним скорость газа.


## 3.2 Расчет высоты колонны

Определим высоту колонны, вычислив её по формуле (3.3).

 (3.3)

при D = 2200 из справочника выписываем значения:

Высоту тарельчатой части колонны определим, используя формулу (3.4).

 (3.4)

 ,

 .


## 3.3 Подбор стандартных конструктивных элементов

## 3.3.1 Подбор крышки и днища

Для данной колонны из ряда стандартных элементов подберём крышку и днище. Технические характеристики данных элементов указаны в таблице 4.

Таблица 4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры | крышка | днище |
| Внутренний диаметр ,  | 2200 | 2200 |
| Высота борта ,  | 50 | 50 |
| Высота эллиптической части ,  | 550 | 550 |
| Внутренняя поверхность ,  | 5,6 | 5,6 |
| Внутренняя ёмкость ,  | 1,585 | 1,585 |
| Толщина стенки ,  | 20 | 20 |
| Масса ,  | 895 | 895 |

## 3.3.2 Подбор 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 2200 можно установить колпачковые тарелки типа ТСК-1 (ост 26-808-73).

В колпачковых тарелках газ барботирует через жидкость, выходя из прорезей колпачков, расположенных на каждой тарелке. В прорезях газ дробится на мелкие струйки, которые по выходе из прорези почти сразу поднимаются вверх и, проходя через слой жидкости на тарелке, сливаются друг с другом.

В колоннах с колпачковыми тарелками (рисунок 2) находятся тарелки 1 с патрубками 2, закрытые сверху колпачками 3. Нижние края колпачков снабжены зубцами или прорезями в виде узких вертикальных щелей. Жидкость протекает с тарелки на тарелку через переливные трубы 4. Уровень жидкости на тарелке соответствует высоте, на которую верхние концы переливных труб выступают над тарелкой. Чтобы жидкость перетекла только по переливным трубам, а не через патрубки 2, верхние концы патрубков должны быть выше уровня жидкости. Нижние края колпачков погружены в жидкость так, чтобы уровень жидкости был выше верха прорезей.

Газ проходит по патрубкам 2 в пространство под колпачками и, выходя через отверстия между зубцами или через прорези в колпачках, барботирует через слой жидкости.

Чтобы газ не попадал в переливные трубы и не препятствовал таким образом нормальному перетоку жидкости с тарелки на тарелку, нижние концы переливных труб опущены под уровень жидкости. Благодаря этому создается гидрозатвор, предотвращающий прохождение газа через трубы.

Рисунок 2 - Колонна с колпачковыми тарелками

Технические характеристики колпачковых тарелок типа ТСК-1 при диаметре колонны 2200 указаны в таблице 5.

Таблица 5

|  |  |
| --- | --- |
| Свободное сечение колонны,  | 3,81 |
| Длина линии барботажа,  | 44,6 |
| Периметр слива ,  | 1,606 |
| Свободное сечение тарелки,  | 0,471 |
| Относительная площадь для отхода паров ,  | 12,3 |
| Масса,  | 211 |

## 3.4 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 (3.5).

 (3.5)

Производительность колонны велика, поэтому для подачи и отвода газового потока со скоростью 25 предусмотрим по три штуцера.

 , .

Для подачи поглотителя и отвода насыщенного поглотителя со скоростью 3 предусмотрим по четыре штуцера.

 , .

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

Таблица 6

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер штуцера | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Толщина стенки ,  | 16 | 16 | 16 | 16 |
| Наружный диаметр ,  | 426 | 426 | 650 | 650 |

## 3.5 Расчет массы аппарата

Массу данной колонны определяем по формуле (3.6).

 (3.6),

Массу тарелок определим по формуле (3.7)

 (3.7)

Пользуясь формулой (3.8) определим массу максимальной загрузки колонны.

 (3.8)



Массу максимальной нагрузки на опоры определим, пользуясь формулой (3.9).

 (3.9)



Переведем массу максимальной нагрузки в мега ньютоны, используя формулу (3.10).

 (3.10)




## 3.6 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, в количестве четырех штук.

## Заключение

Вданном курсовой проекте спроектирована абсорбционная установка непрерывного действия для поглощения углекислого газа из его смеси с воздухом, используя в качестве поглотителя воду.

В ходе проектирования выполнен материальный баланс, в котором произведены расчеты массовых расходов основных материальных потоков (газовой смеси, поглотителя).

В ходе расчета теплового баланса, определено, что в ходе процесса абсорбции происходит незначительное выделение тепла, следовательно нет необходимости предусматривать отвод тепла.

В конструктивном расчете определена габариты аппарата (высота, диаметр колонны). В соответствии с габаритами аппарата практически рассчитаны и подобраны диаметры штуцеров, подобраны днище и крышка аппарата, выполнен подбор тарелок, рассчитана масса колонны и осуществлен подбор опоры.

## Список использованной литературы

1. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии: Учебник для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. / А.Н. Плановский. - М.: Химия, 1987. - 496с.

2. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие для техникумов / И.Л. Иоффе. - Л.: Химия, 1991. - 351 с.

3. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / Ю.И. Дытнерский. - М.: Химия, 1991. - 496с.

4. Соколов В.Н. Машины и аппараты химических производств: примеры и задачи. Учеб. пособие для студентов вузов/ В.Н. Соколов - Л.: Машиностроение, 1982. - 384с.

5. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник.3-е изд., перераб. и доп. / В.А. Рабинович. - Л.: Химия, 1991. -432с.

6. Лащинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчеты химической аппаратуры. / А.А. Лащинский. - Л.: Химия, 1970. - 974с.

7. Кувшинский М.Н., Соболева А.П. Курсовое проектирование по предмету "Процессы и аппараты химической промышленности": Учеб. пособие для учащихся техникумов.2-е изд., перераб. и доп. / М.Н. Кувшинский. - М.: Высшая школа, 1980. - 223с.