# Расчет насадочного адсорбера

Министерство образования Российской Федерации

Казанский Государственный Технологический Университет им.Кирова

**Абсорбер**

**Пояснительная записка**

**к курсовому проекту**

Выполнил: Руководитель:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Проект защищен с оценкой:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Казань 2010

**КАФЕДРА ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

4. Тема проекта и исходные данные:

Рассчитать и спроектировать насадочный адсорбер для уменьшения концентрации абсорбтива с **yн**=0,80[моль.%] до **yк**=0,01[моль.%] в инертном газе, объемный расход которого при нормальных условиях **V0**=3,0[м3/с] с помощью абсорбента при **t**=20[0C] и давлении **P**=1[атм].; **xн**=0.

Абсорбтив – этанол; абсорбент – вода; инертный газ – азот; тип насадки – кольца Рашига, керамические, упорядоченные .

Коэффициент распределения m=1,08. (Коэффициент Генри E=\_\_\_\_\_\_мм.рт.ст.)

**Перечень обязательного графического материала проекта:**

1)   Сборочный чертеж колонны – 1 лист формата А1;

2)   Сборочная единица – 1 лист формата А2 или А3.

**Основная литература:**

1.   «Выполнение и оформление курсового проекта по процессам и аппаратам химической технологии»: Методические указания. Каз.гос. технол. Ун-т; Маминов О.В. и др. Казань, 2002, 40с.

2.   «Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по курсовому проектированию» под. редакцией Дытнерского Ю.И. – М., Химия 1983, 272с.

**Руководитель проекта, доцент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**www.nbs47@yandex.ru**

**Содержание**

Введение

1. Расчет насадочного абсорбера

1.1 Расчет массы поглощаемого вещества и расхода поглотителя

1.2 Расчет движущей силы массопередачи

1.3 Коэффициента массопередачи

1.4 Расчет скорости газа и диаметр абсорбера

1.5 Расчет плотности орошения и активной поверхности насадки

1.6 Расчет коэффициентов массоотдачи

1.7 Расчет поверхности массопередачи и высоты абсорбера

1.8 Расчет гидравлического сопротивления абсорбера

1.9 Механический расчет основных узлов и деталей абсорбера

Заключение

Список используемой литературы

Приложение 1

Приложение 2

Приложение 3

**Введение**

Абсорбцией называют процесс поглощения газов и паров из газовых или паро-газовых смесей жидкими поглотителями (абсорбентами). В промышленности процессы абсорбции применяются главным образом для извлечения ценных компонентов из газовых смесей или для очистки этих смесей от вредных примесей.

В абсорбционных процессах участвуют две фазы – жидкая и газовая и происходит переход вещества из газовой фазы в жидкую. Жидкая фаза состоит из поглотителя и абсорбированного 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, называют растворителем. Инертный газ и поглотитель являются носителями компонента соответственно в газовой и жидкой фазах.

Аппараты, в которых осуществляются абсорбционные процессы, называют абсорберами. Как и другие процессы массопередачи, абсорбция протекает на поверхности раздела фаз. Поэтому абсорберы должны иметь развитую поверхность соприкосновения между жидкостью и газом. По способу образования этой поверхности абсорберы можно условно разделить на следующие группы:

1) поверхностные и пленочные;

2) насадочные;

3) барботажные (тарельчатые);

4) распыливающие.

Насадочные абсорберы представляют собой колонны, загруженные насадкой из тел различной формы (кольца, кусковой материал, деревянные решетки). Соприкосновение газа с жидкостью происходит в основном на смоченной поверхности насадки, по которой стекает орошающая жидкость. Поверхность насадки в единице объема аппарата может быть довольно большой и поэтому в сравнительно небольших объемах можно создать значительные поверхности массопередачи.

Насадочный абсорбер состоит из колонны, в которой помещены поддерживающие решетки, на которые уложены слои насадки. Орошающая жидкость подается на насадку при помощи распределительного устройства. Иногда насадку укладывают несколькими слоями, устанавливая под каждым слоем отдельные поддерживающие решетки. Движение газа и жидкости в насадочных абсорберах обычно осуществляется противотоком. Недостаток насадочных абсорберов - трудность отвода тепла в процессе абсорбции. Обычно применяют циркуляционный отвод тепла, используя выносные холодильники.

Рисунок 1. Насадочный абсорбер

Насадки, применяемые для заполнения насадочных абсорберов, должны обладать большой удельной поверхностью (поверхностью на единицу объема) и большим свободным объемом. Кроме того насадка должна оказывать малое сопротивление газовому потоку, хорошо распределять жидкость и обладать коррозионной стойкостью в соответствующих средах. Для уменьшения давления на поддерживающее устройство и стенки насадка должна иметь малый объемный вес.

Рисунок 2. Типы насадок:

***а* — кольца Рашига; б — кольца с перегородками; *в* — спиральные кольца; г— шары; д— пропеллерная насадка; е— седлообразная насадка; ж— хордовая насадка.**

Применяемые в абсорберах насадки можно подразделить на два типа: регулярные (правильно уложенные) и беспорядочные (засыпаемые внавал) насадки. К регулярным относятся хордовая, кольцевая (при правильной укладке) и блочная насадки. К беспорядочным относятся кольцевая (при загрузке внавал), седлообразная и кусковая насадки.

Подробнее остановимся на кольцевых насадках.

Кольцевая насадка- насадочные тела, представляющие собой цилиндрические тонкостенные кольца, наружный диаметр которых обычно равен высоте кольца. Насадочные кольца изготавливают чаще всего из керамики или фарфора. Применяют также тонкостенные металлические кольца из стали или других металлов.

Кольца Рашига представляют собой простые кольца без дополнительных устройств. Эти кольца наиболее дешевы и просты в изготовлении; они хорошо зарекомендовали себя на практике и являются самым употребительным видом насадок.

Для увеличения поверхности применяются кольца с перегородкой (кольца Лессинга), кольца с крестообразной перегородкой и спиральные кольца, имеющие внутри одну, две или три спирали. При регулярной укладке кольца с крестообразной перегородкой и спиральные применяют размером 75мм и более.

В ФРГ предложены кольца с прободенными стенками (Палля). Эти кольца предназначены в основном для засыпки внавал и обладают меньшим гидравлическим сопротивлением и несколько большей эффективностью по сравнению с кольцами Рашига. Но указанные преимущества нельзя считать весьма существенными, если учесть большую стоимость и сложность изготовления колец Палля. Изготавливают эти кольца из стали и пластических масс.

**1. Расчет насадочного абсорбера**

Геометрические размеры колонного массообменного аппарата определяются в основном поверхностью массопередачи, необходимой для проведения данного процесса, и скоростями фаз.

Поверхность массопередачи может быть найдена из основного уравнения массопередачи:

,                                                                  (1)

где , - коэффициенты массопередачи соответственно по жидкой и газовой фазам, кг/(м2·с);

М– количество вещества, переходящее из газовой смеси в жидкую фазу в единицу времени, или нагрузка аппарата, кг/с;

 - средняя движущая сила процесса абсорбции по жидкой и газовой фазам соответственно, кг/кг.

**1.1 Расчет массы поглощаемого вещества и расхода поглотителя**

Обозначим: A - абсорбтив, В – инертный газ, С – абсорбент.

Массу абсорбтива A (этанола) переходящего из газовой смеси в абсорбент можно найти из уравнения материального баланса:

,                                                                  (2)

где L, G **-** расходы соответственно чистого абсорбента (воды) и инертной части газа (азота), [кг/с];

- начальная и конечная относительные массовые концентрации абсорбтива (этанола) в абсорбенте (воде), кг этанола/кг воды ;

- начальная и конечная относительные массовые концентрации абсорбтива (этанола) в инертной части газа (воздухе), кг этанола /кг воздуха.

Переведем мольные концентрации  в относительные массовые концентрации  по формуле:

.                                                                                   (3)

***y***- мольные доли, [%];  мольные массы абсорбтива (этанола) и инертного газа (азота).

Исходная концентрация этанола в воде .

Конечная концентрация этанола в поглотителе  обусловливает его расход (который, в свою очередь, влияет на размеры, как абсорбера, так и десорбера), а также часть энергетических затрат, связанных с перекачиванием жидкости и ее регенерацией. Поэтому  выбирают, исходя из оптимального расхода поглотителя. Конечную концентрацию  определяют из уравнения материального баланса, используя данные по равновесию.

Уравнение равновесной линии в относительных массовых концентрациях:

                                                                                           (4)

где m/- коэффициент распределения:

                                                                                         (5)

m=1,08       -        для смеси этанол-вода.

Рисунок 3. Зависимость между содержанием этанола в азоте и в воде:

1 - равновесная линия; 2 – рабочая линия.

Уравнение равновесной линии 1 (рисунок 1) .

                                                      (6)

Отсюда

Отсюда уравнение рабочей линии 2 (рисунок 1)  имеет вид:

Расход инертной части газа:

, где                                                                                        (7)

 - плотность инертного газа (азота) при условиях в абсорбере;

 - объемный расход инертного газа (азота) при условиях (t=20[0С];

Р=760[мм.рт.ст]=0,1[МПа]) в абсорбере.

Приведем объемный расход азота к условиям в абсорбере:

,                                                                                 (8)

где V0 - объемный расход инертной части газа (азота) при нормальных условиях (0[0С]; 760[мм.рт.ст]=0,1[МПа]), V0=3[м3/с] (по заданию) T0=273[К] t=20[0C].

Пересчитаем плотность инертного газа (азота) на условия в абсорбере:

,                                                                              (9)

где - плотность азота при нормальных условиях (0[0С]; 760[мм.рт.ст] =0,1[МПа])

t - температура в абсорбере ,[0С];

P0- нормальное давление (760[мм.рт.ст.]=0,1[МПа]);

P - давление в абсорбере, [МПа].

ρ0z=1,25046[кг/м3] - плотность азота при нормальных условиях.

T0=273[К]; t=20[0C]; P0=0,1[МПа]; P=0,1[МПа].

Определим массовый расход воздуха по формуле (7):

Производительность абсорбера по поглощаемому компоненту в соответствии с уравнением (2):

Отсюда из уравнения (2) определим расход поглотителя:

Тогда соотношение расходов фаз, или удельный расход поглотителя, составит:

**1.2 Расчет движущей силы массопередачи**

Движущая сила в соответствии с уравнением (1) может быть выражена в единицах концентраций как жидкой, так и газовой фаз. Для случая линейной равновесной зависимости между составами фаз, принимая модель идеального вытеснения в потоках обеих фаз, определим движущую силу в единицах концентрации газовой фазы:

,                                                                               (10)

где  и  - большая и меньшая движущие силы на входе потоков в абсорбер и на выходе из него, кг/кг (рисунок 1 и 2).

;                             ,

где  и  - концентрации этанола в газе, равновесные с концентрациями в жидкой фазе (поглотителе) соответственно на входе в абсорбер и на выходе из него (рисунок 2).

Средняя движущая сила процесса абсорбции:

**1.3 Коэффициента массопередачи**

Коэффициент массопередачи Ky находят по уравнению аддитивности фазовых диффузионных сопротивлений:

,                                                                             (11)

где  - коэффициенты массоотдачи соответственно в жидкой и газовой фазах, кг/(м2с); m – коэффициент распределения, кг/кг.

Для расчета коэффициентов массоотдачи необходимо выбрать тип насадки и рассчитать скорости потоков в абсорбере. При выборе типа насадки для проведения массообменных процессов руководствуются следующими соображениями:

во-первых, конкретными условиями проведения процесса – нагрузками по пару и жидкости, различиями в физических свойствах систем, наличием в потоках жидкости и газа механических примесей, поверхностью контакта фаз в единице объема аппарата и т.д.;

во-вторых, особыми требованиями к технологическому процессу – необходимостью обеспечить небольшой перепад давления в колоне, широкий интервал изменения устойчивости работы, малое время пребывания жидкости в аппарате и т.д.;

в-третьих, особыми требованиями к аппаратурному оформлению – создание единичного или серийно выпускаемого аппарата малой или большой единичной мощности, обеспечение возможности работы в условиях сильно коррозионной среды, создание условий повышенной надежности и т.д.

В нашем случае насадка определена условиями задания:

Тип насадки: Кольца Рашига, керамические, упорядоченные.

**1.4 Расчет скорости газа и диаметр абсорбера**

Скорость газа в точке инверсии фаз ωп м/сек, соответствующая возникновению режима эмульгирования (считая на полное сечение колоны), определяется из уравнения (Павлов. с.380):

,                                      (12)

где    σ – удельная поверхность насадки, м2/м3;

g – ускорение свободного падения, м/сек2;

VСВ – свободный объем насадки, м3/м3;

ρг ρж – плотность газа и жидкости, кг/м3;

μж – вязкость жидкости, спз;

A=-0,022 (для процесса абсорбции);

L и G – расход жидкости и газа, кг/ч.

Рабочая скорость газа (или пара) в обычных насадочных колонах (Павлов. с.380):         ω=(0,6..0,85)ωп

В рассматриваемом проекте используются в качестве насадки керамические кольца Рашига упорядоченные, возьмем насадки размером 80X80X8, насадка из таких колец имеет следующие характеристики (см. таблица 1):

Таблица 1 Регулярные насадки "керамические кольца Рашига"

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Насадки | σ | Vсв | dэ | ρ | число шт. в 1м3 |
| 50X50X5 | 110 | 0,735 | 0,027 | 650 | 8500 |
| 80X80X8 | 80 | 0,72 | 0,036 | 670 | 2200 |
| 100X100X10 | 60 | 0,72 | 0,048 | 670 | 1050 |
|   | [м2/м3] | [м3/м3] | [м] | [кг/м3] |  |

         (определили по формуле 9)

                                                        (3, c. 578)

                                                        (3, c. 555)

ωп=2,6598[м/с]

Рабочая скорость газа в насадочном абсорбере:

Диаметр абсорбера находим по уравнению объемного расхода

,                                                                                           (13)

где V - объемный расход газа при условиях в абсорбере, м3/с;

  (определили по формуле 8)

Принимаем стандартный диаметр абсорбера 1,4м.

**1.5 Расчет плотности орошения и активной поверхности насадки**

Плотность орошения (скорость жидкости) рассчитывают по формуле:

                                                                                         (14)

где - площадь поперечного сечения абсорбера, м2;

L - массовый расход поглотителя (воды), кг/с;

ρж - плотность жидкости, кг/м3.

При недостаточной плотности орошения и неправильной организации подачи жидкости поверхность насадки может быть смочена не полностью. Но даже часть смоченной поверхности практически не участвует в процессе массопередачи ввиду наличия застойных зон жидкости или неравномерного распределения газа по сечению колоны.

Существует некоторая минимальная эффективная плотность орошения Umin выше которой всю поверхность насадки можно считать смоченной. Для насадочных абсорберов минимальную эффективную плотность орошения Umin находят по соотношению:

,                                                                                        (15)

где qэф – эффективная линейная плотность орошения, м2/с.

qэф =0,022·10-3[м2/с]

Доля активной поверхности насадки ψа может быть найдена по формуле:

,                                                                              (16)

где p и q – коэффициенты, зависящие от типа насадки.

**1.6 Расчет коэффициентов массоотдачи**

Для регулярных насадок коэффициент массоотдачи в газовой фазе  находят из уравнения:

,                                                       (17)

где  - диффузионный критерий Нуссельта для газовой фазы

;

 - критерий Рейнольдса для газовой фазы в насадке;

 - диффузионный критерий Прандтля для газовой фазы;

dЭ - эквивалентный диаметр насадки, м;

l – высота элемента насадки, м.

Тогда, учитывая, что , находим βy:

,                                            (18)

где  - коэффициент диффузии этанола в газовой фазе (азота), м2/сек.

Определим критерий Рейнольдса:

,                                                                                    (19)

где ω - рабочая скорость газа в абсорбере, м/с;

dЭ - эквивалентный диаметр насадки, м;

 - плотность газа, кг/м3;

Vсв - доля свободного объема, м3/м3;

 - вязкость газа, Па.с.

; ; ;

                                                      (при 00С, 3 стр. 552).

Приведем  к условиям в абсорбере:

Критерий Прандтля определим по формуле:

,                                                                                        (20)

где  - вязкость газа, Па.с;

 - плотность газа, кг/м3;

 - коэффициент диффузии этанола в газовой фазе, м2/с.

Коэффициент диффузии этанола в газе можно рассчитать по уравнению:

,                                                            (21)

где vЭТ и vГ – мольные объемы этанола и азота, см3/моль;

МЭТ и МГ – мольные массы соответственно этанола и азота;

P – давление (абсолютное), атм.

vЭТ и vГ находим следующим образом.

O=7,4[см3/атом]; C=14,8[см3/атом]; H=3,7[см3/атом]; N=15,6[см3/атом].

vЭТ=7,4+14,8·2+3,7·6=59,2[см3/моль]     vГ=15,6 2=31,2[см3/моль];

МЭТ и МГ находим следующим образом.

O=16; C=12; H=1; N=14.

МЭТ=16+12·2+1·6=46            МГ=14·2=28

Определим критерий Прандтля по формуле (20):

Определим коэффициент массоотдачи в газовой фазе по формуле (18):

Выразим βy в выбранной для расчета размерности:

Коэффициент массоотдачи в жидкой фазе βx находят из обобщенного уравнения, пригодного как для регулярных, так и для неупорядоченных насадок:

,                                                                   (22)

где  - критерий Рейнольдса для стекающей по насадке пленки жидкости;

 - диффузионный критерий Прандтля для жидкой фазы;

- диффузионный критерий Нуссельта для жидкой фазы.

Отсюда βx (в м/с) равен:

,                                                                (23)

 - приведенная толщина стекающей пленки жидкости, м.

Определим критерий Рейнольдса:

,                                                                                 (24)

где - плотность орошения, м/с;

 - плотность жидкости, кг/м3;

σ - удельная поверхность насадки, м2/м3;

 - вязкость жидкости, Па.с.

Плотность орошения определили по формуле (14):

                                                  (3, c. 578)

                                                   (3, c. 578)

таблица 1.

Приведенную толщину стекающей пленки жидкости определим по формуле:

,                                                                            (25)

где  - плотность жидкости, кг/м3;

 - вязкость жидкости, Па.с;

 - ускорение свободного падения, м/с2.

Критерий Прандтля определим по формуле:

,                                                                                   (26)

где  - плотность жидкости, кг/м3;

 - вязкость жидкости, Па.с;

 - коэффициент диффузии этанола в жидкой фазе (воде), м2/сек.

Коэффициент диффузии  этанола в воде определим по формуле:

,                                                         (27)

где  - параметр, учитывающий ассоциацию молекул растворителя;

M - молекулярная масса растворителя (воды);

T - температура процесса абсорбции, К;

 - вязкость воды, мПа.с;

 - молекулярный объем этанола.

                                                                   (3, c. 370)

                                                        (3, c. 578)

Определим критерий Прандтля по формуле (26):

Определим критерий массоотдачи в жидкой фазе по формуле (23):

Выразим  в выбранной для расчета размерности:

Найдем коэффициент массопередачи по газовой фазе по формуле (11):

**1.7 Расчет поверхности массопередачи и высоты абсорбера**

Поверхность массопередачи в абсорбере определяется по формуле:

,                                                                                   (28)

где M - производительность абсорбера по поглощаемому компоненту, кг/с;

Ky - коэффициент массопередачи по газовой фазе, кг/м2.с;

 - средняя движущая сила процесса абсорбции, кг /кг.



Высоту насадки, требуемую для создания этой поверхности массопередачи, рассчитаем по формуле :

,                                                                       (29)

где - поверхность массопередачи, м2;

σ - удельная поверхность насадки, м2/м3;

 - диаметр абсорбера, м;

 - доля активной поверхности.



При U<0,003м3(м2с) для регулярной насадки, доля активной поверхности, может быть определено по приближенному выражению (Дытнерский 2-е изд 67стр).

Поставив численные значения, получим:

Плотность насадки составляет 670кг/м3, для сокращения действия массы насадок на решетки в скруббере используем два последовательно соединенных скруббера и соответственно высоту насадки для каждого скруббера принимаем 5м, следовательно общая высота насадки составит 10м.

**1.8 Расчет гидравлического сопротивления абсорбера**

Величина гидравлического сопротивления колонных аппаратов (ректификационных, абсорбционных, экстракционных) влияет на технологический режим работы аппарата.

При расчете колонн определяют гидравлическое сопротивление аппарата, для того чтобы выбрать оптимальные скорости фазовых потоков, обеспечивающих эффективный массообмен. По гидравлическому сопротивлению колонны подбирают вентилятор, компрессор или насос для подачи газов и жидкостей, обеспечивающих скорость движения фаз.

Величину  находят по формуле (1, c. 201):

,                                                                                  (30)

где - гидравлическое сопротивление сухой (неорошаемой жидкостью) насадки, Па;

 - плотность орошения, м/с;

=144 – коэффициент (1, c. 201).

Гидравлическое сопротивление сухой насадки  определяют по уравнению (1, c. 201):

,                                                                          (31)

где λ - коэффициент сопротивления насадки;

H - высота насадки, м;

 - эквивалентный диаметр насадки, м;

 - плотность газа, кг/м3;

 - скорость газа в свободном сечении насадки, м/с;

Скорость газа в свободном сечении насадки определим из соотношения (1, c. 201):

,                                                                                               (32)

где - рабочая скорость газа в абсорбере, м/с;

Vсв - доля свободного объема, м3/м3.

λ - коэффициент сопротивления насадки, учитывающий суммарные потери давления на трение и местные сопротивления насадки.

Коэффициент сопротивления регулярных насадок находят по уравнению (1, с.18):

,                                                                                    (33)

где:

,                                                           (34)

где dВ и dН – соответственно внутренний и наружный диаметр кольца; dэ – эквивалентный диаметр.

**1.9 Механический расчет основных узлов и деталей абсорбера**

Механический расчет состоит из проверки на прочность отдельных узлов и деталей и сводится к определению номинальных размеров (толщины стенок обечаек, фланцев, днищ и т.д.), которые должны обеспечить им необходимую долговечность.

Расчет толщины цилиндрических обечаек с учетом прибавок производится по формуле (6, с. 413):

,                                                                               (35)

где s/ - номинальная толщина стенки, мм;

 - прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм;

 - прибавка для компенсации минусового допуска, мм;

 - технологическая прибавка для компенсации утонения стенки при технологических операциях, мм.

Так как  номинальную толщину стенки определяем по формуле (6, с. 413):

                                                                                           (36)

где - расчетное давление, МПа;

 - внутренний диаметр абсорбера, мм;

 - допускаемое напряжение, МПа;

 - коэффициент прочности сварного шва.

Коэффициент прочности сварного шва *j* = 1,0 при контроле шва на длине 100% и *j* =0,9 при 50% -ном контроле длины шва.

Исполнительную толщину стенки выбирают из стандартного ряда толщин труб или листового проката. Фактическая толщина должна быть больше расчетной величины и обеспечивать также необходимую жесткость обечайки.

Минимальная толщина цилиндрических обечаек без прибавки на коррозию и эрозию зависит от их диаметра:

Таблица 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *D*, мм | от 150 до 400 | свыше 400 до 1000 | свыше 1000 до 2000 |
| *s*, мм | 2 | 3 | 4 |

(для стали 09Г2С при 200С) (1, с. 394]

(при контроле шва на длине 100%)



Номинальная расчетная толщина стенки s/ меньше минимальной толщины (таблица 2.), поэтому номинальную толщину принимаем равной 4мм, с учетом прибавок на коррозию и эрозию толщину стенки принимаем равной s=8мм.

Допускаемое давление в обечайке определим по формуле (6, с. 415):

,                                                                              (37)

где  - допускаемое напряжение, МПа;

 - толщина цилиндрический обечайки, мм;

 - внутренний диаметр абсорбера, мм;

 - прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм;

(для стали 09Г2С при 200С) (1, с. 394)



Необходимую толщину ***эллиптических днищ*** вычисляют по уравнению (6, с. 453):

                                                                        (38)

где - расчетное давление, МПа;

 - допускаемое напряжение, МПа;

 - коэффициент прочности сварного шва;

 – максимальный радиус кривизны днища, мм.

 - прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм;

 - прибавка для компенсации минусового допуска, мм;

 - технологическая прибавка для компенсации утонения стенки при технологических операциях, мм.

Максимальный радиус кривизны днища определяется по формуле:

,                                                                                             (39)

где  - внутренний диаметр абсорбера, мм;

H *–* высота днища, мм.

 (6, c. 440)

Толщину эллиптического днища принимаем равной 8мм, исходя из условий соответствующих толщине обечайки.

**Заключение**

В данном курсовом проекте был рассмотрен и изучен процесс абсорбции с целью уменьшения концентрации паров этанола с 0,80 (мол.%) до 0,01 (мол.%) в инертном газе (азоте) с помощью воды. Основным аппаратом данного процесса является насадочный абсорбер с упорядоченными керамическими кольцами Рашига.

В результате расчетов были определены следующие параметры:

1) диаметр абсорбера – 1400мм;

2) высота насадок – 5м.

3) поверхность массопередачи – 1170м2

4) производительность колонны – 138,90кг/ч;

**Список используемой литературы**

1.   Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по курсовому проектированию/Под ред. Ю.И. Дытнерского, 3-е изд., стереотипное. – М: ООО ИД «Альянс», 2007 – 496с.

2.   Рамм В.М. Абсорбция газов. – М.: Химия, 1966. – 768 с.

3.   Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Изд. 7-е, перераб. Изд-во «Химия», 1970, стр.624.

4.   Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1971. – 784 с.

5.   Кувшинский А.Г., Соболева А.П. Курсовое проектирование по предмету «Процессы и аппараты химической промышленности»: Учеб. Пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1980. – 223 с.

6.   Лащинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. – Л.: Машиностроение, 1970. –752 с.

7.   Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи. Учебное пособие/ И.В. Доманский, В.П. Исаков, Г.М. Островский и др. – Под общ. ред. В.Н. Соколова – Л.: Машиностроение, 1982. – 384 с.

8.   Плановский А.Н., Гуревич Д.А. Аппаратура промышленности полупродуктов и красителей.– М.: ГНТИ ХЛ, 1961. – 504 с.

9.   Гороновский И.Т., Назаренко Ю.П., Некряч Е.Ф. Краткий справочник по химии. – Киев: Наукова думка, 1987. – 830 с.

10.      Казанская А.С., Скобло В.А. Расчеты химических равновесий. Сборник примеров и задач. – М.: Высшая школа, 1974. – 288 с.

11.       Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты: Методы расчета и основы конструирования. – М.: Химия, 1978. – 277 с.

12.       Альперт Т.З. Основы проектирования химических установок: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1082. – 304 с.

13.       Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза: Учеб. пособие. – М.: Химия, 1971. – 840 с.

14.       Расчеты химико-технологических процессов: Учебное пособие/ под общей ред. И.П. Мухленова. – Л.: Химия, 1976. – 304 с.

15.       Рейхсфельд В.О., Шеин В.С., Ермаков В.И. Реакционная аппаратура и машины заводов основного органического синтеза и синтетического каучука: Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. – Л.: Химия, 1985. – 264 с.