

- для очистки газовых выбросов от вредных примесей (на пример, очистка топочных газов от SO_2 , очистка от фтористых соединений газов, выделяющихся при производстве минеральных удобрений и т.д.). Очистку газов от вредных примесей адсорбцией используют также применительно к технологическим газам, когда присутствие примесей недопустимо для дальнейшей переработки газа (на-пример, очистка коксового и нефтяного газов от H_2S , очистка азотоводородной смеси для синтеза аммиака от CO_2 и CO и т. д.). В этих случаях извлекаемые из газовых смесей компоненты обычно используют, поэтому их выделяют десорбцией;

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

Расчет абсорбера для поглощения аммиака в из продувочных газов является целью данного курсового проекта.

		N				8

Газ на абсорбцию подается газодувкой 1 в нижнюю часть колонны 2, где равномерно распределяется перед поступлением на контактный элемент (насадку или тарелки). Абсорбент из промежуточной емкости 9 насосом 10 подается в верхнюю часть колонны и равномерно распределяется по поперечному сечению абсорбера с помощью оросителя 4. В колонне осуществляется противоточное взаимодействие газа и жидкости. Очищенный газ, пройдя брызгоотбойник 3, выходит из колонны. Абсорбент стекает через гидрозатвор в промежуточную емкость 13, откуда насосом 12 направляется на регенерацию в десорбер 7, после предварительного подогрева в теплообменнике-рекуператоре 11. Исчерпывание поглощенного компонента из абсорбента производится в кубе 8, обогреваемом, как правило, насыщенным водяным паром. Перед подачей на орошение колонны абсорбент, пройдя теплообменник-рекуператор И, дополнительно охлаждается в холодильнике 5.

							10

сорбции, в аппаратах устанавливают змеевики, охлаждаемые водой или другим охлаждающим агентом, либо помещают абсорберы в сосуды с проточной водой.

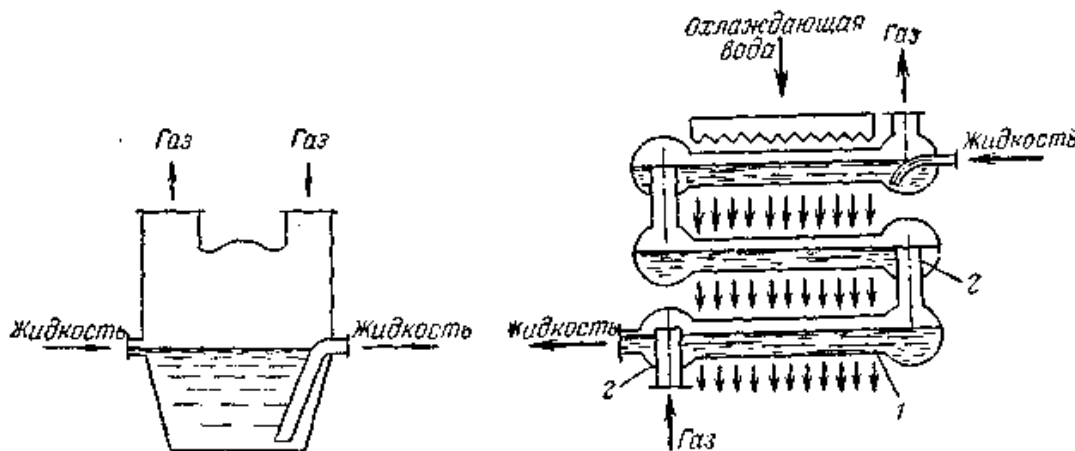


Рисунок 2.1 – Поверхностный абсорбер

Пластинчатый абсорбер состоит из двух систем каналов: по каналам 1 большего 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.

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.

Насадочные абсорберы. Широкое распространение в промышленности в качестве абсорберов получили колонны, заполненные насадкой — твердыми телами различной формы [3]. Такие колонны называются насадочными. Насадочный абсорбер изображен на рисунке 2.2.

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.

Основными характеристиками насадки являются ее удельная поверхность и свободный объем. Величину свободного объема для непористой насадки обычно определяют путем заполнения объема насадки водой. Отношение объема воды к объему, занимаемому насадкой, Выбор насадок. Для того чтобы насадка работала эффективно, она должна удовлетворять следующим основным требованиям: 1) обладать большой поверхностью в единице объема; 2) хорошо смачиваться орошающей жидкостью; 3) оказывать малое гидравлическое сопротивление газовому потоку; 4) равномерно распределять орошающую жидкость; 5) быть стойкой к химическому воздействию жидкости и газа, движущихся в колонне; 6) иметь малый удельный вес; 7) обладать высокой механической прочностью; 8) иметь невысокую стоимость [2].

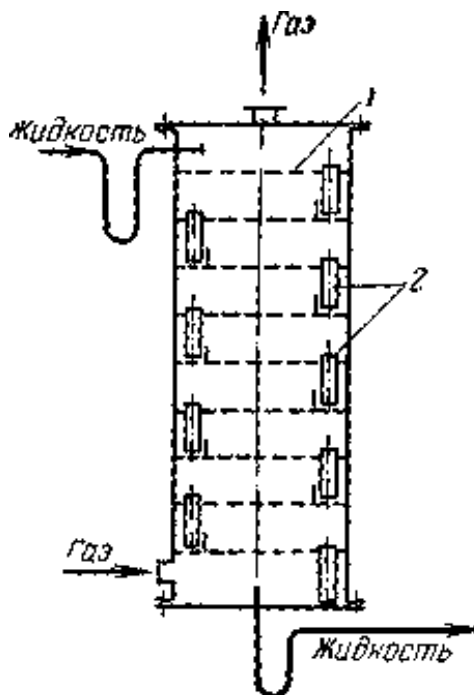
Насадок, полностью удовлетворяющих всем указанным требованиям, не существует, так как, например, увеличение удельной поверхности насадки влечет за собой увеличение гидравлического сопротивления аппарата и снижение предельных нагрузок. В промышленности применяют разнообразные по форме и размерам насадки, которые в той или иной мере удовлетворяют требованиям, являющимся основными при проведении конкретного процесса абсорбции. Насадки изготавливают из разнообразных материалов (керамика, фарфор, сталь, пластмассы и др.) выбор которых диктуется величиной удельной поверхности насадки, смачиваемостью и коррозионной стойкостью.

В качестве насадки используют также засыпаемые навалом в колонну куски кокса или кварца размерами. Однако вследствие ряда недостатков (малая удельная поверхность, высокое гидравлическое сопротивление и т. д.) кусковую насадку в настоящее время применяют редко.

		N				14

ствляется направленное движение фаз и многократное взаимодействие жидкости и газа [2].

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



1 – тарелка; 2 – сливные устройства.

Рисунок 2.4 – Тарельчатая колонна со сливными устройствами

Тарельчатые колонны со сливными устройствами. В этих колоннах перелив жидкости с 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, исключающие возможность прохождения газа через сливное устройство.

В зависимости от скорости газа и плотности орошения различают три основных гидродинамических режима работы барботажных тарелок: пузырьковый, пенный и струйный, или инъекционный. Эти режимы отличаются структурой барботажного слоя.

В зависимости от конструкции устройств для ввода пара в жидкость различают ситчатые (дырчатые), колпачковые, клапанные, язычковые (чешуйчатые) и

Высота слоя жидкости на полотно тарелки определяется высотой сливной перегородки и подпором жидкости над гребнем слива. Изменяя высоту сливной перегородки, можно менять уровень жидкости на тарелке [2].

Поток паров при поступлении в слой жидкости прорезями колпачков разбивается на большое число отдельных струй, которые с большой скоростью входят в жидкость. В пространстве между смежными колпачками паровые и жидкостные струи, сталкиваясь, деформируются, образуя слой газожидкостной системы (пены) с сильно развитой поверхностью контакта фаз (рисунок 2.5, б).

В соответствии с техническим заданием примем тарельчатый абсорбер с колпачковыми тарелками.

		N							18

4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

4.1 Исходные данные к расчету

Согласно заданию на проектирование, исходными данными для расчета ректификационной колонны являются следующие величины

Таблица 4.1 – Исходные данные к расчету колонны

Наименование показателя	Обозначение	Величина
Расход газовой смеси (н. у)	V	0.7 м ³ /с
Состав газовой смеси		
NH ₃	Y ₁	9 %
CH ₄	Y ₂	6 %
N ₂ + 3H ₂	Y ₃	85 %
Содержание поглощаемого компонента в газовой смеси		
начальное (об)	Y _н	9,00 %
конечное (об)	Y _к	0,18 %
Абсолютное давление газовой смеси	P _г	1,47×10 ⁵ Па
Температура газовой смеси	T _г	298 К
Температура поглотителя	T _п	298 К
Тип колонны	—	тарельч.

		N	

4.2 Расчет расхода поглотителя

Выполним перерасчет объемного расхода в мольный

$$G_1 = \frac{V}{V_0} = \frac{0,7 \times 1000}{22,4} = 31,25 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{С}} = 112,50 \frac{\text{КМОЛЬ}}{\text{Ч}}$$

Степень извлечения NH_3 из газовой смеси

$$\psi_a := \frac{Y_H - Y_K}{Y_H} = \frac{9,00 - 0,18}{9,00} = 0,9800$$

Расход аммиака в газе

$$G_a := G_1 \cdot Y_H = 112,50 \times 0,0900 = 10,13 \text{ кмоль/ч}$$

Количество поглощенного аммиака

$$W_a := G_a \cdot \psi_a = 10,13 \times 0,9800 = 9,92 \text{ кмоль/ч}$$

Количество уходящего газа

$$G_2 := G_1 - W_a = 112,50 - 9,92 = 102,58 \text{ кмоль/ч}$$

Определим молярную массу газа по принципу аддитивности. Молярная масса отдельных компонентов

$$M_a = M(\text{NH}_3) = 14 + 1 \times 3 = 17 \text{ кг/кмоль}$$

$$M(\text{CH}_4) = 12 + 1 \times 4 = 16 \text{ кг/кмоль}$$

$$M(\text{N}_2 + 3\text{H}_2) = 14 \times 2 + 3 \times 1 \times 2 = 34 \text{ кг/кмоль}$$

Молярная масса смеси

$$M_{\text{см}} = 17 \times 0,09 + 16 \times 0,06 + 34 \times 0,85 = 31,4 \text{ кг/кмоль}$$

Равновесная концентрация аммиака в жидкости

$$X_a := Y_H \cdot \frac{M_a}{M_{\text{см}}} = 0,0900 \times \frac{17}{31,4} = 4,87 \%$$

Минимальный расход поглотителя (воды)

$$L_{\text{min}} := \frac{W_a}{X_a} = \frac{9,92}{0,0487} = 203,6 \text{ кмоль/ч}$$

Для обеспечения запаса увеличим расход поглотителя на 10%

$$L = 1,1 L_{\text{min}} = 1,1 \times 203,6 = 223,9 \text{ кмоль/ч}$$

Принимаем расход поглотителя (воды)

		N	.	.	.	22

3. Определение скорости газа и диаметра абсорбера

Для колпачковых тарелок предельно допустимую скорость рекомендуется рассчитывать по уравнению [3]

$$w_{lim} = \frac{0,0155}{d_k^{2/3}} \sqrt{\frac{\rho_{ж}}{\rho_{г}} h_k}$$

где d_k – диаметр колпачка, принимаем предварительно стандартное значение $d_k = 80$ мм [7, табл. 24.1];

$\rho_{ж}$ – плотность жидкости на тарелке, кг/м³;

$\rho_{г}$ – плотность газовой фазы на тарелке, кг/м³;

h_k – расстояние от верхнего края колпачка до вышележащей тарелки, м.

Плотность поглотителя (воды) примем в соответствии со справочными данными [6, табл. XXXIX], выполнив интерполяцию

$$\rho_{ж} = \rho_{ж25} = \frac{\rho_{ж20} + \rho_{ж30}}{2}$$

где $\rho_{ж25}$ – плотность воды при 25 °С;

$\rho_{ж20} = 996$ кг/м³ – плотность воды при 20 °С;

$\rho_{ж30} = 998$ кг/м³ – плотность воды при 30 °С;

Итого

$$\rho_{ж} = \frac{996 + 998}{2} = 997 \text{ кг/м}^3$$

Для определения плотности газа при н.у. вычислим массовый расход каждого компонента

$$G_{Mi} = G_1 Y_i M_i$$

$$G_M(\text{NH}_3) = G_1 Y_1 M(\text{NH}_3) = 112,50 \times 0,09 \times 17 = 172 \text{ кг/ч}$$

$$G_M(\text{CH}_4) = G_1 Y_2 M(\text{CH}_4) = 112,50 \times 0,06 \times 16 = 108 \text{ кг/ч}$$

$$G_M(\text{N}_2 + 3\text{H}_2) = G_1 Y_3 M(\text{N}_2 + 3\text{H}_2) = 112,50 \times 0,85 \times 34 = 3251 \text{ кг/ч}$$

Массовый расход смеси

$$G_M = \Sigma G_{Mi} = 172 + 108 + 3251 = 3531 \text{ кг/ч}$$

Действительный объемный расход газовой смеси

		N				24

$$\varepsilon := \frac{\sqrt{Fr}}{1 + \sqrt{Fr}}$$

где Fr – критерий Фруда

$$Fr := \frac{w^2}{g \cdot h_0}$$

Высота уровня спокойной жидкости определяется по эмпирической формуле, приведенной в [4]

$$h_0 = 0,0419 + 0,19 h_{пер} - 0,0135 \sqrt{\rho_r} + 2,46q$$

где ρ_r – плотность газовой фазы на тарелке, из предыдущих расчетов $\rho_r = 1,862 \text{ кг/м}^3$;

$q = Q / L_c$ – расход поглотителя на единицу длины периметра слива, $\text{м}^3/(\text{м} \times \text{ч})$;

Q – объемный расход жидкости, $\text{м}^3/\text{с}$

$$Q = L \frac{M_{ж}}{\rho_{ж}}$$

где $M_{ж} = M(\text{H}_2\text{O}) = 2 + 16 = 18 \text{ кг/кмоль}$ – мольная масса поглотителя;

$\rho_{ж}$ – плотность поглотителя, из предыдущих расчетов $\rho_{ж} = 997 \text{ кг/м}^3$.

Следовательно

$$Q = 225 \times \frac{18}{997} = 4,06 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Соответственно расход поглотителя на единицу длины периметра слива

$$q = 4,06 / 0,686 = 5,930 \text{ м}^3/(\text{м} \times \text{ч})$$

Высота уровня спокойной жидкости

$$h_0 = 0,0419 + 0,19 \times 0,055_p - 0,0135 \sqrt{1,862} + 2,46 \times 5,930 = 0,0380 \text{ м} = 38 \text{ мм}$$

Критерий Фруда

$$Fr = \frac{0,671^2}{9,81 \times 0,0380} = 1,207$$

Газосодержащие слоя

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{1,207}}{1 + \sqrt{1,207}} = 0,524$$

Высота газожидкостного слоя (пены)

		N				28

$$F_n = \frac{168,7}{0,1982 \times 0,0126} = 18,8 \text{ м}^2$$

Рабочая площадь одной тарелки

$$F_T := F_K - F_C$$

где F_K – площадь сечения колонны, м^2

$$F_K := \pi \cdot \frac{D^2}{4} = 3,14 \times \frac{1,0^2}{4} = 0,7854 \text{ м}^2$$

$$F_T = 0,7854 - 0,0510 = 0,7344 \text{ м}^2$$

Число тарелок абсорбера

$$N := \frac{F_n}{F_T} = \frac{18,8}{0,7344} = 25,6$$

Принимаем с запасом

$$N = 27$$

4.4 Расчет гидравлического сопротивления абсорбера

Гидравлическое сопротивление одной тарелки

$$\Delta P_T = \Delta P_{CT} + \Delta P_{\sigma} + \Delta P_{ГЖ}$$

где ΔP_{CT} – сопротивление сухой тарелки, Па;

ΔP_{σ} – сопротивление от сил поверхностного натяжения, Па.

Сопротивление сухой тарелки

$$\Delta P_{CT} := \xi \cdot \frac{w_{пр}^2 \cdot \rho_{Г}}{2}$$

где $\xi = 4,7$ – коэффициент сопротивления для колпачковых тарелок [4]

$w_{пр}$ – скорость газа в прорезях колпачков

$$w_{пр} := 0,6 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \rho_{ж} \cdot g \cdot h_{пр}}{\rho_{Г}}} = 0,6 \times \sqrt{\frac{2 \times 997 \times 9,81 \times 0,020}{1,862}} = 8,69 \text{ м/с}$$

$$\Delta P_{CT} = 4,7 \times \frac{8,69^2 \times 1,862}{2} = 331 \text{ Па}$$

		N				30

После определения $D_{\text{шр}}$ осуществляется подбор стандартного диаметра $D_{\text{ш}}$ и определение действительной скорости потока среды в штуцере:

$$w = \frac{4V}{\pi D_{\text{ш}}^2}$$

При выходе действительной скорости за границы допустимой осуществляют выбор другого диаметра и повторный расчет действительной скорости потока.

Таблица 4.3 – Характеристика основных штуцеров колонны

Расчетный параметр	Ввод газа	Вывод газа	Ввод поглотителя	Вывод поглотителя
Расход потока, кмоль/ч	112,5	102,6	225	225
Мольная масса, кг/кмоль	31,4	33,6	18	18
Плотность потока, кг/м ³	1,862	1,862	997	997
Объемный расход, м ³ /с	0,527	0,481	0,00113	0,00113
Рекомендуемая скорость, м/с	15,00	10,00	1,0	0,50
Расчитанный диаметр, м	0,211	0,247	0,038	0,053
Принятый диаметр, м	0,200	0,250	0,100	0,50
Действительная скорость, м/с	16,8	9,79	0,14	0,57

4.6 Определение высотных размеров колонны.

Схема к расчету высоты колонны приведена на рисунке 4.3.

Полная высота колонны вычисляется по формуле

$$H_k = H_{\text{оп}} + H_1 + H_{\text{тар}} + H_2 + H_{\text{дн}}, \text{ м,}$$

где $H_{\text{оп}}$ – высота опорной части (мантии), принимаемая равной 2 м;

H_1 – высота от нижнего днища до нижней тарелки, принимаемая равной 1 ... 1,5 м;

$H_{\text{тар}}$ – высота тарельчатой части, м;

H_2 – высота от верхней тарелки, до верхнего днища, принимаемая равной 1,5 ... 2 м;

$H_{\text{дн}}$ – высота верхнего днища, м.

Принимаем трубу с внутренним диаметром 25 мм и толщиной стенки 2 мм.
Тогда действительная скорость воды в трубопроводе

$$w = \frac{4L}{\pi d^2} = \frac{4 \times 0,00113}{3,14 \times 0,025^2} = 2,30 \text{ м/с}$$

Определим критерий Рейнольдса

$$Re = \frac{w \rho d}{\mu}$$

где μ – вязкость поглотителя, для воды при 25 °С [6, т. V].

$$\mu = 0,8937 \times 10^{-3} \text{ Н} \times \text{с} / \text{м}^2$$

Тогда

$$Re = \frac{2,30 \times 997 \times 0,025}{0,8937 \times 10^{-3}} = 64146$$

Режим течения турбулентный. Принимаем стальные новые трубы, для которых абсолютная шероховатость внутренней стенки [3]

$$\Delta = 0,08 \text{ мм} = 8 \times 10^{-5} \text{ мм}$$

Тогда относительная шероховатость трубы

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{0,08}{25} = 0,0032$$

В рассматриваемом случае имеем зону смешанного трения, поскольку

$$100/e < Re < 560 / e$$

$$100 / 0,0032 < 64146 < 560 / 0,0032$$

$$31250 < 64146 < 175000$$

Для этой зоны значение коэффициента трения [3]

$$\lambda = 0,11 (e + 68 / Re)^{0,25} = 0,11 \times (0,0032 + 68 / 64146)^{0,25} = 0,0281$$

Определим сумму коэффициентов местных сопротивлений [1]

1. выход из штуцера в аппарат: $\xi = 1$
2. колено с углом 90° при d = 25 мм (два поворота): $\xi = 2 \times 2 = 4$
3. вентиль прямооточный при полном открытии для d = 25 мм: $\xi = 1,04$

		N								36

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном курсовом проекте был изучен процесс абсорбции NH_3 водой в тарельчатом абсорбере. Был осуществлен обзор конструкций оборудования и осуществлен выбор типа контактных устройств – колпачковых тарелок.

В ходе курсового проекта были проведены технологический расчет абсорбера и расчет вспомогательного оборудования.

В результате подбора стандартных значений был спроектирован абсорбер диаметром 1000 мм и высотой около 12 м. Число тарелок 27 шт.

Рассчитанная абсорбционная колонна удовлетворяет техническому заданию и может быть использована в производстве.

		N	.	.	.	38