

Введение

В промышленности карбамид получают различными способами, отличающихся друг от друга как по виду добавок и способу их приготовления, так и по способу гранулирования плава.

В последние годы начал широко применяться процесс стриппинга, который заключается в том, что разложение карбамата аммония в плаве после колонны синтеза ведут при давлении, близком к давлению на ступени синтеза, продувкой плава сжатым диоксидом углерода или сжатым газообразным аммиаком. В этих условиях карбамат аммония дросселируют, так как при продувке плава диоксидом углерода резко снижается парциальное давление аммиака и нарушается равновесие процесса. [1]

Этот процесс отличается использованием тепла образования карбамата и более низкими расходами энергии. В азотной промышленности стриппинг-процесс применяется в агрегатах большой единичной мощности – 1000 и 1500 тонн в сутки.

Расчет теплообменного аппарата для разложения карбамата аммония и удаления двуокси углерода из раствора карбамида (стриппер-дистиллятора), работающего в составе установки производства карбамида, является целью данного курсового проекта.

										Лист
Изм.	Лист	№ докц.	Подп.	Дата						

холодильников типа Н может составлять от 20 до 60 град, в зависимости от материала труб и кожуха, от давления в кожухе и от диаметра аппарата.

Холодильники могут устанавливаться горизонтально или вертикально, быть одно-, двух-, четырех- и шестиходовыми по трубному пространству. Трубы могут быть изготовлены из углеродистой или нержавеющей стали, а по ГОСТ 15120—79 — также из латуни. Кожух, распределительные камеры и крышки изготовляют из углеродистой или нержавеющей стали.

На рисунке 2.2 изображен кожухотрубчатый холодильник с плавающей головкой, предназначенный для охлаждения (нагрева) жидких или газообразных сред без изменения их агрегатного состояния.

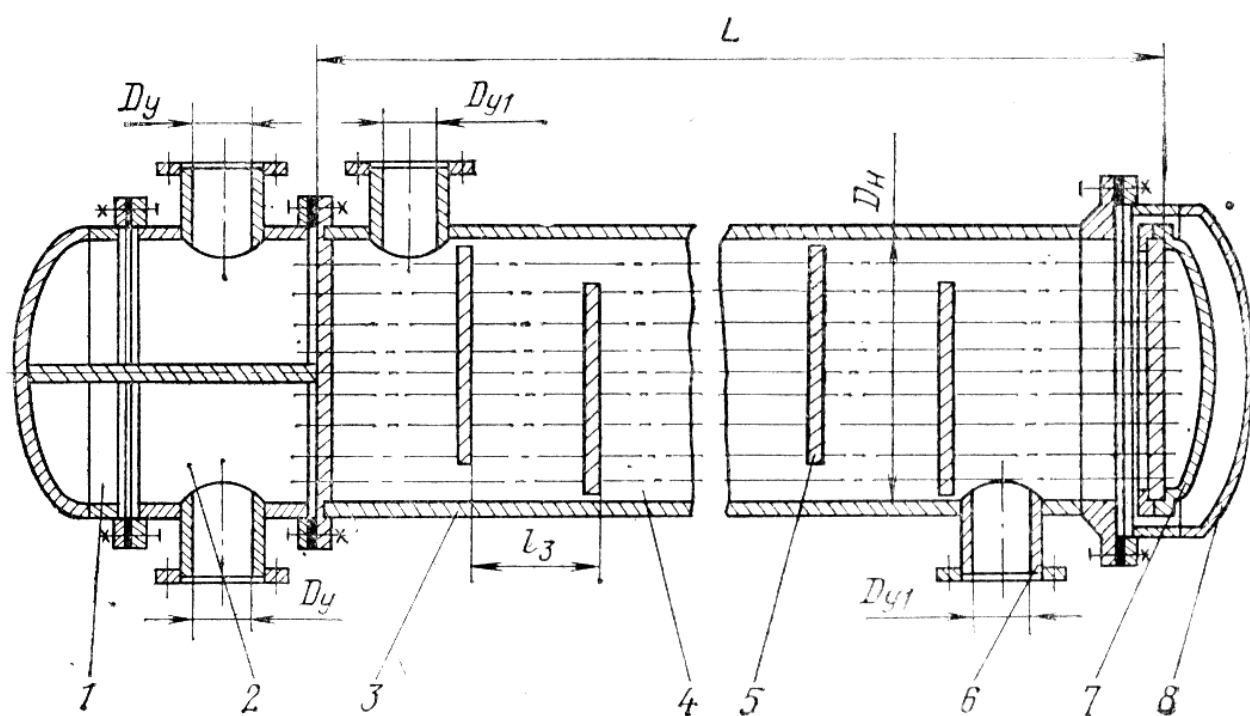


Рисунок 2.2 – Кожухотрубчатый холодильник с плавающей головкой

1 – крышка распределительной камеры; 2 – распределительная камера; 3 – кожух; 4 – теплообменная труба; 5 – перегородка с сегментным вырезом; 6 – штуцер; 7 – крышка плавающей головки; 8 – крышка кожуха.

Не закрепленная на кожухе вторая трубная решетка вместе с внутренней крышкой, отделяющей трубное пространство от межтрубного, образуют так называемую плавающую головку. Такая конструкция исключает температурные напряжения в кожухе и трубах. Эти теплообменники, нормализованные в соот-

										Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата						

Стриппер-дистиллятор представляет собой теплообменный аппарат пленочного типа. (см. рисунок 2.3). [1]

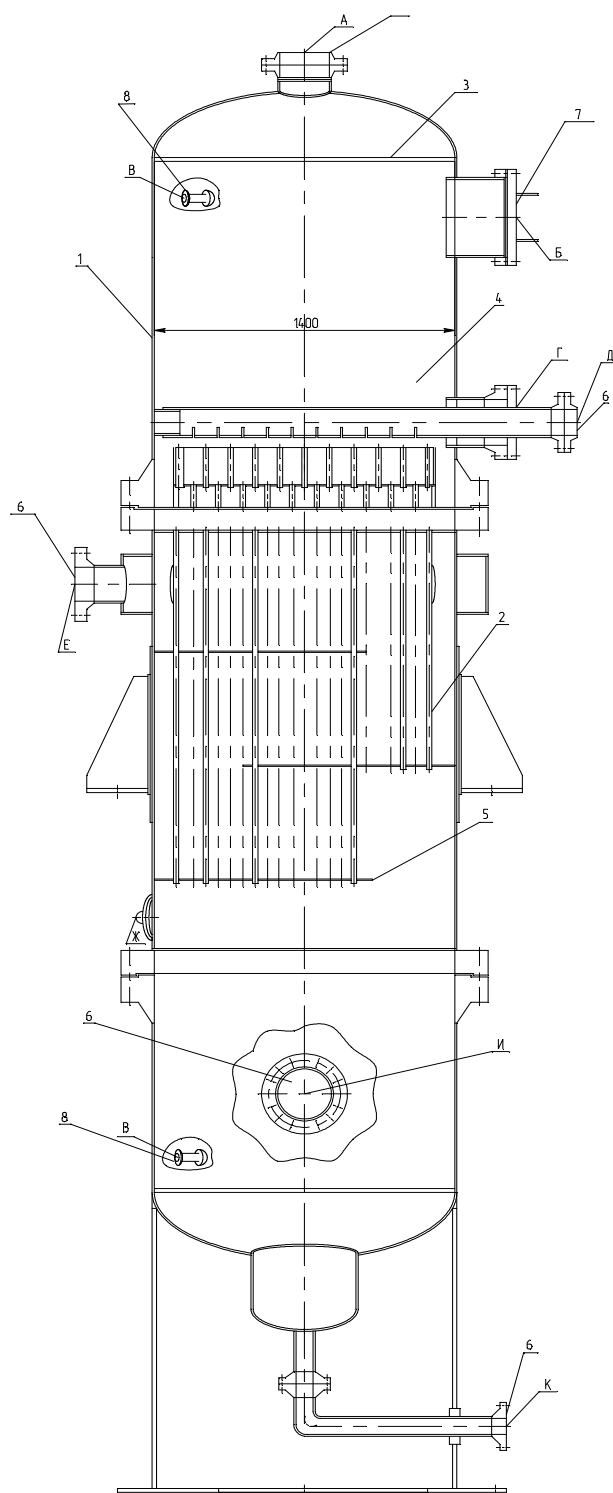


Рисунок 2.4 – Стриппер-дистиллятор:

1-кожух, 2-теплообменные трубы, 3-крышка распределительной камеры, 4-распределительная камера, 5-перегородка с сегментным вырезом, 6-штуцер, 7-люк для монтажа, 8-бобышки для подсоединения фланцевых разделителей.

На верхней камере расположены штуцер выхода газов дистилляции и ввод раствора карбамида; на нижней камере – ввод углекислого газа, штуцер выхода

											Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата							

Массовый состав газов дистилляции

$$y_{д1} = G_{д1} / G_{д} = 1391 / 10572 = 0,1316; \quad (3.38)$$

$$y_{д2} = G_{д2} / G_{д} = 9181 / 10572 = 0,8684. \quad (3.39)$$

Материальный баланс аппарата

$$\text{приход: } G_{г} + G_{вх} = 8372 + 35170 = 43542 \text{ кг/ч}; \quad (3.40)$$

$$\text{расход: } G_{д} + G_{вых} = 10572 + 32970 = 43542 \text{ кг/ч}. \quad (3.41)$$

Результаты материального расчета сведем в таблицу

Таблица 3.2 – Материальный баланс стриппер-дистиллятора

Компонент	Приход		Расход	
	Количество, кг/ч	Массовый состав, %	Количество, кг/ч	Массовый состав, %
Раствор карбамида				
карбамид	15123	0,4300	18207	0,5522
карбамат	4220	0,1200	211	0,0064
аммиак	3974	0,1130	2583	0,0784
двуокись углерода	879	0,0250	70	0,0021
вода	10973	0,3120	11898	0,3609
Всего	35170	1,0000	32970	1,0000
Продувочные газы				
аммиак			1391	0,1316
двуокись углерода	8372	1,0000	9181	0,8684
Всего	8372	1,0000	102572	1,0000
Баланс				
Всего	43542		43542	

3.3 Тепловой баланс аппарата

Теплоемкость компонентов в жидкой фазе определяем по справочным данным [3]

$$c_{к} = 1875 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}; c_{км} = 1950 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}; c_{а} = 2220 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}; c_{ду} = 838 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}; c_{в} = 4200 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}.$$

3.4 Расчет диаметров основных штуцеров аппарата

Объемный расход раствора на входе в аппарат

$$V_{\text{вх}} = \frac{G_{\text{вх}}}{\rho_{\text{вх}}}, \quad (3.51)$$

где $\rho_{\text{вх}}$ – плотность раствора на входе, рассчитывается по формуле

$$\rho_{\text{вх}} = \frac{1}{\sum(x_i/\rho_i)}, \quad (3.52)$$

где ρ_i – плотность компонента в смеси.

В смеси содержится растворенный газ, плотность которого меняется с изменением режимных параметров. Плотность карбамида, карбамата и воды согласно справочным данным [3]

$$\rho_{\text{к}} = 1320 \text{ кг/м}^3; \rho_{\text{км}} = 1480 \text{ кг/м}^3; \rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3.$$

Плотность аммиака и двуокиси углерода при $P_0 = 0,1013 \text{ МПа}$ и $T = 273 \text{ К}$ согласно справочным данным [3]

$$\rho_{\text{а0}} = 0,77 \text{ кг/м}^3; \rho_{\text{ду0}} = 1,98 \text{ кг/м}^3.$$

Плотность растворенных газов в рабочих условиях

$$\rho_{\text{а}} = \rho_{\text{а0}} \frac{P_{\text{вх}} T_0}{(t_{\text{вх}} + T_0) P_0} = 0,77 \cdot \frac{2,2 \cdot 273}{(150 + 273) \cdot 0,1013} = 10,80 \text{ кг/м}^3; \quad (3.53)$$

$$\rho_{\text{ду}} = \rho_{\text{ду0}} \frac{P_{\text{вх}} T_0}{(t_{\text{вх}} + T_0) P_0} = 1,98 \cdot \frac{2,2 \cdot 273}{(150 + 273) \cdot 0,1013} = 27,75 \text{ кг/м}^3. \quad (3.54)$$

Плотность раствора на входе в рабочих условиях

$$\rho_{\text{вх}} = \frac{1}{\frac{0,4300}{1320} + \frac{0,1200}{1480} + \frac{0,1130}{10,80} + \frac{0,0250}{27,75} + \frac{0,3120}{1000}} = 82,76 \text{ кг/м}^3.$$

Объемный расход раствора карбамида на входе в аппарат

$$V_{\text{вх}} = 35170 / 82,76 = 425 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,1180 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расчетный диаметр штуцера для ввода исходного раствора

$$D_{\text{вх}} = \sqrt{\frac{4 V_{\text{вх}}}{\pi \omega_{\text{вх}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1180}{3,14 \cdot 4}} = 0,193 \text{ м}, \quad (3.55)$$

где $\omega_{\text{вх}}$ – скорость среды в штуцере, принимаем $\omega_{\text{вх}} = 4 \text{ м/с}$.

Принимаем стандартный диаметр штуцера ввода исходной смеси

$$D_{\text{вх}} = 200 \text{ мм}.$$

										Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата						

Re_p – критерий Рейнольдса, для пленки раствора;

q – удельная тепловая нагрузка, Вт/м².

В результате расчета получаем

$$\alpha_2 = 3354 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}. \quad (3.75)$$

Фактический коэффициент теплопередачи

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_M}{\lambda_M} + \frac{1}{r_{31}} + \frac{1}{r_{23}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3.76)$$

где λ_M – коэффициент теплопроводности стали, $\lambda_M = 14,7$ Вт/(м·К);

δ_M – толщина стенки трубы, $\delta_M = 2$ мм;

r_{31} – теплопроводность загрязнений раствора, $r_{31} = 250$ Вт/(м²·К);

r_{32} – теплопроводность загрязнений пара, $r_{31} = 580$ Вт/(м²·К);

Итого получаем

$$K = \frac{1}{\frac{1}{5451} + \frac{0,002}{14,7} + \frac{1}{250} + \frac{1}{580} + \frac{1}{3354}} = 117 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}.$$

Действительная поверхность теплопередачи

$$F = \frac{421}{0,117 \cdot 44,9} = 80,1 \text{ м}^2.$$

Запас по поверхности

$$\frac{109 - 80,1}{109} = 26\%.$$

3.6 Расчет тепловой изоляции аппарата

Схема к расчету показана на рисунке 3.2.

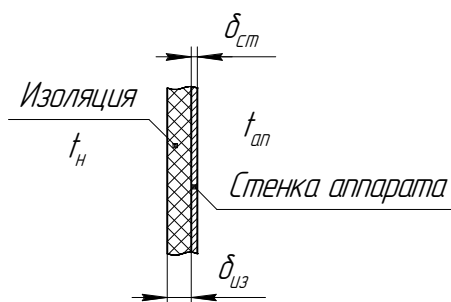


Рисунок 3.2 – Схема к расчету толщины слоя изоляции.

									Лист
Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата					

4 Конструирование и прочностной расчет

Целью данного раздела, является выбор конструкционных материалов, разработка и описание конструкции проектируемого оборудования, проведение расчетов на прочность и устойчивость.

4.1 Конструирование элементов основного оборудования.

Стриппер-дистиллятор представляет собой цилиндрический аппарат вертикального типа, устанавливаемый на эстакаде.

Аппарат состоит из трубной решетки, цилиндрической обечайки и двух эллиптических днищ.

Для вертикальной установки аппарата на эстакаду к обечайки приварены 4 опоры.

Ввод реагентов и вывод продуктов выполняется через штуцеры: два расположены в верхнем днище, два – в нижнем, и два в цилиндрической обечайке.

4.2 Выбор материала для изготовления аппарата

Для изготовления деталей выпарного аппарата, были выбраны рекомендуемые материалы отраслевым стандартом ОСТ 26-271-94, с учетом воздействия на них коррозионной среды и возникающих нагрузок в процессе эксплуатации. Корпус аппарата изготавливаем из стали 12Х18Н10Т, опоры из стали СтЗсп ГОСТ 380-71. Сталь 12Х18Н10Т применяется для агрессивных сред при следующих рабочих условиях: температура стенки от -40 до $+560$ °С; давление среды (в МПа) неограничено.

Все выбранные материалы соответствуют условиям безопасной и безотказной работы проектируемого аппарата в течение 15 лет [7].

4.3 Определение характеристик материала

Принимаем материал аппарата – сталь 12Х18Н10Т. Характеристики выбранного материала при 200 °С определяем интерполированием табличных данных при 20 °С и при 300 °С

										Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата						

4.4 Расчет толщины стенки обечайки трубной камеры

Выполним расчет обечайки. Схема к расчету приведена на рисунке 3.1.

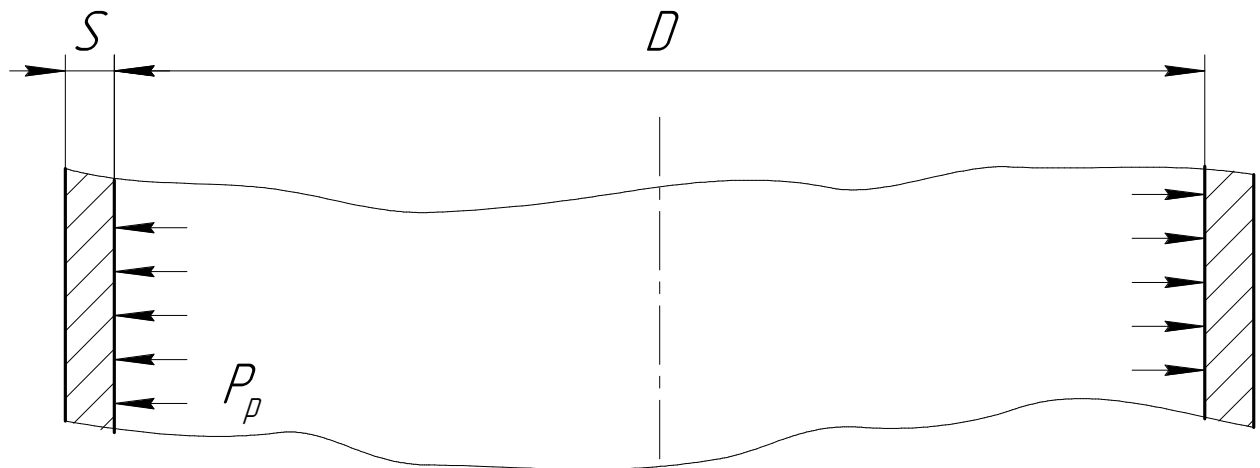


Рисунок 4.1 – Схема к расчету обечайки

Исполнительную толщину стенки s цилиндрической обечайки определяют по формуле

$$s_p = \max \left(\frac{p_p D}{2\phi[\sigma] - p_p}; \frac{p_{и} D}{2\phi[\sigma]_{и} - p_{и}} \right); \quad (4.7)$$

$$s = s_p + c + c_0, \quad (4.8)$$

где p_p – расчетное давление в аппарате, МПа;

$p_{и}$ – давление при гидроиспытаниях, МПа;

D – внутренний диаметр аппарата, $D = 800$ мм;

ϕ – коэффициент прочности сварных швов стальных аппаратов, для автоматической сварки под слоем флюса $\phi = 1,00$ [8, т. 1.7];

s_p – расчетная толщина стенки цилиндрической обечайки, мм;

c – прибавка к расчетной толщине, мм;

c_0 – прибавка на округление размера до стандартного значения, мм.

Расчетное давление в аппарате

$$p_p = p_T + p_r, \quad (4.9)$$

где p_T – технологическое давление в аппарате, $p_T = 1,40$ МПа;

p_r = гидростатическое давление столба жидкости в аппарате, МПа; в силу особенности конструкции аппарата $p_r = 0$ МПа;

									Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата					

4.7 Расчет трубной решетки

Выбираем трубную решетку типа XI [5]. Номинальная расчетная высота решетки выбранного типа снаружи определяется по формуле

$$h_1 := K \cdot D \cdot \sqrt{\frac{p}{\sigma_{ид}}}, \quad (4.25)$$

где $K = 0.36$ – коэффициент, зависящий от конструкции решетки, для решетки типа XI;

D – характеристический диаметр трубной решетки

$$D = D_b + 2s = 800 + 2 \cdot 1 = 802 \text{ мм};$$

p – максимальное из давлений в трубном и межтрубном пространстве в рабочих условиях, $p = 1.4$ МПа;

$\sigma_{ид}$ – допускаемое напряжение на изгиб, принимаем стальную решетку, изготовленную из листового проката, $\sigma_{ид} = 140$ МПа.

Соответственно

$$h_1 = 0.36 \cdot 802 \cdot \sqrt{\frac{1.4}{140}} = 28.9 \text{ мм}.$$

Выбираем расположение отверстий для теплообменных труб по углам равностороннего треугольника (см. рисунок 2.4).

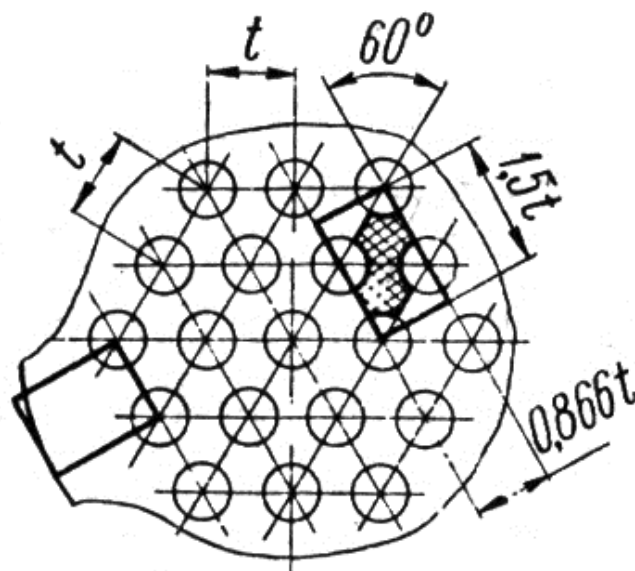


Рисунок 4.3 – Схема расположения отверстий в трубной решетке

Номинальная расчетная высота решетки посередине с выбранным расположением отверстий определяется по формуле

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						

Заключение

В данном курсовом проекте спроектирован стриппер-дистиллятор, применяемый в производстве карбамида.

В первом разделе описана технологическая схема производства карбамида. Указаны ее преимущества и недостатки.

В разделе, посвященном обзору конструкций оборудования, приведены конструкции типовых теплообменных аппаратов, используемых на производстве. На основании анализа выбран аппарат, в котором выполняется процесс стриппинга.

Технологический раздел содержит технологические расчеты по проектируемому аппарату. Определены геометрические размеры аппарата и его составных частей.

Расчетно-конструкторский раздел содержит описание конструкции аппарата и прочностной расчет его основных элементов: обечайки, днищ, трубной решетки.

Спроектированный стриппер-дистиллятор удовлетворяет техническому заданию и может быть использован в производстве карбамида.

										Лист
Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата						