



руют в газовую смесь для достижения стехиометрического соотношения  $N_2:H_2 = 1:3$ . В других схемах используют и чистый жидкий азот для тонкой очистки синтез-газа от вредных примесей, и газообразный, вводя его в строго корректируемом соотношении в конвертированный газ. В последнем случае воздух подвергают разделению методом глубокого охлаждения.

Аммиак – ключевой продукт различных азотсодержащих веществ, применяемых в промышленности и сельском хозяйстве. Д. Н. Прянишников назвал аммиак «альфой и омегой» в обмене азотистых веществ у растений [1].

Состав аммиака был установлен К. Бертолле в 1784 г. Аммиак  $NH_3$  – основание, умеренно сильный восстановительный агент и эффективный комплексообразователь по отношению к катионам, обладающим вакантными связывающими орбиталями.

При производстве аммиака одной из стадий является конденсация газообразного  $NH_3$  из реакционной смеси. Конденсация выполняется путем понижения температуры в специальном аппарате – конденсационной колонне.

Расчет конденсационной колонны в производстве аммиака является целью данного дипломного проекта.

		N				8

195 °С за счет теплоты газа, выходящего из колонны синтеза. Затем циркуляционный газ поступает в колонну синтеза 2.

В колонне синтеза газ проходит снизу вверх по кольцевой щели между корпусом колонны и кожухом насадки и поступает в межтрубное пространство внутреннего теплообменника, размещенного в горловине корпуса колонны синтеза. В теплообменнике циркуляционный газ нагревается до температуры начала реакции 400–440 °С за счет теплоты конвертированного газа и затем последовательно проходит четыре слоя катализатора, в результате чего концентрация аммиака в газе повышается до 15%. Пройдя через центральную трубу, при температуре 500–515 °С азотоводородоаммиачная смесь направляется во внутренний теплообменник, где охлаждается до 330°С. Дальнейшее охлаждение газовой смеси до 130 °С осуществляется в трубном пространстве подогревателя питательной воды 3, в трубном пространстве выносного теплообменника 4 до 65 °С за счет холодного циркулирующего газа, идущего по межтрубному пространству, и затем в аппаратах воздушного охлаждения 7 до 40 °С, при этом часть аммиака конденсируется. Жидкий аммиак, сконденсировавшийся при охлаждении, отделяется в сепараторе 6, а затем смесь, содержащая 10–12% NH<sub>3</sub>, идет на циркуляционное колесо компрессора 5 азотоводородной смеси, где сжимается до 32 МПа.

Циркуляционный газ при температуре 50 °С поступает в систему вторичной конденсации, включающую конденсационную колонну 8 и испарители жидкого аммиака 15. В конденсационной колонне газ охлаждается до 18 °С и в испарителях за счет кипения аммиака в межтрубном пространстве до –5 °С. Из трубного пространства испарителей смесь охлажденного циркуляционного газа и сконденсировавшегося аммиака поступает в сепарационную часть конденсационной колонны, где происходит отделение жидкого аммиака от газа и смешение свежей азотоводородной смеси с циркуляционным газом. Далее газовая смесь проходит корзину с фарфоровыми кольцами Рашига, где отделяется от капель жидкого аммиака, поднимается по трубкам теплообменника и направляется в выносной теплообменник 4, а затем в колонну синтеза 2.

Жидкий аммиак из первичного сепаратора проходит магнитный фильтр 16, где из него выделяется катализаторная пыль, и смешивается с жидким аммиаком

		N				10

## 2 Обзор конструкций проектируемого оборудования

С целью наиболее полного использования теплоты реакции в энерготехнологических системах широко применяются теплообменники различных типов. Ниже дана краткая характеристика некоторых из них [2].

*Выносной теплообменник синтез-газа.* Аппарат предназначен для предварительного подогрева газа, поступающего в колонну синтеза аммиака. Схема аппарата показана на рисунке 1.2. [2]

Теплообменник устанавливают вертикально; он состоит из корпуса высокого давления и внутренней насадки. Насадка набрана из труб диаметром  $12 \times 1,5$  мм, трубные решетки которых вмонтированы в верхнее и нижнее днища. Температурные изменения длины труб компенсируются сильфонным компенсатором, установленным в крышке аппарата. Вход газа в аппарат (после подогревателя воды) осуществляется снизу через штуцер I, выход газа в воздушный конденсатор — через штуцер II, вход газа в теплообменник после циркуляционного компрессора — через штуцер III, выход газа в колонну синтеза — через штуцер IV.

Рабочее давление в трубах составляет 29,6 МПа, в межтрубном пространстве 32,8 МПа. Рабочая температура в трубах равна  $220 - 80$  °С, в межтрубном пространстве  $45 - 200$  °С Вместимость аппарата  $28 \text{ м}^3$ .

*Низкотемпературный выносной теплообменник.* Схема низкотемпературного выносного теплообменника с рабочим давлением в трубах 32,6 МПа и в межтрубном пространстве — 31,4 МПа изображена на рисунке 1.3 [2]

Средняя рабочая температура в трубах составляет  $112$  °С, в межтрубном пространстве —  $157$  °С Общая поверхность теплообмена —  $1093,3 \text{ м}^2$ . Аппарат предназначен для более полного использования теплоты конвертированных газов и устанавливается после «горячего» теплообменника.

Корпус аппарата изготовлен в виде многослойного цилиндра, концевые части — днище и крышка — штампованные, приварены к корпусу Общая длина теплообменника — 16292 мм, внешний диаметр корпуса — 1365 мм, масса — 85 т. Вход газовой смеси осуществляется через штуцер I, выход — через штуцер II. Вход горячего газа в межтрубное пространство — через штуцер III, выход — через штуцер IV.

		N				12



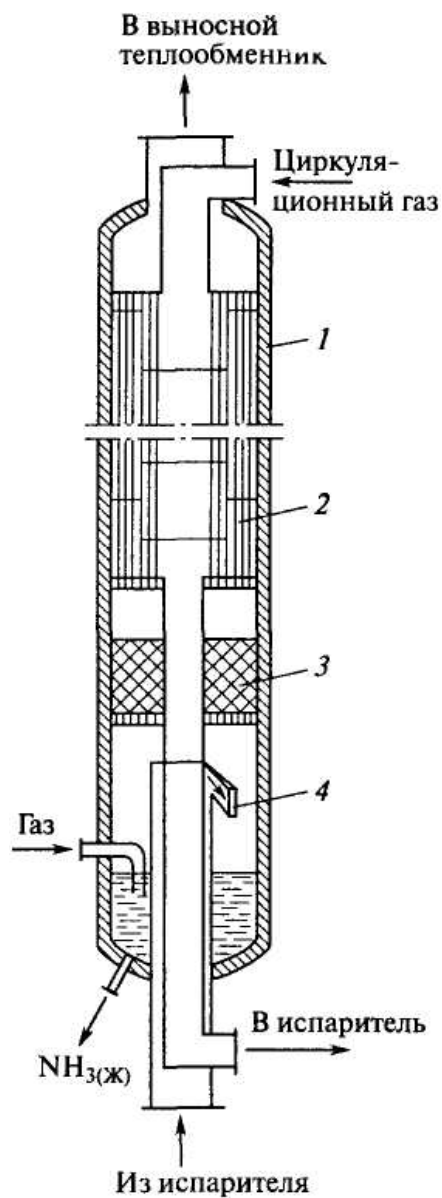


Рисунок 2.4 – Конденсационная колонна:

1 – корпус; 2 – теплообменник; 3 – отбойник; 4 – сепарационное устройство

Конденсационная колонна, применяемая в описанной схеме, изображена на рисунке 2.2.

Аппарат состоит из рулонированной обечайки 1 и двух кованых днищ 2 и 3. Над сепарационным устройством 9 находится отбойник 4, представляющего собой слой из колец Рашига.

Трубная решетка 5 служит для теплообмена между поступающим на конденсацию газом и уже сконденсировавшимся. Свежая АВС подается через специальную трубу 6, погруженную в слой жидкого аммиака 7. Вывод «мокрого» газа из трубной решетки осуществляется через трубу 8.

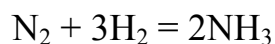
Аппарат устанавливается на опоре 10.

		N				16



$$P_{эф} = 34,33 \times 10^6 (1 - 0,1)^2 = 27,81 \times 10^6 \text{ МПа.}$$

Процесс синтеза аммиака на катализаторе протекает по реакции:



для которой можно записать

$$\lg \sqrt{K_p} = \frac{2074,8}{T} + 2,4943 \lg T + \beta T - 1,8564 \times 10^{-7} T^2 + J,$$

где  $T$  – средняя температура, при которой протекает реакция синтеза аммиака, принимаем по справочным данным  $t = 510 \text{ }^\circ\text{C} = 783 \text{ K}$ ;

$\beta$  – вспомогательный коэффициент,  $\beta = 1,256 \times 10^{-4}$ ;

$J$  – интегральная константа,  $J = -2,1986$ .

$$\lg \sqrt{K_p} = \frac{2074,8}{783} + 2,4943 \lg 783 + 1,256 \times 10^{-4} \times 783 - 1,8564 \times 10^{-7} \times 783^2 - 2,1986$$

Из этого уравнения

$$\sqrt{K_p} = 226,0.$$

Определяем равновесную концентрацию аммиака для стехиометрической азотоводородной смеси при 27,81 МПа:

$$C_{NH_3}^2 - 200C_{NH_3} - \frac{308 \times 226,0}{283,5} C_{NH_3} + 10^4 = 0,$$

откуда равновесная концентрация аммиака

$$C_{NH_3} = 23,67\%$$

Процентное содержание аммиака в газовой смеси после конденсации определяем по формуле Ларсона и Блэка:

$$\lg C_{NH_3} = 4.1856 + \frac{5.98788}{\sqrt{P}} - \frac{1099.544}{T}$$

где  $P$  – общее давление в аппарате;

$T$  – температура газовой смеси на выходе из аппарата,  $K$

$$\lg C_{NH_3} = 4.1856 + \frac{5.98788}{\sqrt{332}} - \frac{1099.544}{303}$$

Из этого уравнения

$$C_{NH_3} = 7.681\%$$

Содержание аммиака в газовой смеси на выходе из колонны синтеза определяем по формуле:

		N				20



$$V_{\text{кат}} = \frac{66.7 \times 1000}{2046,45} = 32.6 \text{ м}^3$$

### 3.3 Материальный баланс колонны синтеза аммиака

Согласно справочным данным, молярные массы компонентов смеси

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

$$M_{\text{N}_2} = 14 \times 2 = 28 \text{ кг/кмоль}$$

$$M_{\text{H}_2} = 1 \times 2 = 2 \text{ кг/кмоль}$$

$$M_{\text{Ar}} = 40 \times 1 = 40 \text{ кг/кмоль}$$

$$M_{\text{NH}_3} = 14 + 1 \times 3 = 17 \text{ кг/кмоль}$$

Общее количество газовой смеси на входе в колонну синтеза за 1 ч будет:

$$V = \mu V_{\text{к}} = 25000 \times 12,2163 = 305407,5 \text{ м}^3,$$

в том числе:

$$V_{\text{NH}_3} = 305407,5 \times 0,0272 = 8305,0 \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{H}_2} = 305407,5 \times 0,6546 = 199912,25 \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{N}_2} = 305407,5 \times 0,2182 = 66627,25 \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{Ar}} = 305407,5 \times 0,025 = 7640,75 \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{CH}_4} = 305407,5 \times 0,075 = 22922,25 \text{ м}^3;$$

Определим объемный состав смеси

$$y_i = V_i / V$$

где  $y_i$  – объемная доля компонента

$V_i$  – объем  $i$ -го компонента

$$y_{\text{NH}_3} = 8305,0 / 305407,5 = 2,72\%$$

$$y_{\text{H}_2} = 199912,25 / 305407,5 = 65,46\%;$$

$$y_{\text{N}_2} = 66627,25 / 305407,5 = 21,82\%;$$

$$y_{\text{Ar}} = 7640,75 / 305407,5 = 2,5\%;$$

$$y_{\text{CH}_4} = 22922,25 / 305407,5 = 7,5\%.$$

Содержание инертных в газовой смеси на входе в колонну синтеза принято равным 10%. Общее количество газовой смеси на выходе из колонны синтеза за 1 ч:

$$V_1 = V \sigma = 305407,5 \times 0,8932 = 271957,5 \text{ м}^3$$

		N				22

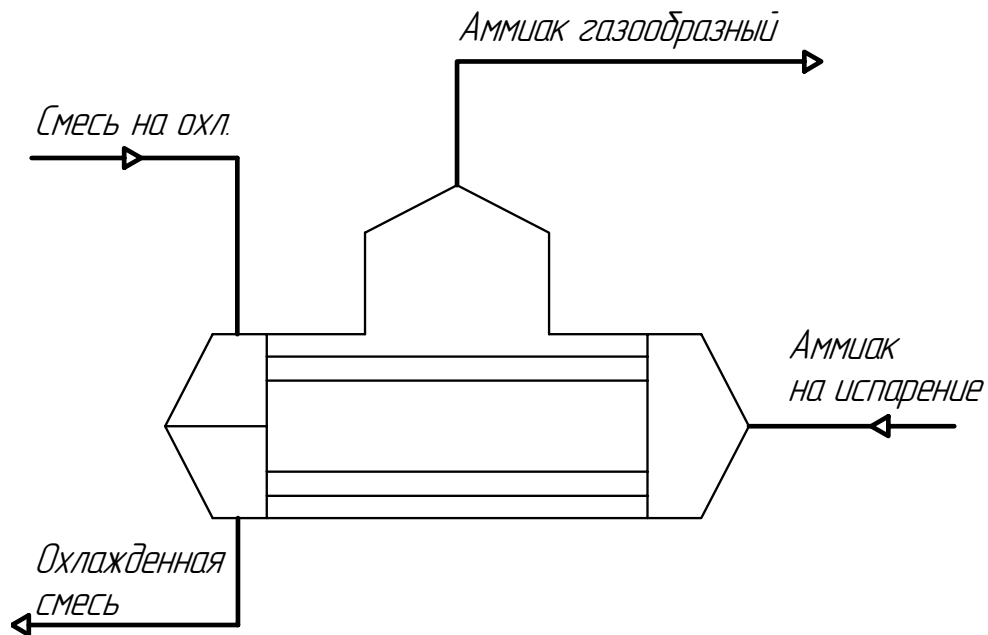


Рисунок 3.2 – Схема к расчету испарителя жидкого аммиака

Теплота испарения аммиака при давлении 32 МПа

$$r_{\text{исп}} = 1265 \text{ кДж/кг}$$

Тогда расход жидкого аммиака

$$G_{\text{и}} = Q_{\text{и}} / r_{\text{исп}} = 26762 \times 10^3 / 1265 = 21.16 \times 10^3 \text{ кг/ч}$$

Плотность жидкого аммиака при  $-5^\circ\text{C}$

$$\rho_{-5} = 0.6453 \text{ кг/дм}^3 = 645,3 \text{ кг/м}^3$$

Соответственно объемный расход аммиака в испаритель

$$V_{\text{и}} = G_{\text{и}} / \rho_{-5} = 21.16 \times 10^3 / 645,3 = 3.347 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Выполним расчет емкости для сбора жидкого аммиака. Схема к расчету приведена на рисунке 2.5. Согласно заданию на проектирование, расход газообразного аммиака, выходящего из аппарата, равен

$$G_{\text{жидк}} = 48.59 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Из емкости аммиак направляется на выдачу потребителю и в испаритель жидкого аммиака для охлаждения смеси, подлежащей конденсации.

Принимаем 20-минутный запас в емкости для обеспечения работы установки. Тогда объем аммиака, подлежащего хранению, составит

$$V_{\text{хр}} = 20/60 \times (V_{\text{ам}} - V_{\text{и}}) = 5/60 \times (48.59 - 3.347) = 15.1 \text{ м}^3$$

## 4 Расчетно-конструкторский раздел

### 4.1 Конструирование аппарата

Конструируемый аппарат работает под большим давлением – 32 МПа, температура среды 20 °С.

Принимаем толстостенную рулонированную обечайку с приварным верхним фланцем и нижним днищем. Сама обечайка состоит из двух сегментов – собственно рулонированной верхней части и ковальной нижней, в которой размещены отверстия для ввода свежей АВС и контрольно-измерительных приборов [5].

Верхнее и нижнее днище кованые, нижнее приваривается к обечайке, а верхнее присоединяется через фланцевое соединение. К обоим днищам приваривается специальная кованая часть для ввода-вывода потоков (см. рисунок 3.1).

Трубная решетка является сменным элементом аппарата и устанавливается на специальные опоры, приваренные к обечайке.

В нижней части обечайки имеется специальный кольцевой выступ для установки аппарата на опору. Аппарат фиксируется на опоре сваркой на заводе изготовителе.

Заказчику аппарат поставляется полностью в собранном виде. Аппарат работает под большим давлением, поэтому в его конструкции отсутствуют люк-лазы. Обслуживание внутренних устройств выполняется при ремонте аппарата через съемное верхнее днище, которое крепится к обечайке при помощи шпилек.

Для фланцевых соединений штуцеров ввода-вывода потоков принимаем уплотнение типа XIII с двумя коническими уплотняемыми поверхностями, предназначенное для работы при давлении от 10 до 100 МПа [6, табл. 20.1].

### 4.2 Обоснование выбора материала

Поэтому в соответствии с рекомендациями, приведенными в [6] выбираем материал 12ХМ. Характеристики выбранного материала при 190 °С определяем по справочным данным [4, стр. 84]

$$\sigma_B = 570 \text{ МПа}$$

$$\sigma_T = 280 \text{ МПа}$$

		N				26

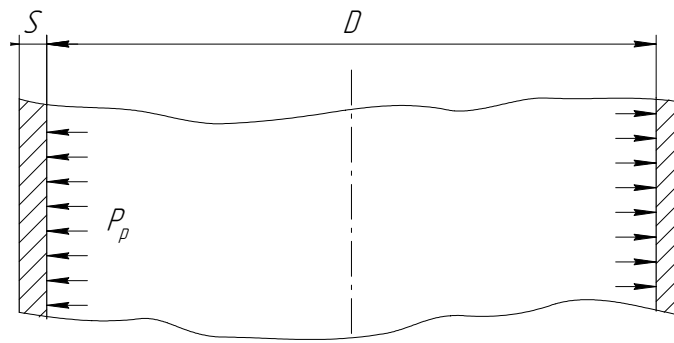


Рисунок 4.1 – Схема к расчету обечайки реактора

Принимаем срок службы аппарата  $\tau = 15$  лет, тогда значение  $c_k$  будет

$$c_k = \Pi \tau$$

где  $\Pi$  – скорость коррозии, для выбранного материала  $\Pi = 0,05$  мм/год;

$$c_k = 15 \times 0,05 = 0,75 \text{ мм}$$

Коэффициент толстостенности связан с давлением в аппарате  $p$  и допусаемым напряжением для материала  $[\sigma]$  обечайки соотношением

$$\frac{1}{\ln \beta} = \frac{[\sigma]}{p} \varphi_{ш}$$

где  $\varphi_{ш}$  – коэффициент прочности сварного шва, для рулонированной обечайки сварного шва нет, поэтому  $\varphi_{ш} = 1$ . Тогда

$$\beta = \exp\left(\frac{p}{[\sigma] \varphi_{ш}}\right) = \exp\left(\frac{32}{170 \times 1,0}\right) = 1,207$$

Соответственно расчетная толщина стенки

$$s_p = (0,5 \times 2000 + 0,75) (1,207 - 1) = 207 \text{ мм}$$

Принимаем исполнительную толщину стенки

$$s = 230 \text{ мм.}$$

Допускаемое давление для аппарата

$$[p] = [\sigma] \varphi_{ш} \ln \frac{D + 2s}{D + 2c_k} = 170 \times 1,0 \times \ln \frac{2000 + 2 \times 230}{2000 + 2 \times 0,75} = 41,2 \text{ МПа}$$

#### 4.4 Расчет фланцевого соединения

Выполним расчет фланцевого соединения корпуса аппарата и верхнего днища. Схема к расчету приведена на рисунке 4.2.

$$P_c = \frac{\pi D_k^2}{4} p = \frac{3.14 \times 2.02^2}{4} \times 32.0 = 103 \text{ МН}$$

Принимаем изгибающий момент от действия внешних нагрузок

$$M_H = 0 \text{ МН} \times \text{м}$$

Константа жесткости соединения при металлической прокладке

$$\alpha = 1.1$$

Расчетное растягивающее усилие в шпильках при затяжке соединения

$$P_{\delta 1} := \alpha \cdot P_c + P_n + \frac{4M_H}{D_n} = 1.1 \times 103 + 3.30 + \frac{4 \times 0}{2.02} = 116 \text{ МН}$$

В рабочих условиях

$$P_{\delta 2} := P_c + P_n + \frac{4M_H}{D_n} = 103 + 1.21 + \frac{4 \times 0}{2.02} = 106 \text{ МН}$$

Расчетный диаметр шпилек

$$d_{\delta} = 0,25 \left( \sqrt{\frac{10P_{\delta}}{[\sigma]_{\delta}} + D_k^2} - D_k \right)$$

где  $[\sigma]_{\delta}$  – допускаемое напряжение материала шпилек, принимаем шпильки из стали марки 40Х, для которой  $[\sigma]_{\delta} = \sigma_{T20}/n_T$ ;

$\sigma_{T20}$  – предел текучести для выбранного материала при 20 °С,  $\sigma_{T20} = 805 \text{ МПа}$ ;

$n_T$  – нормативный коэффициент запаса прочности,  $n_T = 1,5$ .

Соответственно

$$[\sigma]_{\delta} = 805 / 1.5 = 537 \text{ МПа}$$

$$d_{\delta 1} = 0,25 \left( \sqrt{\frac{10 \times 116}{537} + 2,02^2} - 2,02 \right) = 84 \text{ мм}$$

$$d_{\delta 2} = 0,25 \left( \sqrt{\frac{10 \times 106}{537} + 2,02^2} - 2,02 \right) = 82 \text{ мм}$$

Принимаем

$$d_{\delta} = 86 \text{ мм}$$

Площадь поперечного сечения шпильки

$$F_{\delta} = \frac{\pi d_{\delta}^2}{4} = \frac{3.14 \times 86^2}{4} = 5808 \text{ мм}^2$$

Расчетное число шпилек при затяжке соединения

		N				30

Оба условия прочности выполняются.

Расчетный диаметр фланца

$$D_{\phi} = D_{\delta} + 1,8d_{\delta} = 2530 + 2,5 \times 86 = 2745 \text{ мм}$$

Принимаем

$$D_{\phi} = 2750 \text{ мм}$$

Принимаем уклон горловины

$$i = 1:3$$

Тогда эквивалентная толщина стенки горловины

$$s_{\text{э}} = \chi s$$

где  $\chi$  – коэффициент, зависящий от уклона горловины  $i$  и соотношения  $s/D$ .

Для проектируемого фланца

$$i = 1:3$$

$$s/D = 230/2000 = 0.115$$

Соответственно

$$\chi = 2.5$$

$$s_{\text{э}} = 2,5 \times 230 = 575 \text{ мм}$$

Приведенная нагрузка на фланец при затяжке соединения

$$P_1 = \frac{K}{K-1} \frac{D_y}{D_{\delta}} \left( \frac{D_{\delta}}{D_k} - 1 \right) P_{\delta 1}$$

где  $K = D_{\phi}/D_b = 2750 / 2000 = 1.38$ .

Соответственно

$$P_1 = \frac{1.38}{1.38-1} \frac{2.00}{2.53} \left( \frac{2.53}{2.02} - 1 \right) \times 116 = 84 \text{ МН}$$

Приведенная нагрузка на фланец в рабочих условиях

$$P_1 = \frac{K}{K-1} \frac{D_y}{D_{\delta}} \left( \left( \frac{D_{\delta}}{D_k} - 1 \right) P_{\delta 1} + \left( 1 - \frac{D_y}{D_k} \right) P_c \right) =$$
$$\frac{1.38}{1.38-1} \frac{2.00}{2.53} \left( \left( \frac{2.53}{2.02} - 1 \right) \times 116 + \left( 1 - \frac{2.00}{2.02} \right) \times 106 \right) = 107 \text{ МН}$$

Вспомогательная величина при затяжке соединения

$$\Phi_1 = \frac{P_1}{[\sigma]_{20}} \psi_1$$

где  $\psi_1$  – вспомогательный коэффициент, для  $D_{\phi}/D_y = 2750 / 2000 = 1.38$

		N				32

## 5 Специальный раздел

### 5.1 Определение массы аппарата

Масса толстостенного аппарата складывается в основном из массы обечайки и днищ и наиболее металлоемких внутренних устройств.

Масса обечайки аппарата с учетом верхнего и нижнего днищ

$$G_{об} = \frac{\pi ((D + 2s)^2 - D^2)}{4} \rho H$$

где  $D$  – внутренний диаметр аппарата,  $D = 2000$  мм;

$s$  – толщина стенки аппарата,  $s = 230$  мм

$H$  – высота аппарата,  $H = 16500$  мм

$\rho$  – плотность материала аппарата,  $\rho = 7860$  кг/м<sup>3</sup>

Итого

$$G_{об} = \frac{3,14 \times ((2,0 + 2 \times 0,23)^2 - 2,0^2)}{4} \times 7860 \times 16,5 = 108972 \text{ кг} = 109,0 \text{ т}$$

Определим массу трубной решетки. Масса крышки трубной решетки

$$G_{д} = \frac{\pi D^2}{4} s_{д} \rho$$

где  $s_{д}$  – толщина крышки,  $s_{д} = 80$  мм

$$G_{д} = \frac{3,14 \times 2,0^2}{4} 0,08 \times 7860 = 1950 \text{ кг} = 2,0 \text{ т}$$

Масса трубок

$$G_{тр} = n \frac{\pi ((d + 2s)^2 - d^2)}{4} \rho L_{тр}$$

где  $n$  – число трубок,  $n = 7808$ ;

$d$  – внутренний диаметр трубок,  $d = 14$  мм;

$s$  – толщина трубок,  $s = 2$  мм;

$L_{тр}$  – длина трубок,  $L_{тр} = 7000$  мм

$$G_{тр} = 7808 \times \frac{3,14 \times ((0,014 + 2 \times 0,002)^2 - 0,014^2)}{4} \times 7860 \times 7,0 = 43187 \text{ кг} = 43,2 \text{ т}$$

Массу внутренних остальных устройств учтем 10% надбавкой к массе обечайки

$$G_{вы} = 0,1G_{об} = 0,1 \times 109 = 1,9 \text{ т}$$

		N				34

$f_T = 0,075$  – удельное сопротивление движению тягача; [8, Таблица 30]

$G_n = 41$  т – масса выбранного для транспортирования оборудования прицепа;

$G_0 = 165$  т – масса транспортируемого оборудования;

$f_n 0,05$  – удельное сопротивление движению прицепа; [8, Таблица 32]

$f_y = 0,03$  – сопротивление движению от уклона дороги, равное показателю уклона, соответствующему 0,01 на каждый процент уклона (с плюсом при подъеме дороги, с минусом – при спуске).

$$F = 10 \cdot 47 \cdot 0,075 + 10 \cdot (41 + 165) \cdot 0,05 + 10 \cdot (25 + 47 + 165,5) \cdot 0,03 = 128 \text{ кН.}$$

Необходимое тяговое усилие для страгивания автопоезда с места с учетом увеличения тяговой нагрузки примерно на 50 % определяется по формуле:

$$F_T = 1,5 \cdot F$$

$$F_T = 1,5 \cdot 128 = 192 \text{ кН.}$$

По  $F_T$  подбираем тягач – трактор марки ДЭТ-250 с тяговым усилием 220 кН. [8, Таблица 29]

### 5.3 Выбор способа монтажа

Монтаж аппарата выполняется в полностью собранном виде. В практике монтажа нашли наиболее широкое применение два метода: скольжения и поворота вокруг шарнира. Монтаж такими методами может выполняться как одиночными, так и спаренными стреловыми и самоходными кранами.

Метод скольжения имеет две разновидности: подъем оборудования с отрывом нижней части от земли (опоры) и без ее отрыва. При установке оборудования методом скольжения с отрывом от земли краны подбирают так, чтобы их грузоподъемность была не меньше массы оборудования, а высота подъема крюков независимо от места строповки обеспечивала подъем основания оборудования выше фундамента.

Учитывая большую массу оборудования принимаем схему монтажа двумя кранами СКГ-100 методом скольжения с отрывом от земли.

Схема монтажа изображена на рисунке 4.2.



#### 5.4.1 Выбор кранов

Требуемая грузоподъёмность монтажного крана определяется по формуле:

$$G_{\text{к.тр}} \geq \frac{G}{n_{\text{к}}}$$

где  $n_{\text{к}} = 2$  – количество кранов, участвующих в подъёме оборудования.

$$G_{\text{к.тр}} \geq \frac{165}{2} = 82,5 \text{ т.}$$

Необходимая высота подъёма крюка крана для установки аппарата на фундамент вычисляется по формуле:

$$h_{\text{к}} = h_{\text{ф}} + h_{\text{з}} + h_{\text{о}} + h_{\text{с}}$$

где  $h_{\text{ф}} = 0,5$  м – рекомендуемая высота фундамента;

$h_{\text{з}} = 0,5$  м – рекомендуемый запас высоты оборудования над фундаментом;

$h_{\text{о}} = 17$  м – высота оборудования от основания до места строповки, назначается по чертежу аппарата;

$h_{\text{с}} = 3$  м – высота стропа, назначается по конструктивным соображениям.

$$h_{\text{к}} = 0,5 + 0,5 + 17 + 3 = 21 \text{ м.}$$

По графику грузовысотных характеристик выбираем два крана тип СКГ-100 с длиной стрелы 25 м. При вылете крюка  $l_{\text{к}} = 7$  м, кран имеет грузоподъёмность  $G_{\text{к}} = 90$  т и высота подъёма крюка более 24 м, что обеспечивает подъём и установку аппарата на фундамент.

#### 5.4.2 Расчёт подтягивающей системы

В качестве подтягивающей системы выбираем тяговый канат и электролебёдку. Усилие для подтаскивания опорной части аппарата к фундаменту определяется по формуле:

$$F_{\text{Т}} = 10 \cdot G_0 \cdot f \cdot \left( 1 + \frac{l_{\text{ц.м}}}{l_{\text{с}}} \right)$$

где  $f = 0,02$  – коэффициент трения между тележкой, на которое опирается аппарат, и рельсовыми путями;

		N				38

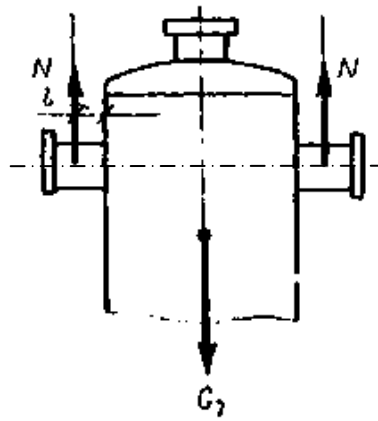


Рисунок 5.2 – Схема к расчёту монтажных штуцеров

Усилие от стропа, действующее на каждый монтажный штуцер определяется по формуле:

$$N = \frac{10 \cdot G \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{д}} \cdot k_{\text{н}}}{2}$$

где  $k_{\text{н}} = 1,2$  – коэффициент неравномерности нагрузки на такелажные элементы при отсутствии балансирных устройств;

$k_{\text{п}} = k_{\text{д}} = 1,1$  – коэффициент прочности и коэффициент динамичности, учитывающие возможность перегрузки и возможность повышения нагрузки за счёт изменения скорости подъёма груза соответственно.

$$N = \frac{10 \cdot 165 \cdot 10^3 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,2}{2} = 1198 \text{ кН.}$$

Величина момента от усилия в стропе, действующего на штуцер определяется по формуле:

$$M = N \cdot l$$

где  $l = 0,12$  м – расстояние от линии действия усилия  $N$  до стенки аппарата, принимается по конструктивным соображениям.

$$M = 1198 \cdot 0,12 = 143,7 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Минимальный момент сопротивления, удовлетворяющий условиям прочности монтажных штуцеров, определяется по формуле:

$$W = \frac{M}{m \cdot R}$$

где  $m = 0,85$  – коэффициент условия работы; [8, Приложение XIII]

$R = 210$  МПа – сопротивление материала патрубка. [8, Приложение XIV]

		N			
					40

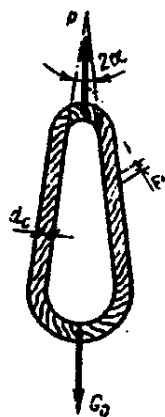


Рисунок 5.3 – Расчётная схема витого канатного стропа

Натяжение в одном витке стропа определяется по формуле:

$$S = \frac{P}{m \cdot n \cdot \cos \alpha}$$

где  $P = 305$  кН – усилие, приложенное к стропу;

$m = 2$  – количество ветвей витого стропа;

$n = 7$  – число канатных витков в сечении одной ветви;

$\alpha = 15^\circ$  – угол между ветвью стропа и направлением усилия  $P$  (рекомендуется  $\leq 30^\circ$ ).

$$S = \frac{998}{2 \cdot 7 \cdot 0,97} = 74 \text{ кН.}$$

Разрывное усилие в одном канатном витке определяется с учётом коэффициента запаса по формуле:

$$R_H = S \cdot k_3$$

где  $k_3 = 5$  – коэффициент запаса прочности. [8, Приложение XI]

$$R_H = 74 \cdot 5 = 370 \text{ кН.}$$

Выбираем для канатного витого стропа стальной канат типа ЛК-РО по ГОСТ 7668-80 конструкции  $6 \times 36 (1 + 7 + \frac{7}{7} + 14) + 1$  о.с. со следующими характеристиками: [8, Приложение I]

- временное сопротивление разрыву, МПа.....1960;
- разрывное усилие, кН.....383;
- диаметр каната, мм..... 25,5;

		N		

## 5.6 Выверка и испытание оборудования

Процесс установки оборудования в положение, предусмотренной проектом, с помощью специальных выверочных опорных элементов, центровочных приспособлений и грузоподъёмных средств, включая операции измерения и контроля в плане, по высоте и по горизонтали (вертикали), а также относительно ранее установленного оборудования с контролем отклонения от соосности, перпендикулярности и параллельности.

Положение оборудования при выверке контролируют оптико-геодезическими способами, а также с помощью специальных инструментов, приборов, шаблонов, центровочных и других приспособлений, обеспечивающих измерение и контроль отклонений от перпендикулярности, перпендикулярности или соосности базовых поверхностей.

В качестве опорных элементов при выверке оборудования, устанавливаемого со сплошным опиранием на подливку применяют отжимные регулировочные винты, инвентарные домкраты, бетонные опоры и др.

Выбираем выверку оборудования с помощью отжимных регулировочных винтов, схема которой приведена на рисунке 4.6.

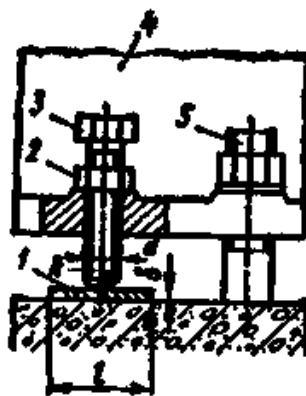


Рисунок 5.4 – Схема выверки отжимными регулировочными винтами

1 – опорная пластина; 2 – стопорная гайка; 3 – регулировочный винт; 4 – опорная часть оборудования; 5 – фундаментный болт

Опорные пластины размещают с расположением отжимных регулировочных винтов в опорной части оборудования. Места расположения пластин выравнивают с отклонением не более 10 мм на 1 м.

		N				44

## Заключение

В курсовом проекте была спроектирована конденсационная колонна, используемая в производства аммиака и предназначенная для конденсации  $\text{NH}_3$  из азотородной смеси.

В разделе, посвященном описанию технологической схемы установки, описан процесс производства аммиака на установке мощностью 1360 т/сут.

Обзор конструкций проектируемого оборудования содержит описание применяемых при производстве аммиака теплообменных аппаратов. Подробно рассмотрена конструкция конденсационной колонны.

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

Расчетно-конструкторский раздел содержит описание конструкции аппарата и прочностной расчет его основных элементов: обечайки, фланцевого соединения.

Монтажный раздел описывает выбранный способ монтажа и необходимые расчеты для безопасной установки оборудования на фундамент.

Спроектированная колонная конденсации аммиака колонна удовлетворяет техническому заданию и может быть использована в производстве аммиака.

		N				46