

1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТАНОВКИ

Принимаем схему производства аммиачной селитры АС-72 (см. рисунок 1.1).

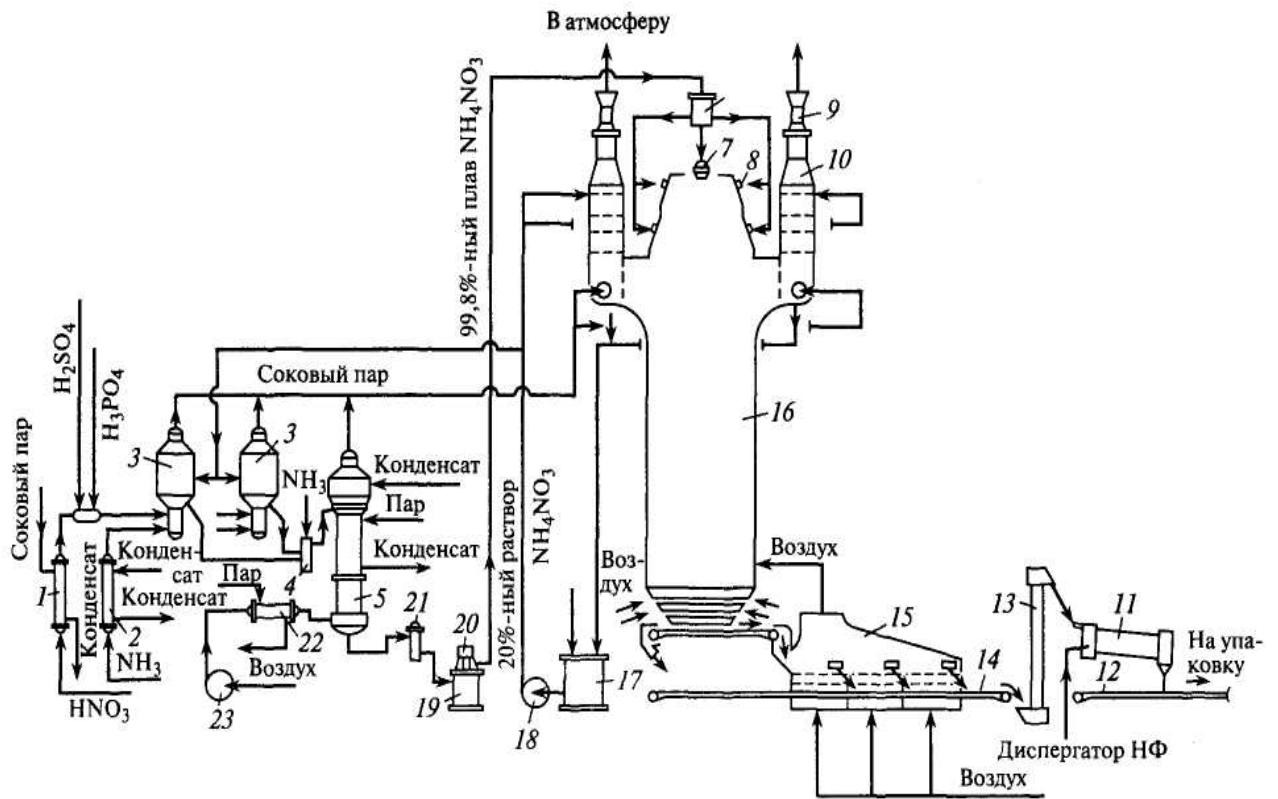


Рисунок 1.1 – Схема агрегата по производству аммиачной селитры АС-72:

1 – подогреватель кислоты; 2 – подогреватель аммиака; 3 – аппараты ИТН; 4 – донейтрализаторы; 5 – выпарной аппарат; 6 – напорный ак; 7,8 - грануляторы; 9,23 – вентиляторы; 10 – промывной скруббер; 11 – барабан; 12,14 – транспортеры; 13 – элеватор; 15 – аппарат кипящего слоя; 16 – грануляционная башня; 17 – сборник; 18,20 – насосы; 19 – бак для плава; 21 – фильтр для плава; 22 – подогреватель воздуха

В современном крупнотоннажном агрегате по производству аммиачной селитры АС-72 мощностью 1360 т/сут. исходная 55 – 60 %-ная азотная кислота подогревается в подогревателе 1 до 70– 80 °С соковым паром из аппарата ИТН 3 и подается на нейтрализацию. Перед аппаратами 3 к азотной кислоте добавляют фосфорную и серную кислоты в таких количествах, чтобы в готовом продукте содержалась 0,3 – 0,5 % P_2O_5 и 0,05 – 0,2 % сульфата аммония.

В агрегате установлены два аппарата ИТН, работающие параллельно. Кроме азотной кислоты в них подают газообразный аммиак, предварительно нагрет-

		N				
						4

а также частицы унесенной аммиачной селитры. Для очистки этих потоков в верхней части грануляционной башни расположены шесть параллельно работающих промывных скрубберов тарельчатого типа 10, орошаемых 20—30 %ным раствором аммиачной селитры, которая подается насосом 18 из сборника 17. Часть этого раствора отводится в нейтрализатор ИТН для промывки сокового пара, а затем подмешивается к раствору селитры, и, следовательно, используется для выработки продукции. Очищенный воздух отсасывается из грануляционной башни вентилятором 9 и выбрасывается в атмосферу [1].

		N				6

бождается от капель раствора и выходит из верхней части аппарата. Раствор опускается по циркуляционной трубе вниз и поступает в нижнюю часть трубок для дальнейшего выпаривания.

В аппаратах второго исполнения кипение раствора происходит не в греющих трубах, а в трубе вскипания, установленной внутри сепаратора над греющей камерой. Кипение в трубах предотвращается за счет гидростатического давления столба жидкости в трубе вскипания.

Выпарной аппарат с вынесенной греющей камерой (см. рисунок 2.1) состоит из греющей камеры 1, представляющей собой пучок труб, сепаратора 3 с брызгоотделителем 2 и циркуляционной трубы 4.

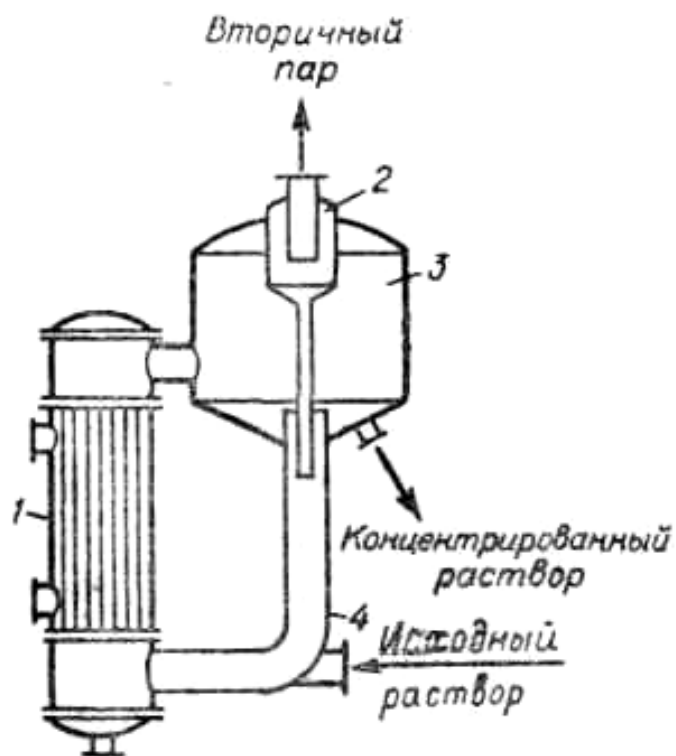


Рисунок 2.1 – Выпарной аппарат с вынесенной греющей камерой:

1 - греющая камера; 2 — брызгоотделитель; 3 — сепаратор; 4 — циркуляционная труба.

Выпариваемый раствор, поднимаясь по трубкам, нагревается и по мере подъема вскипает. Образовавшаяся парожидкостная смесь направляется в сепаратор, где происходит разделение жидкой и паровой фаз. Высота парового пространства должна обеспечивать сепарацию из пара капелек жидкости, выбрасываемых из кипяtilьных труб. Вторичный пар, проходя сепаратор и брызгоотделитель, освобождается от капель, а раствор возвращается по циркуляционной трубе в

		N				8

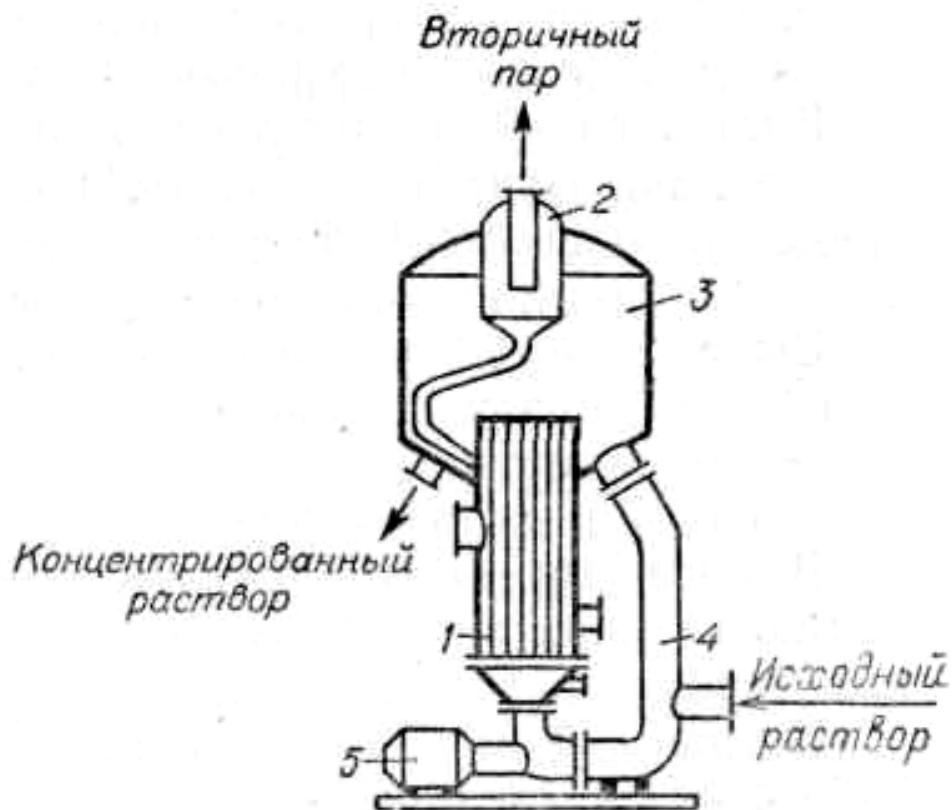


Рисунок 2.2 – Выпарной аппарат с принудительной циркуляцией и соосной греющей камерой:

1 – греющая камера; 2 – брызгоотделитель; 3 – сепаратор; 4 – циркуляционная труба; 5 – циркуляционный насос.

В аппаратах второго исполнения, т. е. с вынесенной зоной кипения, кипение раствора происходит не в трубах, а непосредственно в трубе вскипания, установленной над греющей камерой. Кипение в трубах предотвращается вследствие гидростатического давления жидкости в трубе вскипания.

Для предотвращения попадания кристаллов, выделяющихся в процессе кипения раствора, в сепараторе предусмотрено устройство для их осаждения.

Недостатком аппаратов является необходимость расхода электроэнергии на работу насоса.

Пленочные выпарные аппараты используют для выпаривания чистых некристаллизующихся растворов и растворов, чувствительных к высоким температурам (термолабильных).

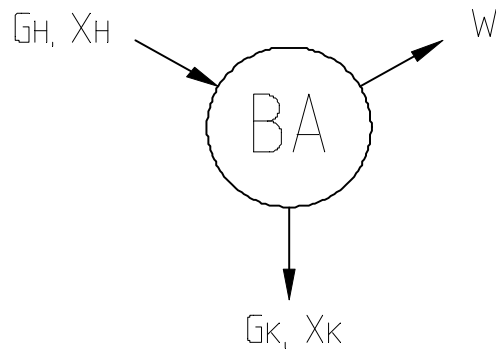


Рисунок 3.1 – Схема к расчету материального баланса.

3.2 Материальный баланс

Материальный баланс составляется исходя из материальных потоков продукта входящих (выходящих) в выпарной аппарат представленных на рисунке 3.1.

Уравнение материального баланса

$$G_H = W + G_K, \text{ кг/с}, \quad (3.1)$$

где W – расход сокового пара, кг/с;

G_K – расход упаренного раствора, кг/с.

Производительность

$$G_H = 45000 / 3600 = 12,50 \text{ кг/с}$$

Расход сокового пара рассчитывается W , кг/с по формуле

$$W = G_H \cdot \left(1 - \frac{x_H}{x_K}\right) = 12,5 \cdot \left(1 - \frac{84,2}{98,4}\right) = 1,80 \text{ кг/с}. \quad (3.2)$$

Расход упаренного раствора G_K , кг/с определяется по формуле

$$G_K = G_H \cdot \frac{x_H}{x_K} = 12,5 \cdot \frac{84,2}{98,4} = 10,70, \text{ кг/с}. \quad (3.3)$$

3.3 Тепловой баланс

Схема к расчету теплового баланса представлена на рисунке 3.2. Температура вторичного пара поступающего из выпарного аппарата определяется по давлению. Принимаем давление вторичного пара $p_{в.п} = 0,120$ МПа, температура при этом составит $t_{в.п.} = 104,2$ °С.

находят, как среднюю между температурами кипения растворов с начальной и конечной концентрациями при давлении в данном корпусе полагая, что движение раствора в аппарате соответствует модели полного вытеснения. Так температура кипения раствора $t_{\text{кип}}$, °С определяется по формуле

$$t_{\text{кип}} = (t_{\text{кип.1}} + t_{\text{кип.2}}) / 2. \quad (3.6)$$

По справочнику определим, что при $X_{\text{Н}}=84,2\%$ и давлении 0,122 МПа температура кипения раствора $t_{\text{кип.1}}=93,3\text{ °С}$, а при $X_{\text{К}}=98,4\%$ и таком же давлении $t_{\text{кип.2}}=163,3\text{ °С}$. Тогда по формуле (2.6) найдем

$$t_{\text{кип}} = (93,3 + 163,3) / 2 = 128,3\text{ °С}.$$

Полезная разность температур $\Delta t_{\text{пол}}$, °С определяется по формуле

$$\Delta t_{\text{пол}} = t_{\text{г.п}} - t_{\text{кип}}, \quad (3.7)$$

где $t_{\text{г.п}}$ – температура греющего пара, °С.

Температура греющего пара при $p_{\text{г.п.}}=0,6\text{ МПа}$ $t_{\text{г.п.}}=158,1\text{ °С}$ и теплота парообразования $r_{\text{г.п.}}=2095\text{ кДж/кг}$. Тогда по формуле (2.7) получим

$$\Delta t_{\text{пол}} = 158,1 - 128,3 = 29,8\text{ °С}.$$

Расход греющего пара $G_{\text{г.п}}$ определяется из уравнения теплового баланса

$$G_{\text{г.п}} \cdot r_{\text{г.п}} + G_{\text{Н}} \cdot C_{\text{Н}} \cdot t_{\text{Н}} = W \cdot i_{\text{в.п}} + G_{\text{К}} \cdot C_{\text{К}} \cdot t_{\text{К}} + Q_{\text{П}}, \quad (3.8)$$

где $(G_{\text{Н}} \cdot X_{\text{Н}} \cdot t_{\text{Н}})$ – количество тепла, поступающего с исходным раствором;

$(G_{\text{г.п.}} \cdot r_{\text{г.п.}})$ – количество тепла, поступающего с греющим паром;

$(W \cdot i_{\text{в.п.}})$ – количество выделившейся теплоты с вторичным паром;

$(G_{\text{К}} \cdot X_{\text{К}} \cdot t_{\text{К}})$ – количество теплоты, выделившееся с конечным раствором;

$(D \cdot x' \cdot t')$ – количество теплоты, выделившееся с конденсатом;

$Q_{\text{П}}$ – тепловые потери.

где $r_{\text{г.п}}$ – удельная теплота конденсации греющего пара, Дж/кг;

$C_{\text{Н}}$ и $C_{\text{К}}$ – теплоемкость соответственно поступающего на выпарку и упаренного раствора, Дж/(кг·К);

$i_{\text{в.п}}$ – удельная энтальпия вторичного пара, Дж/кг;

$t_{\text{Н}}$ – температура раствора, поступающего в выпарной аппарат, °С;

$t_{\text{К}}$ – конечная температура раствора, °С;

		N				16

$$\Gamma = \frac{1,502}{3,14 \cdot 0,038 \cdot 168} = 0,0749 \text{ кг/(м}\cdot\text{с)}.$$

Критерий $Re_{пл}$ для пленки конденсата определяется по формуле

$$Re_{пл} = \frac{4 \cdot \Gamma}{\mu_{пл}}, \quad (3.13)$$

где $\mu_{пл}$ – коэффициент динамической вязкости пленки конденсата, Па·с.

По номограмме при температуре конденсации $t_{кон} = 158,1 \text{ }^\circ\text{C}$ $\mu_{пл} = 0,12 \cdot 10^{-3}$ Па·с. Тогда по формуле (2.13), получим

$$Re_{пл} = \frac{4 \cdot 0,0749}{0,12 \cdot 10^{-3}} = 2497,62$$

Приведенная толщина пленки $\delta_{пр}$, м рассчитывается по формуле

$$\delta_{пр} = \left(\frac{\mu_{пл}^2}{\rho_{пл}^2 \cdot g} \right)^{0,33} \text{ м}, \quad (3.14)$$

где $\rho_{пл}$ – плотность конденсата, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с².

По таблице при $t = 158,1^\circ\text{C}$, $\rho_{пл} = 908,9 \text{ кг/м}^3$. Тогда по формуле (2.14), получим

$$\delta_{пр} = \left(\frac{(0,12 \cdot 10^{-3})^2}{908,9^2 \cdot 9,81} \right)^{0,33} = 0,1356 \cdot 10^{-4} \text{ м}.$$

Критерий $Nu_{пл}$ для пленки, так как $Re_{пл} > 400$ рассчитывается по формуле

$$Nu_{пл} = \frac{Re_{пл}}{\frac{6,25 \cdot (Re_{пл} - 400)}{Pr^{0,33}}}, \quad (3.15)$$

где Pr – критерий Прандтля, для пленки конденсата $Pr = 1,1133$.

$$Nu_{пл} = \frac{2497,62}{\frac{6,25 \cdot (2497,62 - 400)}{1,1133^{0,33}} + 1580} = 0,1754$$

Коэффициент теплоотдачи от конденсирующегося водяного пара к стенке труб α_1 , Вт/(м²·К) рассчитывается по формуле

$$\alpha_1 = \frac{Nu_{пл} \cdot \lambda_{пл}}{\delta_{пр}}, \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}, \quad (3.16)$$

		N				18

Плотность 91,3 % раствора NH_4NO_3 равна $\rho_p = 1355 \text{ кг/м}^3$.

Толщина пленки раствора δ_{KP} , м определяется по формуле

$$\delta_{KP} = \left(\frac{0,75 \cdot \mu_{KP}^2}{\rho^2 \cdot g} \right)^{0,33} \cdot \text{Re}_{KP}^{0,33}, \quad (3.20)$$

$$\delta_{KP} = \left(\frac{0,75 \cdot (2,2778 \cdot 10^{-3})^2}{1355^2 \cdot 9,81} \right)^{0,33} \cdot 717,11^{0,33} = 0,6603 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Коэффициент теплопроводности кипящего раствора $\lambda_{K.P} = 0,353 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

Значение коэффициента и показателей степеней в уравнении (2.17) при $q = 30000 \text{ Вт/м}^2$ равны $C = 2,6$, $n = 0,203$, $m = 0,322$. По формуле (2.17), определим

$$\alpha_2 = \frac{2,6 \cdot 0,353}{0,66 \cdot 10^{-3}} \cdot (0,25 \cdot 717,11)^{0,203} \cdot \left(\frac{q \cdot 0,6603 \cdot 10^{-3}}{0,353 \cdot 91,15} \right)^{0,322} = 123,312 \cdot q^{0,322} \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$$

Коэффициент теплопередачи K , $\text{Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ рассчитывается по формуле

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \Sigma \frac{\delta_{TP}}{\lambda_{TP}} + \Sigma \frac{1}{r_3} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3.21)$$

где $\lambda_{TP} = 16,4 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ – коэффициент теплопроводности стали 8Х18Н10Т;

$\delta_{CT} = 0,002 \text{ м}$ – толщина стенки труб;

$1/\Gamma_{31} = 5000 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ – тепловая проводимость загрязнений со стороны раствора;

$1/\Gamma_{32} = 5800 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ – тепловая проводимость загрязнений со стороны пара.

Тогда по формуле (2.21), получим

$$K = \frac{1}{0,6075 \cdot 10^{-3} + 0,0081 \cdot q^{-0,322}}.$$

Распределение температур в процессе теплопередачи от пара через стенку к кипящему раствору показано на рисунке 3.3.

Полезная разность температур $\Delta t_{пол}$, $^{\circ}\text{C}$ определяется по формуле

$$\Delta t_{пол} = \frac{q}{K}, \quad ^{\circ}\text{C} \quad (3.22)$$

Подставим в выражение (3.22) значение коэффициента K и получим

$$\Delta t_{пол} = 0,6075 \cdot 10^{-3} \cdot q + 0,0081 \cdot q^{0,678}. \quad (3.23)$$

		N			20

Примем $v_{II} = 2,2695 \text{ м}^3/\text{кг}$ при $0,075 \text{ МПа}$, тогда по формуле (3.28), получим

$$D_c = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 2,2695}{1,8 \cdot 0,785}} = 1,445 \text{ м.}$$

Диаметр сепаратора, принимается стандартный для данного выпарного аппарата $D_c = 1,8 \text{ м}$.

Высота парового пространства H , м рассчитывается по формуле

$$H = \sqrt{V_c / (0,785 \cdot D_c^2)}, \text{ м.} \quad (3.29)$$

По определенным ранее данным получим

$$H = \sqrt{11,0,1 / (0,785 \cdot 1,8^2)} = 2,081 \text{ м.}$$

Высота парового пространства принимается стандартной для данного аппарата $H = 2,5 \text{ м}$.

Диаметры штуцеров определим из уравнения расхода

$$d = \sqrt{4 \cdot G / (\pi \cdot \rho \cdot w)}, \text{ м,} \quad (3.30)$$

где G – массовый расход, $\text{кг}/\text{м}^3$; w – скорость потока, $\text{м}/\text{с}$;

ρ – плотность среды, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Допускаемые скорости движения потоков принимаем для расчета скорости движения греющего пара $w_{Г.П} = 15 \text{ м}/\text{с}$; конденсата $w_{КОН} = 1 \text{ м}/\text{с}$; вторичного пара $w_{В.П} = 15 \text{ м}/\text{с}$; поступающего раствора $w_{P1} = 2 \text{ м}/\text{с}$; упаренного раствора $w_{P2} = 2 \text{ м}/\text{с}$.

Из справочных данных находим плотности: греющего пара при $p = 0,6 \text{ МПа}$ $\rho_{Г.П} = 3,104 \text{ кг}/\text{м}^3$; вторичного пара при $p = 0,075 \text{ МПа}$ $\rho_{В.П} = 0,4423 \text{ кг}/\text{м}^3$; поступающего 84,2 % раствора при $t = 95 \text{ }^\circ\text{C}$ $\rho_{P1} = 1368 \text{ кг}/\text{м}^3$; упаренного 98,4 % раствора при $t = 128,3 \text{ }^\circ\text{C}$ $\rho_{P2} = 1436 \text{ кг}/\text{м}^3$; конденсата при $t = 158,1 \text{ }^\circ\text{C}$ $\rho_K = 908,9 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Расходы потоков берем из материальных и тепловых балансов. Согласно расчетам принимаем стандартные штуцеры следующих размеров (таблица 3.3).

		N				24

4 РАСЧЕТ И ПОДБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Проведем расчет следующего вспомогательного оборудования: насоса и емкости для плава. Расчет производится по результатам материального и теплового баланса. Все расчетные формулы были взяты из источника [6].

Расчет насоса заключается в определении необходимого напора и расхода исходного сырья, по этим показателям проводится подбор насоса. Напор, H , м рассчитывается по следующей формуле

$$H=(p_2 - p_1)/(\rho \cdot g) + H_r + h_{\pi}, \quad (4.1)$$

где p_2 – давление в аппарате, в который перекачивают сырье, Па, $p_2 = 0,2$ МПа;

p_1 – давление в аппарате из которого перекачивают сырье, Па, $p_1 = 0,1$ МПа;

ρ – плотность перекачиваемой жидкости, $\rho = 1368$ кг/м³;

$g = 9,81$ м/с²;

H_r – геометрическая высота подъема, $H_r = 15$ м;

h_{π} – суммарные потери напора в линиях, м.

Суммарные потери напора в линиях рассчитываются по формуле

$$h_{\pi} = \left(\frac{\lambda \cdot l}{d} + \sum_{i=1}^N \xi \right) \cdot \frac{\omega^2}{2 \cdot g}, \quad (4.2)$$

где λ – коэффициент трения;

l – длина трубопровода, $l = 25$ м;

d – диаметр трубопровода, $d = 0,65$ м;

$\sum_{i=1}^n \zeta$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений, $\sum_{i=1}^n \zeta = 5,3$;

ω – фактическая скорость раствора в трубопроводе, $\omega = 2$ м/с.

Режим течения определяется критерием Рейнольдса:

$$Re = (\omega \cdot d \cdot \rho) / \mu, \quad (4.3)$$

где μ – коэффициент динамической раствора воды, $\mu = 2,78 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

$$Re = (2 \cdot 0,65 \cdot 1368) / (2,78 \cdot 10^{-3}) = 639712.$$

Следовательно, режим движения турбулентный, зона автомодельная по отношению к Re , ($Re > 560/e$), тогда коэффициент трения

$$\lambda = 0,11 \cdot e^{0,25}, \quad (4.4)$$

		N				26

5 РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ АППАРАТА НА ПРОЧНОСТЬ

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

5.1 Конструирование элементов основного оборудования

Аппарат состоит из греющей камеры, сепаратора и нижней камеры.

Выпарной аппарат пленочного типа с восходящей пленкой и соосной греющей камерой отличается наличием длинных труб ($L=3000$ мм), которые заполняются на 25 % их высоты.

Раствор поступает в нижнюю часть аппарата и распределяется по трубкам греющей камеры.

Нижняя часть аппарата, представляет собой камеру питания, состоящую из цилиндрической обечайки и эллиптического днища, приваренных к нему штуцеров.

Камера греющая образована двумя обечайками, привариваемых друг к другу, и трубного пучка, соединяемого с обечайками трубными решетками.

Парожидкостная эмульсия по выходе из верхней части трубок поступает в сепаратор, состоящий из цилиндрической обечайки с отбойником и брызгоотделителем.

Вторичный пар выводится через верхний штуцер, установленный на крышке аппарата.

Выпарной аппарат представляет собой вертикальный аппарат, высота, которого $H=8700$ мм.

Так как выпарной аппарат представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат, то он устанавливается на железобетонную конструкцию с помощью опор-лап.

Расчету подлежат: толщина обечайки сепаратора, греющей камеры и распределительной камеры, верхнее и нижнее днище и трубные решетки.

		N				28

Нормативное допускаемое напряжение для стали 08Х18Н10Т при $t_r = 158,1$ °С равно $\sigma^* = 119,19$ МПа. Тогда допускаемое напряжение при статических однократных нагрузках для рабочего состояния, определяется по формуле

$$[\sigma] = 119,19 \cdot 1 = 119,19 \text{ МПа.}$$

Пробное давление при гидравлическом испытании определим по формуле:

$$p_{II} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot p_p \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \\ p_p + 0,3 \end{array} \right\}, \text{МПа} \quad (5.1)$$

$$p_{II} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 0,6 \cdot \frac{140}{119,19} = 0,88 \\ 0,6 + 0,3 = 0,90 \end{array} \right\} = 0,9 \text{ МПа.}$$

Расчетная толщина стенки цилиндрической обечайки определяется по формуле

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} p_p \cdot D / (2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - p_p) \\ p_{II} \cdot D / (2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{II} - p_{II}) \end{array} \right\}, \text{м} \quad (5.2)$$

где φ – коэффициент прочности продольных сварных швов обечайки.

Коэффициент прочности продольных сварных швов принимаем равным $\varphi = 1$. Тогда по формулам (3.31) и (3.11), определим расчетную и исполнительную толщину стенки:

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,6 \cdot 1,2 / (2 \cdot 1 \cdot 119,19 - 0,6) = 3,03 \cdot 10^{-3} \\ 0,9 \cdot 1,2 / (2 \cdot 1 \cdot 190,9 - 0,9) = 2,84 \cdot 10^{-3} \end{array} \right\} = 3,03 \cdot 10^{-3} \text{ м;}$$

$$s = 3,03 + 0,75 + 1,22 = 5 \text{ мм.}$$

Допускаемое давление:

в рабочем состоянии

$$[p] = 2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (s - c) / (D + s - c), \text{МПа} \quad (5.3)$$

$$[p] = 2 \cdot 1 \cdot 119,19 \cdot (5 - 0,75) \cdot 10^{-3} / ((1200 + 5 - 0,75) \cdot 10^{-3}) = 0,84 \text{ МПа}$$

при испытаниях

$$[p]_{II} = 2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{II} \cdot (s - c) / (D + s - c), \text{МПа} \quad (5.4)$$

$$[p]_{II} = 2 \cdot 1 \cdot 190,9 \cdot (5 - 0,75) \cdot 10^{-3} / ((1200 + 5 - 0,75) \cdot 10^{-3}) = 1,35 \text{ МПа.}$$

		N				30

Нормативное допускаемое напряжение при $t_5 = 95 \text{ }^\circ\text{C}$ $\sigma^* = 130,625 \text{ МПа}$.

Допускаемое напряжение при статических однократных нагрузках для рабочего состояния днища 5, определяется по формуле

$$[\sigma]_5 = 130,625 \cdot 1 = 130,625 \text{ МПа.}$$

Расчет стандартного эллиптического днища работающего под вакуумом сводится к следующему. В качестве примера рассчитаем днище 3.

Расчетная толщина стенки днища 3 приближенно определяется по формуле:

$$s_p = \max \left\{ \frac{0,9 \cdot D_3}{510} \cdot \sqrt{n_Y \cdot P_{H.P} / (10^{-6} \cdot E)}, \quad (5.5) \right. \\ \left. P_{H.P} \cdot D / (2 \cdot [\sigma]_3) \right\},$$

$$s_p = \max \left\{ \frac{0,9 \cdot 1,8}{510} \cdot \sqrt{2,4 \cdot 0,0263 / (10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-5})} = 1,784 \cdot 10^{-3} \right. \\ \left. 0,0263 \cdot 1,8 / (2 \cdot 131,11) = 0,181 \cdot 10^{-3} \right\} = 1,784 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Исполнительную толщину стенки, определим по формуле

$$s_3 = 1,784 + 0,75 + 2,466 = 5 \text{ м.}$$

Допустимое давление из условия прочности для эллиптических днищ, работающих под вакуумом, определим в рабочем состоянии и при испытаниях по формуле

$$[p_H]_{\sigma_3} = 2 \cdot [\sigma]_3 \cdot \frac{(s_3 - c)}{(D_3 + 0,5 \cdot (s_3 - c))}, \quad (5.6)$$

Коэффициент K_3 , зависящий от отношения $D/(s_3 - c)$, определяется по формуле:

$$K_3 = [1 + (2,4 + 8 \cdot X)] / [1 + (3 + 10 \cdot X)], \quad (5.7)$$

где X – коэффициент, определяемый из выражения

$$X = 15 \cdot (s_3 - c) / D. \quad (5.8)$$

Подставим в выражение (37) и (36) известные величины и получим:

$$X = 15 \cdot (5 - 0,75) / 1800 = 0,035,$$

$$K_3 = [1 + (2,4 + 8 \cdot 0,035)] / [1 + (3 + 10 \cdot 0,035)] = 0,98.$$

Тогда допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости, определим в рабочем состоянии и при испытаниях по формуле

$$S_{p4} = \max \left\{ \frac{p_p \cdot D_4}{(2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot p_p)}, \frac{p_{II} \cdot D_4}{(2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{II} - 0,5 \cdot p_{II})} \right\}, \text{ м} \quad (5.10)$$

$$S_p = \max \left\{ \frac{0,6 \cdot 1,2}{(2 \cdot 1 \cdot 119,19 - 0,5 \cdot 0,6)} = 3,02 \cdot 10^{-3}, \frac{0,9 \cdot 1,2}{(2 \cdot 1 \cdot 175 - 0,5 \cdot 0,9)} = 3,09 \cdot 10^{-3} \right\} = 3,09 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Исполнительная толщина стенки днища определяется по формуле

$$s_4 = 3,09 + 0,75 + 1,16 = 5 \text{ мм.}$$

Допускаемое давление:

в рабочем состоянии

$$[p] = 2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (s_4 - c) / (D_4 + 0,5 \cdot (s_4 - c)), \text{ МПа} \quad (5.11)$$

$$[p] = 2 \cdot 1 \cdot 119,19 \cdot (5 - 0,75) \cdot 10^{-3} / (1,2 + 0,5 \cdot (5 - 0,75) \cdot 10^{-3}) = 0,84 \text{ МПа;}$$

при испытаниях

$$[p]_{II} = 2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{II} \cdot (s_4 - c) / (D_4 + 0,5 \cdot (s_4 - c)), \text{ МПа} \quad (5.12)$$

$$[p]_{II} = 2 \cdot 1 \cdot 175 \cdot (5 - 0,75) \cdot 10^{-3} / (1,2 + 0,5 \cdot (5 - 0,75) \cdot 10^{-3}) = 1,24 \text{ МПа.}$$

Условие устойчивости эллиптического днища 4 толщиной 5 мм выполняется:

для рабочего состояния

$$0,6 \text{ МПа} < 0,84 \text{ МПа;}$$

и при испытаниях

$$0,9 \text{ МПа} < 1,24 \text{ МПа.}$$

Таким образом, $s_4 = 5$ мм следует считать исполнительной толщиной стенки днища 4.

5.5 Расчет укрепления отверстия кольцом

Целью расчета является проверка условия прочности укрепления выреза накладным кольцом в случае, если размер выреза превышает размер отверстия, не требующего укрепления.

Отверстие под штуцер ввода греющего пара укрепляется кольцом, которое обычно ставят с внешней стороны аппарата тогда, когда кольцо не подвергается коррозии и его удобнее приваривать.

Расчетный диаметр круглого отверстия штуцеров в цилиндрических обечайках равен

$$d_p = d + 2 \cdot c_{III}, \text{мм}, \quad (5.14)$$

$$d_p = 400 + 2 \cdot 0,75 = 401,5 \text{ мм.}$$

Расчетная длина внешней и внутренней частей штуцера, участвующих в укреплении отверстия:

$$l_{1P} = \min \left\{ l_1; 1,25 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_{III}) \cdot (s_{III} - c_{III})} \right\}, \text{мм} \quad (5.15)$$

$$l_{2P} = \min \left\{ l_2; 0,5 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_{III}) \cdot (s_{III} - 2 \cdot c_{III})} \right\}, \text{мм} \quad (5.16)$$

$$l_{1P} = \min \left\{ \begin{array}{l} 160 \text{ мм} \\ 1,25 \cdot \sqrt{(400 + 2 \cdot 0,75) \cdot (10 - 0,75)} = 76,2 \text{ мм} \end{array} \right\} = 76,2 \text{ мм},$$

$$l_{2P} = \min \left\{ \begin{array}{l} 50 \\ 0,5 \cdot \sqrt{(400 + 2 \cdot 0,75) \cdot (10 - 2 \cdot 0,75)} = 29,2 \end{array} \right\} = 29,2 \text{ мм.}$$

Расчетный диаметр отверстия, не требующего укрепления, при отсутствии избыточной толщины стенки укрепляемого элемента:

$$d_{0P} = 0,4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)}, \text{мм} \quad (5.17)$$

$$d_{0P} = 0,4 \cdot \sqrt{1200 \cdot (5 - 0,75)} = 28,57 \text{ мм.}$$

Наибольший диаметр одиночного отверстия, не требующего дополнительного укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left\{ \left[\frac{(s - c)}{s_p} - 0,8 \right] \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} - c_{III} \right\}, \text{мм} \quad (5.18)$$

$$d_0 = 2 \cdot \left\{ \left[\frac{(5 - 0,75)}{4,55} - 0,8 \right] \cdot \sqrt{1200 \cdot (5 - 0,75)} - 0,75 \right\} = 19,15 \text{ мм.}$$

Так как $d_p = 401,5 \text{ мм} > d_{0P} = 28,57 \text{ мм}$ и $d_p = 401,5 \text{ мм} > d_0 = 19,15 \text{ мм}$, то укрепление требуется.

Тогда проверим условие укрепления по формуле

$$\begin{aligned} & [(76,2 + 16 - 4,55 - 0,75)(10 - 8,219 - 0,75) + 29,2(10 - 2 \cdot 0,75)] + \sqrt{1200 \cdot (15 - 0,75)} \times \\ & \times (1 \cdot 10 + 5 - 4,55 - 0,75) \geq 0,5 \cdot (401,5 - 28,57) \cdot 4,55. \end{aligned}$$

Условие укрепления выполняется, так как $1606,23 \text{ мм}^2 > 848,42 \text{ мм}^2$.

		N				36

6 МОНТАЖ АППАРАТА

6.1 Доставка оборудования на монтажную площадку

Проектируемый аппарат монтируется полностью в собранном виде. Рассчитанные геометрические размеры оборудования ($D_{гк} = 800$ мм, $D_c = 1200$ мм, $H = 8700$) соответствуют размерам аппарата, работающего на существующем промышленном объекте, поэтому принимаем монтажную массу оборудования

$$G = 20 \text{ т}$$

В практике монтажа технологическое оборудование перевозится к месту монтажа по шоссейным и грунтовым дорогам. Для перевозки крупногабаритного и тяжеловесного оборудования применяют прицепы-тяжеловозы различной грузоподъемности, которые буксируются тракторами или специальными колёсными тягачами. Выберем прицеп-тяжеловоз и тип тягача с учётом массы и габаритов транспортируемого оборудования.

Предварительно принимаем для транспортирования пневмоколёсный прицеп-тяжеловоз ЧМЗАП-5212, при транспортировании по сухой грунтовой дороге с максимальным подъёмом 3% и скоростью $v=2,6$ км/ч; для буксировки прицепа с аппаратом – трактор марки Т-140 мощностью двигателя $N = 103$ кВт и скоростью $v=2...20,5$ км/ч.

Суммарное сопротивление движению всего транспорта определяется по формуле:

$$F = 10 \cdot G_T \cdot f_T + 10 \cdot (G_{п} + G_0) \cdot f_{п} \mp 10 \cdot (G_T + G_{п} + G_0) \cdot f_y$$

где $G_T = 25$ т – масса тягача;

$f_T = 0,075$ – удельное сопротивление движению тягача;

$G_{п} = 14$ т – масса выбранного для транспортирования оборудования прицепа;

$G_0 = 20$ т – масса транспортируемого блока оборудования;

$f_{п} = 0,05$ – удельное сопротивление движению прицепа;

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

$$F = 10 \cdot 25 \cdot 0,075 + 10 \cdot (14 + 20) \cdot 0,05 + 10 \cdot (25 + 14 + 51) \cdot 0,03 = 68 \text{ кН}$$

		N				38

К акту прилагают составленные строительной организацией исполнительные схемы: а) основных и привязочных размеров, отметок фундамента, расположения фундаментных болтов, шанцев и анкерных колодцев; б) расположения металлических плашек и реперов, заделанных в тело фундамента и фиксирующих его оси и высотные отметки; в) данные о качестве фундамента.

Фундаменты под машины, другое технологическое оборудование и конструкции, устанавливаемые без подливки, сооружают на полную проектную отметку и сдают под монтаж с выровненной поверхностью.

Перед сдачей под монтаж аппаратов фундамент, включая колодцы для фундаментных болтов, должен быть освобожден от опалубки и очищен от строительного мусора. Раковины, пористость, наслоения и другие дефекты недопустимы. Проемы и отверстия должны иметь соответствующее ограждение, каналы и люки должны быть закрыты, выступающие из бетона арматура и проволока, а также металлические кондукторы – обрезаны. На фундаментные болты должны быть установлены гайки и шайбы, а их нарезанные части защищены от коррозии и предохранены от повреждений.

Готовые фундаменты принимают при условии соответствия фактических размеров проектным величинам, правильного расположения их поверхностей, закладных деталей, анкерной арматуры, фундаментных болтов и колодцев под них.

6.3 Выбор способа монтажа

Выбираем монтаж одним краном с отрывом от земли. Схема монтажа показана на рисунке 4.1.

При подъеме оборудование выкладывается в исходное положение и стропится за вершину. Кран устанавливается непосредственно у фундамента так, чтобы в процессе подъема и установки оборудования на фундамент вылет крюка был минимальным.

При окончательной установке оборудования его нижнюю часть плавно опирают на фундамент в проектное положение.

		N				40

$$h_k = h_\phi + h_3 + h_o + h_c$$

где $h_\phi = 1,5$ м – рекомендуемая высота фундамента;

$h_3 = 0,5$ м – рекомендуемый запас высоты оборудования над фундаментом;

$h_o = 10$ м – высота блока оборудования от основания до места строповки, назначается по чертежу аппарата;

$h_c = 6$ м – высота стропа, назначается по конструктивным соображениям.

$$h_k = 1,5 + 0,5 + 10 + 6 = 18 \text{ м.}$$

По графику грузовысотных характеристик выбираем кран типа КГ-100 с длиной стрелы 20 м. При вылете крюка $l_k = 12$ м, кран имеет грузоподъёмность $G_k = 30$ т и высота подъёма крюка более 19 м, что обеспечивает подъём и установку аппарата на фундамент.

Для подтверждения возможности размещения поднятого над фундаментом блока аппарата в подстреловом пространстве вычерчивается монтажная схема в масштабе.

6.4.2 Выбор и расчёт траверсы

Траверса представляет собой жёсткое грузозахватное приспособление, предназначенное для подъёма крупногабаритного оборудования при необходимости строповки его за несколько точек. Выбираем траверсу, работающую на изгиб, расчётная схема которой приведена на рисунке 4.3.

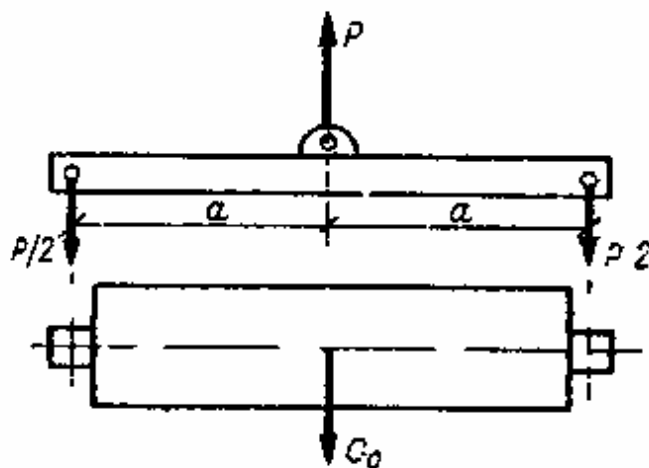


Рисунок 6.2 – Расчётная схема траверсы, работающей на изгиб

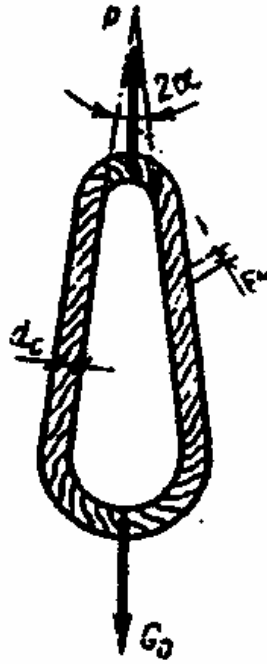


Рисунок 6.3 – Расчётная схема витого канатного стропа

Натяжение в одном витке стропа определяется по формуле:

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

где $P = 242/2 = 121$ 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 $\leq 30^\circ$).

$$S = \frac{121}{2 \cdot 7 \cdot 0,97} = 11 \text{ кН.}$$

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]

$$R_H = 11 \cdot 5 = 55 \text{ кН.}$$

		N				44

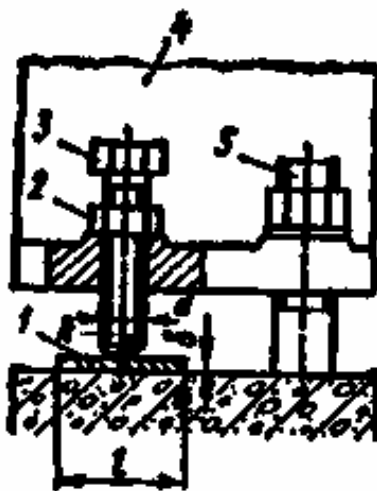


Рисунок 6.4 – Схема выверки отжимными регулировочными винтами

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.

При опускании оборудования на фундамент отжимные регулировочные винты должны выступать ниже установочной поверхности оборудования на 10 – 30 мм.

Положение оборудования по высоте и горизонтали (вертикали) регулируют поочередно всеми отжимными винтами, не допуская в процессе выверки отклонения оборудования от горизонтали (вертикали) более чем на 3 мм на 1 м. После завершения выверки плотности прилегания регулировочных винтов к опорным пластинам проверяют щупом толщиной 0,1 мм, а положение фиксируют контргайками.

Перед окончательной затяжкой фундаментных болтов регулировочные винты должны быть вывернуты на два-три оборота. При повторном использовании винты вывёртывают полностью. Оставшиеся отверстия во избежание попадания масла и других веществ, разъедающих бетон, заглушают резьбовыми пробками или цементным раствором, поверхность которого покрывают маслястой краской. Гидравлическому испытанию подлежат все сосуды после их изготовления и монтажа.

		N				46

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном курсовом проекте спроектирован выпарной аппарат, применяемый в производстве аммиачной селитры.

В первом разделе описана технологическая схема производства аммиачной селитры АС-72.

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

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

Рассчитано два вспомогательных аппарата: насоса и емкости для плава.

Расчетно-конструкторский раздел содержит описание конструкции аппарата и прочностной расчет его основных элементов: обечайки, днищ, укрепления отверстия, опоры.

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

Спроектированный выпарной аппарат удовлетворяет техническому заданию и может быть использован в производстве аммиачной селитры.

		N				48