

ВВЕДЕНИЕ

Аммиачная селитра является одним из наиболее эффективных азотных удобрений. Впервые в чистом виде в качестве удобрения ее стали применять еще в СССР. Большое содержание азота позволяет осуществлять ее перевозки на значительные расстояния с меньшими затратами на тонну азота, чем при перевозках других азотных удобрений (за исключением карбамида). Аммиачная селитра дешевле, чем другие азотные удобрения.

При производстве аммиачной селитры значительную роль на конкурентоспособность выпускаемой продукции играет аппаратное оформление процесса.

Проектирование вообще, и химических производств в частности, выделилось в самостоятельную отрасль инженерного труда сравнительно недавно. Это явилось следствием значительного увеличения объема проектных работ. В последние годы круг обязанностей проектных организаций все более расширяется.

При проектировании химических производств ведущая роль принадлежит инженеру-технологу и инженеру-механику. Инженер-технолог разрабатывает технологическую схему производства, а инженер-механик подбирает типовое и разрабатывает нетиповое оборудование. Аппараты и машины химических производств предназначаются для осуществления в них какого-либо одного или одновременно нескольких химических, физических или физико-химических процессов (химическая реакция, испарение, конденсация, кристаллизация, выпарка, ректификация, абсорбция, адсорбция, сушка, смешивание, измельчение и т. д.).

Конструирование химического оборудования необходимо производить с максимальным использованием стандартизованных и нормализованных узлов и деталей, проверенных в изготовлении и хорошо зарекомендовавших себя в эксплуатации.

Расчет выпарной установки для упаривания раствора аммиачной селитры является целью данной курсовой работы.

Раствор аммиачной селитры концентрацией 62 - 65% подается в напорный бак 1, откуда самотеком поступает в выпарной аппарат 2 (первая ступень) для упаривания до 82 - 84%.

В аппарате первой ступени выпаривание растворов проводится при разрежении 560 - 600 мм ртутного столба с использованием сокового пара из аппаратов ИТН и пара из расширителя 3, образующегося при снижении давления парового конденсата второй ступени выпарки. При этом давление поддерживается автоматическим регулятором или в отдельных случаях вручную.

Образующаяся в аппарате первой ступени паро-жидкостная эмульсия (смесь) поступает в сепаратор 4, где разделяется на вторичный соковый пар и упаренный раствор.

Соковый пар направляется в барометрический конденсатор 5 (реже — в поверхностный конденсатор) и поглощается водой, которая через барометрический ящик 6 сбрасывается в канализацию или подается на градирню; инертные газы удаляются из системы вакуум-насосом 7 и отводятся в атмосферу.

Из сепаратора 4 раствор селитры поступает в сборник-гидрозатвор 8, откуда центробежным насосом 9 подается в напорный бак 10 выпарных аппаратов 11 второй ступени. Здесь при разрежении 560 - 600 мм рт. ст. раствор упаривается до концентрации 98,2 - 98,5% NH_4NO_3 .

Для обогрева выпарного аппарата 11 подается свежий пар абсолютным давлением 9 ат. Образующаяся в выпарном аппарате парожидкостная смесь поступает в сепаратор 12, где разделяется на соковый пар и плав селитры.

Для отделения капель селитры, уносимых соковым паром, последний проходит через второй сепаратор или промыватель 3. Далее соковый пар направляется в барометрический конденсатор или чаще в поверхностный конденсатор 14; конденсат с охлаждающей водой сбрасывается в промливневую канализацию или подается через барометрический ящик 15 на градирню; инертные газы удаляются из системы вакуум-насосом 16.

2 ОБЗОР И АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ОБОРУДОВАНИЯ

В зависимости от свойств и назначения упариваемых растворов применяются выпарные аппараты с вертикальными, горизонтальными и (реже) наклонными кипяtilьными трубками.

Обычно выпарной аппарат состоит из разного количества кипяtilьников (греющих секций, паровых камер) и испарительной части (сепаратора, камеры вторичного пара). Кипяtilьник представляет собой теплообменник, состоящий из большого числа трубок, концы которых развальцованы в трубных решетках (досках). Испарительная часть составляет одно целое с кипяtilьником либо вынесена в виде полого или с внутренними устройствами сосуда.

Растворы поступают в кипяtilьные трубы, а греющий пар — в межтрубное пространство, где, конденсируясь, отдает тепло нагреваемому раствору.

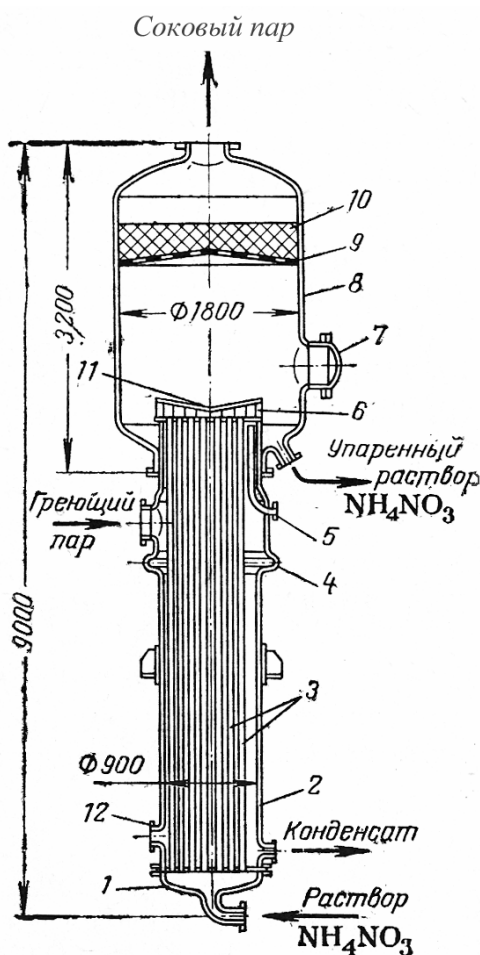
В производстве аммиачной селитры широко распространены так называемые *пленочные выпарные аппараты*. Их отличительной особенностью является упаривание растворов в тонком слое (пленке), движущемся с большой скоростью (25 м/сек и более) вдоль внутренней поверхности трубок, обогреваемых паром. При пуске пленочного аппарата сначала подают греющий пар в кипяtilьник, а затем набирают раствор на 1/4 - 1/5 высоты трубок. Такой уровень жидкости и поддерживается во время работы аппарата.

Подаваемый снизу раствор сразу же на входе в трубки закипает, выделяя большое количество пузырьков пара. Поднимаясь вверх, пузырьки увлекают с собой раствор, «всползающий» по стенкам кипяtilьных трубок. Образующаяся при этом паро-жидкостная смесь с большой скоростью выбрасывается из верхней части трубок в сепаратор. Здесь паро-жидкостная смесь, ударяясь о поверхность изогнутых лопаток, приобретает вращательное вихреобразное движение, в результате чего происходит быстрое отделение сокового пара из раствора. Пленка раствора движется с большой скоростью, поэтому, чтобы обеспечить необходимое для выпаривания время, приходится применять кипяtilьные трубы длиной 6 или 9 м.

жидкостная смесь из верхней секции выводится в сепаратор, где плав отделяется от сокового пара.

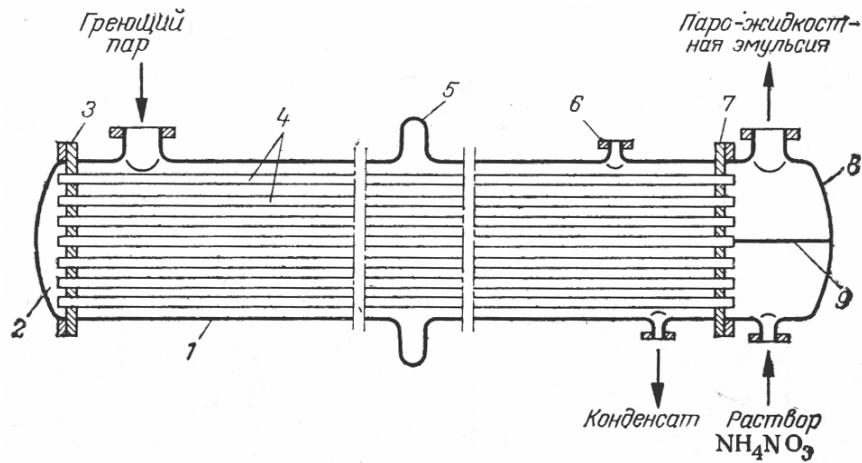
Свежий греющий пар подводится сверху параллельно к каждой секции; паровой конденсат отводится снизу через конденсационный горшок. Конденсат из выпарных аппаратов второй ступени поступает в расширитель, откуда иногда направляется на подогрев аммиака в отделение нейтрализации.

Вертикальный пленочный аппарат предназначен для предварительного упаривания растворов аммиачной селитры, но в последние годы он стал широко использоваться и для получения плава селитры высокой концентрации (например, 98,4—98,6% NH_4NO_3).



1 – нижняя крышка; 2 – кожух; 3 – теплообменные трубки; 4 – компенсатор; 5 – штуцер для верхней продувки; 6 – направляющие лопатки; 7 – лаз; 8 – сепаратор; 9 – решетка; 10 – отбойник; 11 – крышка разделителя; 12 – штуцер для нижней продувки.

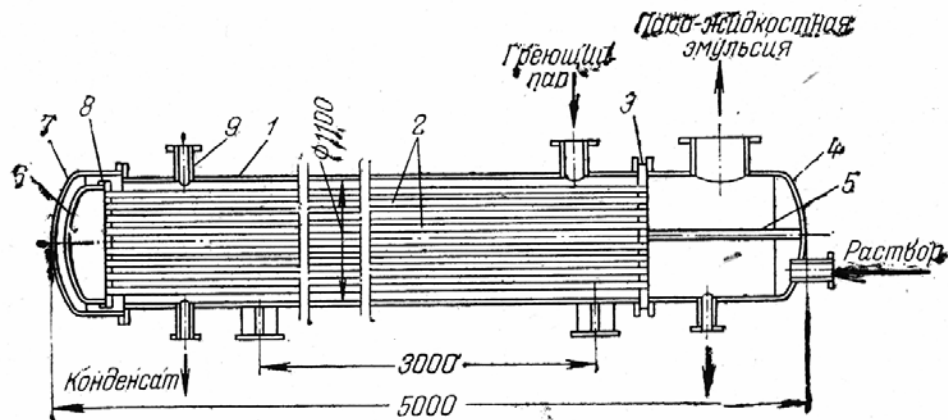
Рисунок 2.1 – Вертикальный пленочный аппарат



1 – корпус двухходового теплообменника; 2 – задняя головка; 3, 7 – трубные решетки; 4 – кипяtilьные трубки; 5 – компенсатор; 6 – штуцер для продувки; 8 – передняя разделительная головка; 9 – перегородка.

Рисунок 2.2 – Горизонтальный выпарной аппарат:

В последние годы наиболее часто применяются выпарные аппараты длиной 6400 мм и диаметром 820 мм с поверхностью теплообмена 120 м².



1 – кожух; 2 – теплообменные трубки; 3, 8 – трубные решетки (доски); 4 – передняя крышка (распределительная головка); 5 – разделительная перегородка; 6 – крышка плавающей головки; 7 – задняя крышка; 9 – воздушник.

Рисунок 2.3 – Секция двухходового выпарного аппарата типа АС:

Переход кристаллов аммиачной селитры из одной формы в другую сопровождается изменением огранки и объема, плотности кристаллов, а также выделением определенного количества тепла.

Аммиачная селитра отличается высокой гигроскопичностью. На открытом воздухе в тонком слое селитра весьма быстро увлажняется, теряет кристаллическую форму и начинает расплываться. Степень поглощения солью влаги из воздуха зависит от его влажности и давления паров над насыщенным раствором данной соли при данной температуре. Аммиачная селитра (или другое гигроскопичное вещество) поглощает влагу из воздуха только в том случае, если при данной температуре давление паров в нем выше давления паров над насыщенным раствором селитры (соли, вещества). Если же давление водяных паров в воздухе меньше, чем над насыщенным раствором селитры, то последняя будет отдавать влагу воздуху, т. е. высыхать.

Отрицательным свойством аммиачной селитры является ее способность слеживаться - терять при хранении сыпучесть (рассыпчатость). При этом аммиачная селитра превращается в твердую монолитную массу, с трудом поддающуюся измельчению. Слеживаемость аммиачной селитры вызывается многими причинами. Ниже рассмотрены важнейшие из них.

Повышенное содержание влаги в готовом продукте. В частицах аммиачной селитры любой формы всегда содержится влага в виде насыщенного (маточного) раствора. Содержание NH_4NO_3 в таком растворе соответствует растворимости соли при температурах ее загрузки в тару. Во время остывания готового продукта маточный раствор часто переходит в пересыщенное состояние. При дальнейшем понижении температуры из пересыщенного раствора выпадает большое количество кристаллов размерами 0,2 – 0,3 мм. Эти новые кристаллы цементируют ранее не связанные частицы селитры, что приводит к превращению ее в плотную массу.

По мере концентрирования растворов NH_4NO_3 температура их кипения значительно повышается. Так, при атмосферном давлении температура кипения 96,9%-ного плава равна 196° С, плав, содержащий 98% NH_4NO_3 , кипит в этих условиях при 206 °С.

| | | | | | | |
|--|--|---|--|--|---------------------------------|----|
| | | | | | КП ПиАХТ ХТЗ-002 ВУ 00.00.00 ПЗ | 17 |
| | | | | | | |
| | | N | | | | |

Производительность установки по выпариваемой воде определяют из уравнения материального баланса [3, с. 87]:

$$W = G_H (1 - x_H/x_K) = 2,78 * (1 - 0,20/0,55) = 1,77 \text{ кг/с}$$

4.2 Расчет концентраций упариваемого раствора

Все расчетные формулы и зависимости взяты из [3, стр. 86-98].

Распределение концентрации раствора по корпусам установки зависит от соотношения нагрузок во выпариваемой воде в каждом аппарате. В первом приближении на основании практических данных принимают, что производительность по выпариваемой воде распределяется между корпусами в соответствии с соотношением [3]:

$$\omega_1 : \omega_2 : \omega_3 = 1,0 : 1,1 : 1,2$$

Тогда

$$\omega_1 = \frac{1,0 W}{1,0 + 1,1 + 1,2} = \frac{1,0 W}{3,3} = 1,0 * 1,77 / 3,3 = 0,54 \text{ кг/с}$$

$$\omega_2 = \frac{1,1 W}{3,3} = 1,1 * 1,77 / 3,3 = 0,59 \text{ кг/с}$$

$$\omega_3 = \frac{1,2 W}{3,3} = 1,2 * 1,77 / 3,3 = 0,64 \text{ кг/с}$$

Далее рассчитываем концентрации растворов в трех корпусах

$$x_1 = \frac{G_H x_H}{G_H - \omega_1} = 2,78 * 0,20 / (2,78 - 0,54) = 0,248$$

$$x_2 = \frac{G_H x_H}{G_H - \omega_1 - \omega_2} = 2,78 * 0,20 / (2,78 - 0,54 - 0,59) = 0,337$$

$$x_3 = \frac{G_H x_H}{G_H - \omega_1 - \omega_2 - \omega_3} = 2,78 * 0,20 / (2,78 - 0,54 - 0,59 - 0,64) = 0,550$$

Концентрация раствора в последнем корпусе x_3 соответствует заданной концентрации упаренного раствора x_K .

4.3 Определение температур кипения растворов

Общий перепад давлений в установке равен

$$\Delta P_{об} = P_{г1} - P_{бк}$$

| | | | | | | |
|--|--|---|--|--|---------------------------------|----|
| | | | | | КП ПиАХТ ХТЗ-002 ВУ 00.00.00 ПЗ | 19 |
| | | | | | | |
| | | N | | | | |

температурных потерь от температурной (Δ'), гидростатической (Δ'') и гидродинамической (Δ''') депрессий.

Гидродинамическая депрессия обусловлена потерей давления пара на преодоление гидравлических сопротивлений трубопроводов при переходе из корпуса в корпус. Обычно в расчетах принимают $\Delta''' = 1,0\text{--}1,5$ град на корпус. Примем для каждого корпуса $\Delta''' = 1$ град. Тогда температуры вторичных паров в корпусах равны:

$$t_{\text{вп1}} = t_{\text{г2}} + \Delta_1''' = 113,0 + 1,0 = 114,0$$

$$t_{\text{вп2}} = t_{\text{г3}} + \Delta_2''' = 93,1 + 1,0 = 94,1$$

$$t_{\text{вп3}} = t_{\text{бк}} + \Delta_3''' = 50,2 + 1,0 = 51,2$$

Сумма гидродинамических депрессий

$$\Sigma\Delta''' = \Delta_1''' + \Delta_2''' + \Delta_3''' = 1,0 + 1,0 + 1,0 = 3,0$$

По температурам вторичных паров определим их давления

Температура, °С Давление, МПа

$$t_{\text{вп1}} = 112,0 \quad P_{\text{вп1}} = 0,168968$$

$$t_{\text{вп2}} = 94,1 \quad P_{\text{вп2}} = 0,084640$$

$$t_{\text{вп3}} = 51,2 \quad P_{\text{вп3}} = 0,003039$$

Гидростатическая депрессия обусловлена разностью давлений в среднем слое кипящего раствора и на его поверхности. Давление в среднем слое кипящего раствора $P_{\text{ср}}$ каждого корпуса определяется по уравнению

$$P_{\text{ср}} = P_{\text{вп}} + \frac{\rho g H}{2} (1 - \varepsilon)$$

где H – высота кипятильных труб в аппарате, м; ρ — плотность кипящего раствора, кг/м³; ε — паронаполнение (объемная доля пара в кипящем растворе), м³/м³.

Для выбора значения H необходимо ориентировочно оценить поверхность теплопередачи выпарного аппарата $F_{\text{ор}}$. При кипении водных растворов можно принять удельную тепловую нагрузку аппаратов принудительной циркуляцией q

$$F_{\text{оп3}} = \frac{Q_3}{q} = \frac{\omega_3 r_3}{q} = 0,64 * 2372 / 40 = 38,0 \text{ м}^2$$

Определяем гидростатическую депрессию

$$\Delta_1'' = t_{\text{ср1}} - t_{\text{вп1}} = 115,0 - 112,0 = 3,0^\circ \text{ C}$$

$$\Delta_2'' = t_{\text{ср2}} - t_{\text{вп2}} = 97,3 - 94,1 = 3,2^\circ \text{ C}$$

$$\Delta_3'' = t_{\text{ср3}} - t_{\text{вп3}} = 55,0 - 51,2 = 3,8^\circ \text{ C}$$

Сумма гидростатических депрессий

$$\Sigma \Delta'' = 3,0 + 3,2 + 3,8 = 10^\circ \text{ C}$$

Температурная депрессия определяется по уравнению

$$\Delta' = 1,62 * 10^{-2} (T^2 / r_{\text{вп}}) \Delta'_{\text{атм}}$$

где T – температура в среднем слое кипяtilьных труб, К; $\Delta'_{\text{атм}}$ – температурная депрессия при атмосферном давлении. Для корпусов выпарной установки [3]

$$\Delta'_{\text{атм1}} = 2,5^\circ \text{ C}$$

$$\Delta'_{\text{атм2}} = 6,3^\circ \text{ C}$$

$$\Delta'_{\text{атм3}} = 11,0^\circ \text{ C}$$

Соответственно

$$\Delta'_1 = 1,62 * 10^{-2} * (115 + 273)^2 / 2217 * 2,5 = 2,8^\circ \text{ C}$$

$$\Delta'_2 = 1,62 * 10^{-2} * (97,3 + 273)^2 / 2267 * 2,5 = 2,5^\circ \text{ C}$$

$$\Delta'_3 = 1,62 * 10^{-2} * (55 + 273)^2 / 2372 * 2,5 = 1,8^\circ \text{ C}$$

Сумма температурных депрессий

$$\Sigma \Delta' = 2,8 + 2,5 + 1,8 = 7,1^\circ \text{ C}$$

Температуры кипения растворов по корпусам равны

$$t_{\text{к1}} = t_{\text{р2}} + \Delta'_1 + \Delta_1'' + \Delta_1''' = 113,0 + 2,8 + 3,0 + 1,0 = 119,8^\circ \text{ C}$$

$$t_{\text{к2}} = t_{\text{р3}} + \Delta'_2 + \Delta_2'' + \Delta_2''' = 93,1 + 2,5 + 3,2 + 1,0 = 99,8^\circ \text{ C}$$

$$t_{\text{к3}} = t_{\text{ок}} + \Delta'_3 + \Delta_3'' + \Delta_3''' = 50,2 + 1,8 + 3,8 + 1,0 = 56,8^\circ \text{ C}$$

4.4 Расчет полезной разности температур

Общая полезная разность температур равна

$$\Sigma \Delta t_{\text{п}} = \Delta t_{\text{п1}} + \Delta t_{\text{п2}} + \Delta t_{\text{п3}}$$

| | | | | | | |
|--|--|---|--|--|---------------------------------|----|
| | | | | | КП ПиАХТ ХТЗ-002 ВУ 00.00.00 ПЗ | 23 |
| | | | | | | |
| | | N | | | | |

5 РАСЧЕТ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

5.1 Расчет теплообменника

Целью теплового расчета является определение необходимой поверхности теплообмена для эффективного ведения процесса выпаривания. После определения поверхности теплообмена осуществляется подбор стандартного аппарата, затем проводится поверочный расчет.

Расчетная поверхность теплообмена определяется из уравнения (уравнение справедливо для плоской стенки, а также для труб, если толщина стенки мала по сравнению с диаметром)

$$F = \frac{Q}{K\Delta t_{cp}}$$

где Q – тепловая нагрузка выпарного аппарата, Дж/ч; K – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К); Δt_{cp} – средняя разность температур между теплообменивающими средами, К.

Тепловая нагрузка аппарата была определена:

$$Q = \Sigma Q - Q_1 = 205 - 170 = 35 \text{ ккал/с} = 16600 \text{ Дж/ч}$$

Для плоской стенки коэффициент теплопередачи определяется из уравнения

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

где α_1 и α_2 — коэффициенты теплоотдачи с каждой стороны стенки Вт/(м²·К); δ — толщина отдельных слоев стенки, м; λ — коэффициент теплопроводности слоев стенки, для стали 12X18H10T $\lambda = 23$ Вт/(м·К) [5].

Толщину стенки трубок примем равной $\delta = 2$ мм

Важнейшей и наиболее трудоемкой частью расчета поверхности теплообменного аппарата является вычисление коэффициентов теплоотдачи.

Коэффициент теплоотдачи от движущегося жидкого или газообразного потока зависит от режима движения: при ламинарном (струйном) потоке коэффициент

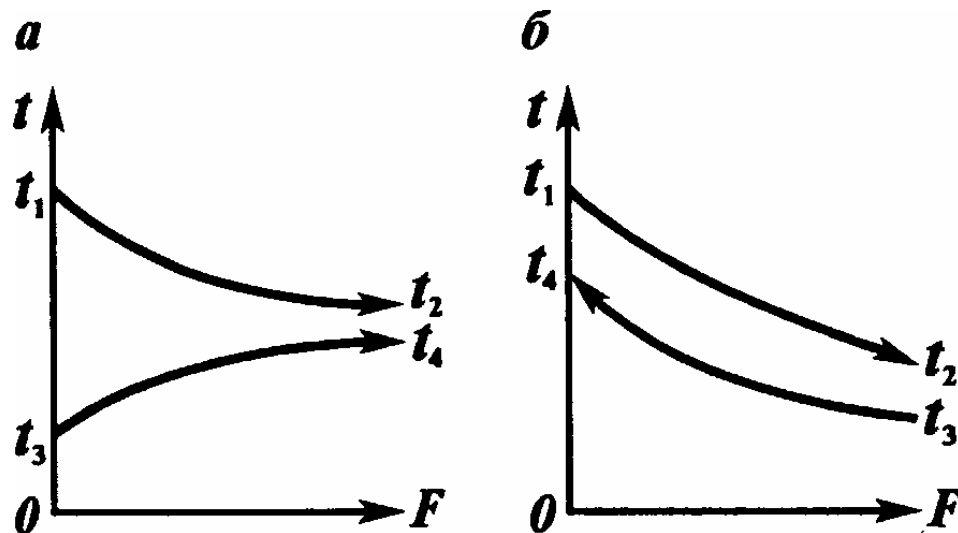


Рисунок 4.1 – Основные виды движения потоков.

Для проектируемого аппарата примем противоток. Следовательно

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} + \Delta t_{\text{м}}}{2}$$

где $\Delta t_{\text{б}}$ и $\Delta t_{\text{м}}$ – соответственно большая и меньшая разность температур, определяемая так:

$$\Delta t_{\text{б}} = 180 - 140 = 40, \Delta t_{\text{м}} = 180 - 174 = 6$$

Соответственно

$$\Delta t_{\text{cp}} = (40 + 6) / 2 = 23$$

Требуемая поверхность теплообмена

$$F = \frac{16600}{1,12 \cdot 23} = 644 \text{ м}^2$$

Ближайшее большее значение для стандартного аппарата с трубной решеткой

$$F = 710 \text{ м}^2$$

Принимаем этот аппарат. Небольшой избыток площади позволяет в будущем увеличить производительность выпарного аппарата (без дополнительных затрат)

$$\frac{710 - 644}{710} = 0,092 = 9,2\%$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной курсовой работе была спроектирована выпарная установка для упаривания раствора аммиачной селитры. В ходе курсовой работы были проведены технологический расчет и выбор вспомогательного оборудования, в ходе которых было доказано, что конструкция аппарата является прочной и полностью удовлетворяет исходным условиям работы. Это свидетельствует также и о правильности выбора материала отдельных элементов барабанной сушилки и технологической схемы производства.

Кроме того, в ходе расчетов были определены размеры некоторых элементов аппарата. Выполнение условия прочности свидетельствует о том, что эти размеры были определены верно и выпарной аппарат может эксплуатироваться при данных условиях работы.

Рассчитанная выпарная установка удовлетворяет техническому заданию и может быть использована в производстве аммиачной селитры.

| | | | | | | |
|--|--|---|--|--|---------------------------------|----|
| | | | | | КП ПиАХТ ХТЗ-002 ВУ 00.00.00 ПЗ | 29 |
| | | | | | | |
| | | N | | | | |

