

Введение

Азотная кислота является одним из важнейших многотоннажных продуктов химической промышленности. Она занимает второе место по объему производства после серной кислоты. Азотная кислота широко применяется для производства многих продуктов, используемых в промышленности и сельском хозяйстве. Так, около 40% ее расходуется на получение сложных и азотных минеральных удобрений; азотная кислота используется для производства синтетических красителей, взрывчатых веществ, нитролаков, пластических масс, лекарственных синтетических веществ и других важнейших продуктов.

Сырьем для получения продуктов в азотной промышленности являются атмосферный воздух и различные виды водород-содержащего сырья (уголь, сланцы, газ и др.). Одной из составных частей воздуха является азот, который используется в процессах получения аммиака, цианамиды кальция и других продуктов азотной технологии [1].

Поскольку ресурсы атмосферного азота огромны, то сырьевая база азотной промышленности в основном определяется вторым видом сырья – углеводородами, применяемым для получения водорода или водород-содержащего газа. До 50-х годов текущего столетия заводы нашей страны использовали в качестве сырья в основном твердое топливо.

С 60-х годов XX века доля твердого топлива как сырья для получения водорода резко сокращалась. В настоящее время основным сырьем в производстве аммиака является природный газ. В восьмидесятые годы XX века около 90% всего выпускаемого в нашей стране аммиака получали на предприятиях, использовавших в качестве сырья природный газ [1].

Одной из стадий производства азотной кислоты является конверсия аммиака, которая осуществляется в реакторе, называемом в производственных условиях контактным аппаратом.

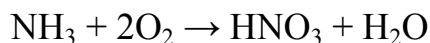
Разработка реактора окисления аммиака и является основной задачей данного дипломного проекта.

		N				4

3) абсорбции оксидов азота водой



Суммарная реакция образования азотной кислоты выражается



Производство азотной кислоты по схеме АК-72. В основу схемы АК-72, разработанной в СССР, положен замкнутый энерготехнологический цикл с двухступенчатой конверсией аммиака и охлаждением нитрозных газов под давлением 0,42–0,47 МПа и абсорбцией оксидов азота при давлении 1,1—1,26 МПа; продукция выпускается в виде 60%-ной HNO_3 . Первый агрегат АК-72 мощностью 380 тыс. т/год был пущен в 1976 г [1].

Принципиальная технологическая схема процесса приведена на рисунке 1.1.

Воздух забирают из атмосферы через трубу 25, очищают от пыли в фильтре 24, сжимают воздушным компрессором 23 до 0,42 МПа и, разделив на два потока, подают в контактный аппарат и подогреватель аммиака. Жидкий аммиак (парожидкостная смесь) через ресивер 1 поступает в испаритель 2, где испаряется при 10–16 °С и давлении 0,6 МПа.

После испарителя газообразный аммиак очищают от масла и механических примесей в фильтре 3 и направляют в подогреватель аммиака 4, где он нагревается до 80–120 °С воздухом.

Очищенный воздух и аммиак поступают в смесительную камеру 22 контактного аппарата 20. Образующаяся аммиачно-воздушная смесь содержит 9,6–10,0% NH_3 . Пройдя тонкую очистку в фильтре, встроенном в контактный аппарат, аммиачно-воздушная смесь поступает на двухступенчатый катализатор, состоящий из трех платиноидных сеток и слоя неплатинового катализатора. Нитрозные газы при температуре 840–860 °С поступают в котел-утилизатор 19, расположенный под контактным аппаратом, где за счет их охлаждения получают пар давлением 40 МПа с температурой 440 °С. Котел питают химически очищенной водой, деаэрированной в колонне 17. Деаэрированная вода проходит теплообменник 16, где нагревается нитрозными газами до 150 °С, экономайзер 18 и затем поступает в барабан котла-утилизатора 21.

		N				6

этом до 210–230 °С. После сжатия нитрозные газы охлаждают в холодильнике 16 до 155–165 °С. в холодильнике 11 второй ступени до 60–65 °С и подают в абсорбционную колонну 10. На тарелках колонны расположены земеевики для охлаждения кислоты. Сверху в колонну поступает паровой конденсат (Н₂О) с температурой не выше 40 °С. Снизу колонны выводится 58–60%-ная азотная кислота; она поступает в продувочную колонну 9 для удаления растворенных в ней оксидов азота и далее направляется в хранилище.

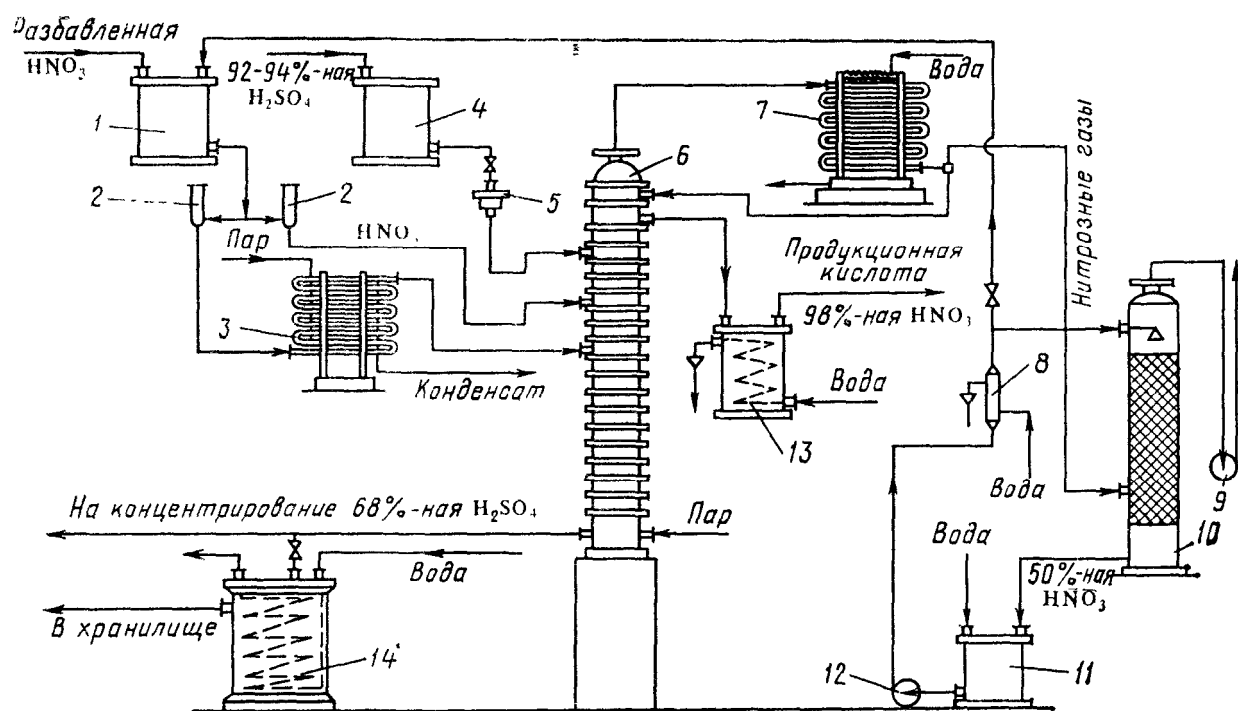
Отходящий газ из абсорбционной колонны нагревается в подогревателе (топочном устройстве) 8, смешивается в смесителе 7 с природным газом и подогретый до 480 °С направляется на каталитическую очистку от оксидов азота в реактор. Катализатором очистки служит алюмопалладиевый катализатор АПК-2. После каталитического разложения выхлопные газы, содержащие до 0,008% оксидов азота при температуре 750 °С, поступают в рекуперационную турбину 5, входящую в состав газотурбинного агрегата. Здесь тепловая энергия выхлопных газов преобразуется в механическую с одновременным снижением давления газа до 0,95–1,05МПа. Энергия, вырабатываемая в газовой турбине, используется для привода компрессоров 12 и 23 (нитрозного и воздушного).

Производство слабой азотной кислоты под повышенным давлением. В 1960-х годах разработан агрегат по производству азотной кислоты мощностью 120 тыс. т год под давлением 0,716 МПа с использованием высокотемпературной каталитической очистки выхлопных газов, выпускающий продукцию в виде 53-58%-ной ННО₃ [1]. При разработке этой схемы были пересмотрены вопросы экономической эффективности производства по схеме АК-72, в результате чего уменьшена мощность установки с 380 тыс. тонн до 120 тыс. тонн в год и снижено давление во всей схеме. В частности, абсорберы работают при давлении 0,5–0,7 МПа. Улучшена схема очистки хвостовых газов [1].

Производство концентрированной азотной кислоты прямым синтезом из оксидов азота. Прямой синтез ННО₃ основан на взаимодействии жидких оксидов азота с водой и газообразным кислородом под давлением до 5 МПа по уравнению



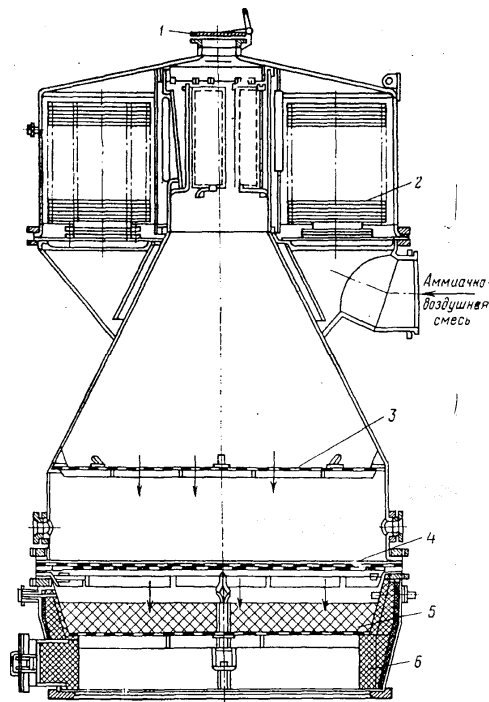
		N				8



1, 4 – напорные баки для азотной и серной кислоты; 2 – контрольные фонари; 3 – испаритель разбавленной азотной кислоты; 5 – коробка для регулирования подачи кислоты; 6 – концентрационная колонна, 7 – холодильник конденсатор; 8 – холодильник кислоты, циркулирующей в башне; 9 – вентилятор; 10 – поглотительная башня; 11 – сборник; 12 – насос; 13 – холодильник концентрированной азотной кислоты, 14 – холодильник отработанной серной кислоты

Рисунок 1.2 – Схема концентрирования разбавленной азотной кислоты в присутствии серной кислоты

В холодильнике-конденсаторе пары азотной кислоты при температуре около 30 °С конденсируются с образованием 98–99%-ной HNO_3 , при этом оксиды азота частично поглощаются этой кислотой. Концентрированная азотная кислота, содержащая оксиды азота, направляется на две верхние тарелки и проходит их последовательно, причем оксиды выдуваются из раствора парами азотной кислоты, поступающими в конденсатор 7. Несконденсировавшиеся пары азотной кислоты и выделившиеся оксиды азота направляют на абсорбцию в башню 10, орошаемую водой. Полученная 50%-ная кислота поступает в сборник 11 и вновь направляется на концентрирование. Концентрированную азотную кислоту после охлаждения направляют на склад готовой продукции.



1 – аварийная мембрана; 2 – картонные фильтры; 3 – распределительная решетка; 4 – катализаторные сетки; 5 – слой колец; 6 – жаростойкая футеровка.

Рисунок 1.3 – Контактный аппарат, совмещенный с картонным фильтром

В верхней части аппарата расположен картонный фильтр 2 для тонкой очистки аммиачно-воздушной смеси. Катализаторные сетки опираются на колосники; ниже на решетке расположен слой металлических колец 5, выполняющих роль аккумулятора теплоты, необходимой для быстрого розжига аппарата после кратковременной остановки; кроме того, эти кольца служат для улавливания наиболее крупных частиц платины, уносимых газом. Конвертор установлен на верхней части котла-утилизатора. Производительность его 48...50 тонн HNO_3 в сутки.

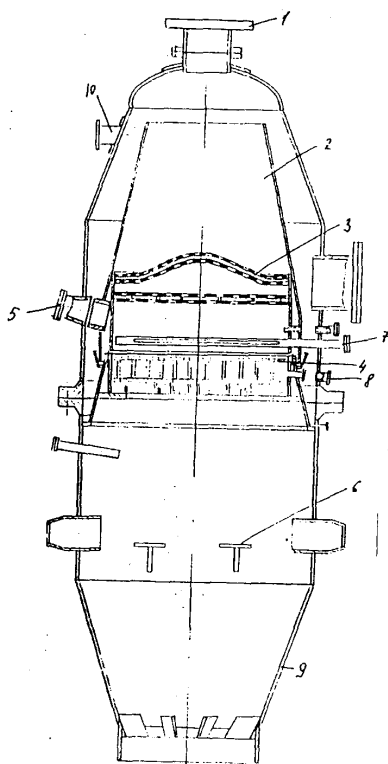
Для сокращения потерь платины производят ее улавливание и возвращение на изготовление катализаторов. Наиболее распространено улавливание частиц платины фильтрованием нитрозных газов. Для этого используют разнообразные конструкции механических фильтров и фильтрующие материалы. В основном для набивки фильтров применяют непрерывное стекловолокно.

В настоящее время разработаны и опробованы массы на основе оксида кальция, которые химически связывают пары платины. При этом способе улавливания сорбент устанавливается непосредственно в контактном аппарате за катализаторными сетками и работает в условиях процесса окисления аммиака.

концентрических колец. Под ними на колосниковой решетке размещен слой керамических колец, уложенных правильными рядами высотой 200 мм. Этот слой колец, с одной стороны, частично улавливает платину, с другой - стабилизирует тепловой режим на катализаторных сетках [1].

Аммиачно-воздушная смесь поступает в контактный аппарат сбоку, огибает внутренний конус и сверху поступает на катализаторные сетки.

Аппарат выполнен из сталей марок 12X18H9T, 12X17, 12X23H18 и углеродистой стали, его производительность 360 т HNO_3 в сутки. Одна из модификаций подобного аппарата представлена на рисунке 1.5.



1 - предохранительное устройство, 2 - внутренний конус; 3 - распределительная решетка; 4 - катализаторные сетки; 5 - смотровое окно; 6 - опоры под пароперегреватели; 7 - ввод азотоводородной смеси; 8 - ввод термопары; 9 - переходной конус; 10 - монтажный штуцер

Рисунок 1.5 – Контактный аппарат

С целью снижения потерь платины перспективным является проведение процесса окисления аммиака на двухступенчатом катализаторе, в котором первой ступенью служат платиноидные сетки, второй - оксиды металлов.

Известны и другие конструкции реакторов для окисления аммиака [1].

2 Технологический раздел

2.1 Описание технологической схемы и проектируемого оборудования

2.1.1 Описание технологической схемы

Одним из способов уменьшения выбросов и повышения эффективности производства аммиака является применение энерготехнологической схемы с парогазовым циклом, в котором в качестве рабочей теплоты используется не только теплота водяного пара, но и продуктов сгорания топлива.

Такая схема реализована в ряде производств химической технологии. К достоинствам этого химико-технологического процесса относятся: 1) использование теплоты промежуточных реакций для сжатия сырья (рекуперация энергии); 2) возможность организовать тщательную очистку отработанных газов [1].

Технологическая схема производства HNO_3 представлена на рисунке 2.1.

Атмосферный воздух проходит тщательную очистку в двухступенчатом фильтре 1 (первая ступень фильтра выполнена из лавсановой ткани, вторая – из ткани Петрянова). Очищенный воздух сжимают двухступенчатым воздушным компрессором. В первой ступени 18 воздух сжимают до 0,35 МПа, при этом он нагревается до 165–175 °С за счет адиабатического сжатия. После охлаждения воздух направляют на вторую ступень сжатия 16, где его давление возрастает до 0,716 МПа.

Основной поток воздуха после сжатия нагревают в подогревателе воздуха 12 до 250–270 °С теплотой нитрозных газов и подают на смешение с аммиаком в смеситель 6.

Газообразный аммиак, полученный путем испарения жидкого аммиака, после очистки от влаги, масла и катализаторной пыли через подогреватель 5 при температуре 150 °С также направляют в смеситель 6. Смеситель совмещен в одном аппарате с поролитовым фильтром. После очистки аммиачно-воздушную смесь с содержанием NH_3 не более 10% подают в контактный аппарат 14 на конверсию аммиака.

		N				16

В окислителе 13 степень окисления возрастает до 85%. За счет реакции окисления нитрозные газы нагреваются до 300–335 °С. Эта теплота используется в подогревателе воздуха 12. Охлажденные в теплообменнике 12 нитрозные газы поступают для дальнейшего охлаждения в теплообменник 11, где происходит снижение их температуры до 150 °С и нагрев выхлопных (хвостовых) газов до 110–125 °С. Затем нитрозные газы направляют в холодильник-конденсатор 7, охлаждаемый оборотной водой. При этом конденсируются водяные пары и образуется слабая азотная кислота. Нитрозные газы отделяют от сконденсировавшейся азотной кислоты в сепараторе 8, из которого азотную кислоту направляют в абсорбционную колонну 9 на 6–7-ю тарелку, а нитрозные газы – под нижнюю тарелку абсорбционной колонны. Сверху в колонну подают охлажденный паровой конденсат.

Образующаяся в верхней части колонны азотная кислота низкой концентрации перетекает на нижележащие тарелки. За счет поглощения оксидов азота концентрация кислоты постепенно увеличивается и на выходе достигает 55–58%, причем содержание растворенных в ней оксидов азота достигает ~1%. Поэтому кислота направляется в продувочную колонну 10, где подогретым воздухом из нее отдувают оксиды азота, и отбеленная азотная кислота поступает на склад. Воздух после продувочной колонны подается в нижнюю часть абсорбционной колонны 9.

Степень абсорбции оксидов азота достигает 99%. Выходящие из колонны хвостовые газы с содержанием оксидов азота до 0,11% при температуре 35 °С проходят подогреватель 11, где нагреваются до 110–145 °С и поступают в топочное устройство (камера сжигания) 3 установки каталитической очистки. Здесь газы нагреваются до температуры 390–450 °С за счет горения природного газа, подогретого предварительно в подогревателе 4, и направляются в реактор с двухслойным катализатором 2, где первым слоем служит оксид алюминия, с нанесенным на него палладием, вторым слоем – оксид алюминия. Очистку осуществляют при 760 °С.

Очищенные газы поступают в газовую турбину 17 при температуре 690–700 °С. Энергия, вырабатываемая турбиной за счет теплоты хвостовых газов, исполь-

		N				18

следует, что 1 кмоль HNO_3 образуется из 1 кмоль NH_3 . Это позволяет вычислить массу аммиака, необходимую для производства 1000 кг NH_3 по формуле:

$$A_{\text{NH}_3} = M_{\text{NH}_3} / M_{\text{HNO}_3} \times 1000 / (k_1 k_2),$$

где $M_{\text{NH}_3} = 14 + 3 \times 1 = 17$ кг/кмоль – молекулярная масса аммиака;

$M_{\text{HNO}_3} = 1 + 14 + 3 \times 16 = 63$ кг/кмоль - молекулярная масса азотной кислоты;

$k_1 = 0.96$ – степень конверсии;

$k_2 = 0.97$ - степень абсорбции.

$$A_{\text{NH}_3} = 17/63 \times 1000/(0.96 \times 0.97) = 290 \text{ кг.}$$

Объем ($P = 0.1013$ МПа, $t = 0^\circ\text{C}$) этой массы аммиака

$$V_{\text{NH}_3} = 22.4 A_{\text{NH}_3} / M_{\text{NH}_3} = 22.4 \times 290 / 17 = 38 \text{ м}^3,$$

где $22.4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$ – мольный объем газа.

Вычисляем объем воздуха, необходимый для производства 1000 кг HNO_3

$$V_{\text{в}} = V_{\text{NH}_3} (100 - k_3)/k_3,$$

где $k_3 = 10.0\%$ (об) – концентрация аммиака в аммиачно-воздушной смеси.

$$V_{\text{в}} = 382 \times (100 - 10.0)/10.0 = 3438 \text{ м}^3.$$

Объемы поступающих с воздухом ($p = 0.1018$ МПа, $t = 273$ К):

водяных паров

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{в}} P_{\text{тв}} / 760 = 3438 \times 31.82/760 = 144 \text{ м}^3,$$

сухого воздуха

$$V_{\text{св}} = V_{\text{в}} - V_{\text{H}_2\text{O}} = 3438 - 144 = 3294 \text{ м}^3.$$

Принимая процентное содержание кислорода и азота в воздухе равными 21% и 79%(об), вычислим поступающие с воздухом в контактный аппарат объемы этих газов:

$$V_{\text{кис}} = 0.21 V_{\text{св}} = 0.21 \times 3294 = 692 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{N}_2} = 0.79 V_{\text{св}} = 0.79 \times 3294 = 2602 \text{ м}^3$$

Находим объемы образующихся в результате реакции веществ;

оксида азота

$$V_{\text{NO}} = k_1 V_{\text{NH}_3} = 0.96 \times 382 = 367 \text{ м}^3,$$

паров воды

$$V_{\text{вод1}} = 6/4 k_1 V_{\text{NH}_3} = 6/4 \times 0.96 \times 382 = 550 \text{ м}^3,$$

расходуемого при протекании этой реакции кислорода

		N				20

2.2.3 Определение основных размеров реактора окисления аммиака

В качестве катализатора принимаем - платинородиевую сетку с характеристиками [4]:

диаметр нити проволоки $d = 0.009$ см;

число плетений в 1 см площади сетки 1024.

Оптимальное время контакта определяем по формуле [4]:

$$\lg \tau = -0.107\alpha + 7.02 \times 10^{-6} \alpha^3,$$

где α - степень превращения NH_3 в NO , %

$$\lg \tau = -0.107 \times 96 + 7.02 \times 10^{-6} \times 96^3$$

Необходимая площадь сеток катализатора [4]:

$$S = 100 \tau W_0 T_k P / (1.1 m d P_k 273 (1 - 1.57d\sqrt{n})),$$

где 1.1 – коэффициент, учитывающий увеличение времени контакта за счет удлинения нитей сетки при провисании;

P_k, T_k – давление и температура в контактном аппарате, (Па, К);

P - атмосферное давление, Па;

m - число сеток, сложенных вместе;

W_0 - объемная скорость газа при нормальных условиях, м/с.

$$S = \frac{100 \times 8.7 \times 10^{-5} \times 8500 \times (273 + 910) \times 0.1}{(3600 \times 1.1 \times 12 \times 0.009 \times 0.8 \times 273 \times (1 - 1.57 \times 0.009 \times \sqrt{1024}))} = 0.8 \text{ м}^2.$$

При круглом сечении аппарата диаметр рабочей части сеток равен:

$$D_0 = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.8}{3.14}} = 1,01 \text{ м}$$

С учетом припуска для закрепления на фланцах контактного аппарата диаметр и площадь сеток такова:

$$D_{\text{пр}} = 1.01 + 0.64 = 1.65 \text{ м.}$$

$$S_{\text{пр}} = 0,785 D_{\text{пр}}^2 = 0.785 \times 1.652 = 2.14 \text{ м}^2.$$

Активная поверхность 1 м² площади сетки, имеющей $d = 0.009$ мм и $n = 1024$ составляет

$$F_0 = 2\pi\sqrt{n} = 2 \times 3.14 \times \sqrt{1024} \times 100 \times 100 / 10000 = 1.81 \text{ м}^2.$$

Общая активная поверхность всех 12 сеток будет

$$F_0 = 1.81 \times 0.8 \times 12 = 17.4 \text{ м}^2.$$

		N				22

$$= \frac{(14.286 \times 367 + 3171 + 37281 + 10243) \times 0.1 \times (273 + 910)}{3600 \times 0.8 \times 273} = 8.4 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Соответственно

$$F = 8.4/8 = 1.05 \text{ м}^2$$

$$D = \sqrt{4 \times 1,05 / 3,14} = 1,16 \text{ м}$$

Принимаем $D_{\text{вых}} = 1200 \text{ мм}$.

2.2.5 Тепловой расчет

Найдем температуру t_x до которой необходимо нагревать аммиачно-воздушную смесь для обеспечения автотермичности процесса окисления аммиака.

Вычисляем общий объем аммиачно-воздушной смеси, необходимой для производства 14286 кг/ч HNO_3 :

$$V_{\text{см}} = V'_{\text{NH}_3} + x V_{\text{св}} + x V_{\text{H}_2\text{O}} = 5457 + 14.286 \times 3294 + 14.286 \times 144 = 54572 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Определяем концентрацию компонентов аммиачно-воздушной смеси:

аммиака

$$\Pi_{\text{ам}} = V'_{\text{NH}_3} / V_{\text{см}} \times 100\% = 5457 / 54572 \times 100\% = 10\%,$$

сухого воздуха

$$\Pi_{\text{св}} = x V_{\text{св}} / V_{\text{см}} \times 100\% = 14.286 \times 3294 / 54572 \times 100\% = 86.2\%,$$

воды

$$\Pi_{\text{H}_2\text{O}} = x V_{\text{H}_2\text{O}} / V_{\text{см}} \times 100\% = 14.286 \times 144 / 54572 \times 100\% = 3.8\%.$$

Рассчитаем среднюю теплоемкость аммиачно-воздушной смеси [6]:

$$\begin{aligned} C_{\text{ср}} &= 0.01 \times (C_{\text{NH}_3} \Pi_{\text{ам}} + C_{\text{св}} \Pi_{\text{св}} + C_{\text{H}_2\text{O}} \Pi_{\text{H}_2\text{O}}) = \\ &= 0.01 (35.8 \times 10 + 28.7 \times 86.2 + 32.6 \times 3.8) = 29.6 \text{ кДж}/(\text{кмоль} \times \text{К}), \end{aligned}$$

где C_{NH_3} , $C_{\text{св}}$, $C_{\text{H}_2\text{O}}$ – теплоемкости соответственно аммиака, сухого воздуха и паров воды [6, с. 189].

Определяем теплоту, вносимую аммиачно-воздушной смесью:

$$Q_1 = C_{\text{ср}} V_{\text{см}} / 22.4 t_x = 29.6 \times 54572 / 22.4 \times t_x = 72113 t_x \text{ кДж}/\text{ч}.$$

Вычисляем теплоты, необходимые для протекания реакции:

$$\begin{aligned} Q_2 &= q_1/4 \times V_{\text{NO}}/22.4 + q_2/2 \times V_{\text{N}_2} / 22.4 = \\ &= 905800/4 \times 14.286 \times 367/22.4 + 1266960/2 \times 14.286 \times 7.6/22.4 = 56073569 \text{ кДж}/\text{ч} \end{aligned}$$

		N				24

Аппарат представляет собой цилиндрическую вертикальную емкость, в верхней части которой находится фильтрующий слой. Схема к расчету показана на рисунке 2.6.

Принимаем скорость газа перед фильтрующим слоем

$$\omega = 3,5 \text{ м/с.}$$

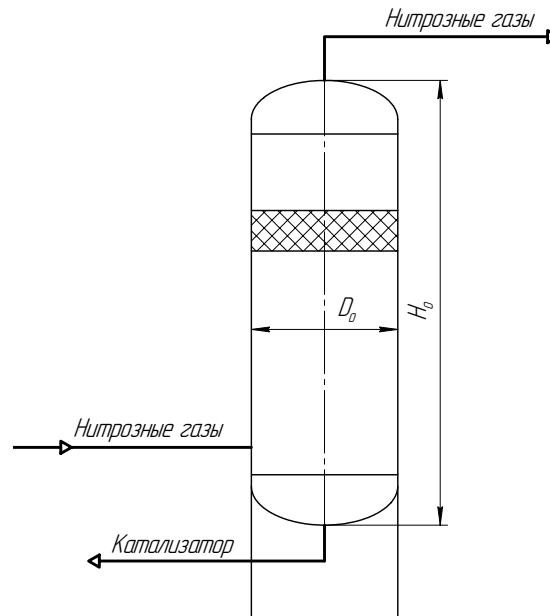


Рисунок 2.6 – Схема к расчету окислителя нитрозных газов

Согласно выбранной технологической схеме, расход нитрозных газов при режимных параметрах в аппарате ($P = 0,716 \text{ МПа}$, $t = 400 \text{ }^\circ\text{C}$) [1]

$$V = 11 \text{ м}^3/\text{с}$$

Тогда расчетный диаметр окислителя

$$D_{\text{ор}} = \sqrt{\frac{4V}{\pi\omega}} = \sqrt{\frac{4 \times 11,0}{3,14 \times 3,5}} = 2,01 \text{ м}$$

Принимаем

$$D_0 = 2,0 \text{ м}$$

Принимаем отношение $H / D = 3$, тогда высота аппарата

$$H_0 = 2 \times 3 = 6 \text{ м.}$$

Проектируемый реактор синтеза нитрозных газов представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат высотой около 7000 мм и диаметром 2200 мм. Аппарат устанавливается на котел-утилизатор и соединяется с ним посредством фланца 11.

Обечайка аппарата 2 внизу соединяется через фланец 10 с нижним днищем 1, которое состоит из обечайки и конуса 7. На верху аппарата установлено эллиптическое днище 4. Внутри аппарата установлена цилиндрическая обечайка 8 и катализаторные сетки 9. Днища 1 и 4 закрывают обечайку с торцов.

Среда для всех фланцевых соединений является токсичной, давление P_y 1,0 МПа. Тогда критерием выбора типа уплотнения будет температура [5].

Для присоединения предохранительного устройства 6 выбираем фланцевое соединение с уплотнением типа XII с конической и сферической уплотняемыми поверхностями (см. рис. 3.2), работающее при температурах, ограниченных стойкостью материала [6, табл. 20.1]. Выбор такого типа уплотнения обоснован тем, что при срабатывании предохранительного устройства возникают значительные динамические нагрузки, которые могут разрушить прокладку.

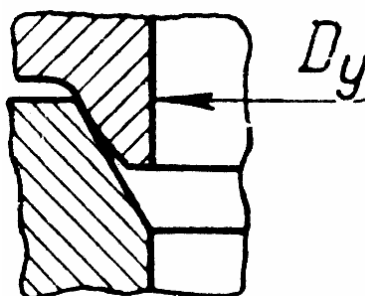


Рисунок 3.2 – Уплотнение типа XII

Для фланца штуцера ввода газа принимаем более простое уплотнение типа III (шип-паз), работающее при температурах до 540 °С, с плоской комбинированной прокладкой (асбестовый картон в оболочке из стали).

Отверстие под штуцер 5 предохранительного устройства 6 укрепляется за счет увеличения толщины стенки штуцера.

Расчету на прочность подлежат следующие элементы аппарата: обечайка 2, эллиптическое днище 4, конические днища 7 и 3, штуцер ввода газа 12, фланцевое соединение 10 и укрепление отверстия для штуцера 5.

		N				32

Принимаем исполнительную толщину стенки $s = 10$ мм.

Допускаемое давление в рабочем состоянии и при испытаниях

$$[p] = \frac{2\varphi[\sigma](s - c)}{D + s - c} = \frac{2 \times 1,0 \times 120 \times (10 - 0,75)}{2200 + 10 - 0,75} = 1,41 \text{ МПа}$$

$$[p]_{\text{и}} = \frac{2\varphi[\sigma]_{\text{и}}(s - c)}{D + s - c} = \frac{2 \times 1,0 \times 227 \times (10 - 0,75)}{2200 + 10 - 0,75} = 1,77 \text{ МПа}$$

Как видно, оно не меньше соответствующих расчетных давлений.

3.4 Расчет днища, работающего под внутренним давлением.

Исходными данными к расчету является диаметр днища $D = 1400$ мм и внутренне технологическое давление $p_{\text{т}} = 0,80$ МПа. Схема к расчету приведена на рисунке 3.4.

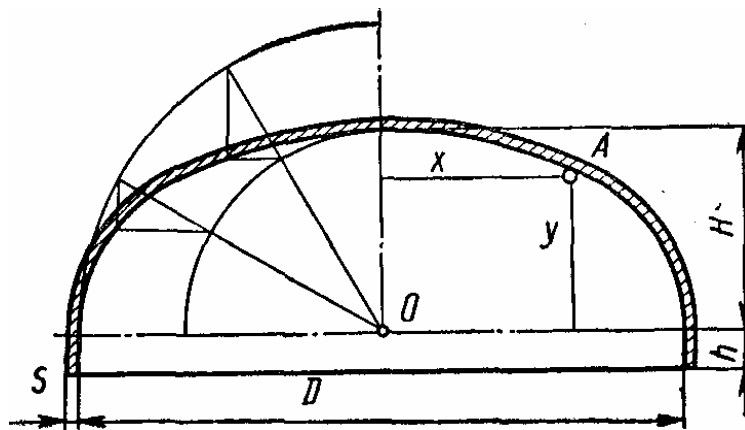


Рисунок 3.4 – Днище эллиптическое

Исполнительную толщину стенки стандартного эллиптического днища рассчитывают по формуле

$$s_{\text{эп}} = \max \left(\frac{p_{\text{р}} D}{2\varphi[\sigma] - 0,5p_{\text{р}}}, \frac{p_{\text{и}} D}{2\varphi[\sigma]_{\text{и}} - 0,5p_{\text{и}}} \right) = \max \left(\frac{0,80 \times 2200}{2 \times 1,0 \times 120 - 0,5 \times 0,80}, \frac{1,32 \times 2200}{2 \times 1,0 \times 227 - 0,5 \times 1,32} \right) = \max \left(\begin{matrix} 8,05 \\ 8,45 \end{matrix} \right) = 8,45 \text{ мм}$$

$$s_3 = s_{\text{эп}} + c + c_0 = 8,45 + 0,75 + 0,51 = 9,71 \text{ мм}$$

Толщина стенки днища не должна быть менее толщины стенки обечайки, поэтому

$$s_3 = 10 \text{ мм}$$

Допускаемое давление в рабочем состоянии и при испытаниях

		N			
					36

$$S_{к.р.} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{P_p \cdot D}{(2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - P_p) \cdot \cos \alpha} = \frac{0.8 \cdot 2200}{(2 \cdot 1 \cdot 121 - 0.8) \cdot \cos 20} = 7.8 \\ \frac{P_{и} \cdot D}{(2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{и} - P_{и}) \cdot \cos \alpha} = \frac{1.32 \cdot 2200}{(2 \cdot 1 \cdot 218.2 - 1.32) \cdot \cos 20} = 7.1 \end{array} \right. = 7,8 \text{ мм}$$

$$S_k = S_{кр} + C + C_0 = 7.8 + 1 + 0.2 = 9 \text{ мм}$$

Так как $(S - C)/D = (9 - 1)/2200 = 0.004 < 0.25/\cos(20) = 0.27$, то условие применимости формулы выполняется.

3.5.1 Расчет штуцера ввода исходной смеси

Исполнительная толщина стенки штуцера рассчитывается по формулам

$$S_{шт.р.} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - P_p} \\ \frac{P_{и} \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{и} - P_{и}} \end{array} \right.$$

Для штуцера ввода аммиачно-воздушной смеси $D_{шт} = 600 \text{ мм}$:

$$S_{шт.р.} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0.8 \cdot 600}{2 \cdot 1 \cdot 121 - 0.8} = 2 \\ \frac{1.32 \cdot 600}{2 \cdot 1 \cdot 218.2 - 1.32} = 1.8 \end{array} \right. = 2,0 \text{ мм}$$

$$S_{шт} = S_{шр} + C + C_0 = 2 + 1 + 1 = 4 \text{ мм},$$

Так как $(S_{шт} - C)/D < 0.1 = 0.001 < 0.1$, то условие применения формулы выполняется. Принимаем исполнительную толщину стенки штуцера ввода реагентов

$$s_{шт} = 5 \text{ мм}.$$

В зависимости от выбранного типа обтюрации определяются геометрические размеры поверхностей под уплотнения по справочным таблицам. Для уплотнения типа шип-паз ($D_y = D_{вх} = 600$, $P_y = 1,0 \text{ МПа}$, $t = 450 \text{ °C}$) размеры канавки и паза приведены в таблице [6, табл. 20.5]. Схема, поясняющая числовые значения, изображена на рисунке 3.6

Расчет силы осевого сжатия. Ширина прокладки

$$b = 14 \text{ мм}$$

Средний диаметр уплотнения

$$D_n = D_2 - b = 663 - 14 = 649 \text{ мм}$$

		N				38

$$P_{\delta 1} := \alpha \cdot P_c + P_n + \frac{4M_{II}}{D_n} = 1.45 \times 0.17 + 1.21 + \frac{4 \times 0}{0.549} = 1.45 \text{ МН}$$

В рабочих условиях

$$P_{\delta 2} := P_c + P_n + \frac{4M_{II}}{D_n} = 0.17 + 1.21 + \frac{4 \times 0}{0.549} = 1.38 \text{ МН}$$

Диаметр окружности размещения шпилек для выбранного фланца [6, табл. 21.9]

$$D_{\delta} = 620 \text{ мм}$$

Диаметр шпилек для выбранного фланца [6, табл. 21.9]

$$d_{\delta} = 24 \text{ мм}$$

Количество шпилек для выбранного фланца [6, табл. 21.9]

$$z = 20$$

Площадь поперечного сечения шпилек

$$F_{\delta} = \frac{\pi d_{\delta}^2}{4} = \frac{3,14 \times 24^2}{4} = 452 \text{ мм}^2$$

Принимаем материал шпилек - сталь 15ХМ с характеристиками при $t = 450$ °С [6]

$$[\sigma]_{\delta 20} = 450 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_{\delta T} = 370 \text{ МПа}$$

Напряжение в шпильках при затяжке и в рабочих условиях соответственно

$$\sigma_{\delta 1} = \frac{P_{\delta 1}}{z F_{\delta}} = \frac{1,45}{20 \times 452 \times 10^{-6}} = 161 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\delta 2} = \frac{P_{\delta 2}}{z F_{\delta}} = \frac{1,38}{20 \times 452 \times 10^{-6}} = 152 \text{ МПа}$$

Результаты расчетов позволяют сделать вывод, что принятое фланцевое соединение обеспечит герметичность стыка.

3.5.2 Расчет фланца штуцера предохранительного устройства

В зависимости от выбранного типа обтюрации определяются геометрические размеры поверхностей под уплотнения по справочным таблицам. Для уплотнения с конической и сферической поверхностями размеры определяются по формулам

		N				40

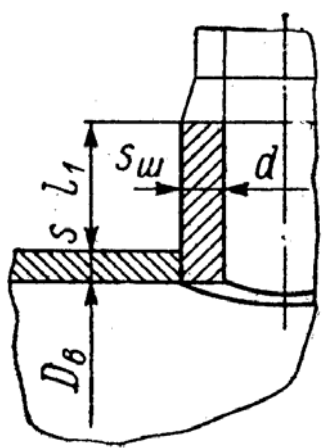


Рисунок 3.8 – Схема к расчету укрепления отверстия за счет увеличения толщины стенки штуцера

Общий критерий укрепления состоит в компенсации вырезанной площади поперечного сечения:

$$(A_{1н} + A_{1в})\chi_1 + A_2\chi_2 + A_0 \geq A$$

где $A_{1н}$ и $A_{1в}$ – площади продольного сечения соответственно наружной и внутренней частей штуцера, участвующего в укреплении;

A_2 – площадь продольного сечения усиливающего обечайку элемента;

A_0 – площадь продольного сечения оболочки, участвующая в укреплении;

A – площадь продольного сечения выреза, подлежащая компенсации;

χ_1 и χ_2 – коэффициенты, учитывающие соотношение материалов конструктивных элементов.

Поскольку укрепляющий элемент отсутствует, то

$$A_2 = 0$$

$$\chi_2 = 0$$

Значения χ_1

$$\chi_1 = \frac{[\sigma]_{ш}}{[\sigma]}$$

где $[\sigma]_{ш}$ – допускаемое напряжение материала штуцера, т.к. штуцер изготовлен из того же материала, что и верхнее днище, то $\chi_1 = 1$.

Расчетный диаметр укрепляемого элемента (эллиптического днища поз. 4 рис. 3.1)

$$D_p = D = 1400 \text{ мм.}$$

		N				42

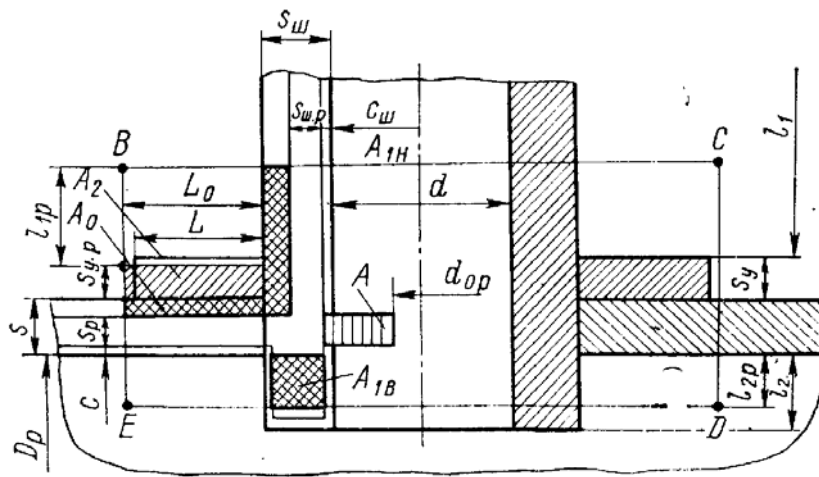


Рисунок 3.9 – Схема к расчету укрепления отверстия накладным кольцом.

Общий критерий укрепления отверстия накладным кольцом такой же, как и при укреплении за счет увеличения толщины стенки штуцера:

$$(A_{1H} + A_{1B})\chi_1 + A_2\chi_2 + A_0 \geq A$$

Расчетный диаметр укрепляемого элемента

$$D_p = D = 2200 \text{ мм.}$$

Расчетный диаметр штуцера

$$d_p = d + 2c_w = 600 + 2 \times 0,75 = 601,5 \text{ мм}$$

Наружная и внутренние длины штуцера, участвующие в укреплении

$$l_{1p} = \min\left(\frac{l_1}{\sqrt{(d + 2c_w)(s_w - c_w)}}\right) = \min\left(\frac{120}{\sqrt{(600 + 2 \times 0,75)(5 - 0,75)}}\right) = \min\left(\frac{120}{53,4}\right) = 53,4$$

$$l_{2p} = \min\left(\frac{l_2}{\sqrt{(d + 2c_w)(s_w - 2c_w)}}\right) = \min\left(\frac{20}{\sqrt{(600 + 2 \times 0,75)(5 - 2 \cdot 0,75)}}\right) = \min\left(\frac{20}{20,2}\right) = 20$$

Диаметр отверстия, не требующего укрепления

$$d_{0p} = 0,4\sqrt{D_p(s - c)} = 0,4\sqrt{2200 \times (10 - 0,75)} = 57,0 \text{ мм}$$

Далее все расчетные зависимости включают в себя толщину накладного кольца, которая принимается предварительно, а затем проводится проверочный расчет укрепления отверстия по условию компенсации площади. Опуская процесс подбора толщины накладного кольца, приведем окончательный результат:

$$s_{yp} = 12 \text{ мм}$$

Длина образующей обечайки в зоне укрепления

$$L_0 = \sqrt{D_p(s_{yp} + s - c)} = \sqrt{2200 \times (12 + 10 - 0,75)} = 156 \text{ мм}$$

$$D_6 \geq D + 2(s_0 + d_6 + u),$$

где d_6 – наружный диаметр шпилек, для проектируемого фланца рекомендуемый диаметр шпилек составляет 36 мм; u – нормативный зазор между гайкой и втулкой, $u = 55$ мм. Соответственно

$$D_6 = 2200 + 2 \times (15 + 36 + 55) = 2412 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр болтовой окружности 2410 мм. Наружный диаметр фланца

$$D_H = D_6 + a,$$

где a – конструктивная добавка для размещения гаек по периметру, $a = 40$ мм. Итого

$$D_H = 2410 + 40 = 2450 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр прокладки

$$D_{HP} = D_6 - e,$$

где e – нормативный параметр, зависящий от типа прокладки, для плоских прокладок и $d_6 = 36$ мм $e = 70$ мм. Тогда

$$D_{HP} = 2450 - 70 = 2380 \text{ мм.}$$

Средний диаметр прокладки

$$D_{СП} = D_{HP} - b,$$

где b – ширина прокладки, мм. Для плоских металлических прокладок $b = 50$ мм. Значит

$$D_{СП} = 2380 - 50 = 2330 \text{ мм.}$$

Количество шпилек, необходимое для обеспечения герметичности соединения

$$n_6 \geq \frac{\pi D_6}{t_{ш}},$$

где $t_{ш} \approx 4d_6 = 4 \times 36 = 144$ мм [8. т. 1.43]. Соответственно

$$n_6 \geq \frac{3,14 \times 2420}{144} = 52,7$$

Принимаем значение, кратное четырем $n_6 = 52$ шт. Ориентировочная высота фланца

$$h_{\phi} = \lambda_{\phi} \sqrt{D S_{ЭК}}$$

		N				46

4 Специальный раздел

4.1 Определение массы оборудования

Проектируемый аппарат монтируется полностью в собранном виде на установленный котел-утилизатор и соединяется с ним посредством фланцевого соединения.

Ориентировочная масса обечайки аппарата с учетом верхнего и нижнего днищ

$$G_{об} = \frac{\pi ((D + 2s)^2 - D^2)}{4} \rho H_1$$

где D – внутренний диаметр аппарата, $D = 2200$ мм;

s – толщина стенки аппарата, $s = 10$ мм

H_1 – высота аппарата, $H = 6700$ мм

ρ – плотность материала аппарата, $\rho = 7860$ кг/м³

Итого

$$G_{об} = \frac{3,14 \times ((2,2 + 2 \times 0,010)^2 - 2,2^2)}{4} \times 7860 \times 6,7 = 10400 \text{ кг} = 16,4 \text{ т}$$

Массу внутренней обечайки и остальных устройств учтем 10% надбавкой к массе обечайки

$$G_{вы} = 0,1G_{об} = 0,1 \times 16,4 = 1,6 \text{ т}$$

Тогда монтажная масса аппарата

$$G = G_{об} + G_{вы} = 16,4 + 1,6 = 18,0 \text{ т}$$

Принимаем монтажную массу

$$G = 20 \text{ т}$$

4.2 Доставка оборудования на монтажную площадку

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

		N				48

$v = 3000$ м/ч – скорость движения, принимается с учётом допустимых для прицепа и тягача.

$$F_d = \frac{3,67 \cdot 144 \cdot 10^3 \cdot 0,8}{3000} = 141 \text{ кН.}$$

Сила тяги тягача по сцеплению с поверхностью дороги определяется по формуле:

$$F_c = 10G_c\varphi$$

где $G_c = G_0 = 25$ т – сцепная масса трактора, обеспечивающая надёжное сцепление его с поверхностью дороги;

$\varphi = 0,85$ – коэффициент сцепления гусениц трактора с покрытием дороги.

$$F_c = 10 \times 25 \times 0,85 = 213 \text{ кН.}$$

Проверка правильности выбора тягача проводится по условиям:

$$F_d < F_c; F_d > F_T$$

$$141 < 213 \text{ кН}; 141 > 120 \text{ кН.}$$

Условие правильности выбора тягача выполняется.

4.3 Выбор способа монтажа

Аппарат доставляется на монтажную площадку полностью в собранном виде в лежачем положении на прицепе. Монтируется аппарат на уже установленный котел-утилизатор и фиксируется на фланцевом соединении.

В соответствии с такой схемой 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 устанавливаются непосредственно у котла-утилизатора так, чтобы в процессе подъема и установки оборудования на фланец котла-утилизатора вылет крюка был минимальным.

При, окончательной установке оборудования его нижнюю часть плавно опирают на фланец и закрепляют в шпильками.

		N				50

Ответственность за неправильную эксплуатацию оборудования, тем более приведшую к поломкам и авариям, наряду с непосредственными виновниками, несут мастер и начальник цеха (участка).

4.5.2 Основные причины отказа оборудования

Одной из основной причин отказа оборудования является коррозия. Причина – производственные среды относятся к разряду агрессивных. Азотная кислота и ее производные при высокой температуре и избыточном давлении образуют азотнокислые среды, являющиеся сильноагрессивными. Такие рабочие среды вызывают усиленный коррозионный износ металлов и сплавов, из которых изготовлено оборудование и коммуникации, несмотря на то, что они изготавливаются из кислотостойкой стали.

4.5.3 Подготовка к ремонту и ремонт оборудования

Основанием для остановки оборудования на ремонт служит месячный график планово-периодического ремонта. На подготовку и остановку на ремонт крупного технологического оборудования издается приказ по предприятию, в котором указываются: сроки подготовки и ремонта; исполнители работ; ответственные за технику безопасности; ответственные за подготовку оборудования к ремонту; руководители ремонта по объектам (отделениям, участкам, комплексам и т. п.); ответственные (комиссия) за качество и выполнение ремонта в установленные сроки. Подготовка и остановка основного технологического оборудования на ремонт осуществляется по письменному распоряжению начальника цеха, в котором указывается лицо, ответственное за остановку и подготовку оборудования к ремонту [9].

Вывод в ремонт неосновного оборудования производится на основании записи механика цеха (мастера по ремонту) в журнале начальника (мастера) смены. Механик обязан предварительно согласовать остановку оборудования на ремонт с начальником цеха. Ответственным лицом за вывод оборудования в ремонт могут быть: заместитель начальника цеха, начальник отделения (установки) или начальник смены.

		N				56

номера на схеме установки заглушек и сделать об этом запись в журнале учета установки и снятия заглушек. Ответственность за качество устанавливаемых заглушек несет механик цеха. Схему на установку заглушек подписывает заместитель начальника цеха. Дежурный ремонтный персонал на подготовительные работы может привлекаться -только по письменному распоряжению начальника цеха. Во всех остальных случаях дежурному ремонтному персоналу запрещается самостоятельно проводить установку и снятие технологических заглушек.

Состояние работ по подготовке оборудования к ремонту записывается в журнале приема и сдачи смен. Работы по подготовке к ремонту, не законченные предыдущей сменой, оформляются в журнале приема и сдачи смен ответственным за подготовку и продолжаются следующей сменой. О выполненных подготовительных работах и принятых мерах по технике безопасности ответственное лицо за вывод оборудования в ремонт делает отметку в журнале начальников смен.

Полностью подготовленное к ремонту оборудование сдается лицом, ответственным за вывод оборудования в ремонт, руководителю ремонта (мастеру ремонтно-механического или энергоремонтного цеха, мастеру цеха централизованного ремонта и т. п.). При сдаче оборудования в текущий ремонт запись об этом делается в журнале начальников смен, а в капитальный ремонт — оформляется акт, который подписывает лицо, ответственное за вывод оборудования в ремонт, и руководитель ремонта. Проведение ремонта без оформления акта на сдачу оборудования в ремонт допускается только в тех случаях, когда ремонт осуществляется собственным ремонтным персоналом технологического цеха, в котором установлено данное оборудование. В этом случае запись о сдаче оборудования в капитальный ремонт делается в журнале начальников смен.

Без двухстороннего подписания документов на сдачу оборудования в ремонт руководитель ремонта не имеет права приступить к ремонту, а ответственное лицо за вывод и подготовку оборудования к ремонту не имеет права допускать ремонтников к началу работ на оборудовании.

		N				58

5.1 Выбор и обоснование параметров контроля и управления

В качестве объекта управления процессом конверсии аммиака принята установка, состоящая из контактного аппарата, двух подогревателей, смесителя, окислителя и котла - утилизатора.

Показателем эффективности процесса является концентрация оксида азота в нижней чарти контактного аппарата, а целью управления - достижение определенного значения этой концентрации.

Аммиак, после подогрева в теплообменнике T1, смешивается с подогретым в теплообменнике T2 воздухом и поступает в контактный аппарат. После реакции на платиновом катализаторе, образуется компонент целевого продукта оксид азота.

Основными возмущениями для рассматриваемого процесса является изменение нагрузки контактного аппарата, изменение пропорции между подачей аммиака и воздуха в смеситель, а также изменение температуры исходных реагентов.

Так как концентрация оксида азота зависит от отношений расходов аммиака, поступающего на подогреватель T1, и воздуха, поступающего от компрессора, то целесообразно поддерживать отношение этих расходов постоянным, путем стабилизации обоих расходов. Это отношение можно использовать для регулирования процесса, причем изменять его следует путем изменения расхода аммиака. Изменять же расход воздуха с целью регулирования показателя эффективности нецелесообразно, так как при этом падает коэффициент использования компрессорной установки, обычно с номинальной, нерегулируемой производительностью.

Так как процесс конверсии аммиака является экзотермическим, и протекает при температуре 910°C , то для использования выделившейся энергии нитрозные газы проходят последовательно котел - утилизатор, а также теплообменник T2.

Теплообменник T2 служит для подогрева воздуха перед подачей в смеситель, поэтому для регулировки температуры воздуха можно использовать расход воды в котел утилизатор K_u . Увеличение расхода позволяет снизить температуру нитрозных газов, что в свою очередь снижает температуру воздуха на входе в смеситель C, следовательно несколько снижается и температура в конверторе.

		N				60

метр сопротивления ТСП-175, так как рассчитан для измерения высоких температур, обеспечивает необходимую дальность передачи показаний, обладает достаточной точностью измерения, работает надежно в агрессивных средах. Электрический сигнал с термометра сопротивления преобразуется измерительным преобразователем (4-2) в унифицированный токовый сигнал, который, преобразуясь электропневматическим преобразователем в унифицированный пневматический сигнал (4-3), поступает на пневматический прибор с регулирующим блоком.

Для регулирования температуры воздуха использована аналогичная схема, в которой в качестве датчика температуры использован платиновый термометр сопротивления ТСП-5071.

Для контроля и сигнализации температуры реакции конверсии использован термоэлектрический термометр.

Датчиком для измерения давления использован преобразователь давления с пневматическим выходным сигнализатором (7-1), который поступает на показывающий прибор (7-2).

Выбранные средства автоматизации приведены в заказной спецификации.

Функциональная схема автоматизации приведена в графическом приложении к дипломному проекту.

		N				62

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7
4-2			Щит преобразователей	Преобразователь нормирующий, выходной сигнал 0...5 мА, выполнен в искробезопасном исполнении	НП-СЛ1-И	Завод «КИП», Харьков
4-3			Щит преобразователей	Электропневматический преобразователь, входной сигнал 0-5 мА, выходной 0.02-0.1 МПа	ЭПП-63	«Энергоприбор», Москва
4-4			Щит оператора	Вторичный пневматический прибор, осуществляющий запись, показания величины одного параметра со станцией управления	ПВ10.1П	«Тизприбор», Москва
4-5			ЦПУ	Устройство регулирующее пневматическое пропорционально-интегрально-дифференциальное	ПР 3.35	Московский завод «Тизприбор»
4-6	Расход, греющий пар, вход T ₁	0.3...0.85 м ³ /с	На трубопроводе	Обратный клапан, предназначенный для регулирования расхода в трубопроводах различного назначения. Пропускает пневматический сигнал только в одном направлении, пропускная способность через открытый дроссель не менее 1.0 м ³ /ч.	П-ДК-10-1	ООО «ПРИБОР-СЕРВИС»
5-2				см. позицию 4-2		
5-3				см. позицию 4-3		

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7
2-1	Расход, воздуха, вход в смеситель	48072 м ³ /ч	На трубопроводе	см. позицию 1-1		
1-2 2-2			По месту	Преобразователь разности давлений с пневматическим выходным сигналом, класс точности 1	ДД-11, модель 720	Рязанский завод «Теплоприбор»
2-3			ЦПУ	Пневматический прибор для записи и показания значений двух параметров со станцией управления	ПВ10.2П	Московский завод «Тизприбор»
2-4				Устройство регулирующее пневматическое пропорционально-интегральное соотношения, диапазон соотношения от 1:1 до 10:1, время интегрирования 0.05...1000мин., предел пропорциональности 2... 3000%	ПРЗ 3-М1	Московский завод «Тизприбор»
2-5	Расход, аммиак	0,15...0,34 м ³ /с	На трубопроводе	см. позицию 4-6		
7-1	Давление, АВС, трубопровод	0.8МПа	Трубопровод	Датчик давления с пневматическим выходным сигналом, предел измерения 1МПа, чувствительный элемент - сильфон	МС-П2	Казанское ПО «Теплоконтроль»

6 Безопасность и экологичность проекта

Цель дипломного проекта – разработка реактора окисления нитрозных газов. Проектируемый аппарат, по сравнению с аналогичным оборудованием, позволит увеличить выход азотной кислоты при использовании того же объема реагентов.

Для достижения этой цели в дипломном проекте предусмотрены следующие мероприятия:

1) проанализированы существующие схемы производства азотной кислоты и выбрана установка, обеспечивающая наиболее полное превращение оксидов азота в кислоту (см. раздел 1);

2) выполнены расчеты, определяющие оптимальные параметры для процесса синтеза нитрозных газов в аппарате (см. раздел 2);

3) для предотвращения разрушения аппарата в рабочих условиях выполнены соответствующие расчеты на прочность (см. раздел 3);

4) для обеспечения безопасного монтажа выполнены расчеты и в соответствии с ними выбрана такелажная оснастка (см. раздел 4);

5) разработана система контроля и автоматизации оборудования, что обеспечивает безопасность обслуживающего персонала и достижение заданной степени очистки при изменяющихся условиях работы аппарата (см. раздел 5);

6) выполнены экономические расчеты, показывающие эффективность принятых решений (см. раздел 7).

Результаты дипломного проекта будут реализованы в природно-климатических условиях города Невинномыска, где климатические факторы, влияющие на рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере, приняты согласно данным Ставропольского краевого центра по гидрометеорологии: средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца $T_{л} = 29,1^{\circ} \text{C}$; средняя максимальная температура наиболее холодного $T_{з} = -4^{\circ} \text{C}$.

		N				68

груди, всё более усиливающееся затруднение дыхания, развиваются синюшность и тяжёлые, опасные для жизни явления отёка лёгких.

Тетроксид, ангидрид азотной кислоты, пары и аэрозоль азотной кислоты действуют тоже раздражающе-удушающим образом на органы дыхания человека. Низшие окислы азота: закись азота и ангидрид азотной кислоты обладают преимущественно сосудорасширяющим и метгемоглобинообразующим свойствами, а отчасти и наркотическим свойством.

Систематическое воздействие превышающих предельно допустимые концентрации, но ещё не способных острое отравление концентраций двуокиси азота и других высших окислов азота ведёт к развитию тяжёлых хронических заболеваний дыхательных путей – хронических бронхитов, бронхиолитов, токсических пневмосклерозов, часто осложнённых астмоидными приступами, бронхоэктазиями и явлениями вторичной слабости сердца.

При нештатных ситуациях на персонал могут воздействовать:

- 1) повышенное давление и температура;
- 2) растворы азотной кислоты, нитрозные газы;
- 3) кислые стоки;
- 4) пар давлением 2,9 : 1,4 : 0,4 МПа температурой до 350°C;
- 5) высокотемпературный пар, конденсата, способные вызывать ожоги незащищенных участков тела;
- 6) повышенный уровень шума, что приводит к увеличению кровяного давления, учащению пульса, дыхания, снижению остроты слуха, ослабления внимания, снижению работоспособности, некоторым нарушения координации движения;
- 7) высокое напряжение 6000, 380, для электрического освещения – 220В;

6.2 Мероприятия по предотвращению воздействия опасных и вредных факторов

С целью обеспечения безопасных условий работы обслуживающего персонала и предохранения оборудования от разрушения, а также для уменьшения последствий аварий, предусмотрен ряд мероприятий по технике безопасности:

		N				70

9. На коллекторе сброса газов на факел предусмотрена емкость (сепаратор) для улавливания всей жидкости, которая может быть выброшена из системы синтеза в случае аварийных ситуаций.
10. Для предотвращения коррозии аппаратов и трубопроводов они изготовлены из материалов, стойких в средах, содержащих азотную кислоту.

Для предотвращения разрушения оборудования необходимо выполнение требований «Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячего водоснабжения» ПБ 10-573-03.

Для защиты персонала от воздействия опасных и вредных факторов предусмотрены средства индивидуальной защиты.

Для защиты от удара молнией рекомендуется устанавливать молниеотводы на высоком оборудовании. Молниеотвод устанавливаем на абсорбере нитрозных газов высотой $h = 23$ м с наружным диаметром 2,2 м.

Молниеотвод состоит из молниеприёмника, воспринимающего удар молнии, токоотвода, соединяющего молниеприёмник с землёй, и заземлителя, отводящего ток линии в землю. Схема к расчёту молниеотвода приведена на рисунке 6.1.

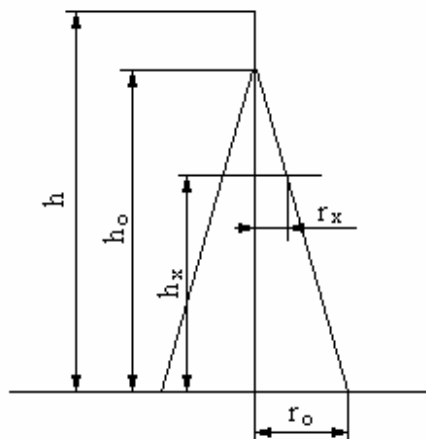


Рисунок 6.1 Схема к расчёту молниеотвода

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h до 150 м представляет собой конус. Вершина конуса находится на высоте зоне защиты над землёй $h_o < h$. На уровне земли зона защиты образует круг радиусом r_o . Горизонтальное сечение защиты на высоте защищенного сооружения h_x представляет со-

Тогда сопротивление заземления составит

$$R_{\text{СТО}} = \frac{0.16 \cdot 100}{2.5} \cdot \ln \frac{2 \cdot 2.5}{0.95 \cdot 0.05} + 0.5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 1.95 + 2.5}{4 \cdot 1.95 - 2.5} = 31.94 \text{ Ом}$$

В соответствии с главой 1.7.64 «Правила устройства электроустановок» сопротивление стержней заземления не должно превышать 30 Ом, соответственно один стержень не достаточно. Определим необходимое количество стержней по формуле

$$n_{\text{СТ}} = \frac{R_{\text{СТО}}}{R_{\text{СТ}} \cdot \eta_{\text{СТ}}}$$

где $R_{\text{С.О}} = 30 \text{ Ом}$ – максимально допустимое сопротивление стержня;

$\eta_{\text{СТ}} = 0.86$ – коэффициент использования стержневых электродов, при расстоянии между ними 5 м. и длине $L = 2.5 \text{ м}$.

Тогда

$$n_{\text{СТ}} = \frac{31.94}{30 \cdot 0.86} = 1.2$$

Выбираем ближайшее целое число – 2, то есть заземляющее устройство состоит из двух электродов длиной 2.5 м., зарытых вертикально в грунт на расстоянии друг от друга – 5 метров на глубину 1.95 м. от поверхности земли до середины электрода.

6.3 Защита персонала и территории в чрезвычайных ситуациях

В соответствии с законами Российской Федерации: «О гражданской обороне», «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», Постановлением Правительства Российской Федерации «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» необходимо: создание системы подготовки персонала к адекватным действиям в чрезвычайной ситуации, а также материальных и финансовых резервов.

Подготовка персонала в действиях чрезвычайной ситуации в мирное время производят через систему гражданской обороны.

Основные задачи гражданской обороны:

		N				74

7 Организационно-экономический раздел

7.1 Технико-экономическая характеристика

Экономическая эффективность определена на основе серии последовательно выполненных расчетов показателей (себестоимости продукции, срока окупаемости, прибыли, чистой дисконтированной стоимости дохода, дополнительных капиталовложений и др.).

Оценка эффективности проектных решений осуществлена путем сопоставления стоимостных и натуральных показателей, характеризующих различные варианты решений. К основным стоимостным показателям относятся себестоимость продукции, срок окупаемости, прибыль, чистая дисконтированная стоимость дохода и дополнительные капиталовложения.

К натуральным показателям относятся: производительность труда, расход сырья и материалов, топлива и энергии, использование оборудования и производственных площадей и др. Стоимостные показатели дают комплексную оценку экономической эффективности азотной кислоты.

7.2 Себестоимость продукции

Для расчета себестоимости производства азотной кислоты использованы данные практики и проектных расчетов. Определяется полная себестоимость продукции, предназначенной к реализации. Для выявления резервов снижения себестоимости в дипломной работе сопоставлена общая сумма и состав затрат по проектируемому оборудованию и аналогу.

Себестоимость продукции – это выраженные в денежной форме затраты на производство и реализацию продукции (работ, услуг). Это один из важнейших показателей, характеризующий производство и реализацию инженерных проектов.

Для выявления резервов снижения себестоимости продукции необходимо знать не только общую сумму затрат по тому или иному продукту, но и величину

		N				76

7.4 Организация труда и расчет заработной платы.

Расчет штатов и фонда заработной платы произведен отдельно по:

- 1) Рабочим основного производства;
- 2) рабочим вспомогательного производства, которые включают в себя: рабочих ремонтных цехов, рабочих, обслуживающих оборудование, кладовщиков, лаборантов и т.д.

Отдельно производится расчет по инженерно-техническим работникам и служащим (по штатному расписанию).

Далее производится расчет годовой заработной платы. Для этого необходимо определить:

- 1) Дневную тарифную ставку, Тс;
- 2) Численность рабочих, Чр;
- 3) Годовой фонд времени (в днях и часах)Фгвр
- 4) Годовой фонд заработной платы по тарифу, который определяется:

$$\text{Фзпг} = \text{Тс} \cdot \text{Чр} \cdot \text{Фгвр}$$

- 5) Премии, П;
- 6) Оплата за работу в ночное время, Он;
- 7) Фонд основной заработной платы, Фзпо, рассчитываемый по формуле

$$\text{Фзпо} = \text{Фзпг} + \text{П} + \text{Он} + \text{Оп}$$

Данные сведены в таблицу 7.1 и таблицу 7.2.

Таблица 7.1 – Расчет годового фонда оплаты труда рабочих

Наименование	Средний разряд	Количество рабочих	Средняя часовая тарифная ставка	Баланс рабочего времени	Тарифная Заработная плата в месяц	Процент премии	Сумма премии	Оплата за работу в ночное время	Фонд оплаты труда за месяц	Фонд оплаты труда за год
Основные рабочие	4	180	10,13	188	342799,2	70	239959,44	45706,56	628465,2	7541582,4
Ремонтный персонал	5	31	12,33	166	63450,18	70	44415,13	8460,02	116325,3	1395904
Вспомогательные рабочие	4	29	9,85	166	47417,9	70	33192,53	6322,387	86932,82	1043193,8
Итого		240			453667,3	210	317567,1	60488,97	831723,3	9980680,2

чительным уменьшением стоимости внедряемого оборудования, а также снижением расходов на оплату труда, снижением цеховых и производственных расходов.

В современных условиях основным источником покрытия затрат, связанных с обновлением основных фондов являются собственные средства организаций. Они накапливаются в течение всего срока службы основных фондов в виде амортизационных отчислений.

Капитальные вложения по проектируемому цеху приняты на уровне аналога и составляют 151000000 руб, что совпадает со стоимостью основных производственных фондов (зданий, оборудования проектируемого цеха).

Таблица 7.3 – Расчет себестоимости производства азотной кислоты до и после внедрения оборудования

Наименование показателя	Ед. измерения	Данные аналога		Проектные данные		Отклонения	
		На единицу	На весь выпуск	На единицу	На весь выпуск	абс.	%
Годовой выпуск продукции	тонн		135000		150000	15000	111,1
	руб.		464555250		486060000	21504750	4,4
Материальные расходы	руб.	721,8	97443000	710,50	10865779	-86577221	11,2
Расходы энергоресурсов	руб.	350,56	47325600	335,2	50280000	2954400	106,2
Расходы на оплату труда	руб.	97,19	13120240,2	56,90	8534831,8	-4585408,36	65,1
Амортизационные расходы	руб.	134,9	18211500	128,7	19305000	1093500	106,0
Расходы на содерж. и ремонт	руб.	625,1	84388500	611,2	91680000	7291500	108,6
Стоимость оборудования	руб.	524,10	70753500	511,20	20121600	-50631900	28,4
Цеховые расходы	руб.	398,2	53757000	238,00	15255950	-38501050	28,4
Общезаводские расходы	руб.	278,5	37597500	254,10	1026195	-36571305	2,7
Внереализационные расходы	руб.	310,8	41958000	394,60	59190000	17232000	141,1
Полная себестоимость	руб.	3441	464554840	3240	276259356	-188295484,4	94,2

7.5 Расчет переменных и постоянных затрат

Результаты расчета себестоимости производства азотной кислоты до и после внедрения оборудования показаны в таблице 7.4.

7.7 Расчет эффективности использования основных средств

Основные средства – это средства труда, которые неоднократно участвуют в производственном процессе, сохраняя при этом свою натуральную форму, а их стоимость переносится на производимую продукцию частями по мере снашивания. По принципу вещественно-натурального состава они подразделяются на: здания, сооружения, передаточные устройства, машины и оборудование (рабочие и силовые машины и оборудование, измерительные и регулирующие устройства), транспортные средства, инструмент.

Фондовооруженность труда (W) определяется:

$$W = \frac{\Phi}{N}, = \frac{151000000}{271} = 557195.27$$

где Φ – среднегодовая стоимость основных фондов, руб.; N - среднегодовая численность ППП, чел. Фондоотдача (Φ_o):

$$\Phi_o = \frac{V}{\Phi} = \frac{61950000}{15100000} = 4.1$$

где V – стоимость произведенной за год продукции в натуральном или стоимостном выражении.

7.8 Сводные показатели эффективности проектного решения

В данном разделе рассчитываются комплексные показатели экономического обоснования проекта, такие как рентабельность производства продукции, общая рентабельность производственных фондов, норма балансовой прибыли, чистая норма прибыли. Именно они в конечном итоге характеризуют эффективность проектного решения. Методика их расчета следующая рентабельность производства продукции:

$$РПП = \frac{\Pi}{C_{\Pi}}, = \frac{343240644}{276259356} = 27 \%$$

где Π – чистая или валовая прибыль; C_{Π} – себестоимость продукции.

		N				82

где Π_6 – балансовая (валовая) прибыль; $ОП_ч$ – чистый объем продаж. Чистая норма прибыли:

$$НП_ч = \frac{\Pi_ч}{ОП_ч}$$

где $\Pi_ч$ – чистая прибыль. Все четыре показателя выражаются в процентах. Большое внимание в условиях рыночной экономики уделяется чистой норме прибыли, которая отражает удельный вес чистой прибыли в каждом рубле оборота.

Простая норма прибыли (ПНП) оценивает ту часть инвестиционных затрат, которая возмещается (возвращается) в виде прибыли в течение установленного периода времени и рассчитывается, исходя из формулы (7), как отношение чистой прибыли (ЧП), полученной за год, к общему объему инвестиционных затрат (ИЗ):

$$ПНП = \frac{ЧП}{ИЗ} = \frac{343240644}{15100000} * 100 = 70\%$$

Результаты расчетов сведены в таблицу.

Постоянные издержки определяются по формуле

$$\begin{aligned} \Pi И &= 19305000 + 91680000 + 20121600 + 15255950 + \\ &+ 1026195 + 59190000 = 206578745 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Точка безубыточности (ТБ) – это минимальный объем производства продукции, при котором обеспечивается нулевая прибыль, т. е. доход от продаж равен издержкам производства. Она определяется по формуле:

$$ТБ = \frac{\Pi И}{Ц_y - \Pi И_y} = \frac{206578745}{4130 - 464,5} = 56357,6 \text{ т}$$

где $\Pi И$ – постоянные издержки;

$Ц_y$ - удельная цена;

$\Pi И_y$ - удельные переменные издержки.

К переменным издержкам относят те, общая сумма которых на годовой выпуск продукции изменяется, тогда как в себестоимости единицы продукции они остаются неизменными. К ним относятся затраты на материальные и топливно-энергетические ресурсы, заработную плату основных рабочих-сдельщиков с отчислениями в соцстрах по проекту 206578745 руб.

		N				84

Заключение

В данном дипломном проекте был спроектирован реактор синтеза нитрозных газов, применяемый в производстве азотной кислоты.

В разделе, посвященном обзору и анализу состояния вопроса, выполнен краткий анализ существующих схем производства азотной кислоты и приведены конструкции типовых аппаратов, используемых на производстве. На основании анализа выбрана технологическая схема и аппарат, в котором выполняется синтез нитрозных газов.

Технологический раздел посвящен детальному описанию выбранной схемы производства и реактора. Раздел содержит технологические 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, укрепления отверстий.

Специальный раздел описывает выбранный способ монтажа и необходимые расчеты для безопасной установки оборудования на котел-утилизатор. Также приведены указания по безопасной эксплуатации оборудования и организации его ремонта.

Раздел, посвященный автоматизации оборудования, описывает используемые средства регулирования и контроля, применяемые в производстве для обеспечения эффективности процесса и его технологичности.

Безопасность и экологичность проекта подтверждается расчетами и указаниями соответствующего раздела. При соблюдении указанных требований гарантируется долговременная и безопасная работа колонны конденсации.

Организационно-экономический раздел содержит расчет величин, показывающих экономическую эффективность проекта.

Спроектированный реактор синтеза нитрозных газов удовлетворяет техническому заданию и может быть использован в производстве азотной кислоты.

		N				86

14. Тимошенко Н.К., Сандрыкина О.С. Методические рекомендации по выполнению организационно-экономической части дипломного проекта по инженерным специальностям: 250200 «Химическая технология неорганических веществ» 170500 «машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов» 180400 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов».- Невинномысск: НТИ Сев Кав ГТУ, 2003. – 26 с.

		N	88