5 Автоматизация оборудования 66
5.1 Выбор и обоснование параметров контроля и управления 66
5.2 Выбор и обоснование технических средств и систем автоматизации 67

6 Безопасность и экологичность проекта 73
6.1 Анализ опасных и вредных факторов производства 74
6.2 Мероприятия по предотвращению воздействия опасных и вредных факторов 75
6.3 Защита персонала и территории в чрезвычайных ситуациях 78

7 Организационно-экономический раздел 80
7.1 Технико-экономическая характеристика 80
7.2 Себестоимость продукции 80
7.3 Обоснование производственной мощности 81
7.4 Организация труда и расчет заработной платы. 82
7.5 Прибыль 84
7.6 Расчет эффективности использования основных средств 84
7.7 Сводные показатели эффективности проектного решения 85
7.8 Построение графика 86
7.9 Заключение об экономической эффективности 87

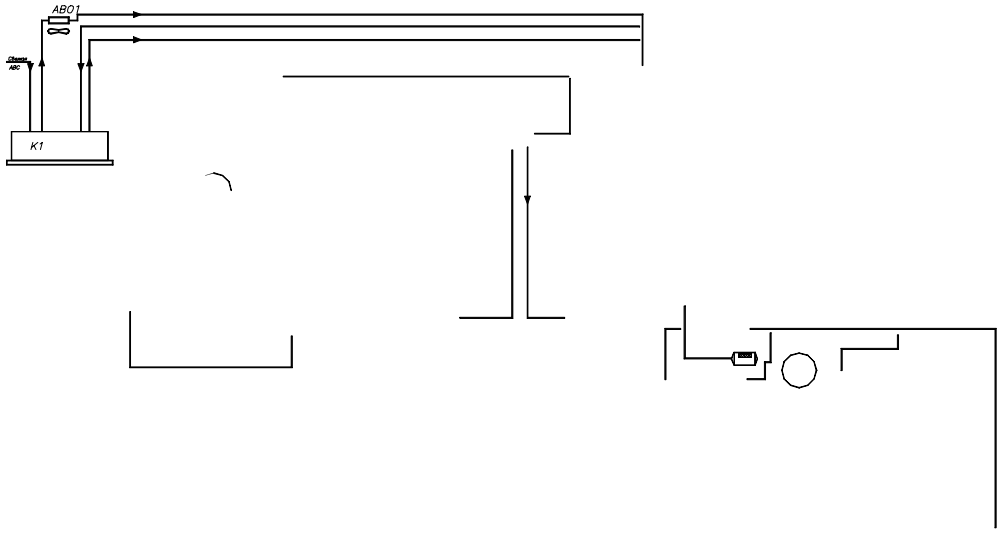
Заключение 88

Список использованных источников 89

теза аммиака не требуется выделять азот из воздуха в чистом виде; воздух дозируют в газовую смесь для достижения стехиометрического соотношения N_2:H_2 = = 1:3. В других схемах используют и чистый жидкий азот для тонкой очистки синтез-газа от вредных примесей, и газообразный, вводя его в строго корректируемом соотношении в конвертированный газ. В последнем случае воздух подвергают разделению методом глубокого охлаждения.

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

Состав аммиака был установлен К. Бертолле в 1784 г. Аммиак NH_3 – основание, умеренно сильный восстановительный агент и эффективный комплексообразователь по отношению к катионам, обладающЭ В о



					ДП МАХП МД-031 РСА 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата		

Танковые газы из сборника С4 поступают в ТО5, а затем в аммиачный холодильник (вымораживатель) АХ5, в котором охлаждаются до температуры – 4 ^{0}С. Сконденсировавшийся аммиак отделяется от газа в сепараторе и подается в расширительный сосуд РС1. Остаточные газы через регулятор давления подаются в систему гомогенного восстановления. Из С4 предусмотрена выдача теплого NH_3.

Газообразный аммиак из расширительного сосуда РС1А сжимается во вторичном аммиачном компрессоре АК2 до 1,95 МПа и поступает во вторичный конденсатор ТО7, где охлаждается до температуры 45^{0}С, конденсируется и поступает во вторичный ресивер Р1.

Танковые газы из ресивера Р1 поступают во вторичный аммиачный холодильник АХ5А, где охлаждаются до – 4^{0}С. Сконденсировавшийся аммиак сливается в ресивер Р1 а газ подается на гомогенное восстановление. Жидкий аммиак выдается потребителю.

1.2 Аппаратурное оформление процесса

В агрегатах мощностью 1360 т/сут получили распространение аксиальные четырехполочные насадки с предварительным теплообменником и трехполочные с выносным теплообменником.

На рисунке 1.2 показана четырехполочная колонна с аксиальными насадками. Основной поток газа поступает в колонну снизу, проходит по кольцевой щели между корпусом колонны 15 и кожухом катализаторной коробки 3 и поступает в межтрубное пространство теплообменника 6. Здесь синтез-газ нагревается конвертированным газом до 420 – 440°С и проходит последовательно четыре слоя катализатора 8, 10, 12, 14, между которыми подается холодный байпасный газ.

После четвертого слоя катализатора газовая смесь при 500—515 °С поднимается по центральной трубе 2, проходит по трубкам теплообменника 6, охлаждаясь при этом до 320—350 °С, и выходит из колонны.

Корпус катализаторной коробки изготовлен из хромоникелевомолибденовой стали 10Х18Н12М2Т, теплообменник – из стали 12Х18Н10Т.

В установках производительностью 1600 т/сут используется колонна другой конструкции. Такая колонна приведена на рисунке 1.3.

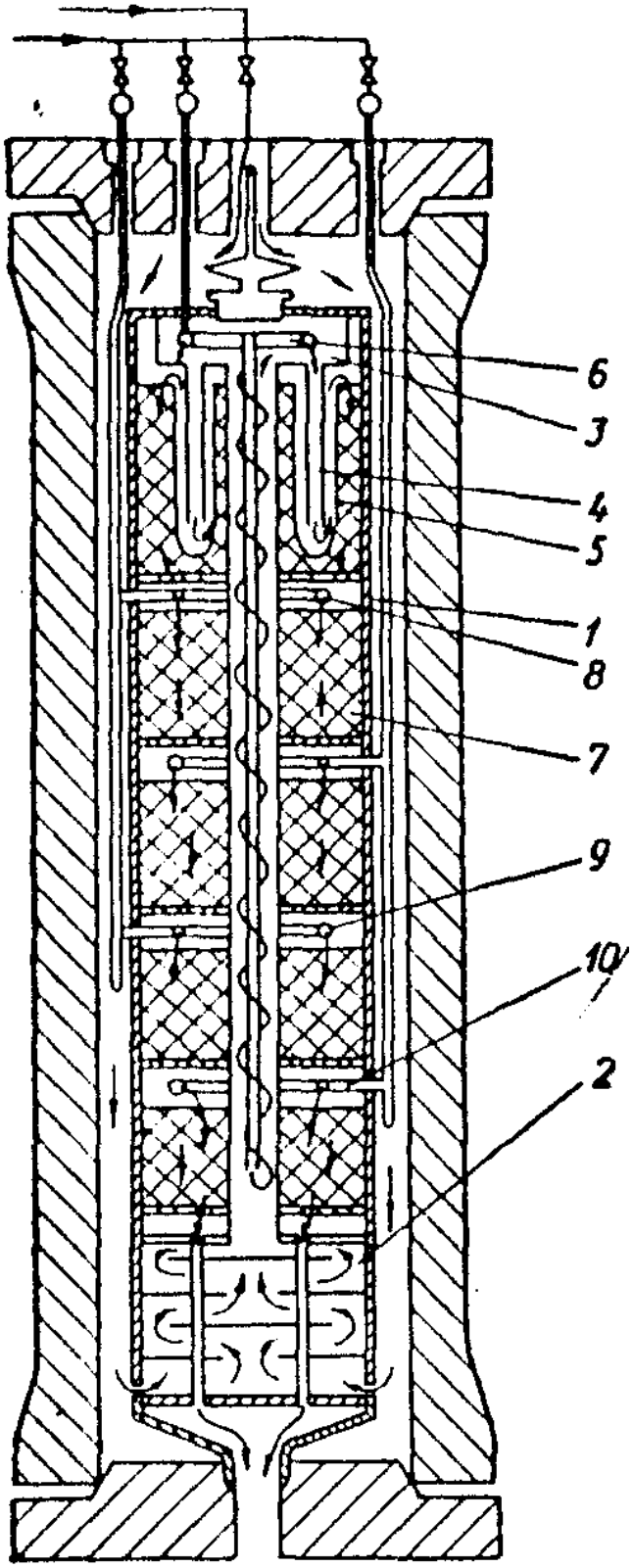


Рисунок 1.3 – Колонна синтеза аммиака производительностью 1600 т/сут.

1 – катализаторная коробка; 2 – теплообменник; 3 – коллектор; 4 – внутренние трубки теплообменника; 5 – наружные трубки теплообменника; 6 – коллектор; 7 – катализаторная полка; 8, 9, 10 – полки с катализатором;

вставляют термопары. Крышка колонны с корпусом уплотнена двумя прокладками на обтюраторном кольце. Катализатор в катализаторную коробку загружают при горизонтальном положении коробки через загрузочные люки. Коробка должна быть вне колонны на специальном вибрационном устройстве для плотной укладки катализатора.

На основании выполненного обзора принимаем к проектированию колонну, изображенную на рисунке 1.2, работающую в установке, показанной на рисунке 2.1 мощностью 1360 т/сут.

онной колонны 8 для очистки от остаточных примесей CO_2, H_2O и следов масла. Свежий газ барботирует через слой сконденсировавшегося жидкого аммиака, освобождается при этом от водяных паров и следов CO_2 и масла, насыщается аммиаком до 3–5% и смешивается с циркуляционным газом. Полученная смесь проходит по трубкам теплообменника конденсационной колонны и направляется в межтрубное пространство выносного теплообменника 4, где нагревается до 185 – 195 °С за счет теплоты газа, выходящего из колонны синтеза. Затем циркуляционный газ поступает в колонну синтеза 2.

В колонне синтеза газ проходит снизу вверх по кольцевой щели между корпусом колонны и кожухом насадки и поступает в межтрубное пространство внутреннего теплообменника, размещенного в горловине корпуса колонны синтеза. В теплообменнике циркуляционный газ нагревается до температуры начала реакции 400–440 °С за счет теплоты конвертированного газа и затем последовательно проходит четыре слоя катализатора, в результате чего концентрация аммиака в газе повышается до 15%. Пройдя через центральную трубу, при температуре 500–515 °С азотоводородоаммиачная смесь направляется во внутренний теплообменник, где охлаждается до 330°С. Дальнейшее охлаждение газовой смеси до 130 °С осуществляется в трубном пространстве подогревателя питательной воды 3, в трубном пространстве выносного теплообменника 4 до 65 °С за счет холодного циркулирующего газа, идущего по межтрубному пространству, и затем в аппаратах воздушного охлаждения 7 до 40 °С, при этом часть аммиака конденсируется. Жидкий аммиак, сконденсировавшийся при охлаждении, отделяется в сепараторе 6, а затем смесь, содержащая 10–12% NH_3, идет на циркуляционное колесо компрессора 5 азотоводородной смеси, где сжимается до 32 МПа.

Циркуляционный газ при температуре 50 °С поступает в систему вторичной конденсации, включающую конденсационную колонну 8 и испарители жидкого аммиака 15. В конденсационной колонне газ охлаждается до 18 °С и в испарителях за счет кипения аммиака в межтрубном пространстве до –5 °С. Из трубного пространства испарителей смесь охлажденного циркуляционного газа и сконденсировавшегося аммиака поступает в сепарационную часть конденсационной колонны, где происходит отделение жидкого аммиака от газа и смешение свежей

После четвертого слоя катализатора газовая смесь при 500—515 °С поднимается по центральной трубе 2, проходит по трубкам теплообменника 6, охлаждаясь при этом до 320—350 °С, и выходит из колонны.

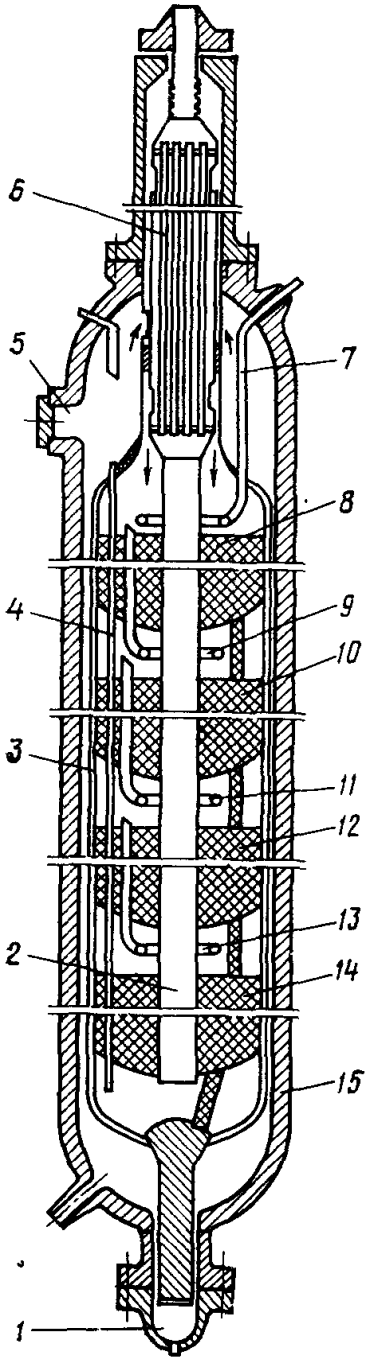


Рисунок 2.2 – Четырехполочная колонна синтеза аммиака мощностью 1360 т/сут

1 – люк для выгрузки катализатора; 2 – центральная труба; 3 – корпус катализа-торной коробки; 4 – термопарный чехол; 5 – загрузочный люк; 6 – теплообмен ник; 7, 9, 11, 13 – ввод байпасного газа; 8, 10, 12, 14 – катализаторные слои; 15 – корпус колонны

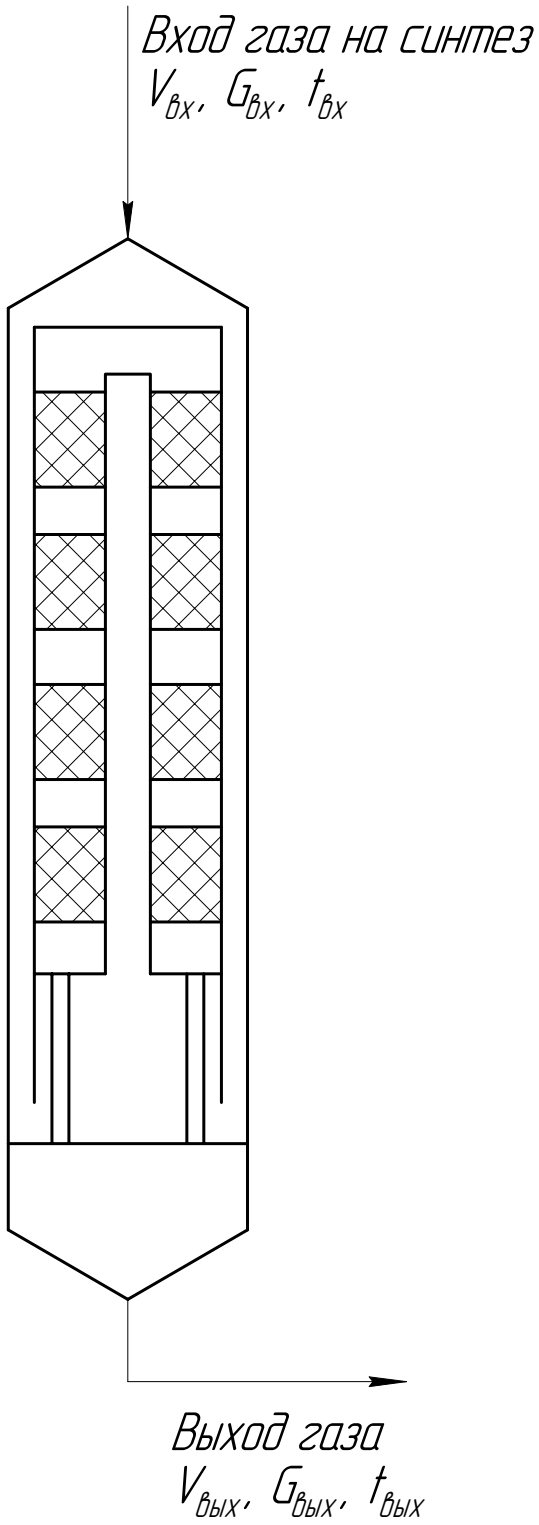


Рисунок 2.3 – Схема к технологическому расчету реактора

Эффективное давление азотоводородной смеси определяется но формуле

$$P_{эф} = P\,(1 - I)^2,$$

где P – давление в колонне синтеза, равное 32 МПа;

I – содержание инертных примесей в газе на входе в колонну, принимаем I = 0,1 объемных долей:

$$C_{NH_3}^{K} = A\mu^{-0,278},$$

где А – коэффициент, зависящий от давления и температуры, при режимных параметрах колонны А = 302;

μ – объемная скорость газовой смеси па входе в колонну синтеза, согласно принятым исходным данным μ = 25000 $ч^{-1}$.

$$C_{NH_3}^{K} = 302 \times 25000^{-0,278} = 18,090.$$

По указанной формуле выход аммиака несколько завышен. Поэтому водится поправочный коэффициент ψ в пределах 0,75–0,85. С учетом этой поправки, процентное содержание аммиака газовой смеси на выходе из колонны синтеза составляет:

$$C_{NH_3}^{K} = 0,83 \times 18,09 = 15,0\%.$$

Образование аммиака в колонне синтеза:

$$a_1 = \frac{C_{NH3} - C_{NH3}}{100 + C_{NH3}} = \frac{15 - 2.72}{100 + 2.72} = 11.88\%.$$

Уменьшение объема газовой смеси вследствие синтеза аммиака в колонне определяем по формуле

$$\sigma = \frac{100 + C_{NH3}}{100 + C_{NH3}} = \frac{100 + 2.72}{100 + 15} = 0.8932.$$

Производительность колонны синтеза, отнесенная к 1 $м^3$ катализатора, определяется по формуле

$$q = 0.771\ \mu\ a_1\ \sigma = 0.771 \times 25000 \times 0.1188 \times 0.8932 = 2046.45\ кг/ч,$$

где 0,771 – плотность газообразного аммиака, $кг/м^3$;

μ – объемная скорость газовой смеси па входе в колонну синтеза, согласно принятым исходным данным μ = 25000 $ч^{-1}$;

a_1 – образование аммиака в колонне синтеза;

Согласно заданию на проектирование, производительность колонны составляет 1600 т/сут. Тогда производительность в час

$$g = 1600 / 24 = 66.7\ т/ч.$$

Необходимый объем катализатора

в том числе:

$$V_{NH3} = 305407,5 \times 0,0272 = 8305,0 \text{ м}^3;$$

$$V_{H2} = 305407,5 \times 0,6546 = 199912,25 \text{ м}^3;$$

$$V_{N2} = 305407,5 \times 0,2182 = 66627,25 \text{ м}^3;$$

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

$$V_{CH4} = 305407,5 \times 0,075 = 22922,25 \text{ м}^3.$$

Определим объемный состав смеси

$$y_i = V_i / V,$$

где y_i – объемная доля компонента

V_i – объем i-го компонента

$$y_{NH3} = 8305,0 / 305407,5 = 2.72\%;$$

$$y_{H2} = 199912,25 / 305407,5 = 65,46\%;$$

$$y_{N2} = 66627,25 / 305407,5 = 21,82\%;$$

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

$$V_{CH4} = 22922,25 / 305407,5 = 7,5\%.$$

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

$$V_1 = V\sigma = 305407,5 \times 0.8932 = 271957,5 \text{ м}^3.$$

Процентное содержание инертов в газовой смеси на выходе из колонны синтеза составляет

$$I_{вых} = \frac{10}{0.8932} = 11,23\%.$$

При соотношении $Ar:CH_4$ равном 1:3 содержание Ar в смеси будет равно 2,81%, а CH4 соответственно 8,42%.

Рассчитываем количество и состав газовой смеси на выходе из колонны синтеза:

$$V_{NH3} = 271957,5 \times 0,15 = 40805,0 \text{ м}^3;$$

$$V_{H2} = 271957,5 \times 0,5533 = 150442,0 \text{ м}^3;$$

$$V_{N2} = 271957,5 \times 0,1844 = 50147,5 \text{ м}^3;$$

$$V_{Ar} = 271957,5 \times 0,0281 = 7640,75 \text{ м}^3;$$

$$C_{ВХ}^{CH4} = 3{,}74 \text{ кДж/(кмоль·К).}$$

$$C_{ВХ} = C_{ВХ}^{NH3} + C_{ВХ}^{H2} + C_{ВХ}^{N2} + C_{ВХ}^{Ar} + C_{ВХ}^{CH4}$$

$$= 2{,}84 + 19{,}34 + 7{,}13 + 0{,}85 + 3{,}74 = 33{,}9 \text{ кДж/(кмоль·К).}$$

Тепло реакции синтеза NH_3 Q_P кДж/ч

$$Q_P = S/q = 82353/22{,}4 \times 54047 = 198702348 \text{ кДж/ч,}$$

где S – производительность реактора синтеза кмоль/ч;

q – тепловой эффект реакции синтеза NH_3.

Приход тепла в реактор синтеза складывается из суммы тепла поступающего газа ($Q_{ВХ}$) и тепла реакции (Q_P)

$$Q_{ПР} = Q_{ВХ} + Q_P = 133629602 + 198702348 = 332331950 \text{ кДж/ч.}$$

Потери тепла в окружающую среду принимаем 3% от общего прихода тепла в колонну, тогда количество тепла на выходе из колонны составит $Q_{ВЫХ}$ кДж/ч.

$$Q_{ВЫХ} = Q_{ПР}\ 0{,}97 = 332331950 \times 0{,}97 = 322361991 \text{ кДж/ч.}$$

Температура газовой смеси на выходе из реактора синтеза $t_{ВЫХ}$ ^oC

$$t_{ВЫХ} = Q_{ВЫХ}/(C_{ВЫХ} \times S_{ВЫХ}) = 322361991 / (34{,}85 \times 24029) = 384\ ^oC,$$

где $S_{ВЫХ}$ = 271957.5/22,4 = 24029 кмоль/ч – количество газовой смеси на выходе из реактора синтеза;

$C_{ВЫХ}$ – теплоемкость газовой смеси на выходе;

$$C_{ВЫХ}^{NH3} = 7{,}86 \text{ кДж/(кмоль·К).} \quad C_{ВЫХ}^{H2} = 16{,}16 \text{ кДж/(кмоль·К).}$$

$$C_{ВЫХ}^{N2} = 5{,}69 \text{ кДж/(кмоль·К).} \quad C_{ВЫХ}^{Ar} = 0{,}9 \text{ кДж/(кмоль·К).}$$

$$C_{ВЫХ}^{CH4} = 4{,}24 \text{ кДж/(кмоль·К).}$$

$$C_{ВЫХ} = C_{ВЫХ}^{NH3} + C_{ВЫХ}^{H2} + C_{ВЫХ}^{N2} + C_{ВЫХ}^{Ar} + C_{ВЫХ}^{CH4} =$$

$$= 7{,}86 + 16{,}16 + 5{,}69 + 0{,}9 + 4{,}24 = 34{,}85 \text{ кДж/(кмоль·К).}$$

2.4 Расчет диаметров штуцеров

Приведем расход газа к рабочим условиям

$$P_t V_t\ T_t = P_0 V_0 / T_0.$$

Отсюда $V_t = V_0 T_t P_0 / (T_0 P_t)$,

где $Eu = \frac{\Delta P_П}{\rho_2 \cdot w^2}$ – критерий Эйлера;

ρ_2 – плотность газов при 250 °С (средняя температура газа в межтрубном пространстве), кг/м^3;

w – линейная скорость газов в наиболее узком сечении пучка ,м/с;

b – коэффициент, зависящий от угла атаки, принимается по таблице [6],

$$b = 1;$$

m – число рядов в пучке в направлении потока газа;

Re – критерий Рейнольдса.

Плотность газов при (P=0,1013 МПа, T=273^0 К) рассчитываем по формуле

$$\rho_2 = \Sigma\rho_i \times y_i,$$

где ρ_i – плотность i - го компонента [6];

y_i – объемная доля;

$$\rho_{NH3} = 0,77 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{H2} = 0,0899 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{N2} = 1,25 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{CH4} = 0,72 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{Ar} = 1,78 \text{кг/м}^3.$$

$$\rho'_2 = 0,77 \times 0,0263 + 0,0899 \times 0,6519 + 1,25 \times 0,2173 +$$

$$0,72 \times 0,0724 + 1,78 \times 0,0323 = 0,46 \text{ кг/м}^3.$$

На основании уравнения Клапейрона, плотность любого газа при температуре T и давлении P может быть рассчитана по формуле

$$\rho_2 = \rho'_2 T_0 P/(TP_0) = 0,46 \times 273 \times 27,5/ [(273 + 250) \times 0,1013] = 65,25 \text{ кг/м}^3.$$

Определим линейную скорость газов в самом узком сечении пучка:

$$w = V \times T_{CP} \times P_0/[m \times 3600 \times f_2 \times 273 \times P],$$

где V – производительность колонны 1500 т/сут;

m – число потоков, m = 1;

T_{CP} = 250 °С – средняя температура в межтрубном пространстве;

f_2 – наименьшая площадь свободного сечения для прохода газов.

$$f_2 = [(n - l) S + 3d_H – n d_H] L_{TP},$$

где n – число труб в последнем ряду, n = 200;

где w − скорость газа м/с;

ε − порозность катализатора.

В качестве катализатора используем катализатор СА-2 (ТУ-6-03-394-79), предназначенный для работы при высоких температурах. Не уступая катализатору СА-1 по активности, он превосходит его по термоустойчивости, что обеспечивается увеличением содержания в нем структурообразующих промоторов и введением V_2O_5 [1].

$$w_I = 4\ V\ Tср\ P_0/(S_I\ T_0\ P) =$$

$$= 4 \times 604781 \times (273 + 510) \times 0{,}1013/(10{,}4 \times 3600 \times 273 \times 27{,}5) = 0{,}683 \text{ м/с.}$$

$$w_{II}=4V\ Tср\ P_0/(S_I\ T_0\ P) =$$

$$= 4 \times 604781 \times (273 + 510) \times 0{,}1013 / (15{,}9 \times 3600 \times 273 \times 27{,}5) = 0447 \text{ м/с.}$$

$\rho^{вх}_{см0} = \Sigma\rho_i y_i = 0{,}46$ кг/м^3 − плотность газа на входе при (P=0,1013МПа, T=273°К).

$\rho^{510}_{вх} = 0{,}46 \times 273 \times 27{,}5/((273+510) \times 0{,}1013) = 43{,}539$ кг/м^3 − плотность газа на входе при рабочих условиях.

$\rho^{вых}_{см0} = \Sigma\rho_i y_i = 0{,}77 \times 0{,}153 + 0{,}0899 \times 0{,}546 + 1{,}25 \times 0{,}182 + 0{,}72 \times 0{,}0823 + 1{,}78 \times 0{,}0367 = 0{,}52$ кг/м^3 − плотность газа на выходе при (P=0,1013, T=273° К).

$\rho^{510}_{вых} = 0{,}52 \times 273 \times 27{,}5/((273+510) \times 0{,}1013) = 49{,}218$ кг/м^3 − плотность газа на выходе при (P=0,103,T=273° К).

$$\rho_г = (\rho^{510}_{вх} + \rho^{510}_{вых})/2 = (43{,}539 + 49{,}218)/2 = 46{,}379 \text{ кг/м}^3.$$

$$\mu^{510}_{гвх} = \left(\frac{0{,}0263\cdot 17 + 0{,}2173\cdot 28 + 0{,}6519\cdot 2 + 0{,}0724\cdot 16 + 0{,}0323\cdot 40}{\frac{0{,}0263\cdot 17}{0{,}0029} + \frac{0{,}2173\cdot 28}{0{,}00136} + \frac{0{,}6519\cdot 2}{0{,}0036} + \frac{0{,}0724\cdot 16}{0{,}0023} + \frac{0{,}0323\cdot 40}{0{,}0046}}\right)\cdot 10^{-2} =$$

$= 0{,}018 \times 10^{-3}$ Па·с − вязкость газа на входе в катализатор.

$$\mu^{510}_{гвых} = \left(\frac{0{,}153\cdot 17 + 0{,}182\cdot 28 + 0{,}546\cdot 2 + 0{,}0823\cdot 16 + 0{,}0367\cdot 40}{\frac{0{,}153\cdot 17}{0{,}0029} + \frac{0{,}182\cdot 28}{0{,}00136} + \frac{0{,}546\cdot 2}{0{,}0036} + \frac{0{,}0823\cdot 16}{0{,}0023} + \frac{0{,}0367\cdot 40}{0{,}0046}}\right)\cdot 10^{-2} =$$

$= 0{,}02 \times 10^{-3}$ Па·с − вязкость газа на выходе.

$$Re_I = 4 \times w_I\rho_г/(a\mu_г\varepsilon) = 4 \times 0{,}683 \times 46{,}379/(0{,}1 \times 0{,}02 \times 10^{-3} \times 10^3 \times 0{,}44) = 144000,$$

где a – удельная поверхность [1].

$$560/\Delta = 560/0{,}02 = 28000;$$

Re > 560 /Δ − автомодельная зона.

$$\lambda = 0{,}11 \times 1^{0{,}25} = 0{,}11 \times (2 \times 10^{-4})^{0{,}25} = 0{,}013;$$

$$\Sigma\xi = 1{,}2;$$

$$\Delta P_{ТТ} = (1{,}2 + 0{,}013 \times 7{,}66/0{,}009) \times 10^2 \times 53{,}525/2 = 32820 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{ОБЩ} = 16 + 32590 + 45 + 32820 = 65470 \text{ Па}.$$

Полученное гидравлическое сопротивление удовлетворяет применению установленного компрессора.

2.6 Расчет вспомогательного оборудования

Выполним расчет испарителя жидкого аммиака. Схема к расчету приведена на рисунке 2.4.

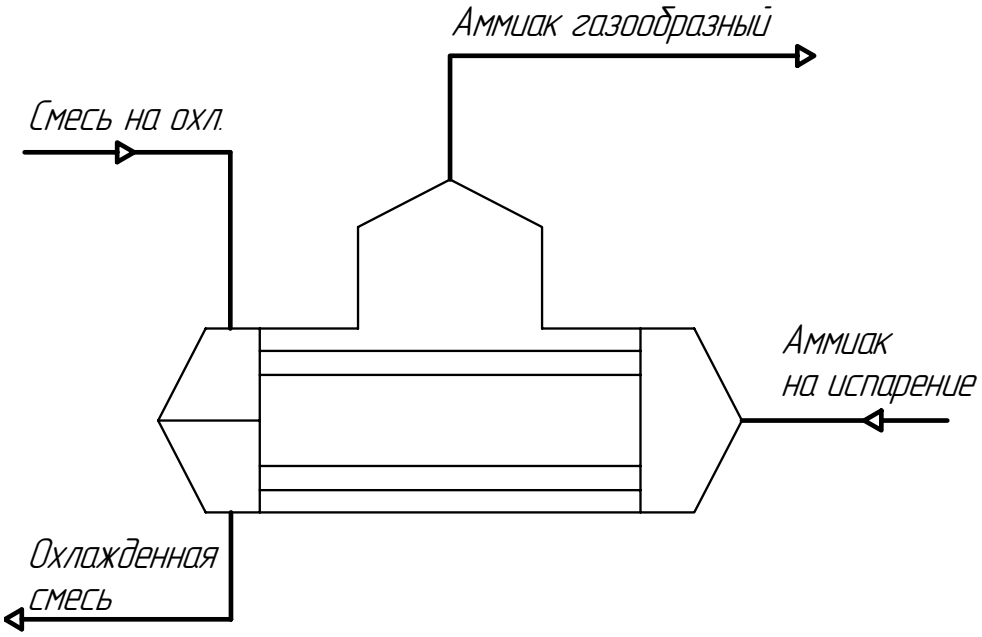


Рисунок 2.4 – Схема к расчету испарителя жидкого аммиака

Согласно технологическому расчету конденсационной колонны, энтальпия газа на входе в испаритель

$$I_{20} = 21183000 \text{ Дж/ч} = 21183 \times 10^3 \text{ кДж/ч}.$$

Энтальпия газа на выходе из испарителя

$$I_{-5} = -5579000 \text{ Дж/ч} = -5579 \times 10^3 \text{ кДж/ч}.$$

Тогда тепло, поглощаемое испаряющимся жидким аммиаком

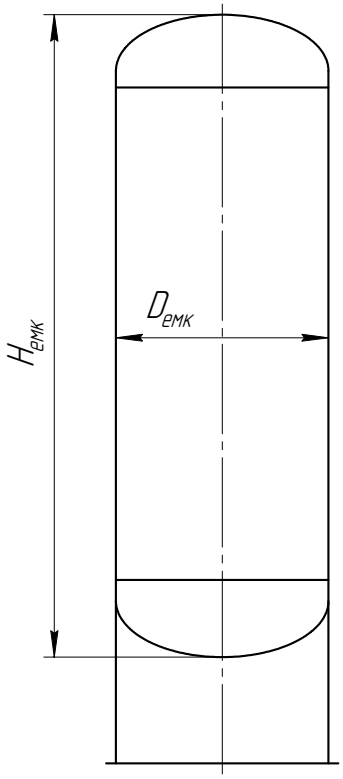


Рисунок 2.5 – Схема к расчету емкости для сбора жидкого аммиака

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

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

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

Принимаем максимальное заполнение емкости $\psi = 80\%$, тогда объем емкости

$$V_{емк} = V_{хр} / \psi = 15.1 / 0.8 = 18.9 \text{ м}^3.$$

Принимаем отношение диаметра емкости к высоте $\alpha = 4$. Соответственно диаметр емкости

$$D_{емк} = \sqrt[3]{\frac{4\,V_{емк}}{\pi\,\alpha}} = \sqrt[3]{\frac{4 \times 18.9}{3.14 \times 4}} = 1.98 \text{ м}.$$

Принимаем стандартный диаметр

$$D_{емк} = 2{,}0 \text{ м}.$$

Тогда высота емкости

$$H_{емк} = \alpha D_{емк} = 4 \times 2 = 8{,}0 \text{ м}.$$

$$\sigma^* = \min\left\{\frac{\sigma_B}{n_B};\frac{\sigma_T}{n_T}\right\},$$

где n_B – запас прочности по пределу прочности, для стального проката из легированной стали n_B = 2,6 [8, табл. 14.6];

n_T – запас прочности по пределу текучести, для стального проката из легированной стали при давлении в аппарате не более 0,5 МПа n_T = 1,65 [6, табл. 14.6].

Соответственно нормативное допускаемое напряжение при расчетной температуре и при 20 °С:

$$s^* = \min\{570/2.6;\ 280/1.65\} = \min\{219;\ 170\} = 170 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{20}^* = 172 \text{ МПа}.$$

Допускаемое напряжение при статических однократных нагрузках для рабочего состояния выбранного материала составляет

$$[\sigma] = \eta\sigma^*,\ [\sigma]_{20} = \eta\sigma_{20}^*,$$

где η – поправочный коэффициент, учитывающий вид заготовки η = 1,0 [6]. Подставляя числовые значения, получим

$$[\sigma] = 1{,}0 \times 170 = 170 \text{ МПа},\ [\sigma]_{20} = 1{,}0 \times 172 = 172 \text{ МПа}.$$

Допускаемое напряжение при гидроиспытаниях

$$[\sigma]_и = \sigma_{T20} / 1{,}1 = 280 / 1{,}1 = 254 \text{ МПа}.$$

3.3 Расчет цилиндрической обечайки

Принимаем рулонированную обечайку с приварными днищами. Схема к расчету обечайки на прочность приведена ниже на рисунке 3.1

Расчетная толщина стенки толстостенной обечайки [7]

$$s_p = (0.5D + c_к)(\beta - 1),$$

где $c_к$ – прибавка для компенсации коррозии в аппарате;

β – коэффициент толстостенности.

Принимаем срок службы аппарата τ = 15 лет, тогда значение $c_к$ будет

$$c_к = П\tau,$$

где П – скорость коррозии, для выбранного материала П = 0,05 мм/год;

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

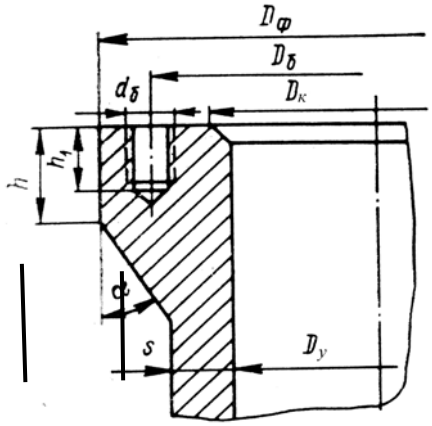


Рисунок 3.2 – Схема к расчету фланцевого соединения

где $D_к$ – диаметр касания линзы, $D_к = D_у + 20$ мм = 2000 + 20 = 2020 мм;

$q_л$ – удельная нагрузка по линии уплотнения, обеспечивающая герметичность соединения, МН/м, для $D_у = 2000$ согласно [6, рис. 20.4] $q_л = 0{,}55$ МН/м;

α – угол уклона конической поверхности под линзу, для $D_у > 400$ мм $\alpha = 60°$;

$\rho_т$ – угол трения линзы по конической поверхности, для стальной линзы и стального корпуса $\rho_т = 9°$.

Тогда

$$P_n = 3.14 \times 2.020 \times 0{,}55 \times \frac{\sin(60 + 9)}{\cos 9} = 3.30 \text{ МН}.$$

Диаметр окружности расположения шпилек

$$D_б = \varphi\, D_у^{0{,}933},$$

где φ – коэффициент, зависящий от давления среды в аппарате, для $p > 10$ МПа $\varphi = 1.21$.

Соответственно

$$D_б = 1{,}21 \times 2{,}0^{0{,}933} = 2{,}528 \text{ м}.$$

Принимаем

$$D_б = 2530 \text{ мм}.$$

Расчетная сила от давления среды

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

Принимаем изгибающий момент от действия внешних нагрузок

$$M_и = 0 \text{ МН×м}.$$

$$z_2 = \frac{P_{б2}}{F_б\ \sigma_{т20}} = \frac{106}{5808\times10^{-4} \times 805} = 22{,}6.$$

Расчетное число шпилек, исходя из оптимального шага расположения

$$z_t = \frac{\pi\ D_б}{t},$$

где t – оптимальный шаг расположения шпилек

$$t = \psi\ d_б,$$

где ψ – относительное расстояние $t/d_б$ между центрами шпилек, для $p_у$ > 6.4 МПа ψ = 2.5

Тогда

$$t = 2.5 \times 86 = 215 \text{ мм.}$$

$$z_t = \frac{3{,}14 \times 2530}{215} = 37 \text{ шт.}$$

Принимаем число шпилек, не меньшее из трех расчетных значений и кратное четырем

$$z = 40.$$

Тогда нагрузка в стержне шпильки при затяжке соединения

$$\sigma_{б1} = \frac{P_{б1}}{F_б\ z} = \frac{116}{5808\times10^{-4} \times 40} = 384 \text{ МПа.}$$

Нагрузка в стержне рабочих условиях

$$\sigma_{б2} = \frac{P_{б2}}{F_б\ z} = \frac{106}{5808\times10^{-4} \times 40} = 350 \text{ МПа.}$$

Условие прочности шпилек при затяжке

$$\sigma_{б1} < [\sigma]_б;$$

$$384 < 537.$$

Условие прочности шпилек в рабочих условиях

$$\sigma_{б1} < \sigma_{т20};$$

$$350 < 805.$$

Оба условия прочности выполняются.

Расчетный диаметр фланца

$$D_ф = D_б + 1{,}8d_б = 2530 + 2{,}5 \times 86 = 2745 \text{ мм.}$$

$$\Phi_1 = \frac{84}{170} \times 1{,}18 = 0{,}583.$$

Вспомогательная величина при рабочих условиях

$$\Phi_2 = \frac{P_2}{[\sigma]}\psi_1 = \frac{107}{172} \times 1.18 = 0.73.$$

Вспомогательная величина А

$$A = 2\psi_2 s^2 = 2.$$

где ψ_2 – вспомогательный коэффициент, для $D_ф/D_у$ = 2750 / 2000 = 1.38;

$$\psi_2 = 3.0 \text{ [6, рис. 21.9]};$$

$$A = 2 \times 3.0 \times 0.23^2 = 0.317.$$

Расчетная глубина резьбы

$$h_1 = 0.45 \times \sqrt[3]{D_у\,(\Phi - 0{,}85A)},$$

где Ф – максимальная величина из Φ_1 и Φ_2

$$\Phi = 0{,}73.$$

Соответственно

$$h_1 = 0.45 \times \sqrt[3]{2.0 \times (0.73 - 0{,}85 \times 0.317)} = 0.176 \text{ м}.$$

Расчетная высота фланца

$$h = 1.85\, h_1 = 1.85 \times 0.176 = 0.340 \text{ мм}.$$

3.5 Расчет аппарата на действие ветровой нагрузки

3.5.1 Алгоритм расчета

Схема к расчету аппарата приведена на рисунке 3.3.

Расчетом на ветровую нагрузку проверяется прочность и устойчивость аппарат, устанавливаемого на открытой площадке, при действии на него ветра. Определяются размеры опоры, фундаментных болтов и материал фундамента.

При расчете аппарат разбивается на некоторое число вертикальных элементов и для каждого определяется действующая на него сила от ветра. Затем рассчитывается момент, воспринимаемый опорой.

3.5.3 Определение монтажной массы аппарата

Ориентировочный вес обечайки

$$G_{об} := \frac{\pi \cdot \left[(D + 2s)^2 - D^2\right]}{4} H \cdot \rho \cdot g \ .$$

Суммарная масса вспомогательных устройств, днищ, опоры аппарата

$$G_{ву} := 0.05 G_{об} \ .$$

Монтажный вес аппарата

$$G_{монт} := G_{ву} + G_{об.}$$

Рабочий вес аппарата

$$G_{раб} := 1.2 \ G_{монт}$$

3.5.4 Определение периода свободных колебаний аппарата

Ориентировочная ширина фундаментного кольца

$$b_к := 0.1D$$

Момент инерции сечения фундаментного кольца аппарата

$$J_к := \frac{\pi}{8} \cdot (D + 2s)^3 \cdot b_к$$

Момент инерции подошвы фундамента

$$J_ф := 1.3 J_к$$

Угол поворота опорного сечения

$$\varphi_0 := \frac{1}{C_ф \cdot J_ф}$$

Период свободных колебаний аппарата

$$T_{монт} := 1.79 \cdot H \cdot \sqrt{\frac{G_{монт}}{g} \cdot \left(\frac{H}{E_t \cdot J_к} + 4 \cdot \varphi_0\right)}$$

$$T_{раб} := 1.79 \cdot H \cdot \sqrt{\frac{G_{раб}}{g} \cdot \left(\frac{H}{E_t \cdot J_к} + 4 \cdot \varphi_0\right)}$$

Коэффициенты пульсации скоростного напора ветра определяется в зависимости от высоты центра масс участка

$$m := \Omega m(h)$$

Коэффициент увеличения скоростного напора ветра при монтаже и эксплуатации аппарата

$$\beta_{монт} := 1 + \varepsilon_{монт} \cdot m$$

$$\beta_{раб} := 1 + \varepsilon_{раб} \cdot m$$

График для определения поправочного коэффициента на увеличение скоростного напора ветра приведен на рисунке 3.6.

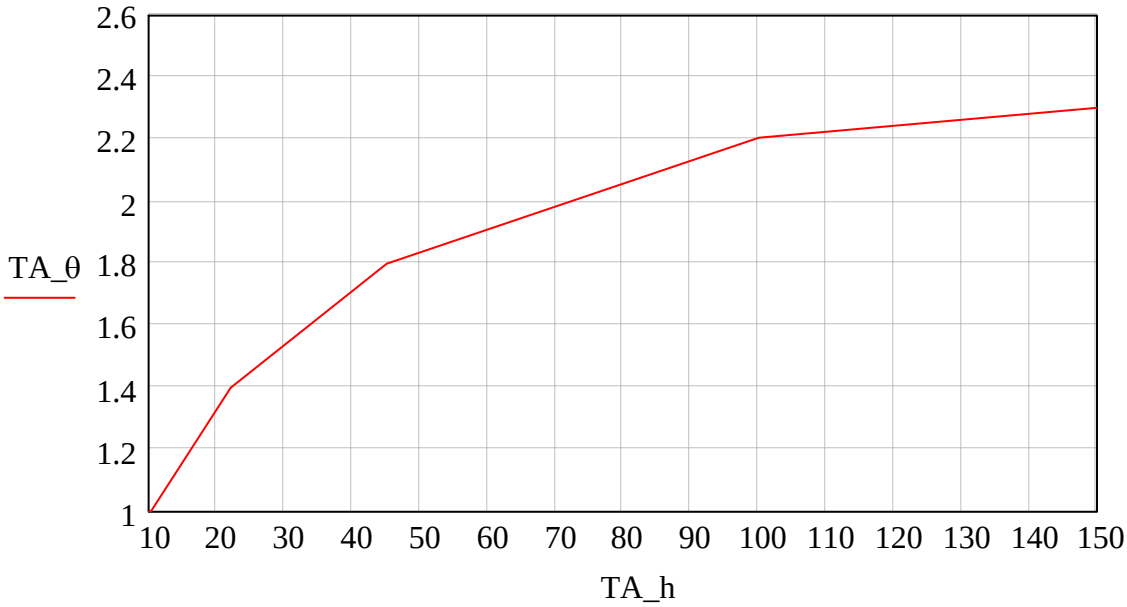


Рисунок 3.6 – График для определения коэффициента пульсаций напора ветра

Поправочный коэффициент на увеличение скоростного напора ветра для проектируемого аппарата

$$\theta := \Omega_\theta(h)$$

Силы, действующие на участки аппарата

$$P_{монт} := \overrightarrow{\left(0.6 \cdot \beta_{монт} \cdot q \cdot D \cdot h\right)}$$

$$P_{раб} := \overrightarrow{\left(0.6 \cdot \beta_{раб} \cdot q \cdot D \cdot h\right)}$$

Полученные значения показаны в графическом виде на рисунке 3.7.

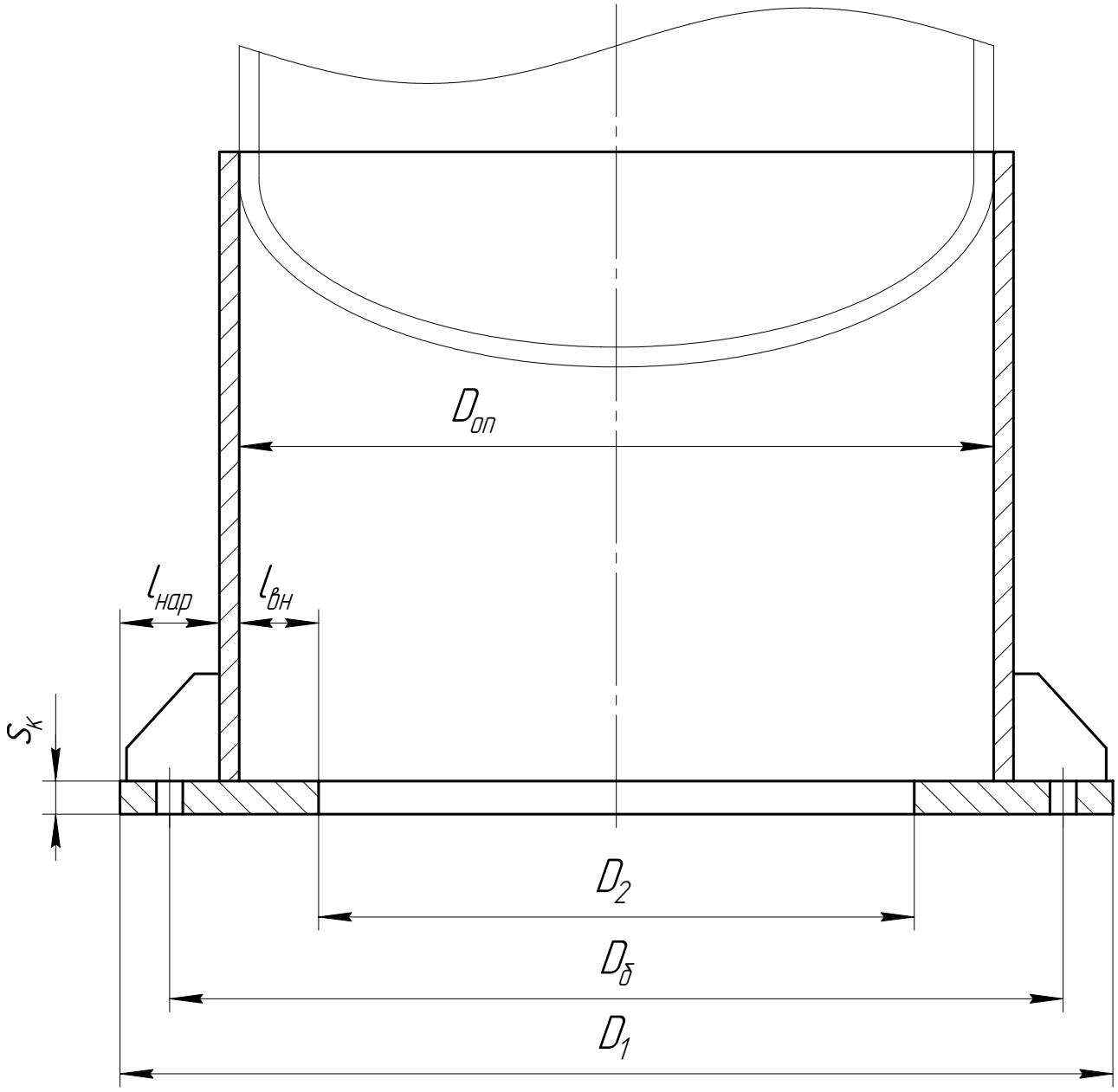


Рисунок 3.8 – Схема к расчету опоры аппарата

Максимальный вес аппарата

$$G_{max} := \max(G_{монт}, G_{раб})$$

Минимальный изгибающий момент

$$G_{min} := \min(G_{монт}, G_{раб})$$

Внутренний диаметр опорного кольца

$$D_2 := D_{оп} - 2l_{вн}$$

Наружный диаметр опорного кольца

$$D_1 := D_{оп} + 2s + 2l_{нар}$$

Прибавка на коррозию для болтов

$$c_{кб} := 2мм$$

Расчетный диаметр резьбы болта

$$d_б := \sqrt{\frac{4P_{б1}}{\pi \sigma_{бд}}} + c_{кб}$$

$$d_б = 33 \text{ мм}$$

Тогда диаметр болтовой окружности при $d_б > 30$ мм

$$D_б := D + 2s + 4d_б$$

Минимальный наружный диаметр опоры

$$D_1 := D_б + 3d_б$$

4.2 Доставка оборудования на монтажную площадку

В практике монтажа технологическое оборудование и конструкции часто перевозятся к месту монтажа и в монтажной зоне по шоссейным и грунтовым дорогам.

Для перевозки крупногабаритного и тяжеловесного оборудования применяются прицепы-тяжеловозы различной грузоподъемности, которые буксируются тракторами или специальными колесными тягачами. Если габариты и масса перевозимого оборудования превышают паспортные характеристики прицепов по грузоподъемности и размеры платформ, то оно перевозится на двух и более прицепах [8].

Учитывая массу и габариты оборудования или конструкций, состояние и характеристику дороги (подъемы, уклоны и радиусы закруглений), выбирают прицепы-тяжеловозы и тип тягачей, устанавливают их количество. В некоторых случаях можно идти от обратного, т. е. зная технические данные прицепов и тягачей и дорожные условия, определять максимально допустимые массы и габариты транспортируемого оборудования.

Транспортировка колонны от завода-изготовителя к месту работы производится собранном виде и установленными днищами. Стакан перевозится отдельно.

Предварительно принимаем для транспортирования аппарата – пневмоколёсный прицеп-тяжеловоз ЧМЗАП-5530, при транспортировании по сухой грунтовой дороге с максимальным подъёмом 3% и скоростью υ=2,6 км/ч; для буксировки прицепа с аппаратом – трактор марки ДЭТ-250 мощностью двигателя N = 184 кВт и скоростью υ=2…20,5 км/ч.

Суммарное сопротивление движению всего транспорта определяется по формуле:

$$F = 10 \cdot G_т \cdot f_т + 10 \cdot (G_п + G_0) \cdot f_п \mp 10 \cdot (G_т + G_п + G_0) \cdot f_у,$$

где $G_т$ = 25 т – масса тягача;

$f_т$ = 0,075 – удельное сопротивление движению тягача [9, Таблица 30];

$G_п$ = 47 т – масса выбранного для транспортирования оборудования прицепа [9, Таблица 31];

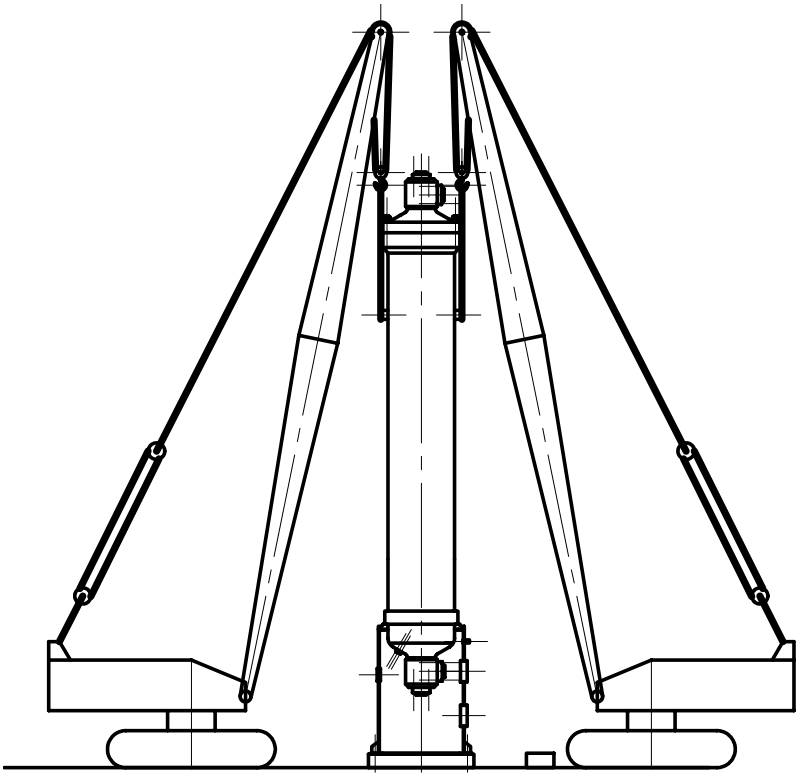


Рисунок 4.1 – Схема монтажа колонны синтеза аммиака

4.4 Выбор кранов и расчёт такелажной оснастки

Выбор кранов

Требуемая грузоподъёмность монтажного крана определяется по формуле:

$$G_{к.тр} \geq \frac{G_0}{n_к},$$

где G_0 = 95 т – масса аппарата;

$n_к$ = 1 – количество кранов, участвующих в подъёме оборудования.

$$G_{к.тр} \geq \frac{95}{2} = 47.5\,т.$$

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

$$h_к = h_ф + h_з + h_о + h_с,$$

где $h_ф$ = 0,5 м – рекомендуемая высота фундамента;

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

4.4.2 Расчёт монтажных штуцеров

Монтажные штуцера представляют собой стальные патрубки различного сечения, привариваемые к корпусу аппарата, предназначенные для строповки аппарата при его подъёме и установке на фундамент. Для предотвращения стропа от соскальзывания к внешнему торцу штуцера приваривают ограничительный фланец.

Схема к расчёту монтажных штуцеров приведена на рисунке 4.2.

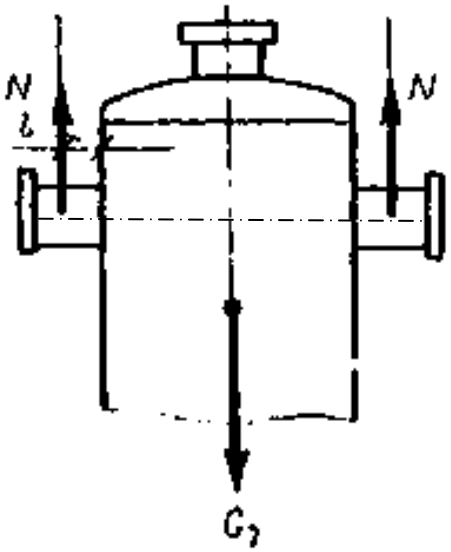


Рисунок 4.2 – Схема к расчёту монтажных штуцеров

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

$$N = \frac{10 \cdot G_0 \cdot к_п \cdot к_д \cdot к_н}{2},$$

где $к_н$ = 1,2 – коэффициент неравномерности нагрузки на такелажные элементы при отсутствии балансирных устройств;

$к_п = к_д$ = 1,1 – коэффициент прочности и коэффициент динамичности, учитывающие возможность перегрузки и возможность повышения нагрузки за счёт изменения скорости подъёма груза соответственно.

$$N = \frac{10 \cdot 95.0 \cdot 10^3 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}2}{2} = 312 \text{ кН}.$$

4.4.3 Расчёт канатных строп

Стропы из стальных канатов применяются для строповки поднимаемого оборудования с грузозахватными приспособлениями для подъёма различного оборудования.

Для строповки тяжеловесного оборудования преимущественно применяют инвентарные витые стропы, выполняемые в виде замкнутой петли путём последовательной параллельной плотной укладки перевитых между собой витков каната вокруг начального центра витка. Схема к расчёту канатного стропа приведена на рисунке 4.3.

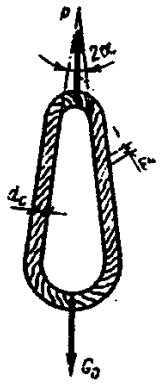


Рисунок 4.3 – Расчётная схема витого канатного стропа

Натяжение в одном витке стропа определяется по формуле:

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

где P = 215 кН – усилие, приложенное к стропу;

m = 2 – количество ветвей витого стропа;

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

$\alpha = 15^0$ – угол между ветвью стропа и направлением усилия P (рекомендуется $\leq 30^0$).

$$S = \frac{215}{2 \cdot 7 \cdot 0{,}97} = 19 \text{ кН}.$$

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

боров, шаблонов, центровочных и других приспособлений, обеспечивающих измерение и контроль отклонений от перпендикулярности, перпендикулярности или соосности базовых поверхностей.

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

Выбираем выверку оборудования с помощью отжимных регулировочных винтов, схема которой приведена на рисунке 4.4.

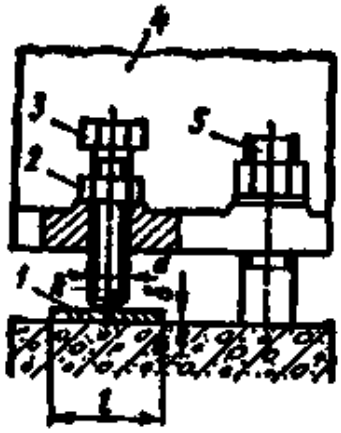


Рисунок 4.4 – Схема выверки отжимными регулировочными винтами

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.

Положение оборудования по высоте и горизонтали (вертикали) регулируют поочерёдно 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.

4.6.2 Основные причины отказа оборудования

Одной из основной причин отказа оборудования является коррозия. Причина – производственные среды на относятся к разряду агрессивных. Аммиак и его 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 изготовляются из кислотостойкой стали.

4.6.3 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.

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.

На основании письменного распоряжения начальника цеха ответственное лицо за вывод оборудования в ремонт подготавливает оборудование к ремонту в установленном порядке. Вывод оборудования в ремонт и все ремонтные работы

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 [9].

Основными возмущающими воздействиями для колонны синтеза аммиака является изменение температуры и состава исходной АВС, расход и состав циркуляционного газа.

Производство аммиака относится к пожаровзрывоопасным, поэтому выбираем пневматическую систему передачи сигнала на расстояние. Схема автоматизации реализована с помощью стандартных приборов, которые обеспечивают необходимую точность и достаточную дальность передачи.

Температура и расход исходной АВС и температура образованного газа фиксируются приборами для последующего анализа в случае возникновения сбоев в работе установки.

Давление в колонне определяет задачу для контура регулировки расхода АВС из колонны синтеза. Цель регулирования – поддержание давления в колонне в пределах оптимального.

5.2 Выбор и обоснование технических средств и систем автоматизации

Все приборы были выбраны на основании справочных данных, приведенных в [11].

Датчиком для измерения расхода исходной смеси выбрана камерная диафрагма типа ДК, создающая перепад давления на трубопроводе. Диафрагма работает в комплекте с дифманометром ДМ-П1, который преобразует перепад давления в стандартный унифицированный пневматический сигнал с давлением сжатого воздуха 0,02-0,1 МПа, который передается на показывающий и регистрирующий пневматический прибор ПВ10.1Э.

Контроль температуры исходной АВС, синтезированного газа, водяного пара и конденсата ведется с помощью хромель-копелевых термопар ТХК, установленных на трубопроводах. Сигнал передается на многоточечный потенциометр типа КСП4.

Контроль температуры на третьей полке колонны ведется с помощью хромель-копелевой термопары ТХК, установленной в аппарате. Индикация и регистрация осуществляется с помощью милливольтметра ТГС-711. С помощью преоб-

Таблица 5.1 – Заказная спецификация приборов и средств автоматизации

Заказная спецификация приборов и средств автоматизации						
СевКавГТУ НТИ	Производство аммиака Отделение синтеза					
					Дипломный проект	
					Лист 1	Листов 4
Позиция	Наименование параметра, среда, место отбора импульса	Предельное значения па-	Место установки	Наименование и характеристика	Тип, модель	Завод- изготовитель
1	2	3	4	5	6	7
2-1	Температура свежей АВС	350 °С	На трубопроводе	Термопара хромель копелевая с пределом измерения 800 °С, сталь 12Х18Н10Т	ТХК-0515	Приборостроительный завод г. Луцк
2-2	Температура АВС после колонны	540 °С		см. пункт 2-1		
2-3			Щит оператора	Многоточечный потенциометр, количество точек измерения 4	КСП4	«Электроавтоматика» г. Йошкар - Ола
3-1	Температура греющего пара	150 °С		см. пункт 2-1		
3-2	Температура конденсата	135 °С		см. пункт 2-1		
3-3				см. пункт 2-3		
5-1	Температура АВС после теплобменника	480 °С		см. пункт 2-1		

Продолжение таблицы 5.1.

1	2	3	4	5	6	7
1-2			По месту	Дифманометр преобразует перепад давления и расхода газа в пневматический унифицированный сигнал с дистанционной передачей 0,02 – 0,1 МПа	ДМ – П1	«Теплоприбор» г. Рязань
1-3				см. пункт 11-2		
4-1	Расход греющего пара в подогреватель исходной АВС	58 $м^3/с$		см. пункт 1-1		
4-2				см. пункт 1-2		
4-3			Щит оператора	Вторичный прибор, показывающий, регистрирующий со станцией управления, расход воздуха 420 л/ч	ПВ 10.1Э	«Тизприбор» г. Москва
4-4			Щит оператора	Регулятор системы «СТАРТ»	ПР 3.26	Завод приборов г. Усткаменогорск
4-5			На трубопроводе	Обратный клапан, предназначенный для регулирования расхода. Пропускает пневмосигнал только в одном направлении, пропускная способность через открытый дроссель не менее 1.0 $м^3/ч$ $D_у$ 250 $P_у$ 32 МПа	П-ДК-14-7	ООО «ПРИБОР-СЕРВИС»
6-1	Расход АВС во внутренний теплообменник	605 $м^3/с$		см. пункт 1-1		
6-2				см. пункт 1-2		
6-3				см. пункт 4-3		
6-4				см. пункт 4-4		

6 Безопасность и экологичность проекта

Цель дипломного проекта – разработка реактора синтеза аммиака, работающего в составе установки производства аммиака, что позволит увеличить выход аммиака по сравнению с оборудованием-аналогом.

Для достижения этой цели в дипломном проекте предусмотрены следующие мероприятия:

1) проанализированы существующие схемы производства аммиака и выбрана установка, обеспечивающая наиболее полное превращение технологических газов в аммиак (см. раздел 1);

2) выполнены расчеты, определяющие оптимальные параметры для процесса конденсации 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 Невинномысска, где климатические факторы, влияющие на рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере, приняты согласно данным Ставропольского краевого центра по гидрометрологии: средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца $T_л$ = 29,1° С; средняя максимальная температура наиболее холодного $T_З$ = –,4° С.

Наиболее опасным соединением является аммиака, так как он вследствие своей медленной растворимости во влаге, покрывающей слизистые оболочки дыхательных путей, имеет значительный скрытый период между моментами поступления ядовитых газов в организм и началом развития болезненных явлений, преимущественно в глубоких отделах органов дыхания.

После вдыхания аммиака у пострадавшего во многих случаях возникает кашель, отдышка, загрудинные боли; эти первичные явления часто проходят при выходе пострадавшего из загазованного помещения на свежий воздух, а затем через час или несколько часов снова нарастает отдышка, появляются кашель, боли в груди, всё более усиливающееся затруднение дыхания, развиваются синюшность и тяжёлые, опасные для жизни явления отёка лёгких.

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

6.2 Мероприятия по предотвращению воздействия опасных и вредных факторов

Для предотвращения разрушения оборудования необходимо выполнение требований «Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячего водоснабжения» ПБ 10-573-03; «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» ПБ 10-115-96; «Межотраслевых правил по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок».

Для защиты персонала от воздействия опасных и вредных факторов необходимо выполнение санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.562 -96, утвержденные постановлением Госсантехнадзора РФ от 31 октября 1996 г. №36.

Для защиты от удара молнией рекомендуется устанавливать молниеотводы на высоком оборудовании. Высота реактора составляет 23 м, наружный диаметр 2,4 м.

h_x = 23 м – общая высота аппарата.

$$h = \frac{2,4 + 1,63 \times 23}{1,5} = 26,6 \text{ м.}$$

Высота зоны защиты над землёй составит

$$h_o = 0,85h = 0,85 \times 26,6 = 22,6 \text{ м.} \quad (6.2)$$

Радиус защиты на уровне земли определяется по формуле

$$r_o = 1,5h = 1,5 \times 26,6 = 39,9 \text{ м.} \quad (6.3)$$

Площадь зоны защиты молниеотвода от молнии определяется по формуле

$$S_M = \pi r_o^2 = 3,14 \times 39,9^2 = 5001 \text{ м}^2. \quad (6.4)$$

Площадь, занимаемая аппаратом, составит

$$S_K = \pi r_x^2 = 3,14 \times 1,2^2 = 4,5 \text{ м}^2. \quad (6.5)$$

Таким образом $S_м > S_к$, поэтому одним молниеотводом от молнии можно защитить не только колонну, но и близлежащие аппараты.

Для обеспечения отвода электрического заряда в землю необходимо устанавливать заземлители. Линия заземления представляет собой вертикально забитые в грунт стальные трубы, диаметром 60 мм, которые соединяются с горизонтальной линией из стальной полосы, толщиной сечения 50 мм^2. Для расчёта заземляющего устройства выбираем схему заземления в ряд.

Сопротивление заземления определяется по формуле

$$R_{CTO} = \frac{0.16 \cdot \rho}{L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L}{0.95 \cdot b} + 0.5 \cdot \ln \frac{4 \cdot b + L}{4 \cdot h - L}, \quad (6.6)$$

где ρ = 100 Ом×м – удельное сопротивления грунта;

L = 2.5 м – длинна электрода;

h = 1.95 м. – расстояние от поверхности земли до середины электрода;

b = 0.05 м. – ширина полки.

Тогда сопротивление заземления составит

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

В соответствии с главой 1.7.64 «Правила устройства электроустановок» сопротивление стержней заземления не должно превышать 30 Ом, соответственно

3. Проведение спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ в очагах поражения и зонах затопления.

Наиболее полное и организационное выполнение мероприятий ГО на предприятии достигается заблаговременной разработкой плана мероприятий. Он представляет собой заранее разработанный перечень мероприятий. В нём определяется объём, организация и порядок выполнения возложенных на неё задач. План разрабатывается текстурно с предложением в виде графиков и таблиц.

В случае объявления воздушной тревоги (сигнал по радио, сирены, прерывистые гудки) персонал должен действовать в соответствии с предусмотренным планом: выключить оборудование и покинуть производство в специально отведённые места для укрытия.

Финансирование мероприятий по защите персонала и территории в чрезвычайных ситуациях производится из местных резервов.

Мероприятия, предлагаемые в дипломном проекте, позволяют считать его безопасным и экологичным.

классификация затрат по калькуляционным статьям. Для исчисления себестоимости отдельных видов продукции затраты группируются по статьям калькуляции.

Для планирования, учета и калькулирования себестоимости продукции использован налоговый кодекс Российской Федерации в соответствии с которым, расходы, в зависимости от их характера, условий осуществления и направлений деятельности организаций, подразделяются на расходы внереализационные, а также связанные с производством и реализацией. Если некоторые затраты с равными основаниями могут быть отнесены одновременно к нескольким группам расходов, то организация вправе самостоятельно определить к какой именно группе он отнесет какие расходы.

7.3 Обоснование производственной мощности

Производственная мощность – это максимально возможный выпуск продукции за единицу времени при заданной номенклатуре и ассортименте при полном использовании производственного оборудования и площадей, с учетом применения передовой технологии, улучшения организации производства и труда, обеспечение высокого качества продукции.

Производственная мощность предприятия:

$$М = Т_m П = 1360 \times 330 = 448800 \text{ т/год},$$

где $Т_m$ = 330 дн. – максимально возможный годовой фонд времени работы оборудования;

П = 1360 т/сут – производительность одной единицы оборудования, в натуральном выражении.

Фактический объем производства аналога составляет 429000 т/год.

Фактический объем проектируемого производства по результатам технологического расчета составляет

$$Q = 436000 \text{ т/год}.$$

Уровень использования мощностей за определенный промежуток времени:

$$К_{факт} = \frac{Q}{М} = \frac{436000}{448800} = 97.1\%$$

Таблица 7.2 – Расчет годового ФОТ руководителей и специалистов

Наименование	Оклад	Количество работников	Баланс рабочего времени	Средний оклад в месяц	ФОТ за месяц	Процент премии	Сумма премии	Фонд оплаты труда за месяц	Фонд оплаты труда за год
Руководители	4	6	12	29750	178500	30	53550	232050	2784600
Специалисты	5	12	12	22640	271680	30	81504	353184	4238208
Служащие	4	2	12	18970	37940	25	9485	47425	569100
Итого		20			488120		144539	632659	7591908

Таблица 7.3 – Расчет себестоимости до и после внедрения

Наименование статей расхода	Данные аналога		Проектные данные		Отклонение	
	на единицу	на весь выпуск	на единицу	на весь выпуск	абс	%
Переменные расходы						
1. Материальные расходы	420,80р.	180 523 200,00р.	390,80р.	170 388 800,00р.	- 10 134 400,00р.	-5,61
2. Расходы энергоресурсов	740,10р.	317 502 900,00р.	701,20р.	305 723 200,00р.	- 11 779 700,00р.	-3,71
3. Расходы на оплату труда	25,45р.	10 917 348,75р.	25,29р.	11 027 625,00р.	110 276,25р.	1,01
Итого переменные расходы	1 186,35р.	508 944 150,00р.	1 117,29р.	487 138 440,00р.	- 21 805 710,00р.	-4,28
Постоянные расходы						
4. Амортизационные расходы	196,80р.	84 427 200,00р.	187,00р.	81 532 000,00р.	- 2 895 200,00р.	-3,43
5. Расходы на обязательное и добровольное страхование имущества	48,70р.	20 892 300,00р.	46,30р.	20 186 800,00р.	- 705 500,00р.	-3,38
6. Расходы на содержание и ремонт основных средств	45,40р.	19 476 600,00р.	43,10р.	18 791 600,00р.	- 685 000,00р.	-3,52
7. Расходы на освоение природных ресурсов	11,50р.	4 933 500,00р.	10,90р.	4 752 400,00р.	- 181 100,00р.	-3,67
8. Расходы на НИР и ОКР	22,50р.	9 652 500,00р.	21,40р.	9 330 400,00р.	- 322 100,00р.	-3,34
9. Цеховые расходы	477,10р.	204 675 900,00р.	453,20р.	197 595 200,00р.	- 7 080 700,00р.	-3,46
10. Общепроизводственные расходы	134,50р.	57 700 500,00р.	127,80р.	55 720 800,00р.	- 1 979 700,00р.	-3,43
11. Прочие расходы	16,50р.	7 078 500,00р.	15,70р.	6 845 200,00р.	- 233 300,00р.	-3,30
12. Внереализационные расходы	8,70р.	3 732 300,00р.	8,30р.	3 618 800,00р.	- 113 500,00р.	-3,04
Итого постоянные расходы	961,70р.	412 569 300,00р.	913,70р.	398 373 200,00р.	- 14 196 100,00р.	-3,44
13. Полная себестоимость	**2 148,05р.**	**921 513 450,00р.**	**2 030,99р.**	**885 511 640,00р.**	**- 36 001 810,00р.**	**-3,91**

Из таблицы 7.3 видно, что себестоимость производства продукции снизилась на 3,91% в результате внедрения нового оборудования, что связано со значительным уменьшением стоимости материальных расходов, а также снижением расходов энергоресурсов, снижением расходов на содержание производственных фондов.

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 составляют 107820000 руб., а у аналогичного производства 104693220 руб.

7.7 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.

Рентабельность производства продукции:

$$РПП = \frac{П}{С_п}, = 195768360 / 885511640 = 22,11\ \%,$$

где П – чистая или валовая прибыль;

$С_п$– себестоимость продукции.

Общая рентабельность производственных фондов:

$$РПФ = \frac{П}{ПФ_{сг}} = 195768360 / 862560000 = 22,70\%,$$

где $ПФ_{сг}$ – среднегодовая стоимость производственных фондов (сумма среднегодовой стоимости основных производственных фондов и нормируемых оборотных средств).

Общая эффективность капитальных вложений может быть определена по формуле

$$En = \frac{\Delta П}{К}$$

где ΔП – прирост прибыли за счет вложения инвестиций;

К – капитальные вложения.

Величина обратная эффективности называется сроком окупаемости капитальных вложений и определяется по формуле:

$$En = \frac{(C_1 - C_2) \cdot V_2}{K} = \frac{(2148,1 - 2031,0) \times 436000}{107820000} = 0.473$$

$$Tn = \frac{K}{(C_1 - C_2) \cdot V_2} = 1 / 0,473 = 2.11\ г.$$

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:

$$ТБ = \frac{ПИ}{Ц_у – ПИ_у} = \frac{398373200}{2480 – 1117,3} = 292339 \text{ т}$$

где $Ц_у$ - удельная цена.

График, показывающий полученные величины, приведен на рисунке 7.1.

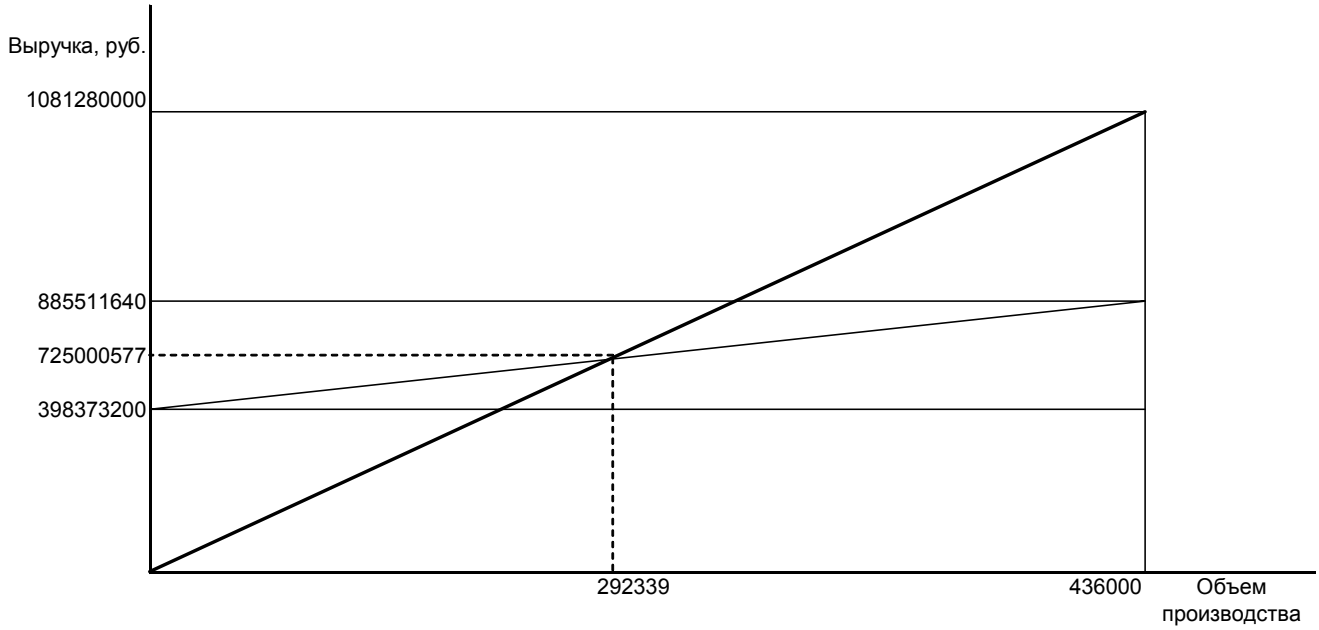


Рисунок 7.1 – График безубыточности

Из графика безубыточности, представленного на рисунке 7.1 видно, что безубыточный объем производства составляет 292339 т.

7.9 Заключение об экономической эффективности

При проектировании оборудования был реализован ряд технологических и конструкционных решений, которые обусловили снижение себестоимости производства на 3,91%, за счет сокращения условно-постоянных расходов, увеличения мощности цеха. Общий прирост прибыли составил 53361810 рублей в год. Срок окупаемости капитальных вложений 2,11 года. При этом учтены убытки, понесенные производством период технического перевооружения. Рентабельность продукции составляет 22,11%. Годовой экономический эффект 53361810 руб. безубыточный объем производства составляет 292339 т.

Список использованных источников

1. Кутепов А. М., Бондарева Т. И., Беренгартен Н. Г., Общая химическая технология, изд. 2-е, перераб. и доп., М.: «Высшая школа», 1990. – 522 с.
2. Скобло А.И. и др. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. – М.: ООО «Недра-Бизнес-центр», 2000. – 677 с.
3. Павлов К.Ф., Романков А.А., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу «Процессы и аппараты химической технологии». – Л.: Химия, 1981. – 552 с.
4. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. / Под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1983. – 272 с.
5. Тимонин А.С. основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник. – Калуга: Изд. Н. Бочкаревой, 2002. Т.1, 852 с., т.2, 1028 с., т.3, 968 с.
6. Лащинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры.– М.: Машиностроение, 1970. – 752 с.
7. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи / под ред. М.Ф. Михалева.– Л.: Машиностроение, 1984. – 301 с.
8. Матвеев В.В., Крупин Н.Ф. Примеры расчета такелажной оснастки.– Л.: Стройиздат, 1987. – 320 с.
9. Киселев Г.Ф. и др. Система технического обслуживания и ремонта технологического оборудования предприятий по производству минеральных удобрений. Справочник. – М.: Химия, 1991. – 384 с.
10. Полоцкий Л.М., Лапшенков Г.И. Автоматизация химических производств. Теория, расчет и проектирование систем автоматизации. – М.: Химия, 1982. – 296 с.
11. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы. Справочное пособие./Под ред. Б.Д. Кошарского. – Л.: Машиностроение, 1976. – 488 с.
12. Сборник законодательных и других нормативных правовых актов по охране труда./Под ред. В.С. Шевцова. – Пятигорск: «Спецпечать», 2002.
13. Кукин П.П., Лапин В.Л., Пономарев Н.Л. Безопасность технологических процессов производств (Охрана труда). – М.: Высш. шк., 2001. – 319 с.