Аннотация

В дипломном проекте рассчитывается реактор гидрирования сернистых соединений, являющийся составной частью установки конверсии природного газа.

В проект вошли следующие разделы:

- обзор и анализ состояния вопроса;
- технологический раздел;
- расчетно-конструкторский раздел;
- специальный раздел;
- автоматизация оборудования;
- безопасность и экологичность проекта;
- организационно-экономический раздел.

Дипломный проект включает

- страниц –
- рисунков –
- таблиц –
- литературных источников –

Синтез-газ из углеводородных газов (природного, попутного, газов переработки других топлив) в настоящее время является основным источником получения аммиака и метанола. По используемому окислителю и технологическому оформлению можно выделить следующие варианты процесса получения водородсодержащих газов: высокотемпературная кислородная конверсия, каталитическая парокислородная конверсия в шахтных реакторах, каталитическая пароуглекислотная конверсия в трубчатых печах.

Для получения дополнительных количеств водорода и снижения до минимума концентрации оксида углерода в конвертированном газе осуществляют самостоятельную стадию каталитической конверсии CO. Конверсия выполняется на катализаторе, который является чувствительным к сернистым соединениям, присутствующим в природном газе.

Тема дипломного проекта посвящена проектированию реактора гидрирования сернистых соединений, работающего в составе установки подготовки технологических газов.

ми являются высокая турбулизация в зоне реакции за счет подачи встречных потоков топливной смеси и хорошее смешение парокислородной смеси с топливной пылью.

1.1.2 Синтез-газ из жидких углеводородов

Получение синтез-газа из жидких углеводородов распространено в странах, бедных запасами природных газов.

По технологическим схемам переработки в синтез-газ жидкие топлива можно разделить на две группы. Первая группа включает топлива, перерабатываемые высокотемпературной кислородной конверсией. Сюда относят тяжелые жидкие топлива – мазут, крекинг-остатки и т. п. Вторая группа – легкие прямоточные дистилляты (нафта), имеющие конечную температуру кипения не выше 200–220 °С; она включает бензины, лигроины, смеси светлых дистиллятов. Вторая группа жидких топлив перерабатывается в синтез-газ каталитической конверсией водяным паром в трубчатых печах.

Высокотемпературная кислородная конверсия жидких топлив за рубежом осуществлена в процессах, в которых жидкое топливо под давлением проходит через подогреватель, откуда при 400–600 °С поступает в газогенератор. Туда же подают и подогретый кислород и перегретый водяной пар.

В газогенераторе при температурах 1350–1450 °С образуется синтез-газ, однако при этом выделяется также некоторое количество сажи. Газ очищают от сажи, а затем направляют на очистку от сернистых соединений. После этого газ, в состав которого входит 3–5% CO_2, 45–48% CO, 40–45% H_2, а также определенные количества метана, азота и аргона, проходит конверсию CO и очистку от CO_2. Процесс протекает под давлением, которое может достигать 15 МПа. Агрегаты имеют производительность 30 тыс. $м^3$/ч (H_2 + CO) и более. Недостатками процесса являются высокий расход кислорода, выделение сажи, а также сложность технологической схемы.

Переработка в синтез-газ легко выкипающих жидких топлив каталитической конверсией водяным паром в трубчатых печах предусматривает в качестве пер-

ка и превышает 10^{11}, т. е. можно считать, что реакция идет вправо до конца (кислород реагирует полностью).

Реакции (1.4) – (1.6) протекают с увеличением объема. Так как следующие за конверсией метана процессы (очистку конвертированного газа, синтез) целесообразно вести при повышенном давлении, то для снижения затрат на сжатие предпочтительно конверсию метана проводить также под давлением.

Состав конвертированного газа должен удовлетворять определенным требованиям. Он характеризуется стехиометрическим показателем конверсии s, который различен для разных производств (см. таблицу 1.1)

Таблица 1.1 – Стехиометрические показатели конверсии

Продукт	Соотношение	Показатель
Водород	$(H_2+CO) : (CH_4+CO_2)$	5,5–10,0
Аммиак	$(H_2+CO) : N_2$	3,05–3,10
Метанол	$(H_2+CO) : (CO_2+H_2O)$	2,0–2,2
Высшие спирты	$H_2 : CO$	0,7–1,0

Конверсия CO используется при производстве аммиака. Схема, иллюстрирующая взаимосвязь различных технологических стадий, показана на рисунке 1.1.

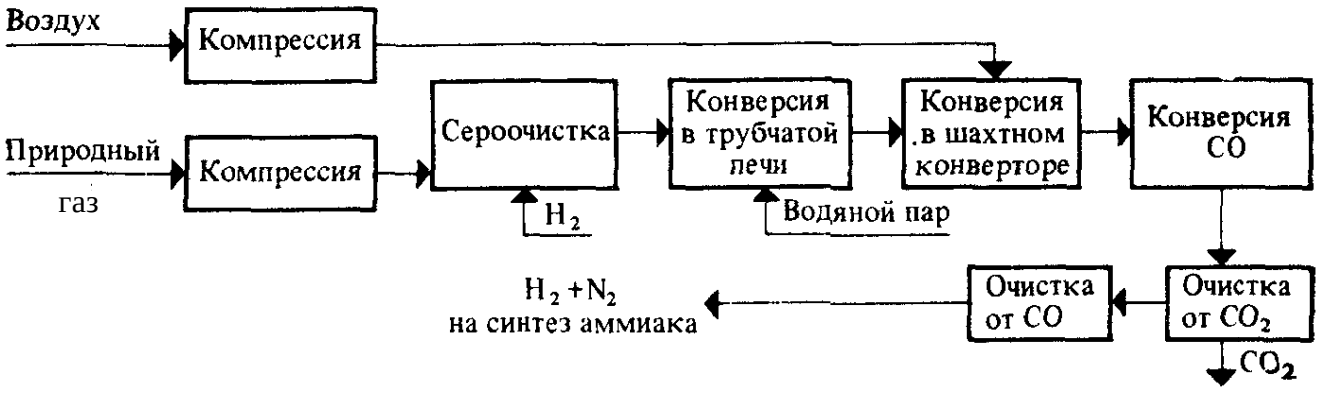

Рисунок 1.1 – Функциональная схема конверсии природного газа

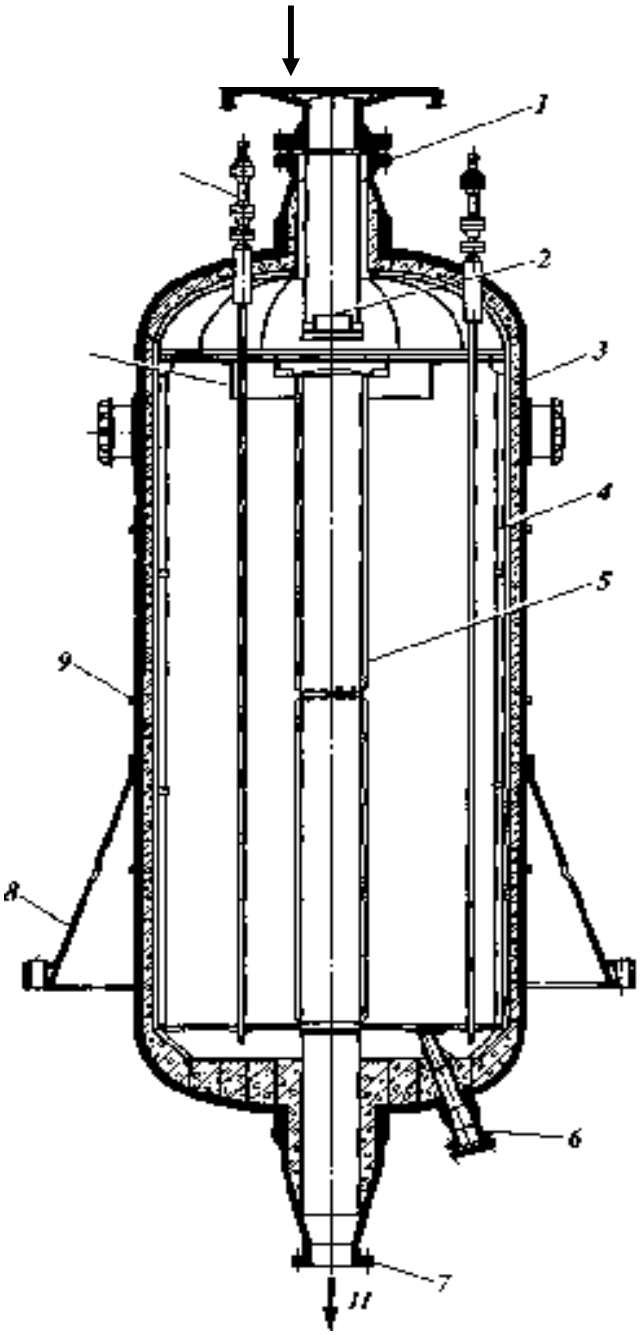

Рисунок 1.2 – Конструктивная схема радиального реактора:

1 – штуцер ввода сырья; 2 – распределитель сырья; 3 – корпус; 4 – короба; 5 – сборник продуктов реакции; 6 – штуцер выгрузки катализатора; 7 – штуцер вывода продуктов реакции; 8 – опора; 9 – муфта для термопары; 10 – цилиндрический стакан; 11 – многозонная термопара. Потоки: I – сырье; II – продукты реакции

Сырье вводится сверху через распределитель 2, поступает в перфорированные короба, а затем, пройдя в радиальном направлении через слой катализатора, собирается в сборнике 5 и выводится через штуцер 7 снизу аппарата.

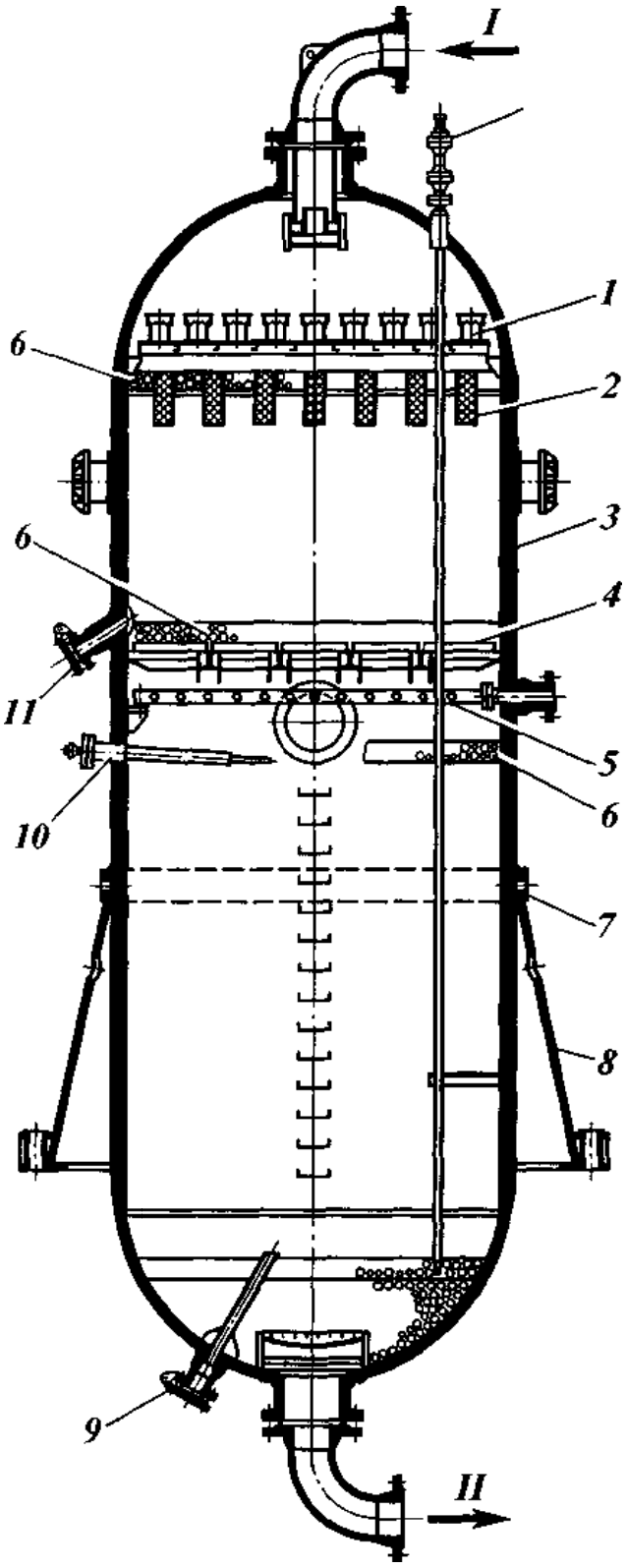

Рисунок 1.3 – Конструктивная схема аксиального реактора:

1 – распределительная тарелка; 2 –фильтрующее устройство; 3 – корпус; 4 – решетка колосниковая; 5 – коллектор для ввода пара; 6 – фарфоровые шары; 7 – опорное кольцо; 8 – опора; 9, 11 – штуцер для выгрузки катализатора; 10, 12 – термопары. Потоки: I – сырье; II – продукты реакции

2 Технологический раздел

2.1 Описание технологической схемы и проектируемого оборудования

2.1.1 Описание технологической схемы

Технологическая схема установки конверсии природного газа показана на рисунке 2.1.

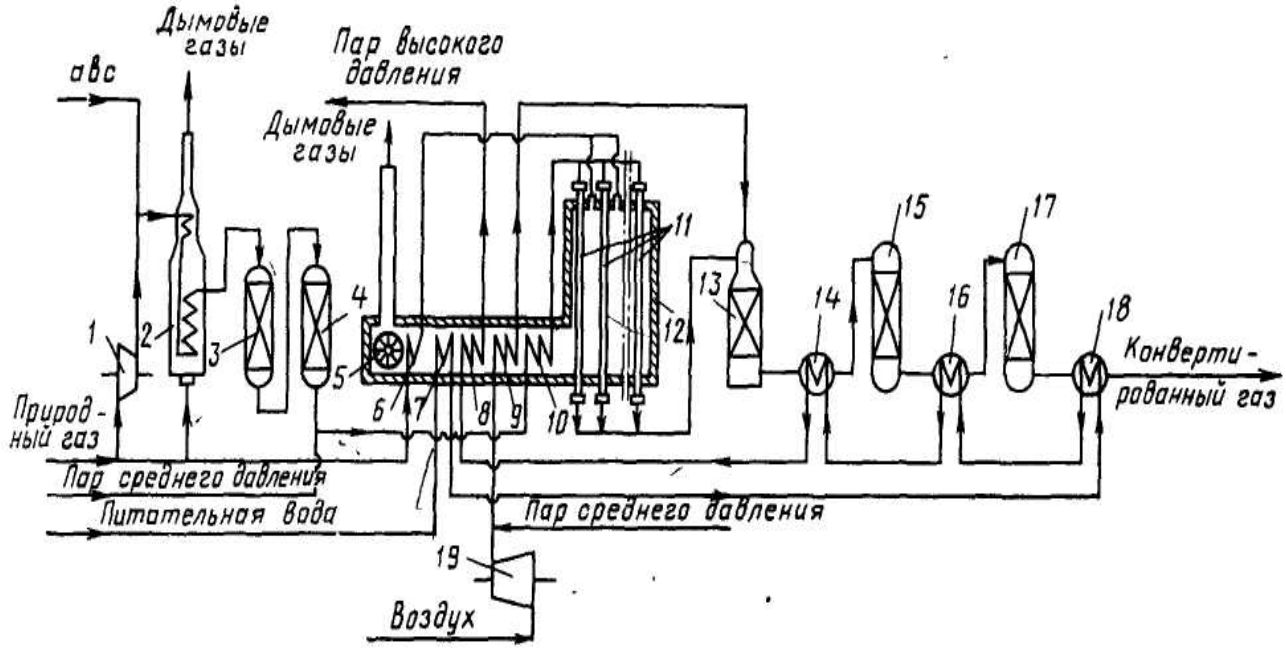

Рисунок 2.1 –Технологическая схема двухступенчатой конверсии природного газа:

1 – компрессор природного газа; 2 – огневой подогреватель; 3 – реактор гидрирования сернистых соединений; 4 – адсорбер; 5 – дымосос; 6, 7, 9, 10 – подогреватели природного газа, питательной воды, паровоздушной и парогазовой смесей соответственно; 8– пароперегреватель, 11 – реакционные трубы; 12– трубчатая печь (конвертор метана первой ступени); 13 – шахтный конвертор метана второй ступени; 14, 16 – паровые котлы. 15, 17 – конверторы оксида углерода первой и второй ступеней; 18 – теплообменник (холодильник газа); 19 – компрессор воздуха

Природный газ сжимают в компрессоре 1 до давления 4,6 МПа, смешивают с азотоводородной смесью (авс:газ – 1:10) и подают в огневой подогреватель 2, где реакционная смесь нагревается от 130–140 °С до 370–400 °С. Для обогрева ис-

Выходящая из реактора при температуре 450 °С газовая смесь содержит около 3,6% СО. В паровом котле 16, в котором также вырабатывается пар давлением 10,5 МПа, парогазовая смесь охлаждается до 225 °С и подается в конвертор СО второй ступени 17, заполненный низкотемпературным катализатором, где содержание СО снижается до 0,5%. Конвертированный газ на выходе из конвертора 17 имеет следующий состав (%) : H_2 – 61,7; СО – 0,5; CO_2 – 17,4; N2 + Ar – 20,1; CH_4 – 0,3. После охлаждения и дальнейшей утилизации теплоты конвертированный газ при температуре около 130 °С и давлении 2,6 МПа поступает на очистку [1].

2.1.2 Описание проектируемого оборудования

Конструкция проектируемого реактора гидрирования приведена на рисунке 2.2. Реактор представляет собой аксиальный аппарат полочного типа. Корпус состоит из цилиндрической обечайки и эллиптических днищ.

Эллиптические днища применяют чаще других, так как постепенное и непрерывное уменьшение радиуса кривизны эллипсоидной поверхности днища от центра к краям обеспечивает распределение напряжений без их концентрации. Стандартные днища применяют для аппаратов, работающих под давлением $p < 10$ МПа. Для удобства присоединения днища применяем с цилиндрическим бортом.

На корпусе аппарата расположено по высоте 3 люка диаметром 0,6 м. Люки предназначены для осмотра и проведения ремонтных работ, загрузки и выгрузки катализатора. Люки снабжены эллиптическими крышками.

Опора представляет собой обечайку, снабжённую фундаментным кольцом из полосовой стали, которое крепится к фундаменту болтами. Чтобы придать жёсткость, его укрепляют местными стойками под болты, которые привариваются к обечайке.

Трубопровод выводится через отверстие на обечайке опоры. В верхней части опоры расположены вентиляционные отверстия. Опора приваривается к аппарату встык.

2.2 Технологический расчет

Для уточнения режимных параметров и материального баланса аппарата необходимо выполнить технологический расчёт процесса и аппарата.

Расчёты проведены с использованием программного обеспечения ЭВМ - Microsoft Exel, результаты расчётов приведены в виде итоговых таблиц.

2.2.1 Исходные предпосылки

Схема к расчёту процесса гидрирования приведена на рисунке 2.3.

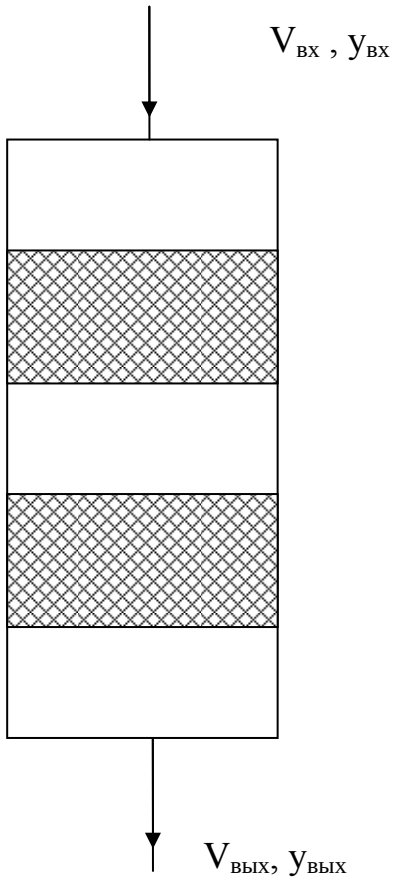

Рисунок 2.3 – Схема материальных потоков сырья:

$V_{вх}$, $V_{вых}$ – количество газа на входе и выходе из реактора, кг/ч;

$y_{вх}$, $y_{вых}$ – мольные концентрации на входе и выходе из реактора, доли

Исходные данные к расчёту: расход газа 72600 кг/ч, состав газа % об.: CH_4 – 84,35; C_2H_6 – 0,94; C_3H_8 – 0,38; N_2 – 4,26; CO_2 – 0,1; H_2 – 9,93, t=382 °C.

Таблица 2.1 – Сводный материальный баланс гидрирования природного газа

Компонент	Состав газа на входе в реактор			Состав газа на выходе из реактора		
	кг/ч	$м^3/ч^*$	%об	кг/ч	$м^3/ч^*$	%об
CH_4	27180,33	61238,10	84,3500	27180,61	61238,74	84,3769
C_2H_6	567,99	682,44	0,9400	569,11	683,79	0,9421
C_3H_8	336,83	275,88	0,3800	336,83	275,88	0,3801
N_2	2402,24	3092,76	4,2600	2402,24	3092,76	4,2613
CO_2	88,46	72,60	0,1000	88,46	72,60	0,1000
H_2	399,97	7209,18	9,9300	398,56	7183,80	9,8981
Ar	31,34	28,24	0,0389	31,34	28,24	0,0389
C_2H_5SH	1,11	0,65	0,0009	0,00	0,00	0,0000
CS_2	0,30	0,15	0,0002	0,00	0,00	0,0000
H_2S	0,00	0,00	0,0000	1,41	1,78	0,0025
Всего	31008,56	72600,00	100,0000	31008,56	72577,59	100,0000

* при P = 0.1013 МПа, T = 273 K

Объём катализатора принимается по условию:

$$V_к = 1{,}2 \cdot V_к^*. \quad (2.6)$$

Принимаем диаметр аппарата D из ряда стандартных рекомендуемых диаметров, м. Высота слоя катализатора определяется по формуле:

$$h_{кат} = \frac{V_к}{0{,}875 \cdot D^2}. \quad (2.7)$$

Таким образом, получим аппарат полочного типа с внутренним диаметром D. Катализатор располагается на двух полках. Результаты расчёта высоты слоя катализатора приведены в таблице 2.

Таблица 2.2 – Результаты расчёта высоты слоя катализатора

Наименование	Величина
Диаметр аппарата Д, м	3,6
Скорость протекания процесса w, $ч^{-1}$	1300
Расчётный объём катализатора $V_к^*$, $м^3$	90
Принятый объём катализатора $V_к$, $м^3$	108
Высота слоя катализатора $h_к$, м	9,6

$H_н$ – высота слоя насадки (металлические кольца Рашига), м;

H_1 – расстояние между полками колоны, принимается по конструктивным соображениям равной 1…1,6 м;

$H_{дн}$ – высота днища, м;

$H_п$ – высота входного патрубка, принимается 0,8…1,2 м.

Высоту днища определяют по формуле:

эллиптического $H_{дн} = 0,3 \cdot D$;

полушарового $H_{дн} = 0,5 \cdot D$.

где D – диаметр аппарата, м.

Полушаровое днище применяется при давлениях $П_D > 1$ МПа или при D > 4 м. В остальных случаях используется эллиптическое днище. Результаты расчёта высотных размеров реактора приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Высотные размеры реактора

Наименование	Величина
Высота опоры $H_{оп}$, м	3
Высота слоя катализатора $H_{кат}$, м	4,8
Высота слоя насадки $H_н$, м	0,2
Расстояние между полками колонны H_1, м	1,4
Высота днища $H_{дн}$, м	1,08
Высота входного патрубка $H_п$, м	1
Общая высота $H_{реак}$, м	11,5

2.2.6 Тепловой расчет

Схема к расчёту теплового баланса приведена на рисунке 2.4.

Расчёт теплового баланса проводится с целью определения тепловых потоков в колонне, потерь тепла в окружающую среду, а также определения толщины изоляции аппарата [3].

Тепловой расчёт выполнен с помощью ЭВМ (Microsoft Exel), результаты расчётов приведены в виде итоговых таблиц.

где Δa, Δb, Δc, $\Delta c'$ – разность коэффициентов уравнения теплоёмкости продуктов реакции и исходных реагентов.

Количество тепла химической реакции вычисляется по формуле:

$$Q_р = \Delta H \cdot V_{см} \cdot c . \quad (2.14)$$

где $V_{см}$ – количество газовой смеси, $м^3/ч$;

с – степень превращения компонента.

Таблица 2.5 – Термодинамические свойства компонентов природного газа

Компоненты	Коэффициенты уравнения теплоёмкости				ΔH^0
	a	$b \cdot 10^{-3}$	$c \cdot 10^{-6}$	$c' \cdot 10^{5}$	кДж/моль
CH_4	14,32	74,66	-	- 17,43	- 74,85
C_2H_2	5,75	175,11	-	- 57,85	- 84,67
C_3H_8	1,72	270,75	-	- 94,48	- 103,85
N_2	27,88	4,27	-	-	0,00
CO_2	44,14	9,04	- 8,54	-	- 393,51
H_2	27,28	3,26	0,50	-	0,00
Ar	23,97	5,27	- 0,25	-	0,00
C_2H_5SH	24,98	182,30	-	- 60,21	- 37,53
CS_2	52,09	6,69	- 7,53	-	116,70
H_2S	29,37	15,4	-	-	- 20,60

Суммарная теплота всех химических реакций гидрирования вычисляется как сумма количеств тепла отдельных реакций:

$$Q_р = \sum Q_{р.,i} . \quad (2.15)$$

Физическое тепло входящего потока вычисляется по формуле:

$$Q_{вх} = V_{вх} \cdot \bar{c}_р \cdot T_н . \quad (2.16)$$

где $T_н$ – температура газа на входе в реактор, К;

$\bar{c}_р$ – средняя теплоёмкость газовой смеси, Дж/(моль·К), определяется с учётом составляющих компонентов и их доли в газовой смеси.

Теплоёмкость компонентов определяется по следующим зависимостям:

Размеры обычного диатомитового кирпича 65х123х250 мм. Если δ<65 мм, то укладывая его по размеру 65 мм и учитывая 15 мм толщины затирки, получим общую толщину изоляции 80 мм.

Если 65<δ<123 мм, то укладывая его по размеру 123 мм и учитывая 15 мм толщины затирки, получим общую толщину изоляции 138 мм.

Площадь наружной поверхности реактора:

$$F_{н.к} = \pi \cdot d \cdot H_к + 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2, \qquad (2.22)$$

где d – наружный диаметр реактора, м.

Результаты расчёта теплоизоляции аппарата приведены в таблице 3.6.

Таблица 2.6 – Результаты расчёта теплоизоляции аппарата

Наименование	Величина
Температура наружной стенки аппарата $t_{ст1}$, ^{0}C	375
Температура наружной поверхности изоляции $t_{ст2}$, ^{0}C	30
Температура окружающего воздуха $t_в$, ^{0}C	-10
Коэффициент теплопроводности аппарата λ, Вт/(м·К)	0,14
Удельная тепловая нагрузка q, Вт/м^2	441,6
Площадь наружной поверхности аппарата F, м^2	166,4
Необходимая толщина изоляции δ, м	0,109
Общая толщина изоляции, м	0,138

Количество тепла выходящего потока определяется по формуле:

$$Q_{вых} = Q_{пр} - Q_{пот} . \qquad (2.23)$$

Результаты расчёта теплового баланса приведены в таблице 3.7.

Таблица 2.7 – Сводный тепловой баланс реактора гидрирования

Приход тепла		Расход тепла	
статья	кДж/ч	статья	кДж/ч
С природным газом	4270433	С гидрированным газом	4005914
Тепло реакций	335,1	В окружающую среду	264854
Итого	4270768	Итого	4270768

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 55660}{3{,}14 \cdot 2{,}912 \cdot 3600}} = 2{,}6 \text{ м.}$$

Для очистки природного газа от конденсата на входе в установку кон- версии природного газа выбираем сетчатый газосепаратор диаметром 2,6 м.

В газосепараторе применён сетчатый отбойник из трёх пакетов гофрированной сетки, размеры которых приняты с учётом транспортирования через люк аппарата. В каждом пакете укладывается по высоте 10-15 листов сетки, общая высота отбойника составляет 0,15 м.

Выполним расчет компрессора для сжатия природного газа.

Согласно выбранной технологической схеме давление природного газа, поступающего в печь для нагрева, составляет P = 4,5 МПа. Принимаем давление в трубопроводе природного газа $p_н$ = 0,7 МПа.

Определим объемный расход газа при P = 0.1013 МПа, t = 0 °C.

$$V_0 = \frac{G}{\rho_0} = \frac{50000}{0.760} = 65789 \text{ м}^3/\text{ч} = 18{,}3 \text{ м}^3/\text{с}. \qquad (2.28)$$

Принимаем сопротивление трубопроводов и распределительных устройств на линии от компрессора до печи

$$\Delta P = 0.1 \text{ МПа}.$$

Тогда давление нагнетания компрессора

$$p_к = P + 0{,}1 = 4.6 \text{ МПа}. \qquad (2.29)$$

Принимаем температуру газа в трубопроводе по аналогии с промышленным объектом

$$T_н = t_н + 273 = 45 + 273 = 318 \text{ K}. \qquad (2.30)$$

Объемный расход, поступающий на всасывание компрессора

$$V_н = V_0 \frac{P_0 T_н}{p_н T_0} = 18{,}3 \times \frac{0.101 \times 318}{0.709 \times 273} = 2{,}13 \text{ м}^3/\text{с}. \qquad (2.31)$$

Принимаемее диаметр подводящего газопровода

$$D_н = 230 \text{ мм}.$$

Тогда скорость подвода газа к компрессору

$$c_н := \frac{4V_н}{\pi \cdot D_н^{\,2}} = \frac{4 \times 2.13}{3{,}14 \times 0.23^2} = 51 \text{ м/с}. \qquad (2.32)$$

$$N_к = \frac{\ln(\varepsilon)}{\ln(\varepsilon_1)} = \frac{\ln(6.65)}{\ln(1.2)} = 10, \quad (2.40)$$

где $\varepsilon_1 = 1{,}2$ – ориентировочная степень повышения давления одним рабочим колесом.

Обычно в одном корпусе не устанавливают более 6 рабочих колес. Принимаем два корпуса компрессора – корпус низкого давления и корпус высокого давления. Распределение давлений по корпусам выполним по температурам (без учета промежуточных холодильников).

Принимаем повышение температуры по ступеням равными, тогда температура газа, поступающего на вход второго рабочего колеса

$$T_2 = \frac{T_1 + T_к}{2.2} = \frac{318 + 613}{2.2} = 423\ \text{K} = 150\ ^\circ\text{C}. \quad (2.41)$$

Соответственно давление газа на входе в корпус высокого давления

$$p_2 := p_1 \cdot \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{k}{k-1}} = 0.701 \times \left(\frac{423}{318}\right)^{\frac{1{,}4}{1{,}4-1}} = 1{,}920\ \text{МПа}. \quad (2.42)$$

Степень сжатия по корпусам

$$\varepsilon_1 = \frac{p_2}{p_1} = \frac{1{,}920}{0{,}701} = 2{,}74; \quad (2.43)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{p_к}{p_2} = \frac{4{,}661}{1{,}920} = 2{,}42. \quad (2.44)$$

Полная работа политропического сжатия

$$L_{пол} := \sigma \cdot R \cdot (T_к - T_1) = 2{,}87 \times 480 \times (613 - 318) = 408327\ \text{Дж/кг}. \quad (2.45)$$

Работа политропического сжатия по корпусам

$$L_{пол1} := \sigma \cdot R \cdot (T_2 - T_1) = 2{,}87 \times 480 \times (423 - 318) = 145918\ \text{Дж/кг}; \quad (2.46)$$

$$L_{пол2} := \sigma \cdot R \cdot (T_к - T_2) = 2{,}87 \times 480 \times (613 - 423) = 262409\ \text{Дж/кг}. \quad (2.47)$$

Принимаем газодинамический КПД

$$\eta_h := 1.04\eta_{пол} = 1{,}04 \times 0{,}82 = 0{,}853. \quad (2.48)$$

Работа политропического сжатия по секциям

$$L_{пол1} := \sigma \cdot R \cdot (T_2 - T_1) = 2{,}87 \times 480 \times (370 - 318) = 72959 \text{ Дж/кг}; \quad (2.57)$$

$$L_{пол2} := \sigma \cdot R \cdot (T_к - T_2) = 2{,}87 \times 480 \times (422 - 370) = 72959 \text{ Дж/кг}. \quad (2.58)$$

Расчетная степень сжатия перовой секции также не может быть реализована одним колесом. Число рабочих колес в первой секции КНД

$$N_к = \frac{\ln(\varepsilon)}{\ln(\varepsilon_1)} = \frac{\ln(1.72)}{\ln(1.2)} = 2{,}97 = 3. \quad (2.59)$$

Определение мощности, потребляемой первой ступенью. Массовый секундный расход газа

$$m_{сек} := \frac{V_н}{v_н} = 2{,}13 / 0{,}2152 = 9{,}91 \text{ кг/с}. \quad (2.60)$$

Принимаем механический КПД ступени

$$\eta_{мех} = 0{,}95.$$

Тогда мощность, потребляемая первым рабочим колесом

$$N := \frac{m_{сек} L_{пол1}}{\eta_{мех}} = \frac{9{,}91 \times 24320}{0{,}95} = 254 \text{ кВт}. \quad (2.61)$$

Поскольку распределение давления сжатия по ступеням было выполнено с таким расчетом, чтобы работа сжатия была примерно одинакова для всех рабочих колес, то расчетная мощность всего компрессора из n = 10 колес составит

$$N_к = N\ n = 254 \times 10 = 2540 \text{ кВт} = 2{,}54 \text{ МВт}. \quad (2.62)$$

Для привода компрессора выбираем газовую турбину [5].

Аппарат состоит из цилиндрической обечайки 2 и двух эллиптических днищ 1. Внутри аппарата на двух опорных тарелках 8 расположен слой катализатора, который закрывается сверху решетками 6.

Верхнее днище является съемным и крепится к обечайке при помощи фланцевого соединения 11. Нижнее днище приваривается к обечайке.

Аппарат установлен на цилиндрической опоре 9, в которой предусмотрены отверстия для штуцеров выгрузки насадки, вывода метанола и доступа внутрь опоры для обслуживания колонны. Вверху опоры есть небольшое отверстие для выхода газов, скапливающихся под колонной.

Для обслуживания внутренних устройств колонны над опорными тарелками размещены два люк-лаза.

3.2 Выбор материала для изготовления аппарата

Для обечайки, подверженной действию температуры 460 °С, выбираем высоколегированную сталь 12Х18Н10Т, предназначенную для работы при температуре до 600 °С.

Определим допускаемые напряжения для стали 12Х18Н10Т. Для выбранного материала при 350 °С [5]

$$\sigma_B = 450 \text{ МПа}, \sigma_{B20} = 660 \text{ МПа},$$

$$\sigma_T = 180 \text{ МПа}, \sigma_{T20} = 250 \text{ МПа}$$

Определим номинальное допускаемое напряжение. Согласно [6, табл. 14.5] расчет для легированной стали при рабочей температуре менее 525 °С необходимо вести по формулам

$$\sigma^* = \min\left\{\frac{\sigma_B}{n_B}; \frac{\sigma_T}{n_T}\right\}, \quad (3.1)$$

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

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

Исполнительную толщину стенки s цилиндрической обечайки определяют по формуле

$$s = s_p + c\ , \tag{3.3}$$

где s_p – расчетная толщина стенки

$$s_p = \max\left(\frac{p_p D}{2\varphi[\sigma] - p_p}; \frac{p_и D}{2\varphi[\sigma]_и - p_и}\right), \tag{3.4}$$

где p_p и $p_и$ – расчетное давление в аппарате и давление при гидроиспытаниях соответственно, МПа;

D – внутренний диаметр обечайки;

φ – коэффициент прочности сварных швов стальных аппаратов, для автоматической сварки под слоем флюса φ = 1,0 [7, т. 1.7];

s_p – расчетная толщина стенки цилиндрической обечайки, мм;

c – прибавка к расчетной толщине, мм.

Расчетное давление в аппарате

$$p_p = p_т + p_г, \tag{3.5}$$

где $p_т$ – технологическое давление в аппарате, определяемое в технологическом расчете, $p_т$ = 5,0 МПа;

$p_г$ – гидростатическое давление столба жидкости в аппарате, $p_г$ = 0 МПа

$$p_p = 3,0 + 0,0 = 3,0 \text{ МПа}.$$

Давление при испытаниях

$$p_и = \max\begin{pmatrix}1,25p_т[\sigma]_{20}/[\sigma]\\ p_т + 0,3\end{pmatrix} = \max\begin{pmatrix}1,25 \times 3,0 \times 167/120\\ 3,0 + 0,300\end{pmatrix} = \max\begin{pmatrix}3,69\\ 3,30\end{pmatrix} = 3,69 \text{ МПа}$$

Соответствующая расчетная толщина стенки

$$s_p = \max\begin{pmatrix}\dfrac{3,00 \times 3800}{2 \times 1,0 \times 120 - 3,00}\\ \dfrac{3,69 \times 3800}{2 \times 1,0 \times 167 - 3,69}\end{pmatrix} = \max\begin{pmatrix}68,1\\ 65,5\end{pmatrix} = 68,1 \text{ мм}$$

Прибавка к расчетной толщине обечайки определяется по формуле

$$c = \Pi\tau + c_э, \tag{3.6}$$

где П – скорость коррозии, П = 0,05 мм/год [6];

τ - срок службы аппарата, принимаем τ = 15 лет;

$c_э$ – прибавка для компенсации эрозии, для среды в аппарате $c_э$ = 0 мм.

Расчетная толщина стенки

$$s_{эр} = \max\left(\begin{matrix}\frac{3{,}00 \times 3800}{2 \times 1{,}0 \times 120 - 0{,}5 \times 3{,}00} \\ \frac{3{,}69 \times 3800}{2 \times 1{,}0 \times 167 - 0{,}5 \times 3{,}69}\end{matrix}\right) = \max\begin{pmatrix}68{,}9 \\ 66{,}7\end{pmatrix} = 68{,}9 \text{ мм}$$

Толщина стенки эллиптического днища с учетом прибавки

$$s_э = 68{,}9 + 0{,}75 = 69.65 \text{ мм.}$$

Принимаем исполнительную толщину стенки днища

$$s_э = 70 \text{ мм}$$

Допускаемое давление в рабочем состоянии и при испытаниях

$$[p] = \frac{2\phi[\sigma](s_э - c)}{D + 0{,}5(s_э - c)} = \frac{2 \times 1{,}0 \times 120 \times (70 - 0{,}75)}{3200 + 0{,}5 \times (70 - 0{,}75)} = 5{,}12 \text{ МПа}$$

$$[p]_и = \frac{2\phi[\sigma]_и(s_э - c)}{D + 0{,}5(s_э - c)} = \frac{2 \times 1{,}0 \times 167 \times (70 - 0{,}75)}{3200 + 0{,}5 \times (70 - 0{,}75)} = 8{,}78 \text{ МПа}$$

3.5 Расчет фланцевых соединений

3.5.1 Штуцер ввода исходного газа

В зависимости от выбранного типа обтюрации определяются геометрические размеры поверхностей под уплотнения по справочным таблицам. Для уплотнения типа шип-паз ($D_у = D_{вх} = 500$, $P_у = 3{,}6$ МПа, $t = 350$ °С) размеры канавки и паза приведены в таблице [6, табл. 20.5]. Схема, поясняющая числовые значения, изображена на рисунке 3.4

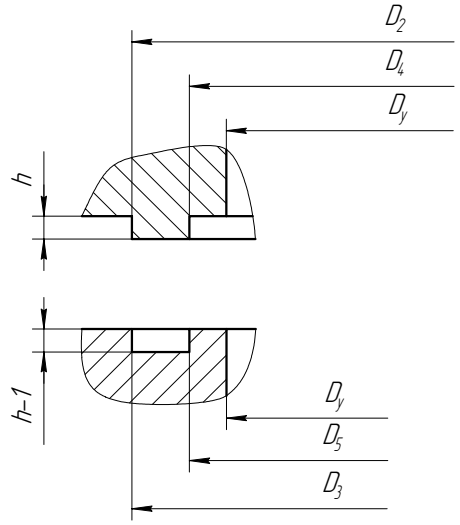

Рисунок 3.4 – Размеры уплотнения типа «шип-паз»

В рабочих условиях

$$P_{б2} := P_c + P_n + \frac{4M_и}{D_n} = 1.45 + 1.21 + \frac{4 \times 0}{0.549} = 2.66 \text{ МН} \qquad (3.13)$$

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

$$D_б = 620 \text{ мм}$$

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

$$d_б = 32 \text{ мм}$$

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

$$z = 20$$

Площадь поперечного сечения шпилек

$$F_б = \frac{\pi d_б^2}{4} = \frac{3{,}14 \times 32^2}{4} = 804 \text{ мм}^2 \qquad (3.14)$$

Принимаем материал шпилек - сталь 15ХМ с характеристиками при t = 350 °С [6]

$$[\sigma]_{б20} = 450 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_{бт} = 370 \text{ МПа}$$

Напряжение в шпильках при затяжке и в рабочих условиях соответственно

$$\sigma_{б1} = \frac{P_{б1}}{z\, F_б} = \frac{2{,}93}{20 \times 804 \times 10^{-6}} = 182 \text{ МПа} \qquad (3.15)$$

$$\sigma_{б2} = \frac{P_{б2}}{z\, F_б} = \frac{2{,}66}{20 \times 452 \times 10^{-6}} = 165 \text{ МПа} \qquad (3.16)$$

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

3.5.2 Соединение крышки с корпусом аппарата.

Определение геометрических размеров. Схема к расчету фланцевого соединения приведена на рисунке 4.5.

Для аппаратов с внутренним диаметром D = 3800 мм, нагруженных внутренним давлением p = 3,0 МПа, допускается использовать плоские приварные фланцы [4, т. 1.36]. Расчетная температура таких неизолированных фланцев и их болтов определяется следующим образом

$$D_{нп} = D_б - e, \quad (3.20)$$

где e – нормативный параметр, зависящий от типа прокладки, для плоских прокладок и $d_б = 48$ мм e = 80 мм. Тогда

$$D_{нп} = 4285 – 80 = 4205 \text{ мм}.$$

Средний диаметр прокладки

$$D_{сп} = D_{нп} – b, \quad (3.21)$$

где b – ширина прокладки, мм.

Для плоских металлических прокладок b = 15 мм [1, т. 1.42]. Значит

$$D_{сп} = 4205 – 15 = 4190 \text{ мм}.$$

Количество шпилек, необходимое для обеспечения герметичности соединения

$$n_б \geq \frac{\pi D_б}{t_ш}, \quad (3.22)$$

где $t_ш$ – рекомендуемый шаг расположения шпилек, для p = 5 МПа $t_ш \approx 4d_б = 4 \times 48 = 192$ мм [1. т. 1.43]. Соответственно

$$n_б \geq \frac{3{,}14 \times 4285}{192} = 68{,}1$$

Принимаем значение, кратное четырем $n_б = 68$ шт. Ориентировочная высота фланца

$$h_ф = \lambda_ф \sqrt{D s_{эк}}, \quad (3.23)$$

где $\lambda_ф$ – коэффициент, $\lambda_ф = 0{,}45$ [1, рис. 1.40]; $s_{эк}$ – эквивалентная толщина втулки, мм. Значение $s_{эк}$ определяется так

$$s_{эк} = s_0 \left(1 + \frac{h_в(\beta_1 – 1)}{h_в + 0{,}25\,(\beta_1 + 1)\sqrt{D s_0}}\right), \quad (3.24)$$

где β_1 – коэффициент, принимаемый в зависимости от отношения D/s, в данном случае D/s = 3200/80 = 40, тогда $\beta_1 = 1{,}5$ [1, рис. 1.39]. Соответственно

$$s_{эк} = 80 \left(1 + \frac{180 \times (1{,}5 – 1)}{180 + 0{,}25 \times (1{,}5 + 1)\sqrt{3800 \times 70}}\right) = 82{,}2 \text{ мм}$$

Тогда

$$h_ф = 0{,}45 \times \sqrt{3800 \times 82{,}2} = 230.8 \text{ мм}$$

Принимаем $h_ф = 230$ мм.

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 (корпуса)

$$D_p = D = 3800 \text{ мм}.$$

Расчетный диаметр штуцера

$$d_p = d + 2c_ш = 250 + 2 \times 0{,}75 = 501{,}5 \text{ мм} \quad (3.26)$$

Наружная и внутренние длины штуцера, участвующие в укреплении

$$l_{1p} = \min\left(\frac{l_1}{\sqrt{(d + (s_ш - s_{шр}))(s_ш - s_{шр})}}\right) = \quad (3.27)$$

$$= \min\left(\frac{800}{\sqrt{(500 + (20 - 18{,}8))(20 - 18{,}8)}}\right) = \min\begin{pmatrix}800\\45\end{pmatrix} = 45 \text{ мм}$$

$$l_{2p} = \min\left(\frac{l_2}{\sqrt{(d + s_{шр})(s_ш - s_{шр})}}\right) = \quad (3.28)$$

$$= \min\left(\frac{50}{\sqrt{(500 + 18.8)(20 - 18{,}8)}}\right) = \min\begin{pmatrix}50\\41\end{pmatrix} = 41 \text{ мм}$$

Диаметр отверстия, не требующего укрепления

$$d_{0p} = 0{,}4\sqrt{D_p(s - c)} = 0{,}4\sqrt{3800 \times (20 - 0{,}75)} = 101 \text{ мм} \quad (3.29)$$

Длина образующей обечайки в зоне укрепления

$$L_0 = \sqrt{D_p(s - c)} = \sqrt{3800 \times (70 - 0{,}75)} = 473 \text{ мм} \quad (3.30)$$

Площадь штуцера, участвующая в укреплении

$$A_2 = s_ш l_1 = 35 \times 40 = 1400 \text{ мм}$$

Значения площадей

$$A_{1н} = (l_{1p} + s_p - c)(s_ш - s_{шр} - c_ш) = (45 + 69 - 0{,}75) \times (20 - 18.8 - 0{,}75) = 50.9 \text{ мм}^2$$

$$A_{1в} = l_{2p}(s_ш - s_{шр}) = 41 \times (20 - 18{,}8) = 49.2 \text{ мм}^2$$

$$A_0 = L_0(s - s_p - c) = 473 \times (70 - 68 - 0{,}75) = 591 \text{ мм}^2$$

$$A = 0{,}5\,(d_ш - d_{0p})\, s_{шр} = 0{,}5 \times (500 - 101) \times 18{,}8 = 2001 \text{мм}^2$$

Общая площадь, участвующая в укреплении

$$\Sigma A = (A_{1н} + A_{1в})\chi_1 + A_2\chi_2 + A_0 = (50.9 + 49.2) \times 1 + 1400 \times 1 + 591 = 2091 \text{ мм}^2$$

Условие укрепления

$$2001 \geq 2091$$

Условие укрепления выполняется.

с максимальным подъёмом 3% и скоростью υ=2,6 км/ч; для буксировки прицепа с аппаратом – трактор марки Т-140 мощностью двигателя N = 103 кВт и скоростью υ=2…20,5 км/ч [8].

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;

$G_п$ = 14 т – масса выбранного для транспортирования оборудования прицепа;

G_0 = 45 т – масса транспортируемого блока оборудования;

$f_п$ = 0,05 – удельное сопротивление движению прицепа;

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

$$F = 10 \cdot 25 \cdot 0{,}075 + 10 \cdot (14 + 45) \cdot 0{,}05 + 10 \cdot (25 + 14 + 45) \cdot 0{,}03 = 68 \text{ кН}$$

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

$$F_т = 1{,}5F.$$

$$F_т = 1{,}5 \times 68 = 102 \text{ кН}.$$

По $F_т$ подбираем тягач – трактор марки Т-100 с тяговым усилием 120 кН. Определяем силу тяги подобранного тягача по мощности двигателя на гусеницах трактора:

$$F_д = \frac{3{,}67 \cdot N \cdot \eta}{\upsilon},$$

где η = 0,8 – КПД двигателя и силовой передачи трактора;

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

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

установлены гайки и шайбы, а их нарезанные части защищены от коррозии и предохранены от повреждений [8].

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

4.4 Выбор способа монтажа

Выбираем монтаж одним краном с отрывом от земли [8]. Схема монтажа показана на рисунке 4.1.

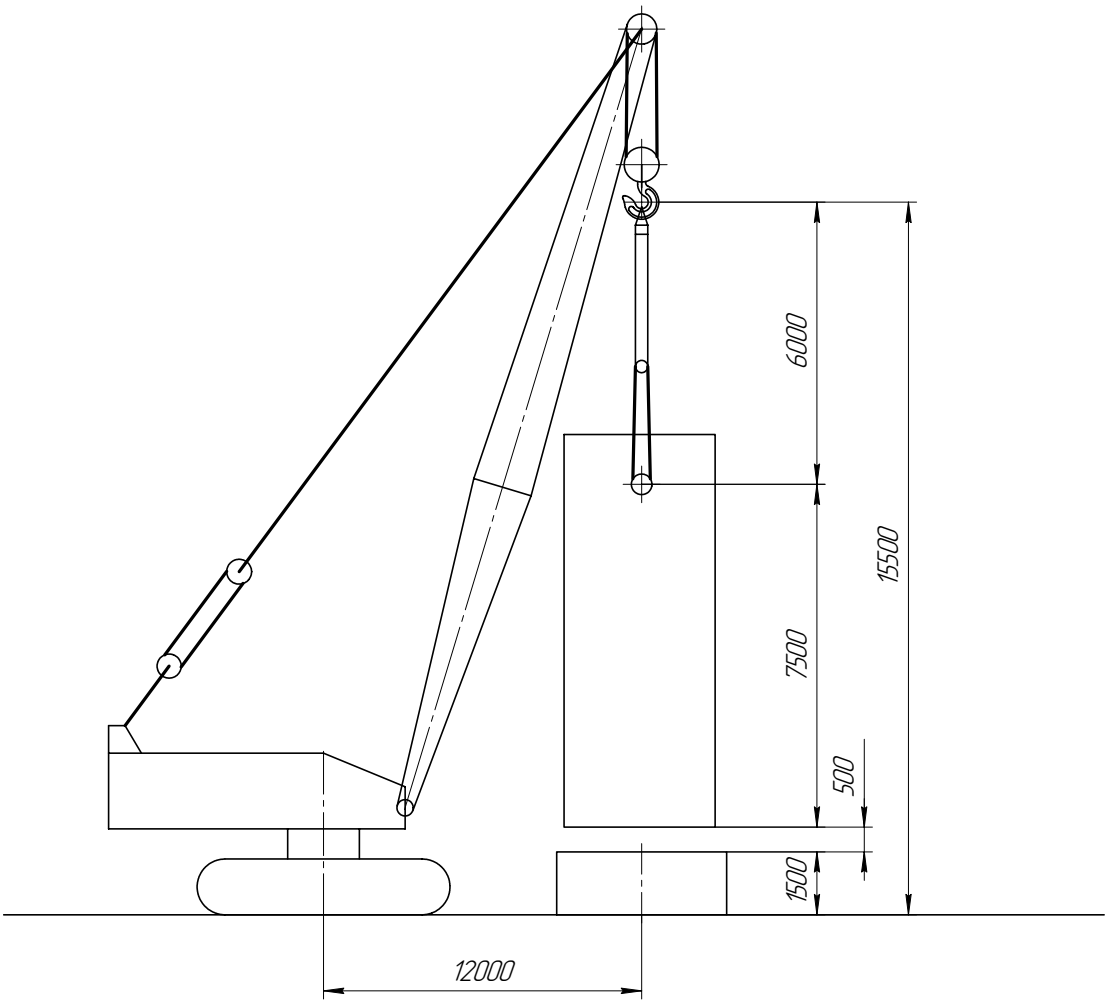

Рисунок 4.1 – Схема монтажа реактора

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

4.5.2 Выбор и расчёт траверсы

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

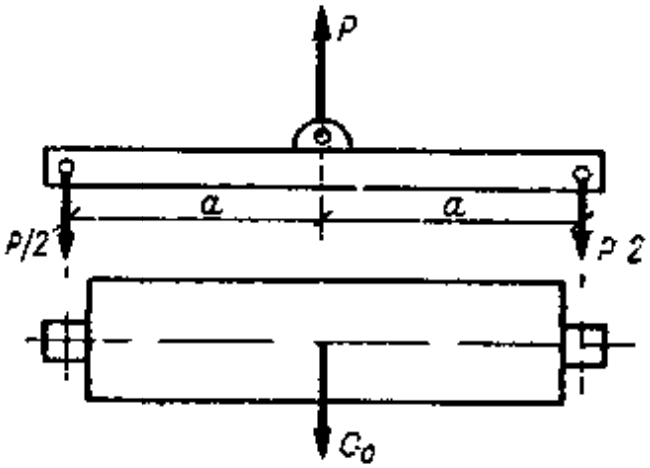

Рисунок 4.2 – Расчётная схема траверсы, работающей на изгиб

Масса траверсы незначительна по сравнению с массой поднимаемого груза, поэтому в расчётах её можно не учитывать.

Определяем нагрузку, действующую на траверсу по формуле:

$$P = 10 \cdot G_0 \cdot к_п \cdot к_д$$

$$P = 10 \cdot 45 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}1 = 470 \text{ кН}.$$

Определяем изгибающий момент в траверсе по формуле:

$$M = \frac{P \cdot a}{2},$$

где $a = \frac{B}{2} + 0{,}12 = \frac{3}{2} + 0{,}12 = 1{,}62$ м – длина плеча траверсы.

$$M = \frac{470 \cdot 1{,}62}{2} = 298 \text{ кН·м}$$

Вычисляем требуемый момент сопротивления по формуле:

$$W = \frac{196 \cdot 10^3}{0{,}85 \cdot 210 \cdot 10^6} = 1.10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

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 Р (рекомендуется $\leq 30^0$).

$$S = \frac{149}{2 \cdot 7 \cdot 0{,}97} = 14 \text{ кН}.$$

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

$$R_н = S \cdot к_з,$$

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

$$R_н = 14 \cdot 5 = 70 \text{ кН}.$$

Выбираем для канатного витого стропа стальной канат типа ЛК-РО. Расчётный диаметр поперечного сечения ветви стропа определяется по формуле:

$$d_c = 3 \cdot d,$$

где d = 0,0115 м – выбранный диаметр каната для витков стропа.

$$d_c = 3 \cdot 0{,}0115 = 0{,}0345 \text{ м}.$$

Минимальный диаметр захватного устройства определяется по формуле:

$$D_c = к_c \cdot d_c,$$

где $к_c = 4$ – коэффициент соотношения диаметров захватного устройства цилиндрической формы и поперечного сечения ветви стропа ($к_c \geq 4$).

$$D_c = 0{,}0345 \cdot 4 = 0{,}138 \text{ м}.$$

4.6 Выверка и испытание оборудования

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

нения оборудования от горизонтали (вертикали) более чем на 3 мм на 1 м. После завершения выверки плотности прилегания регулировочных винтов к опорным пластинам проверяют щупом толщиной 0,1 мм, а положение фиксируют контргайками.

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

При заполнении сосуда водой воздух должен быть удалён полностью. Для гидравлических испытаний применяется вода не ниже с температурой 5^0С и не выше 40^0С. Давление следует повышать плавно. Давление контролируется манометрами [8].

Сосуд считается выдержавшим гидравлическое испытание, если не обнаружено течи, трещин, потения в сварных швах и на оси металла, течи в разъёмных соединениях, видимых остаточных деформаций, а также падения давления по манометру.

4.7 Технические условия на эксплуатацию и ремонт аппарата

4.7.1 Организация производственной эксплуатации оборудования

Техническая эксплуатация оборудования – это совокупность всех фаз существования и использования оборудования с момента взятия его на балансовый учет до списания, включая периоды хранения, транспортирования потребителям, использования по назначению и проведения всех видов технического обслуживания и ремонта. Производственная эксплуатация – это одна из фаз технической эксплуатации, заключающаяся в использовании оборудования по назначению.

тором 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.

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 должны проводиться в полном соответствии с требованиями, изложенными в инструкциях и правилах, а также в других руководящих документах, относящихся к ремонту сложного оборудования и действующих на предприятии, в частности: а) по технике безопасности, промышленной санитарии и пожарной безопасности цеха, в котором проводятся работы; б) по организации и ведению работ в газоопасных местах и порядку оформления разрешений на право выполнения этих работ на предприятии; в) о порядке проведения огневых работ; г) о порядке работы сторонних цехов и служб предприятия в технологических цехах.

Оборудование останавливают на ремонт в соответствии с действующей инструкцией по эксплуатации (пуску, обслуживанию и остановке) этого оборудования.

При подготовке оборудования к ремонту необходимо выполнить следующие работы: а) отключить электроэнергию, снять напряжение на сборках и щитах, отсоединить ремонтируемый объект от всех подходящих к объекту и отходящих от него коммуникаций с помощью заглушек; б) освободить оборудование и коммуникации от остатков технологических материалов, грязи и шлама с соответствующей уборкой от них помещения, освободить оборудование от вредных, ядовитых и горючих газов и продуктов (промыть, пропарить, продуть и проветрить); в) очистить приямки, каналы, лотки, промыть канализационные трубопроводы, очистить оборудование от осадка, накипи и твердых отложений; г) проверить содер-

новлено 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.

При нормальном протекании гидрирования необходимо поддерживать постоянном температуру газа, выходящего из печи; она составляет Т = 400 °С, этого можно достигнуть, контролируя расход топлива на форсунки печи.

Расход подогреваемого природного газа смеси не является параметром контроля и регулирования так как газ поступает в печь с другой установки (с компрессора).

Температура и расход исходной природного газа и расход топлива фиксируются приборами для последующего анализа в случае возникновения сбоев в работе установки.

Температура пара на выходе из пароперегревателя определяет задачу для регулировки расхода воды в пароперегреватель.

Температура газа на выходе из печи определяет задачу для блока регулировки расхода топлива, направляемого в печь. Цель регулирования – поддержание температуры смеси на выходе из печи в строго заданных пределах для обеспечения возможно большей эффективности процесса гидрирования.

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 природного газа выбрана камерная диафрагма ДК40-150, 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 ПН2-У2.

Датчиком для измерения расхода топлива (природный газ) выбрана камерная диафрагма ДК6-150, 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 регистри-

Контроль содержания сернистых соединений после реактора гидрирования осуществляется с помощью газоанализатора КОЛИОН-Ф4, установленном на трубопроводе. Электрический сигнал с ионизационного детектора поступает на преобразователь, поставляемый в комплекте с датчиком. Выходной пневматический сигнал воспринимается прибором ПВ2.2.

Использованные приборы являются унифицированными, что позволяет легко заменить их в случае необходимости. Все использованные приборы занесены в спецификацию (таблица. 5.1).

Продолжение таблицы 5.1.

1	2	3	4	5	6	7
2-3			Щит преобразователей	Электропневматический преобразователь с выходным сигналом 0,02 – 0,1 МПа	ЭПП – 63	«Энергоприбор» г. Москва
4-1	Температура пара	120 °С		см. пункт 2-1		
4-2				см. пункт 2-2		
4-3				см. пункт 2-3		
5-1	Температура в камере радиации	600 °С		см. пункт 2-1		

Продолжение таблицы 5.1.

1	2	3	4	5	6	7
1-1	Расход топлива	1671 м3/ч	На трубопроводе	Диафрагма камерная, условное давление 4,0 МПа	ДК40 – 150	«Монометр», г. Москва
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			Щит оператора	Вторичный прибор, показывающий, регистрирующий со станцией управления, расход воздуха 420 л/ч	ПВ 10.1Э	«Тизприбор» г. Москва
1-4			Щит оператора	Регулятор системы «СТАРТ», объемный расход воздуха 12 л/мин	ПР 3.26	Завод приборов г. Усткаменогорск
1-5			На трубопроводе	Обратный клапан Ру4,0 Dy200	П30-К	Завод приборов г. Усткаменогорск

Продолжение таблицы 5.1.

1	2	3	4	5	6	7
7-3			Щит оператора	Многоточечный потенциометр, количество точек измерения до 6	КСП4	«Электроавтоматика» г. Йошкар - Ола
6-1	Концентрация сернистых соединений после реактора	0,147 г/м^3	На трубопроводе	Анализатор в комплекте поставки: ионизационный датчик, преобразователь в пневматический выходной сигнал с дистанционной передачей 0,02–0,1 МПа	КОЛИОН-Ф4	«KOSTIP» Ltd
6-2				см. пункт 1.3		
6-3			Щит оператора	Сигнальная лампа		

Скорость ветра (V) по средним многолетним данным, повторяемость превышения которой составляет 5 %, равна 8-9 м/с. Господствующее направление ветра - восточное, составляет 26%.

Для эффективности реализации результатов проектирования необходимо выполнение следующих требований:

- СНиП 11-89-80*. Генеральные планы промышленных предприятий.
- СНиП 2.01.01-99. Строительная климатология.
- СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
- СНиП 2.01.15-90. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов.
- СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
- СНиП 2.2.4/2.1.8562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
- законов Российской Федерации: а) «Об экологической экспертизе». б) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». в) «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»

6.1 Анализ опасных и вредных факторов производства

При нештатных ситуациях на персонал могут воздействовать:

- природный газ (пожаровзрываоопасная среда);
- пар давлением 2,9 : 1,4 : 0,4 МПа температурой до 350°С, способные вызывать ожоги незащищенных участков тела;
- повышенный уровень шума, что приводит к увеличению кровяного давления, учащению пульса, дыхания, снижению остроты слуха, ослабления внимания, снижению работоспособности, некоторым нарушения координации движения;
- высокое напряжение 6000, 380, для электрического освещения – 220В, способные вызвать поражение электрическим током.

Из всех углеводородных газов метан содержит максимум водорода на один атом углерода и обладает высокой теплотворностью, достаточно широкими пре-

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

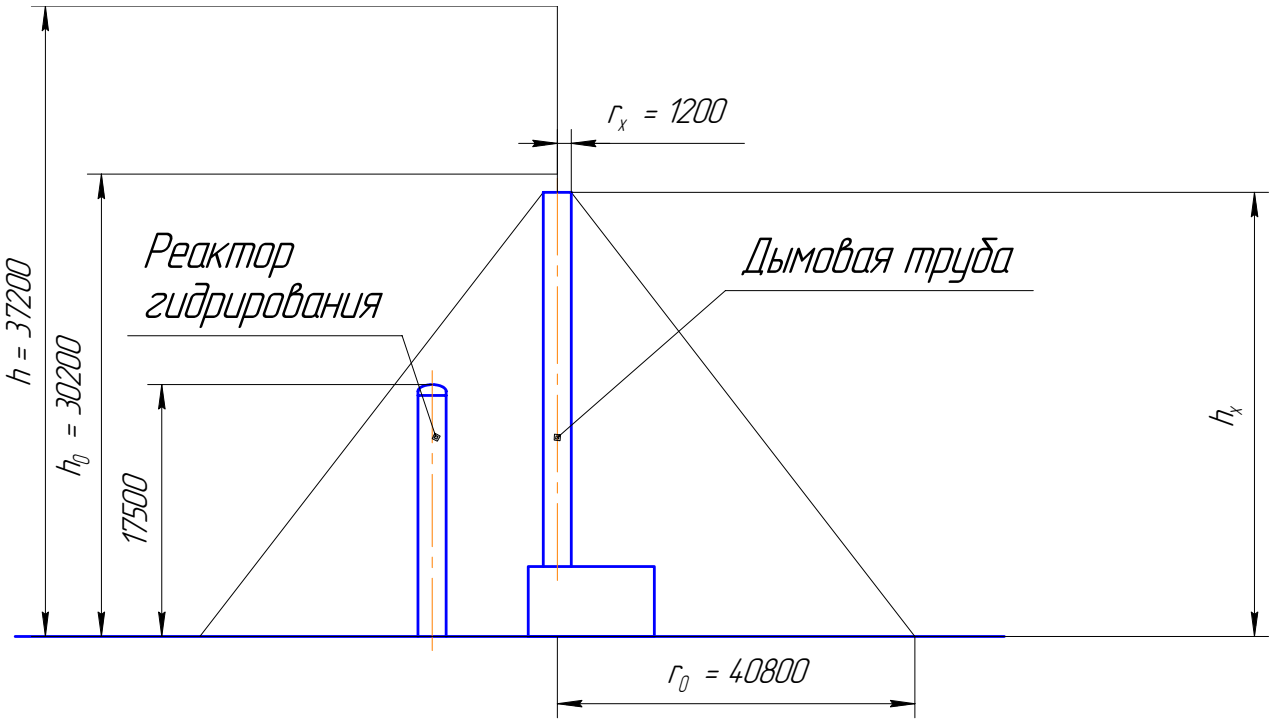

Рисунок 6.1 Схема к расчёту молниеотвода

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 собой круг радиусом r_x.

Высоту одиночного стержневого молниеотвода определяют по формуле

$$h = \frac{r_x + 1{,}63h_x}{1{,}5}$$

где r_x = 1,2 м – наружный диаметр аппарата; h_x = 23 м – общая высота аппарата.

$$h = \frac{1{,}2 + 1{,}63\times 23}{1{,}5} = 37{,}2 \text{ м}$$

Высота зоны защиты над землёй составит

$$h_o = 0{,}85h = 0{,}85\times 27{,}2 = 30{,}2 \text{ м}$$

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

Тогда

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

Выбираем ближайшее целое число – 2, то есть заземляющее устройство состоит из двух электродов длинной 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:

1. Защита населения от оружия массового поражения и других средств нападения. Осуществляется проведением комплекса защитных мероприятий. "г

2. Повышение устойчивости работы объектов и отраслей народного хозяйства в условиях военного времени. Достигается заранее проведёнными мероприятиями (организационные, инженерно-технические и др.).

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 определяет-

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 производства.

7.2 Себестоимость продукции

Для расчета себестоимости производства использованы данные практики и проектных расчетов. Определяется полная себестоимость продукции, предназначенной к реализации. Для выявления резервов снижения себестоимости в дипломном проекте 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 расходов в зависимости от места их возникновения. Такую возможность дает

7.4 Организация труда и расчет заработной платы.

Расчет штатов и фонда заработной платы произведен отдельно по:

- рабочим основного производства;
- 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:

$$Фзпг = Тс \cdot Чр \cdot Фгвр$$

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

$$Фзпо=Фзпг+П+Он+Оп$$

Данные сведены в таблицу 7.1 и таблицу 7.2.

Таблица 7.1 – Разработочная таблица для расчета штата

Аналогично для ИТР (см. таблицу 7.2).

Таблица 7.2 – Разработочная таблица для расчета штата ИТР

дов 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 104609714 руб., а у аналогичного производства 102622130 руб.

7.5 Прибыль

Различают балансовую (валовую) и чистую (остаточную). Балансовая прибыль определяется по формуле:

$$П = В – С$$

где В – выручка от реализации продукции (работ, услуг);

С – затраты на производство и реализацию продукции (работ, услуг);

Чистая прибыль определяется путем вычитания из балансовой прибыли налогов, отчислений, штрафов, и других первоочередных платежей.

Прибыль определяется по проектируемому цеху как разница между выручкой от реализации и себестоимостью годового выпуска:

$$В = 5280{,}00 \times 114500 = 604\ 560\ 000{,}00 \text{ руб.}$$

$$С = 4414{,}80 \times 114500 = 505\ 494\ 600{,}00 \text{ руб.}$$

$$П = 604\ 560\ 000{,}00 – 505\ 494\ 600{,}00 = 99\ 065\ 400{,}00 \text{ руб.}$$

7.6 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.

К – капитальные вложения.

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

$$СО = \frac{4\ 795\ 549{,}45}{1\ 987\ 584{,}58} = 2.413 \text{ г.}$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 7.4.

Таблица 7.6 – Сводная таблица экономических показателей

7.8 Построение графика

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. Удельные переменные издержки

$$ПИ_У = ПИ / ОП = 261\ 112\ 700{,}11 / 114500 = 2280{,}5$$

Постоянными (точнее условно-постоянными) называются расходы, общая сумма которых на годовой выпуск продукции не изменяется, тогда как в себестоимости единицы продукции они изменяются в обратной зависимости от изменения объема производства. К этим расходам относят все накладные расходы (не обусловленные технологическим процессом производства), расходы на подготовку и освоение производства, заработная плата с начислениями основных рабочих-повременщиков. Они равны 67 215 462,60 руб.

Заключение

В данном дипломном проекте был спроектирован реактор сероочистки природного газа, работающий в составе установки конверсии природного газа.

В разделе, посвященном обзору и анализу состояния вопроса, выполнен краткий анализ существующих схем конверсии природного газа и приведены конструкции типовых конверторов, используемых на производстве. На основании анализа выбрана технологическая схема и аппарат, в котором выполняется реакция гидрирования.

Технологический раздел посвящен детальному описанию выбранной схемы производства и проектируемого аппарата. Раздел содержит технологические расчеты по конвертору 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 отверстия, расчета на ветровую нагрузку.

Специальный раздел описывает выбранную технологию изготовления и необходимые расчеты для составления технологической, операционной и маршрутной карт.

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 реактора гидрирования сернистых соединений.

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

Спроектированный реактор гидрирования блока сероочистки удовлетворяет техническому заданию и может быть использован в установке конверсии природного газа.

13. Сборник законодательных и других нормативных правовых актов по охране труда./Под ред. В.С. Шевцова. – Пятигорск: «Спецпечать», 2002.

14. Кукин П.П., Лапин В.Л., Пономарев Н.Л. Безопасность технологических процессов производств (Охрана труда). – М.: Высш. шк., 2001. – 319 с.

15. 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.