

Аннотация

В дипломном проекте рассчитывается конвертор оксида углерода (II) первой ступени, 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 –

4.4	Выбор способа монтажа	57
4.5	Расчет стропов	58
4.6	Расчет монтажных шурупов	59
4.7	Расчет траверсы	60
4.8	Расчет полиспаста и выбор лебедки	62
4.9	Расчет задних вант	64
4.10	Расчет передних вант	65
4.11	Расчет тормозной оттяжки	67
4.12	Выверка и испытание оборудования	67
4.13	Технические условия на эксплуатацию и ремонт аппарата	69
5	Автоматизация оборудования	74
5.1	Выбор и обоснование параметров контроля и управления	74
5.2	Выбор и обоснование технических средств и систем автоматизации	74
6	Безопасность и экологичность проекта	80
6.1	Анализ опасных и вредных факторов производства	81
6.2	Мероприятия по предотвращению воздействия опасных и вредных факторов	82
6.3	Защита персонала и территории в чрезвычайных ситуациях	84
7	Организационно-экономический раздел	86
7.1	Технико-экономическая характеристика	86
7.2	Себестоимость продукции	86
7.3	Обоснование производственной мощности	87
7.4	Организация труда и расчет заработной платы	88
7.5	Прибыль	90
7.6	Расчет эффективности использования основных средств	90
7.7	Сводные показатели эффективности проектного решения	91
7.8	Построение графика	92
7.9	Заключение об экономической эффективности	93
	Заключение	94
	Список использованных источников	95

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 СО водяным паром.

Тема дипломного проекта посвящена проектированию реактора конверсии СО первой ступени, работающей в составе установки конверсии природного газа.

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

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% CO₂, 45–48% CO, 40–45% H₂, а также определенные количества метана, азота и аргона, проходит конверсию CO и очистку от CO₂. Процесс протекает под давлением, которое может достигать 15 МПа. Агрегаты имеют производительность 30 тыс. м³/ч (H₂ + 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-

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

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	$(\text{H}_2 + \text{CO}) : (\text{CH}_4 + \text{CO}_2)$	5,5–10,0
Аммиак	$(\text{H}_2 + \text{CO}) : \text{N}_2$	3,05–3,10
Метанол	$(\text{H}_2 + \text{CO}) : (\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})$	2,0–2,2
Высшие спирты	$\text{H}_2 : \text{CO}$	0,7–1,0

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

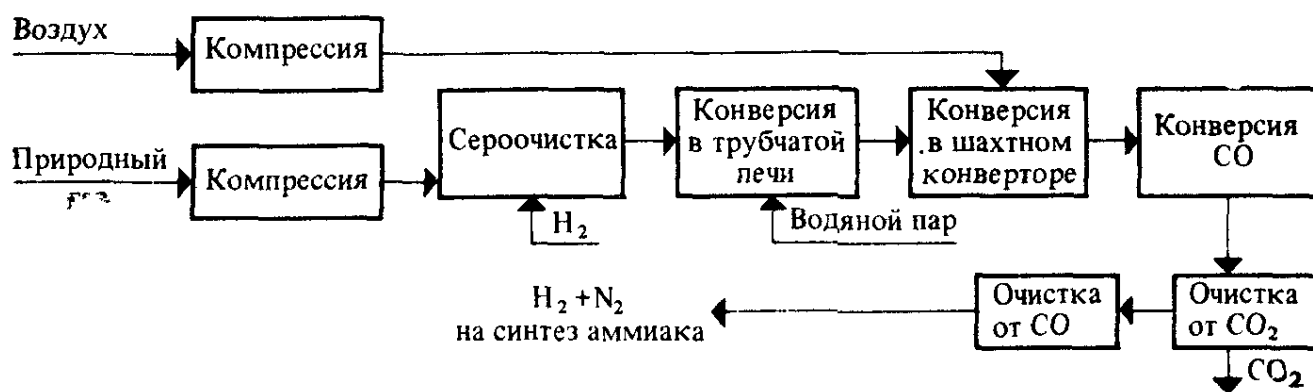


Рисунок 1.1 – Функциональная схема получения технологического газа для синтеза аммиака

ляет 180–200 °С. Снижение температуры ниже точки росы вызывает конденсацию влаги на катализаторе, что нежелательно.

Реакция конверсии СО сопровождается значительным выделением теплоты, что обусловило проведение процесса в две стадии при разных температурных режимах на каждой. На первой стадии высокой температурой обеспечивается высокая скорость конверсии большого количества оксида углерода; на второй стадии при пониженной температуре достигается высокая степень конверсии оставшегося СО. Теплота экзотермической реакции используется для получения пара. Таким образом, нужная степень конверсии достигается при одновременном сокращении расхода пара.

1.3 Катализаторы конверсии СО

Температурный режим на каждой стадии конверсии определяется свойствами применяемых катализаторов. На первой стадии используется железохромовый катализатор, который выпускается в таблетированном и формованном видах. В промышленности широко применяется среднетемпературный железохромовый катализатор.

Для железохромового катализатора ядами являются сернистые соединения: сероводород реагирует с Fe_3O_4 , образуя сульфид железа FeS . Органические сернистые соединения в присутствии железохромового катализатора взаимодействуют с водяным паром с образованием сероводорода. Помимо сернистых соединений отравляющее действие на железохромовый катализатор оказывают соединения фосфора, бора, кремния, хлора.

Низкотемпературные катализаторы содержат в своем составе соединения меди, цинка, алюминия, иногда хрома. Известны двух-, трех-, четырех- и многокомпонентные катализаторы. В качестве добавок к указанным выше компонентам применяются соединения магния, титана, палладия, марганца, кобальта и др. Содержание меди в катализаторах колеблется от 20 до 50% (в пересчете на оксид).

Наличие в низкотемпературных катализаторах соединений алюминия повышает их стабильность, делает более устойчивыми к повышению температуры.

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

Двухступенчатая паровая и паровоздушная каталитическая конверсия углеводородных газов и оксида углерода под давлением является первой стадией энерготехнологической схемы производства аммиака. Теплота химических процессов стадий конверсии CH_4 , CO , метанирования и синтеза аммиака используется для нагрева воды высокого давления и получения перегретого пара давлением 10,5 МПа. Этот пар, поступая в паровые турбины, приводит в движение компрессоры и насосы производства аммиака, а также служит для технологических целей.

1.5 Описание конструкций проектируемого оборудования

Конвертор CO представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат, работающий под давлением 2,5 – 5,0 МПа. Аппарат бывает двух основных конструкций – аксиальный и радиальный.

Конструкция конвертора оксида углерода радиального типа показана на рисунке 1.2.

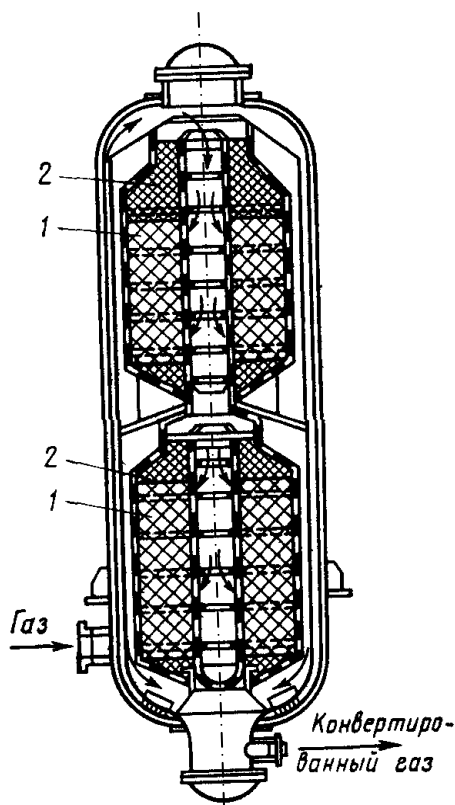


Рисунок 1.2 – Радиальный конвертор оксида углерода:

1 – основные слои катализатора; 2 – запасные слои катализатора

В радиальных реакторах катализатор располагают в корзинах, образованных коаксиально расположенными центральной трубой и наружной обечайкой, рабо-

Для установок производительностью 1360 т/сут используется другой конвертор, показанный на рисунке 1.4.

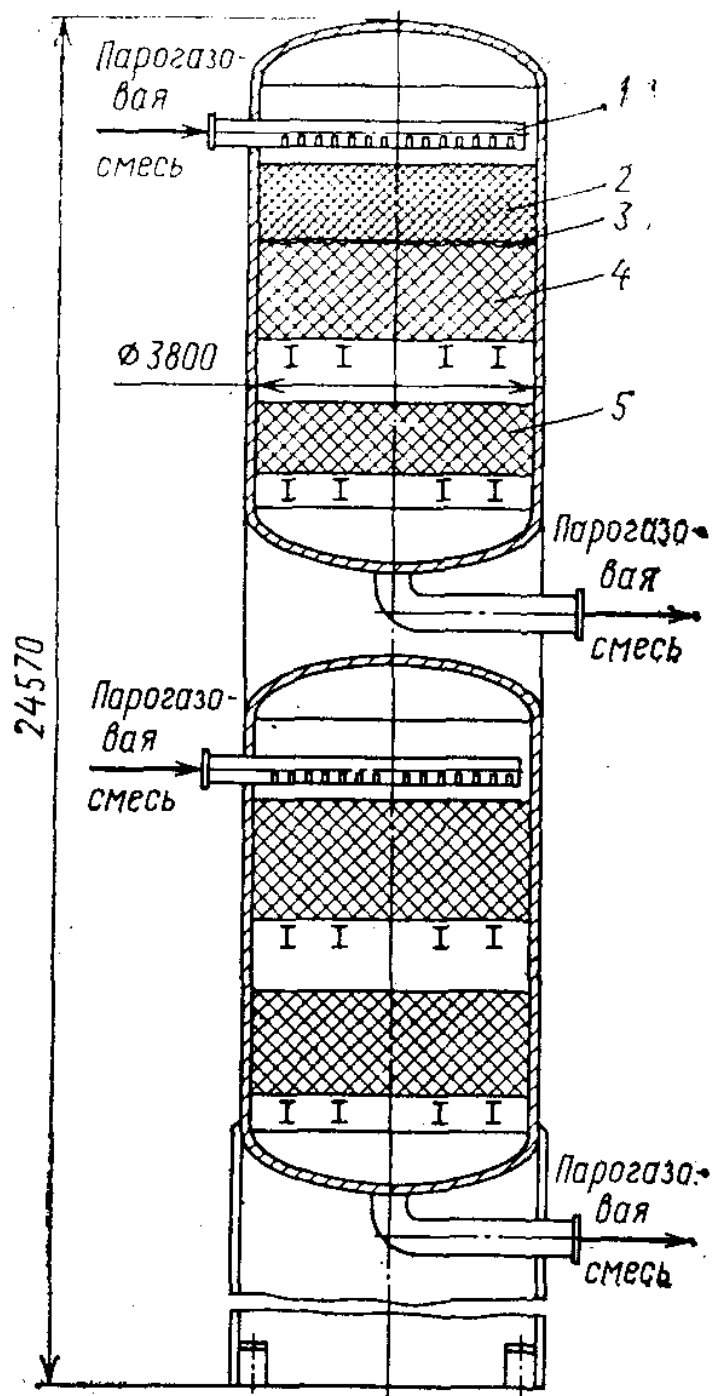


Рисунок 1.4 – Конвертор оксида углерода, работающий под давлением 3,0 МПа:

1 – распределительное устройство; 2 – поглотитель; 3 – сетка; 4, 5 – катализатор.

В конструкции этого реактора предусмотрено две катализаторные корзины, которые последовательно проходит конвертированный газ.

	N			

ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ

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.

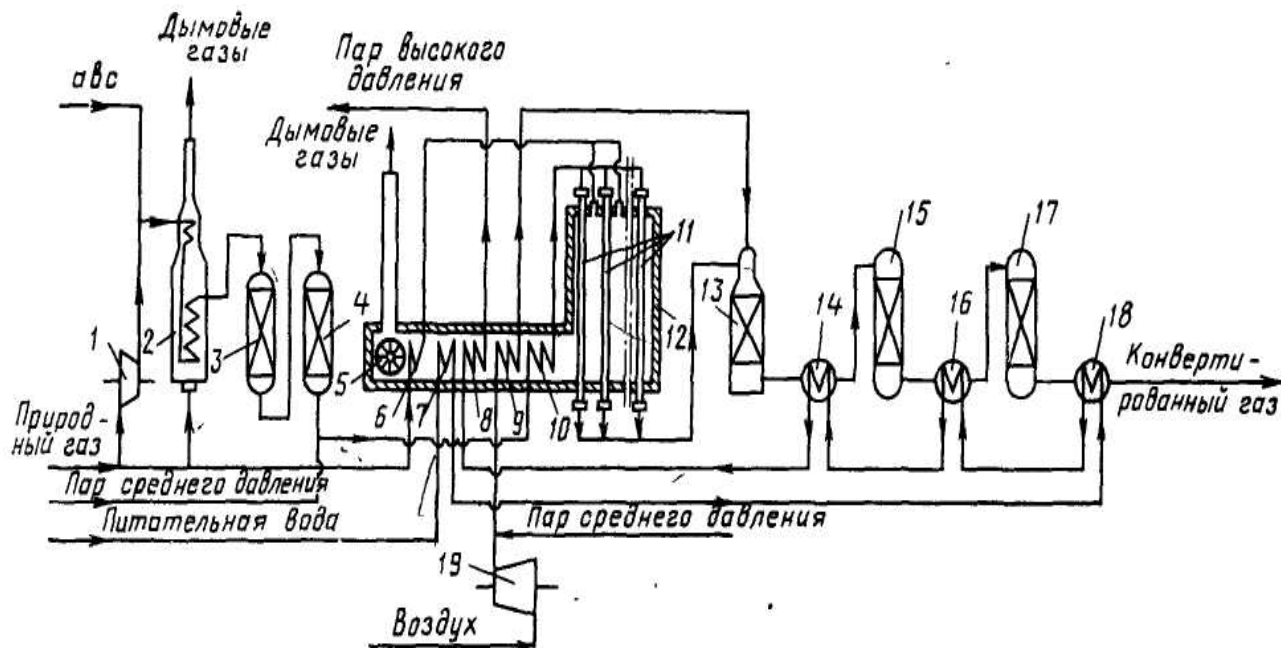


Рисунок 2.1 – Технологическая схема двухступенчатой конверсии природного газа:

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 (%) : Н₂ – 61,7; СО – 0,5; СО₂ – 17,4; N₂ + Ar – 20,1; СН₄ – 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

Проектируемый аппарат показан на рисунке 2.2.

Газ, подлежащий конверсии, подается в верхнюю секцию 1 через штуцер 10 и проходит слой катализатора, где происходит частичная конверсия СО. Реакция идет с выделением тепла, поэтому для контроля температуры в секции установлены две термодпары .

Поскольку при повышении температуры ухудшаются условия использования катализатора, газ после верхней секции через штуцер 11 выводится из конвертора и направляется в выносной теплообменник, где охлаждается и снова подается в аппарат через штуцер 12 во вторую секцию.

После второй секции конвертированный газ выводится через штуцер 13 и направляется далее по технологической схеме.

2.2 Технологический расчет

2.2.1 Исходные данные

В соответствии с выбранной технологической схемой, объемный расход сухого газа, поступающего в реактор конверсии СО первой ступени, равен (Р = 0.1013 МПа, Т = 273 К)

$$V_{\text{ср}} = 230\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$$

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

Рабочие параметры: давление $P = 3.0$ МПа, температура $t = 420$ °С.

Объемный состав газа показан в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Объемный состав сухого газа

Компонент	Объемная доля, %
CO	12,36
CO ₂	7,88
H ₂	57,13
N ₂	22,00
Ar	0,28
CH ₄	0,35

Схема к технологическому расчету показана на рисунке 2.2.

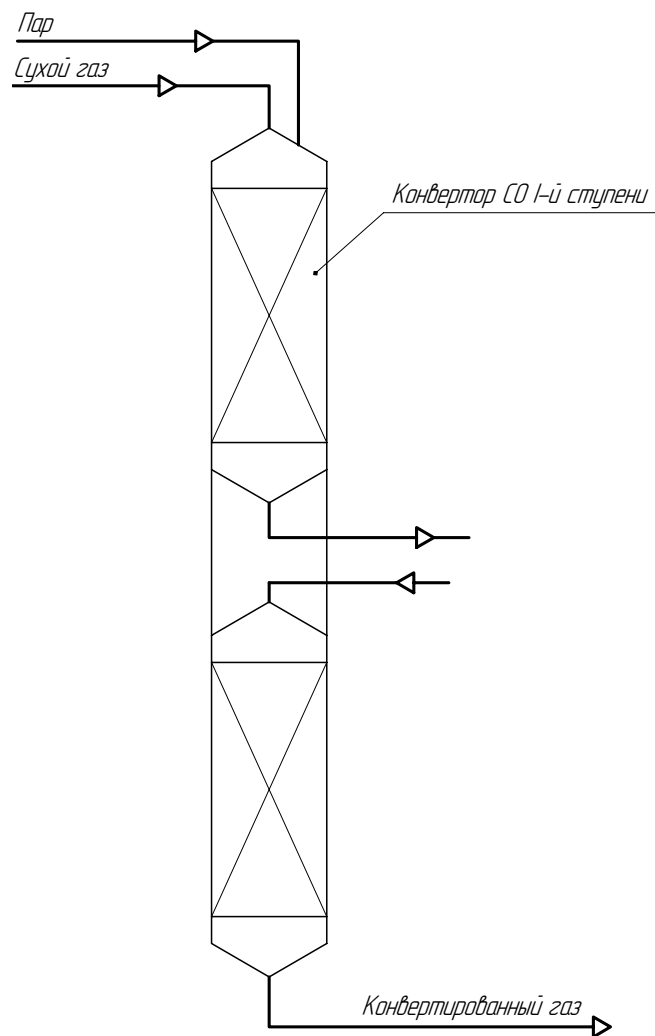


Рисунок 2.3 – Схема к технологическому расчету конвертора CO I ступени

Объемная доля каждого компонента

$$X_i' = V_i / V_{\text{мг}}$$

$$X_{\text{CO}_2}' = 18124 / 378209 = 0,0479$$

$$X_{\text{CO}}' = 28428 / 378209 = 0,0752$$

$$X_{\text{H}_2}' = 131399 / 378209 = 0,3474$$

$$X_{\text{CH}_4}' = 805 / 378209 = 0,0021$$

$$X_{\text{N}_2}' = 50600 / 378209 = 0,1338$$

$$X_{\text{Ar}}' = 644 / 378209 = 0,0017$$

$$X_{\text{H}_2\text{O}}' = 148209 / 378209 = 0,3919$$

Константа равновесия реакции конверсии оксида углерода зависит от количества x прореагировавшего CO:

$$K = \frac{(X_{\text{CO}_2} + x)(X_{\text{H}_2} + x)}{(X_{\text{CO}} - x)(X_{\text{H}_2\text{O}} - x)} = \frac{(0,0788 + x)(0,5713 + x)}{(12,36 - x)(0,3919 - x)}$$

Принимаем температуру конверсии 440 °С, тогда согласно справочным данным [3], константа равновесия указанной реакции

$$K = 8,2$$

Итого получаем уравнение для определения количества прореагировавшего CO:

$$\frac{(0,0788 + x)(0,5713 + x)}{(12,36 - x)(0,4444 - x)} = 8,2$$

Решая это уравнение относительно x , получаем

$$x = 0,8050$$

Тогда объемное количество прореагировавшего CO будет

$$V_{\text{CO}_p} = V_{\text{CO}} \times x = 28428 \times 0,8050 = 22884 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Соответственно количества компонентов после конвертора

$$V_{\text{CO}_2}'' = V_{\text{CO}} + V_{\text{CO}_p} = 18124 + 22884 = 41009 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$V_{\text{CO}}'' = V_{\text{CO}} - V_{\text{CO}_p} = 28428 - 22884 = 5543 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$V_{\text{H}_2}'' = V_{\text{H}_2} + V_{\text{CO}_p} = 131399 + 22884 = 154284 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$V_{\text{CH}_4}'' = V_{\text{CH}_4} = 805 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$V_{\text{N}_2}'' = V_{\text{N}_2} = 50600 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$V_{\text{Ar}}'' = V_{\text{Ar}} = 644 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Таблица 2.2 – Материальный баланс конвертора СО первой ступени

Компонент	На входе		На выходе	
	Объемный расход, м ³ /ч	Объемные доли	Объемный расход, м ³ /ч	Объемные доли
СО ₂	18124	0,0479	41009	0,1084
СО	28428	0,0752	5543	0,0147
Н ₂	131399	0,3474	154284	0,4079
СН ₄	805	0,0021	805	0,0021
Н ₂	50600	0,1338	50600	0,1338
Аг	644	0,0017	644	0,0017
Н ₂ О	148209	0,3919	125325	0,3314
Всего	378209	1,0000	378209	1,0000

c_1 – теплоемкость смеси на входе в аппарат при рабочих условиях, согласно справочным данным [3] $c_1 = 1,3574$ кДж/(кг × К);

$$Q_{\text{прих}} = (148209 + 148209) \times 1,3574 \times 440 = 177037 \text{ кДж/ч}$$

Q_p – тепло реакции, кДж/ч;

$$Q_p = \frac{V'}{1000 M_0} q$$

$q = 41$ кДж/кмоль – тепловой эффект реакции

$$Q_p = \frac{378209}{1000 \times 22.4} \times 41 = 44632 \text{ кДж/ч}$$

$Q_{\text{расх}}$ – тепло, уносимое с конвертированным газом, кДж/ч;

$$Q_{\text{расх}} = (G_{\text{сг}} + G_{\text{п}}) c_2 t_{\text{вых}}$$

c_2 – теплоемкость смеси на выходе из аппарата при рабочих условиях, согласно справочным данным [3] $c_2 = 1,5608$ кДж / (кг × К);

$$Q_{\text{расх}} = (148209 + 148209) \times 1,5608 \times 460 = 212818 \text{ кДж/ч}$$

$Q_{\text{пот}}$ – теплотери, принимаем равными 5% от $Q_{\text{прих}}$ кДж/ч

$$Q_{\text{пот}} = 0.05 Q_{\text{прих}} = 0,05 \times 177037 = 8851 \text{ кДж/ч}$$

Тепловой баланс реактора

$$177037 + 44632 = 212818 + 8851$$

$$221669 = 221669$$

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

2.2.5 Гидравлический расчет аппарата

Определим гидравлическое сопротивление слоя катализатора. Фиктивная скорость газа

$$\omega_{\text{ф}} = \frac{V}{S_{\text{к}}}$$

где $S_{\text{к}} = 0.350 \text{ м}^2/\text{м}^3$ – удельная поверхность зерен катализатора [4]

$$\omega_{\text{ф}} = \frac{9.005}{0.350} = 25.73 \text{ м/с}$$

Критерий Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{4 \omega_{\text{ф}} \rho_{\text{г}}}{S_{\text{к}} \mu_{\text{см}}}$$

где $S_{\text{к}}$ – площадь сечения катализатора,

$$S_{\text{к}} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \times 3,8^2}{4} = 11,34 \text{ м}^2;$$

$\rho_{\text{г}}$ – плотность газа при рабочих условия

$$\rho_{\text{г}} = \rho_{\text{г0}} \frac{V}{V_{\text{д}}}$$

где $\rho_{\text{г0}}$ – плотность газа при $P = 0.1013 \text{ МПа}$ и $T = 273 \text{ К}$

$$\rho_{\text{г0}} = \frac{G_{\text{сг}} + G_{\text{п}}}{V} = \frac{148209 + 118567}{378209} = 1,70 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{г}} = 1,70 \times \frac{378209}{32418} = 19,83 \text{ кг/м}^3;$$

$$\text{Re} = \frac{4 \times 25,73 \times 19,83}{11,34 \times 3,81 \times 10^{-6}} = 17870$$

Так как $\text{Re} > 3500$ коэффициент потерь ζ считаем по формуле

$$\zeta = \frac{11.6}{\text{Re}^{0.25}} = \frac{11.6}{17870^{0.25}} = 1.003$$

Порозность слоя катализатора в аппарате [4]

$$\varepsilon = 0,43$$

Тогда сопротивление слоя катализатора

$$\Delta P = \frac{\zeta H_s S_s \rho_{\text{см}} \omega_{\text{ф}}^2}{8 \varepsilon^2} = \frac{1.003 \times 2.5 \times 5.31 \times 2.83 \times 21.05^2}{8 \times 0.43^2} = 1287 \text{ Па}$$

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

$$H = 2H_{\text{сек}} + H_1 + H_2,$$

где $H_{\text{сек}}$ – высота секции с катализатором

$$H_{\text{сек}} = H_{\text{кат}} + 2H_{\text{дн}} + H_{\text{вы}},$$

где $H_{\text{дн}}$ – высота стандартно эллиптического днища

$$H_{\text{дн}} = D/4 = 3,8 / 4 = 0,95 \text{ м};$$

$H_{\text{вы}}$ – высота вспомогательных устройств, принимаем

$$H_{\text{вы}} = 0,5D = 0,5 \times 3,8 = 1,9 \text{ м};$$

$$H_{\text{сек}} = 5,7 + 2 \times 0,95 + 1,9 = 9,5 \text{ м},$$

H_1 – расстояние между секциями, принимаем

$$H_1 = D = 3,8 \text{ м};$$

H_2 – высота размещения нижней секции над землей, принимаем

$$H_2 = 0,7D = 0,5 \times 3,8 = 1,9 \text{ м}.$$

Соответственно расчетная высота аппарата

$$H = 2 \times 9,5 + 3,8 + 1,9 = 24,7 \text{ м}.$$

Точная высота аппарата определяется по чертежу общего вида и может незначительно отличаться от рассчитанной. Также в расчете не учтены штуцера на верхнем днище колонны.

2.2.7 Расчет диаметров штуцеров

Диаметры штуцеров рассчитываются исходя из допустимой скорости движения среды и далее принимаются в соответствии со стандартами.

Рассчитаем диаметры штуцеров ввода и вывода газа. Расчетный диаметр штуцера входа газа в первую секцию

$$D_{\text{вх}} = \sqrt{\frac{4V_{\text{вх}}}{\pi \omega}},$$

где $V_{\text{вх}}$ – объемный расход газов при рабочих условиях, $\text{м}^3/\text{с}$;

ω – линейная скорость, принимаем 20 м/с [4];

$$D_{\text{вх}} = \sqrt{\frac{4 \times 9,005}{3,14 \times 20}} = 0,375 \text{ м}$$

Принимаем стандартное значение

$$D_{\text{вх}} = 0,400 \text{ м}$$

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

Принимаем диаметр подводного газопровода

$$D_H = 230 \text{ мм}$$

Тогда скорость подвода газа к компрессору

$$c_H := \frac{4V_H}{\pi \cdot D_H^2} = \frac{4 \times 2.13}{3.14 \times 0.23^2} = 51 \text{ м/с}$$

Принимаем скорость входа на лопатки первого рабочего колеса

$$c_1 := 85 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Тогда понижение температуры вследствие увеличения скорости от c_H до c_1 составит

$$\Delta T := \frac{c_1^2 - c_H^2}{2c_p} = \frac{85^2 - 51^2}{2 \times 2050} = 1 \text{ }^\circ\text{C}$$

Температура газа, поступающего на лопатки первого рабочего колеса

$$T_1 := T_H - \Delta T = 318 - 1 = 317 \text{ К} = 44 \text{ }^\circ\text{C}$$

Давление при входе на лопатки рабочего колеса

$$p_1 := p_H \cdot \left(\frac{T_1}{T_H} \right)^{\frac{k}{k-1}} = 0.709 \times \left(\frac{317}{318} \right)^{\frac{1.4}{1.4-1}} = 0.701 \text{ МПа}$$

Принимаем величину политропического КПД

$$\eta_{\text{пол}} := 0.82$$

Тогда

$$\sigma := \frac{k}{k-1} \cdot \eta_{\text{пол}} = \frac{1.4}{1.4-1} \times 0.82 = 2.87$$

Показатель политропы сжатия

$$n := \frac{\sigma}{\sigma-1} = \frac{2.87}{2.87-1} = 1.53$$

Температура газа в конце сжатия (без учета промежуточных холодильников)

$$T_K := T_1 \cdot \left(\frac{p_K}{p_1} \right)^{\frac{1}{\sigma}} = 318 \times \left(\frac{4.661}{0.701} \right)^{1/2.87} = 613 \text{ К} = 340 \text{ }^\circ\text{C}$$

Принимаем газодинамический КПД

$$\eta_h := 1.04\eta_{\text{пол}} = 1,04 \times 0,82 = 0,853$$

Расчет корпуса низкого давления. Расчет КНД выполняется как расчет компрессора в целом, используя промежуточные данные по корпусам. Итого исходные данные для расчета КНД:

Давление нагнетания

$$p_k = p_2 = 1,920 \text{ МПа}$$

Температура газа в конце сжатия

$$T_k = T_2 = 422\text{K} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$$

Степень повышения давления для корпуса

$$\varepsilon_1 = 2,74$$

Такая степень повышения давления не может быть реализована одним рабочим колесом. Ориентировочное число рабочих колес в КНД

$$N_k = \frac{\ln(\varepsilon)}{\ln(\varepsilon_1)} = \frac{\ln(2.74)}{\ln(1.2)} = 5,52 = 6$$

Для компрессоров рекомендуется промежуточное охлаждение через 2-4 ступени. Принимаем двухсекционный корпус низкого давления с промежуточным охлаждением через 3 ступени (рабочих колеса).

Принимаем повышение температуры по секциям равными, тогда температура газа, выходящего из первой секции в промежуточный холодильник

$$T_2 = \frac{T_1 + T_k}{2} = \frac{318 + 422}{2} = 370 \text{ K} = 97 \text{ }^\circ\text{C}$$

Соответственно давление газа на выходе из первой секции

$$p_2 := p_1 \cdot \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{k}{k-1}} = 0.701 \times \left(\frac{370}{318} \right)^{\frac{1,4}{1,4-1}} = 1,203 \text{ МПа}$$

Степень сжатия по ступеням КНД

$$\varepsilon_1 = \frac{p_2}{p_1} = \frac{1,203}{0,701} = 1,72$$

$$\varepsilon_2 = \frac{p_k}{p_2} = \frac{1,920}{1,203} = 1,60$$

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

$$\sigma^* = \min \left\{ \frac{450}{2.6}; \frac{240}{1.5} \right\} = \min \{173; 160\} = 160 \text{ МПа} \quad (3.2)$$

$$\sigma_{20}^* = \min \left\{ \frac{660}{2.6}; \frac{250}{1.5} \right\} = \min \{254; 167\} = 167 \text{ МПа} \quad (3.3)$$

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

$$[\sigma] = \eta \sigma^*, [\sigma]_{20} = \eta \sigma_{20}^*, \quad (3.4)$$

где η – поправочный коэффициент, учитывающий вид заготовки, для листового проката $\eta = 1,0$ [7, с. 10].

Подставляя числовые значения, получим

$$[\sigma] = 1,0 \times 160 = 160 \text{ МПа}, [\sigma]_{20} = 1,0 \times 167 = 167 \text{ МПа}. \quad (3.5)$$

Допускаемое напряжение при гидроиспытаниях

$$[\sigma]_{\text{и}} = \sigma_{T20} / 1,1 = 250 / 1,1 = 227 \text{ МПа} \quad (3.6)$$

3.3 Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки

Задачей расчета является определение толщины стенки корпуса. Схема к расчету приведена на рисунке 3.2. В качестве исходных данных к расчету выступают рассчитанное допускаемое напряжение, определенный диаметр обечайки и давление

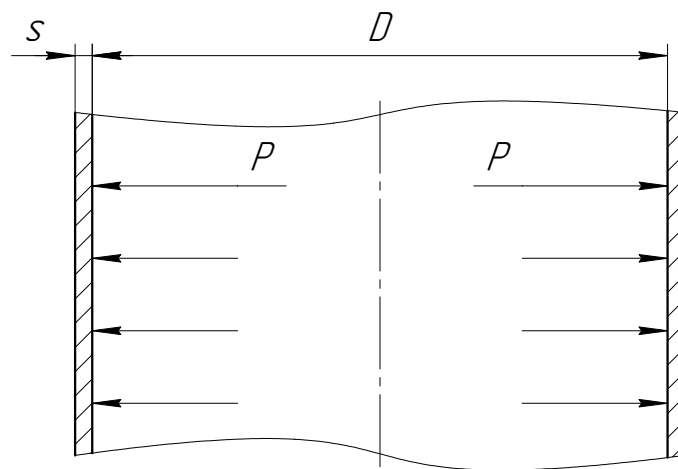


Рисунок 3.2 – Схема к расчету толщины стенки цилиндрической обечайки

		N							
ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ									

c_3 – прибавка для компенсации эрозии , для среды в аппарате $c_3 = 0$ мм.

Соответственно

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

Соответственно толщина стенки цилиндрической обечайки

$$s = 35,96 + 0,75 = 36,71 \text{ мм.}$$

Принимаем исполнительную толщину стенки цилиндрической обечайки

$$s = 38 \text{ мм}$$

Допускаемое давление в рабочем состоянии и при испытаниях

$$[p] = \frac{2\phi[\sigma](s - c)}{D + s - c} = \frac{2 \times 1,0 \times 160 \times (38 - 0,75)}{3800 + 38 - 0,75} = 3,271 \text{ МПа} \quad (3.10)$$

$$[p]_{и} = \frac{2\phi[\sigma]_{и}(s - c)}{D + s - c} = \frac{2 \times 1,0 \times 167 \times (38 - 0,75)}{3800 + 38 - 0,75} = 4,647 \text{ МПа} \quad (3.11)$$

3.4 Расчет толщины стенки штуцера ввода газа в верхнюю секцию

Толщина стенки штуцера определяется аналогично толщине стенки цилиндрической обечайки, поэтому подробные расчеты не приводятся. В таблице 3.1 приведены результаты расчета.

Таблица 3.1 – Результаты расчета штуцера

Расчетная величина	Обозначение	Величина
Расчетная толщина стенки	$S_{шр}$	4,69 мм
Исполнительная толщина стенки	$S_{ш}$	6 мм
Допускаемое рабочее давление	$P_{шд}$	3,325 МПа
Допускаемое давление при испытании	$P_{шид}$	4,723 МПа

3.5 Расчет толщины стенки эллиптического днища

Выполним расчет толщины стенки стандартного эллиптического днища. Схема к расчету изображена на рисунке 3.3.

3.6 Расчет фланцевых соединений

3.6.1 Штуцер ввода исходного газа

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

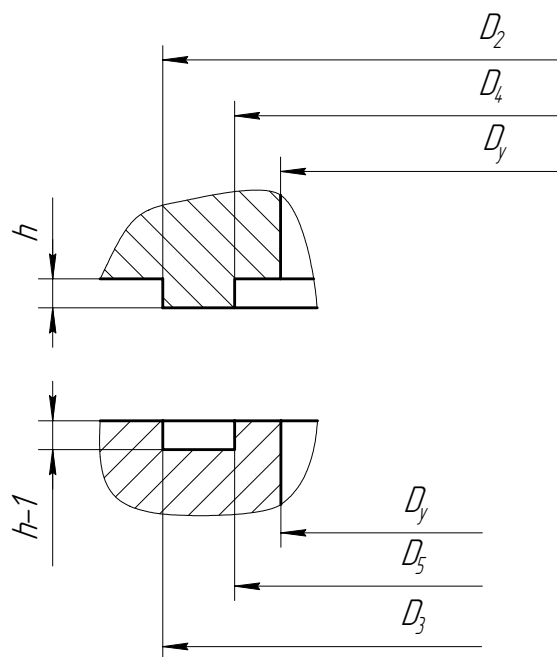


Рисунок 3.4 – Размеры уплотнения типа «шип-паз»

Для такого уплотнения размеры элементов

$$h = 8 \text{ мм} \quad (3.16)$$

$$D_4 = D_5 = 535 \text{ мм} \quad (3.17)$$

$$D_2 = D_4 + 2b = 535 + 14 \times 2 = 563 \text{ мм} \quad (3.18)$$

$$D_3 = D_2 + 2 = 563 + 2 = 565 \text{ мм} \quad (3.19)$$

Ширина прокладки

$$b = 14 \text{ мм}$$

Средний диаметр уплотнения

$$D_n = D_2 - b = 563 - 14 = 549 \text{ мм} \quad (3.20)$$

Эффективная ширина уплотнения для $b < 15$ мм

$$F_6 = \frac{\pi d_6^2}{4} = \frac{3,14 \times 32^2}{4} = 804 \text{ мм}^2 \quad (3.25)$$

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

$$[\sigma]_{620} = 450 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_{6\text{т}} = 370 \text{ МПа}$$

Напряжение в шпильках при затяжке и в рабочих условиях соответственно

$$\sigma_{61} = \frac{P_{61}}{z F_6} = \frac{2,93}{20 \times 804 \times 10^{-6}} = 182 \text{ МПа} \quad (3.26)$$

$$\sigma_{62} = \frac{P_{62}}{z F_6} = \frac{2,66}{20 \times 452 \times 10^{-6}} = 165 \text{ МПа} \quad (3.27)$$

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

3.7 Расчет укрепления отверстия

Отверстия, вырезанные в корпусе аппарата, значительно уменьшают прочность соответствующего элемента. Поэтому отверстия необходимо укреплять.

Принимаем укрепление отверстия накладным кольцом. Схема к расчету укрепления отверстия за счет увеличения толщины стенки штуцера приведена на рисунке 3.5.

Общий критерий укрепления состоит в компенсации вырезанной площади поперечного сечения:

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

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

A_2 – площадь продольного сечения усиливающей обечайки элемента;

A_0 – площадь продольного сечения оболочки, участвующая в укреплении;

A – площадь продольного сечения выреза, подлежащая компенсации;

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

$$d_{\text{д}} := 2 \cdot \left[\left(\frac{s - c_{\text{к}}}{s_{\text{п}}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{2 D_{\text{в}} \cdot (s - c_{\text{к}})} - c_{\text{к}} \right] \quad (3.29)$$

$$= 2 \left[\left(\frac{40 - 0.75}{35.96} - 0.8 \right) \times \sqrt{2 \times 3800 \times (40 - 0.75)} - 0.75 \right] = 317 \text{ мм}$$

Площадь сечения отверстия в стенке, подлежащая компенсации при укреплении отверстия

$$F_{\text{о}} = (d_{\text{ш}} - d_{\text{д}}) s_{\text{п}} = (500 - 317) \times 35,96 = 6587 \text{ мм}^2 \quad (3.30)$$

Наружная и внутренние длины штуцера, участвующие в укреплении

$$l_1 = \sqrt{(d_{\text{ш}} + 2c_{\text{к}})(s_{\text{ш}} - c_{\text{к}})} = \sqrt{(500 + 2 \times 0,75) \times (6 - 0,75)} = 51,31 \text{ мм} \quad (3.31)$$

$$l_2 = \sqrt{(d_{\text{ш}} + 2c_{\text{к}})(s_{\text{ш}} - 2c_{\text{к}})} = \sqrt{(500 + 2 \times 0,75) \times (6 - 2 \times 0,75)} = 47,51 \text{ мм} \quad (3.32)$$

Площадь штуцера, участвующая в укреплении

$$F_{\text{ш}} = 2 \times (l_1 + s - s_{\text{п}} - c_{\text{к}}) (s_{\text{ш}} - s_{\text{шп}} - c_{\text{к}}) =$$

$$= 2 \times (51,31 + 38 - 35,96 - 0,75) \times (6 - 4,69 - 0,75) = 489 \text{ мм}^2 \quad (3.33)$$

Расчетная ширина укрепляющей накладке

$$b_{\text{нр}} = \sqrt{D_{\text{в}} (s - c_{\text{к}})} = \sqrt{3800 \times (40 - 0.75)} = 386 \text{ мм} \quad (3.34)$$

Принимаем ширину укрепляющей накладке

$$b_{\text{н}} = 390 \text{ мм}$$

Расчетная толщина укрепляющей накладке

$$s_{\text{нр}} := \frac{F_{\text{о}} - F_{\text{ш}}}{2 \cdot (b_{\text{н}} + s_{\text{ш}} - s_{\text{шп}} - c_{\text{к}})} = \frac{6587 - 489}{2 \times (390 + 6 - 4.69 - 0.75)} = 7.81 \text{ мм} \quad (3.35)$$

Принимаем исполнительную толщину накладке

$$s_{\text{н}} = 8 \text{ мм}$$

Тогда площадь сечения наружной укрепляющей накладке

$$F_{\text{н}} := 2 \cdot (b_{\text{н}} + s_{\text{ш}} - s_{\text{шп}} - c_{\text{к}}) \cdot s_{\text{н}} = 2 \times (390 + 6 - 4,69 - 0,75) \times 8 = 6249 \text{ мм}^2$$

Общая площадь, участвующая в укреплении отверстия

$$F_{\text{у}} = F_{\text{ш}} + F_{\text{н}} = 489 + 6249 = 6738 \text{ мм}^2 \quad (3.36)$$

Коэффициент прочности отверстия

$$\frac{F_{\text{у}}}{F_{\text{о}}} = \frac{6738}{6587} = 1.023 > 1 \quad (3.37)$$

Следовательно, отверстие достаточно укреплено.

		N			
ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ					

3.8.2 Исходные данные для расчета на ветровую нагрузку

Исходные данные для расчета аппарата на ветровую нагрузку приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Исходные данные для расчета аппарата на ветровую нагрузку

Наименование параметра	Обозначение	Величина
Высота аппарата	H	24000 мм
Диаметр аппарата	D	3800 мм
Толщина стенки	s	38 мм
Суммарная высота катализаторного слоя	$h_{\text{нас}}$	11400 мм

3.8.3 Определение монтажной массы аппарата

Ориентировочный вес обечайки

$$G_{\text{об}} := \frac{\pi \cdot [(D + 2s)^2 - D^2]}{4} \cdot H \cdot \rho \cdot g \quad (3.38)$$

Суммарная масса вспомогательных устройств, днищ, опоры аппарата

$$G_{\text{вв}} := 0.05G_{\text{об}} \quad (3.39)$$

Монтажный вес аппарата

$$G_{\text{монт}} := G_{\text{вв}} + G_{\text{об}} \quad (3.40)$$

Вес насадки

$$G_{\text{нас}} := \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h_{\text{нас}} \cdot \rho_{\text{нас}} \cdot g \quad (3.41)$$

Рабочий вес аппарата

$$G_{\text{раб}} := G_{\text{монт}} + G_{\text{нас}} \quad (3.42)$$

3.8.4 Определение периода свободных колебаний аппарата

Ориентировочная ширина фундаментного кольца

$$b_{\text{к}} := 0.1D \quad (3.43)$$

Момент инерции сечения фундаментного кольца аппарата

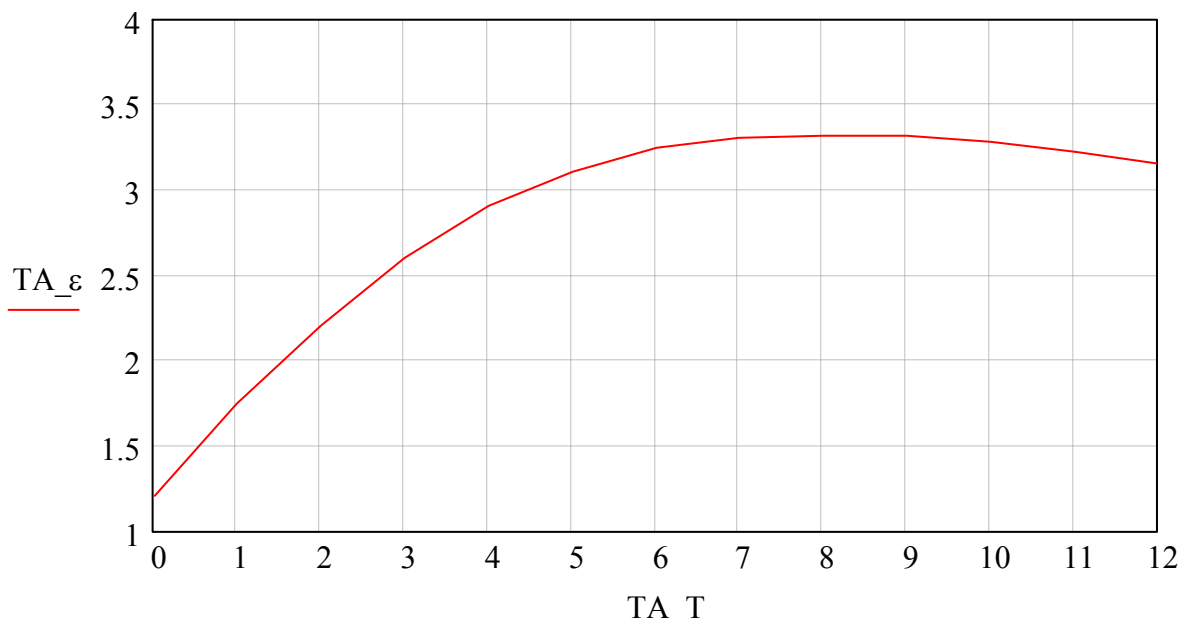


Рисунок 3.7 – График для определения коэффициента динамичности

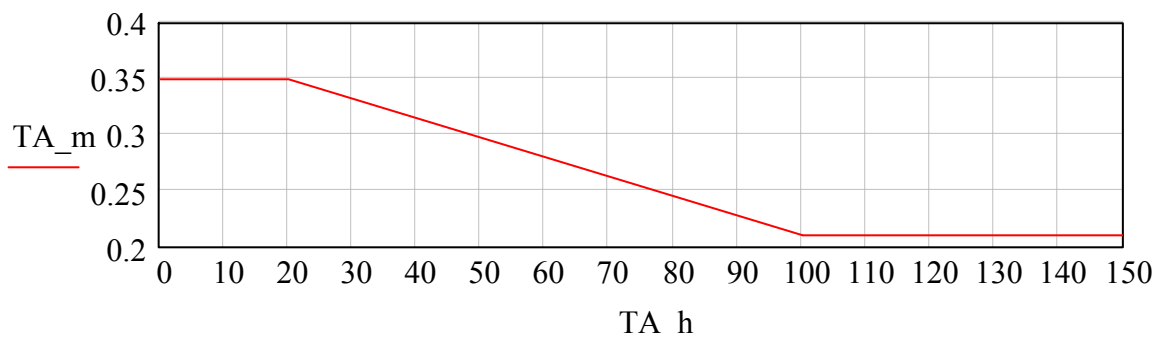


Рисунок 3.8 – График для определения коэффициента пульсаций напора ветра

Коэффициент увеличения скоростного напора ветра при монтаже и эксплуатации аппарата

$$\beta_{\text{МОНТ}} := 1 + \varepsilon_{\text{МОНТ}} \cdot m \quad (3.54)$$

$$\beta_{\text{РАБ}} := 1 + \varepsilon_{\text{РАБ}} \cdot m \quad (3.55)$$

График для определения поправочного коэффициента на увеличение скоростного напора ветра приведен на рисунке 3.9.

Поправочный коэффициент на увеличение скоростного напора ветра для проектируемого аппарата

$$\theta := \Omega_{\theta}(h) \quad (3.56)$$

$$M_{\text{монт}} := P_{\text{монт}} \cdot h \quad (3.59)$$

$$M_{\text{раб}} := P_{\text{раб}} \cdot h \quad (3.60)$$

Расчет моментов по этим формулам дает следующие значения

$$M_{\text{монт}} = 79,94 \text{ МН} \times \text{М}$$

$$M_{\text{раб}} = 81,22 \text{ МН} \times \text{М}$$

3.9 Расчет опоры аппарата

Схема к расчету опоры аппарата приведена на рисунке 3.11

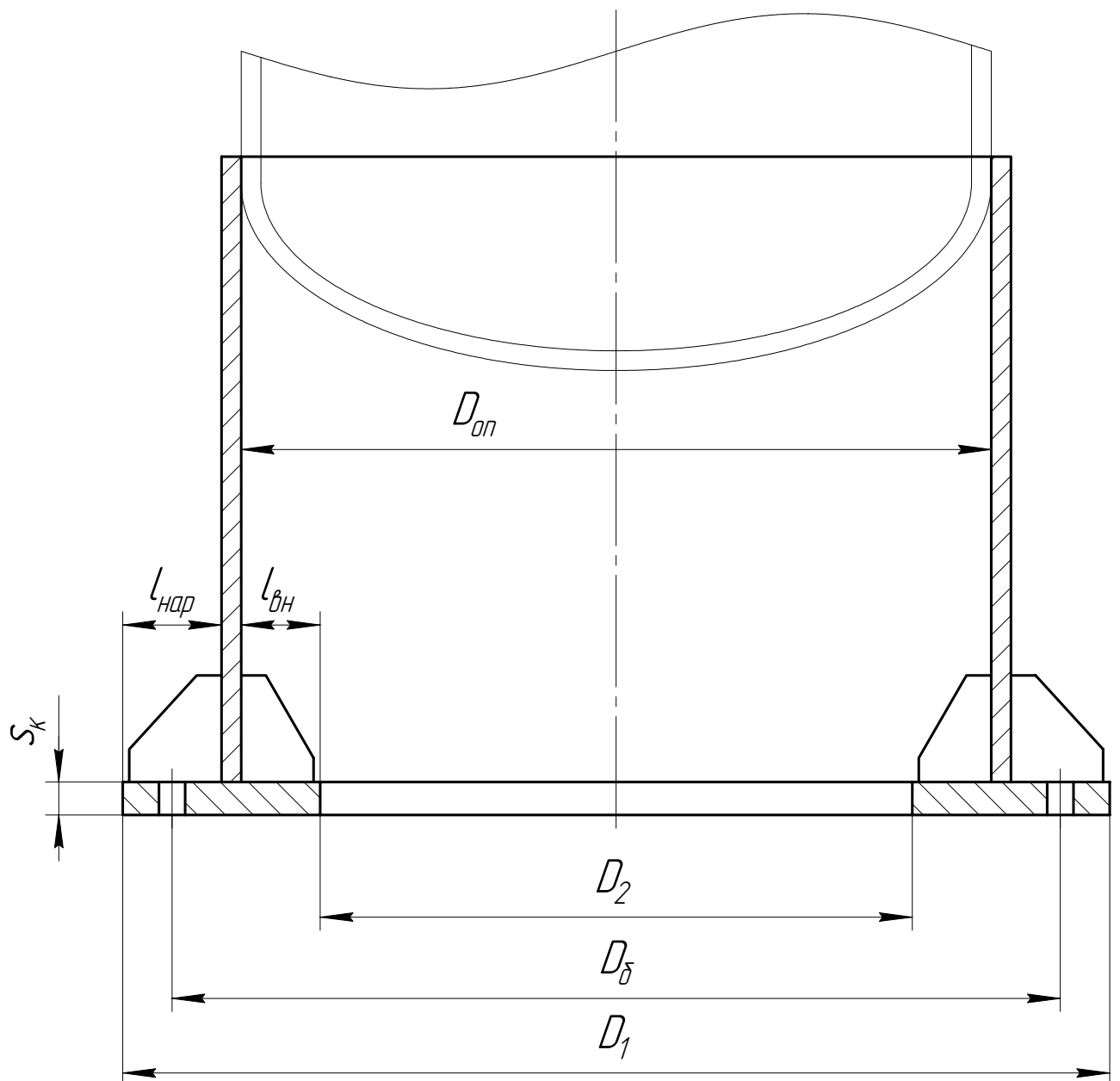


Рисунок 3.11 – Схема к расчету опоры аппарата

Максимальный изгибающий момент

$$\sigma_{ид} := 450 \text{ МПа}$$

Номинальная расчетная толщина опорного кольца

$$s_k := 1.73 \cdot I_{нар} \cdot \sqrt{\frac{\sigma}{\sigma_{ид}}} = 1,73 \times 350 \times \sqrt{\frac{12.14}{450}} = 98.7 \text{ мм} \quad (3.70)$$

Принимаем толщину фундаментного кольца

$$s_k = 100 \text{ мм}$$

Наибольшее напряжение на опорной поверхности кольца

$$\sigma_{x1} := \frac{G_{max}}{F} - \frac{M_{max}}{W} = \frac{0.945}{7.778} - \frac{81.22}{6.756} = -11,901 \text{ МПа} \quad (3.71)$$

$$\sigma_{x2} := \frac{G_{min}}{F} - \frac{M_{mir}}{W} = \frac{0.700}{7.778} - \frac{79,94}{6.756} = -11,744 \text{ МПа} \quad (3.72)$$

Поскольку расчетные значения меньше 0, то аппарат является неустойчивым, необходима установка фундаментных болтов. Расчетное напряжение для расчета болтов

$$\sigma_{\delta} := \max(|\sigma_{x1}|, |\sigma_{x2}|) = \max(11.901, 11.744) = 11.901 \text{ МПа} \quad (3.73)$$

Общая условная расчетная нагрузка на фундаментные болты

$$P_{\delta} := \frac{\pi}{4} \cdot (D_1^2 - D_2^2) \cdot \sigma_{\delta} = \frac{3.14}{4} \times (4.560^2 - 3.300^2) \times 11.901 = 92.57 \text{ МН} \quad (3.74)$$

Количество болтов определяется конструктивно

$$z := 40$$

Нагрузка на один болт

$$P_{\delta 1} := \frac{P_{\delta}}{z} = 92,57 / 40 = 2,314 \text{ МН} \quad (3.75)$$

Допускаемое напряжение для материала болтов

$$\sigma_{\delta д} := 537 \text{ МПа}$$

Прибавка на коррозию для болтов

$$c_{кб} := 2 \text{ мм}$$

Расчетный диаметр резьбы болта

$$d_{\delta} := \sqrt{\frac{4P_{\delta 1}}{\pi \sigma_{\delta д}}} + c_{кб} = \sqrt{\frac{4 \times 2.314}{3.14 \times 537}} + 2 = 76.01 \text{ мм} \quad (3.76)$$

4 Специальный раздел

4.1 Определение массы оборудования

Проектируемый аппарат монтируется в собранном виде без катализатора. После установки аппарата на фундамент и выверки выполняется загрузка катализатора.

Вес аппарата при монтаже был определен при расчете ветровой нагрузки. Тогда монтажная масса аппарата равна

$$G_{\text{монт}} = G_{\text{монт}} / g = 0,930 / 9,81 = 95 \text{ т}$$

4.2 Доставка оборудования на монтажную площадку

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

Предварительно принимаем для транспортирования пневмоколёсный прицеп-тяжеловоз ЧМЗАП-5212, при транспортировании по сухой грунтовой дороге с максимальным подъёмом 3% и скоростью $v=2,6$ км/ч; для буксировки прицепа с аппаратом – трактор марки Т-140 мощностью двигателя $N = 103$ кВт и скоростью $v=2...20,5$ км/ч [8].

Суммарное сопротивление движению всего транспорта определяется по формуле:

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

где $G_T = 25$ т – масса тягача;

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

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

$G_0 = 95$ т – масса транспортируемого блока оборудования;

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

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

4.3 Приёмка фундамента под монтаж

Готовность фундаментов к производству монтажных работ оформляют актом приемки-сдачи, подписанным представителями строительной и монтажной организации и технадзора заказчика.

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

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

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

Схема монтажа аппарата методом поворота одной неподвижной вертикальной мачтой изображена на рис. 4.2. Горизонтально расположенный аппарат закрепляют в поворотном шарнире и поднимают в вертикальное положение.

Соответственно

$$P_c = \frac{0,930 \times 1,1 \times 1,2}{2} \times \frac{7,14}{12 \times \cos(40)} = 0,477 \text{ МН.}$$

Определим разрывное усилие каната, из которого изготовлен строп, для стропового каната коэффициент запаса прочности $k_3 = 5.5$.

$$R_c := P_c \cdot k_3 = 0,477 \times 5.5 = 2627 \text{ МН.}$$

В соответствии со схемой монтажа принимаем сдвоенный строп, тогда число канатов будет $n_k = 4$. Разрывное усилие каната

$$S_c := \frac{R_c}{n_k} = 2627 / 4 = 657 \text{ МН.}$$

Выбираем канат стальной двойной свивки ГОСТ 3079-80 диаметром $d_c = 39,0$ мм маркировочной группы 160 с разрывным усилием $[S] = 707$ МН, вес 1 метра каната $q_c = 5,395$ кг.

Определим необходимую длину каната для изготовления строп. Расстояние от монтажных штуцеров до траверсы будет

$$l_c := (H - h_{шт}) + h_{зап}$$

где $h_{зап} = 1$ м – расстояние от верхней точки аппарата до траверсы. Итого

$$l_c = (16 - 12) + 1 = 5 \text{ м}$$

Тогда расчетная длина каната для изготовления строп

$$L_c := l_c \cdot n_c \cdot n_k = 5 \times 2 \times 4 = 40 \text{ м}$$

Вес стропов

$$Q_c := L_c \cdot q_c = 40 \times 5,395 \times 9,81 = 0,0022 \text{ МН}$$

4.6 Расчет монтажных штуцеров

Принимаем вылет монтажного штуцера $l_{шт} = 0,20$ м, тогда в соответствии с выбранной схемой монтажа изгибающий момент, действующий на каждый штуцер

$$M_{шт} = P_c l_{шт} = 0,477 \times 0,20 = 0,0974 \text{ МН} \times \text{м}$$

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

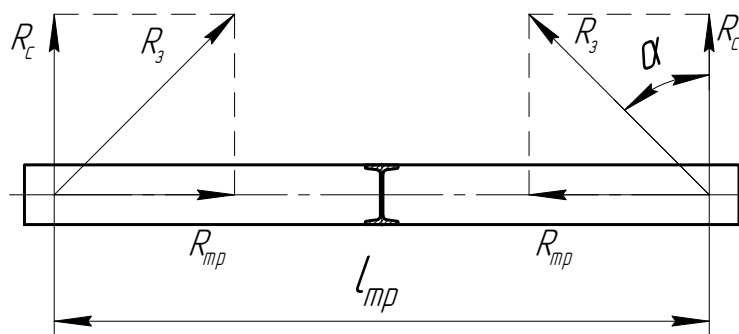


Рисунок 4.2 – Схема к расчету траверсы

$$P_3 := \frac{P_c}{\cos(\alpha)} = 0,477 / \cos(30) = 0,562 \text{ МН.}$$

Определим разрывное усилие каната, из которого изготовлен захват. Суммарная нагрузка на канаты

$$R_3 := P_3 \cdot k_3 = 0,562 \times 5,5 = 3,094 \text{ МН}$$

Принимаем общее число канатов в захвате $n_3 = 4$, тогда разрывное усилие в канатах для захвата

$$S_3 := \frac{2R_3}{n_3} = 2 \times 3,094 / 4 = 1550 \text{ МН}$$

Выбираем канат стальной двойной свивки ГОСТ 3079-80 диаметром $d_3 = 56,0$ мм маркировочной группы 170 с разрывным усилием $[S] = 1620$ МН, вес 1 метра каната $q_3 = 11,450$ кг. Определим необходимую длину каната для изготовления захвата траверсы. Суммарная длина ветвей захвата

$$l_3 := \frac{l_{тр}}{\sin(\alpha)} = 4,4 / \sin(30) = 8,8 \text{ м}$$

Длина каната для изготовления захвата

$$L_3 := l_3 \cdot n_3 = 8,8 \times 4 = 35,2 \text{ м}$$

Масса захвата

$$Q_3 := q_3 \cdot L_3 = 11,450 \times 35,2 \times 9,81 = 4,030 \text{ кН}$$

Траверса работает под действием сжимающего усилия, которое можно определить по формуле

$$R_{тр} := P_c \cdot \tan(\alpha) = 0,477 \times \tan(30) = 0,281 \text{ МН}$$

		N			
ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ					

Выбираем полиспасть БМ-120-Б5, с числом роликов $n_{\Pi} = 5$, диаметром роликов 800 мм, длина полиспаста в стянутом виде – 4.2 м. Масса блока 1870 кг. Принимаем КПД ролика $\eta = 0.98$, тогда усилие в канате, сбегаящем с полиспаста:

$$P_{сб} := \frac{P_{\Pi}}{2n_{\Pi} \cdot \eta_{\Pi}} = \frac{1045}{2 \times 5 \times 0.98^{2 \times 5}} = 128 \text{ кН}$$

Принимаем число обводных блоков $t_{об} = 3$, КПД обводного блока принимаем $h_{об} = 98\%$, тогда усилие в канате, набегающем на барабан

$$P_{б} := \frac{P_{сб}}{\eta_{об}^{t_{об}}} = \frac{128}{0.98^3} = 136 \text{ кН}$$

Разрывное усилие каната

$$S_{б} := P_{б} \cdot k_3 = 136 \times 5,5 = 747 \text{ кН}$$

Выбираем канат стальной двойной свивки ГОСТ 3079-80 диаметром $d_3 = 39,0$ мм маркировочной группы 170 с разрывным усилием $[S] = 767$ кН, вес 1 метра каната $q_c = 5,395$ кг.

Из таблиц выбираем монтажную лебёдку ЛМ – 16А, вес лебедки $Q_{л} = 4.2$ т, максимальное тяговое усилие 860 кН.

Проверим необходимость крепления лебедки. Поскольку ходовой конец троса подходит к лебедке горизонтально, необходимый для удержания лебедки груз должен иметь вес:

$$Q_{гр} := P_{б} \cdot \frac{K_c}{f}$$

где K_c – коэффициент запаса устойчивости от сдвига, принимаем $K_c = 1.5$;

f – коэффициент трения, принимаем $f = 0,9$.

Соответственно

$$Q_{гр} = 136 \times 1,5 / 0,9 = 226 \text{ кН}$$

Вес дополнительного груза на лебедке

$$Q_{доп} = Q_{гр} - Q_{л} = 226 - 41 = 18,5 \text{ кН}$$

Расчетная высота мачты при выбранной схеме монтажа

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

где k_3 – коэффициент запаса прочности для неподвижных канатов, $k_3 = 3.5$.

Следовательно

$$S_{зв} = 292 \times 3,5 = 1024 \text{ кН.}$$

Выбираем канат стальной двойной свивки ГОСТ 3079-80 диаметром $d_3 = 43,0$ мм маркировочной группы 160 с разрывным усилием $[S] = 1035$ кН, вес 1 метра каната $q_c = 6,675$ кг.

Определим размеры якоря для крепления задних вант. Расчетная масса якоря

$$W_{зв} := \left(\frac{R_{зв} \cdot \sin(\alpha_3)}{f} + R_{зв} \cdot \cos(\alpha_3) \right) \cdot k_я$$

где $k_я$ – коэффициент запаса устойчивости от сдвига, $k_я = 1,5$

f – коэффициент трения, $f = 0.9$

Соответственно

$$W_{зв} = \left(\frac{29.2 \times \sin(45)}{0.9} + 29.2 \times \cos(45) \right) \times 1.5 = 654 \text{ кН}$$

Определим коэффициент устойчивости от опрокидывания якоря. Принимаем якорь в форме призмы с размером стороны $b = 3$ м. Вант крепится в середине призмы на расстоянии $b_1 = b/2 = 3/2 = 1.5$ м от края якоря. Тогда опрокидывающий момент якоря

$$M_{опр} := P_{зв} \cdot \cos(\alpha_3) \cdot b_1 = 292 \times \cos(45) \times 1.5 = 310 \text{ кН} \times \text{м}$$

Момент устойчивости к опрокидыванию через это же ребро

$$M_y := W_{зв} \cdot \frac{b}{2} = 654 \times 3 / 2 = 982 \text{ кН} \times \text{м}$$

Расчетный коэффициент устойчивости якорей задних вант

$$\frac{M_y}{M_{опр}} = 3.167 \blacksquare$$

Следовательно, необходимая устойчивость к опрокидыванию задних вант обеспечивается.

4.10 Расчет передних вант

Передние ванты растягиваются с усилием первоначального растяжения $R_{п}$, из таблиц для выбранной схемы монтажа $R_{п} = 35$ кН.

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

Следовательно, необходимая устойчивость к опрокидыванию передних вант обеспечивается.

4.11 Расчет тормозной оттяжки

Усилие в тормозной оттяжке определяется по формуле:

$$R_o = Q \frac{(h_\phi + h_{шт}) - z}{h_\phi + h_{шт}} \tan(\omega)$$

где ω – угол между осью оттянутого аппарата и вертикалью, определяется графически, $\tan(\omega) = 0.12$

$$R_o = 930 \times \frac{(1,5 + 12) - 7,14}{1,5 + 12} \times 0.12 = 45 \text{ кН}$$

Разрывное усилие для тормозной оттяжки

$$S_o = R_o k_3 = 45 \times 3.5 = 158 \text{ кН}$$

Выбираем канат стальной двойной свивки ГОСТ 3079-80 диаметром $d_3 = 19,5$ мм маркировочной группы 160 с разрывным усилием $[S] = 180$ кН, вес 1 метра каната $q_c = 1,350$ кг.

Из таблиц выбираем монтажную лебёдку МЛ – 25Н весом $Q_l = 13$ кН.

Проверим необходимость крепления лебедки. Поскольку конец троса тормозной оттяжки подходит к лебедке горизонтально через отводной ролик, необходимый для удержания лебедки груз должен иметь вес:

$$Q_b = R_o K_c / f = 45 \times 1.5 / 0.9 = 75 \text{ кН}$$

Необходим дополнительный груз весом

$$Q_{гр} = Q_b - Q_l = 75 - 13 = 62 \text{ кН.}$$

4.12 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 уста-

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

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 5⁰С и не выше 40⁰С. 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.

4.13 Технические условия на эксплуатацию и ремонт аппарата

4.13.1 Организация производственной эксплуатации оборудования

Техническая эксплуатация оборудования – это совокупность всех фаз существования и использования оборудования с момента взятия его на балансный 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.

К эксплуатации технологического оборудования (конвертора СО первой ступени) допускаются лица, прошедшие обучение по устройству, эксплуатации и техническому обслуживанию оборудования со сдачей экзаменов цеховой комиссии и признанные медицинской комиссией годными для выполнения данной ра-

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

на ремонт осуществляется по письменному распоряжению начальника цеха, в котором указывается лицо, ответственное за остановку и подготовку оборудования к ремонту [9].

Вывод в ремонт не основного 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 прямки, каналы, лотки, промыть канализационные трубопроводы, очи-

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

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.

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

Датчиком для измерения расходов выбрана камерная диафрагма ДК-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 ПВ2.2.

Контроль температуры газа перед конвертором, после первого и после второго слоя катализатора ведется с помощью хромель-копелевых термопар, установленных на трубопроводах. Сигнал передается на многоточечный потенциометр типа КСП4.

Контроль температуры в конверторе осуществляется с помощью хромель-копелевых термопар, установленных в аппарате. Сигнал передается на многоточечный потенциометр типа КСП8.

Для измерения давления в перед конвертором использован сильфонный манометр с пневматическим выходным сигналом МС-П2, сигнал от которого воспринимается вторичным пневматическим прибором ПВ2.2.

Датчиком для измерения расхода АВС в подогреватель и воды в испаритель выбрана камерная диафрагма тип 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, регулирующей орган – обратный клапан.

Контроль содержания СО воды после конвертора 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).

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

Продолжение таблицы 5.1.

1	2	3	4	5	6	7
6-1	Температура газа перед вторым слоем катализатора	220 °С		см. пункт 2.1		
6-2			Щит оператора	Милливольтметр, предназначенный для показания и регулирования температуры, класс точности 1,5	М64	Завод измерительных приборов г. Ереван
6-3			Щит преобразователей	Электропневматический преобразователь с выходным сигналом 0,02 – 0,1 МПа	ЭПП – 63	«Энергоприбор» г. Москва
8-1	Температура газа после котла-утилизатора	250 °С		см. пункт 6-1		
8-2				см. пункт 6-2		
8-3				см. пункт 6-3		
9-1 9-2 9-3	Температура газа в первом слое катализатора	250 °С 280 °С 310 °С	В аппарате	см. пункт 2-1		
9-4 9-5 9-6	Температура газа во втором слое катализатора	250 °С 280 °С 305 °С	В аппарате	см. пункт 2-1		
9-7			Щит оператора	Многоточечный потенциометр, количество точек измерения до 8	КСП8	
4-1	Давление перед конвертором	3,0 МПа	На трубопроводе	Манометр сильфонный с унифицированным пневматическим сигналом 0,02 – 0,1 МПа, класс точности 1	МС – П2	«Манометр» г. Москва
4-2			Щит оператора	Вторичный прибор, показывающий, регистрирующий	ПВ2.2	«Тизприбор» г. Москва

ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ

Продолжение таблицы 5.1.

1	2	3	4	5	6	7
3-1	Концентрация СО после кон- вертора	0,147 г/м ³	На трубопро- воде	Анализатор в комплекте поставки: ионизаци- онный датчик, преобразователь в пневмати- ческий выходной сигнал с дистанционной пе- редачей 0,02–0,1 МПа	КОЛИОН- Ф4	«KOSTIP» Ltd
3-2				см. пункт 1.3		

ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ

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 (токсичная и пожаровзрываоопасная среда);
- пар давлением 2,9 : 1,4 : 0,4 МПа температурой до 350°C, 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.

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h до 150 м представляет собой конус. Вершина конуса находится на высоте зоне защиты над землёй $h_0 < h$. На уровне земли зона защиты образует круг радиусом r_0 . 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.

$$h = \frac{1,2 + 1,63 \times 23}{1,5} = 27,2 \text{ м}$$

Высота зоны защиты над землёй составит

$$h_0 = 0,85h = 0,85 \times 27,2 = 20,2 \text{ м}$$

Радиус защиты на уровне земли определяется по формуле

$$r_0 = 1,5h = 1,5 \times 27,2 = 40,8 \text{ м}$$

Площадь зоны защиты молниеотвода от молнии определяется по формуле

$$S_M = \pi r_0^2 = 3,14 \times 40,8^2 = 7500 \text{ м}^2$$

Площадь, занимаемая колонной составит

$$S_K = \pi r_x^2 = 3,14 \times 1,1^2 = 18,1 \text{ м}^2$$

Таким образом $S_M > S_K$, поэтому одним молниеотводом от молнии можно защитить не только колонну, но и близлежащие аппараты, в т.ч. реактор селективной очистки.

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 мм². Для расчёта заземляющего устройства выбираем схему заземления в ряд.

Сопротивление заземления определяется по формуле

$$R_{СТО} = \frac{0,16 \cdot \rho}{L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L}{0,95 \cdot b} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot b + L}{4 \cdot h - L}$$

		N				
ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ						

ным 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 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.

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

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:

$$M = T_m \Pi = 3900 \times 330 = 1287000 \text{ т/год},$$

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

$\Pi = 3900$ т/сут – производительность одной единицы оборудования, в натуральном выражении.

Фактический объем производства аналога составляет 1250000 т/год. Фактический объем проектируемого производства по результатам технологического расчета составляет

$$Q = 1250000 \text{ т/год}.$$

Уровень использования мощностей за определенный промежуток времени:

$$K_{\text{факт}} = \frac{Q}{M} = \frac{1250000}{1287000} = 97.1\%$$

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

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	9	12	29750	267750	30	80325	348075	4176900
Специалисты	5	22	12	22640	498080	30	149424	647504	7770048
Служащие	4	6	12	18970	113820	25	28455	142275	1707300
Итого		37			879650		258204	1137854	13654248

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	240,6	291126000	232,2	290250000	-876000	-0,30
2. Расходы энергоресурсов	340,1	411521000	285,9	357375000	-54146000	-13,16
3. Расходы на оплату труда	15,4	18588919	15,0	18776686	187767	1,01
Итого переменные расходы	596,1	721235919	533,1	666401686	-54834233	-7,60
Постоянные расходы						
4. Амортизационные расходы	140,6	170126000	133,6	167000000	-3126000	-1,84
5. Расходы на обязательное и добровольное страхование имущества	34,8	42108000	33,1	41375000	-733000	-1,74
6. Расходы на содержание и ремонт основных средств	32,4	39204000	30,8	38500000	-704000	-1,80
7. Расходы на освоение природных ресурсов	8,2	9922000	7,8	9750000	-172000	-1,73
8. Расходы на НИР и ОКР	16,1	19481000	15,3	19125000	-356000	-1,83
9. Цеховые расходы	340,8	412368000	323,7	404625000	-7743000	-1,88
10. Общепроизводственные расходы	96,1	116281000	91,3	114125000	-2156000	-1,85
11. Прочие расходы	11,8	14278000	11,2	14000000	-278000	-1,95
12. Внереализационные расходы	6,2	7502000	5,9	7375000	-127000	-1,69
Итого постоянные расходы	687,0	831270000	652,7	815875000	-15395000	-1,85
13. Полная себестоимость	1283,1	1552505919	1185,8	1482276686	-70229233	-4,52

Из таблицы 7.3 видно, что себестоимость производства продукции снизилась на 4,52% 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 272460000 руб., а у аналогичного производства 237312660 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:

$$\text{РПП} = \frac{\Pi}{C_{\text{п}}}, = 767750000 / 1482250000 = 25,23 \%,$$

где Π – чистая или валовая прибыль;

$C_{\text{п}}$ – себестоимость продукции.

Общая рентабельность производственных фондов:

$$\text{РПФ} = \frac{\Pi}{\text{ПФ}_{\text{ср}}} = 767750000 / 2250880000 = 34,11\%,$$

где $\text{ПФ}_{\text{ср}}$ – среднегодовая стоимость производственных фондов (сумма среднегодовой стоимости основных производственных фондов и нормируемых оборотных средств).

Общая эффективность капитальных вложений может быть определена по формуле

$$E_n = \frac{\Delta\Pi}{K}$$

где $\Delta\Pi$ – прирост прибыли за счет вложения инвестиций;

K – капитальные вложения.

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

$$E_n = \frac{(C_1 - C_2) \cdot V_2}{K} = \frac{(1283,1 - 1185,8) \times 1250000}{272460000} = 0.446$$

$$T_n = \frac{K}{(C_1 - C_2) \cdot V_2} = 1 / 0,430 = 2.24 \text{ г.}$$

ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ

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:

$$ТБ = \frac{ПИ}{Ц_y - ПИ_y} = \frac{666401686}{1800 - 533,1} = 644004 \text{ т}$$

где $Ц_y$ - удельная цена.

График, показывающий полученные величины, приведен на рисунке 7.1.

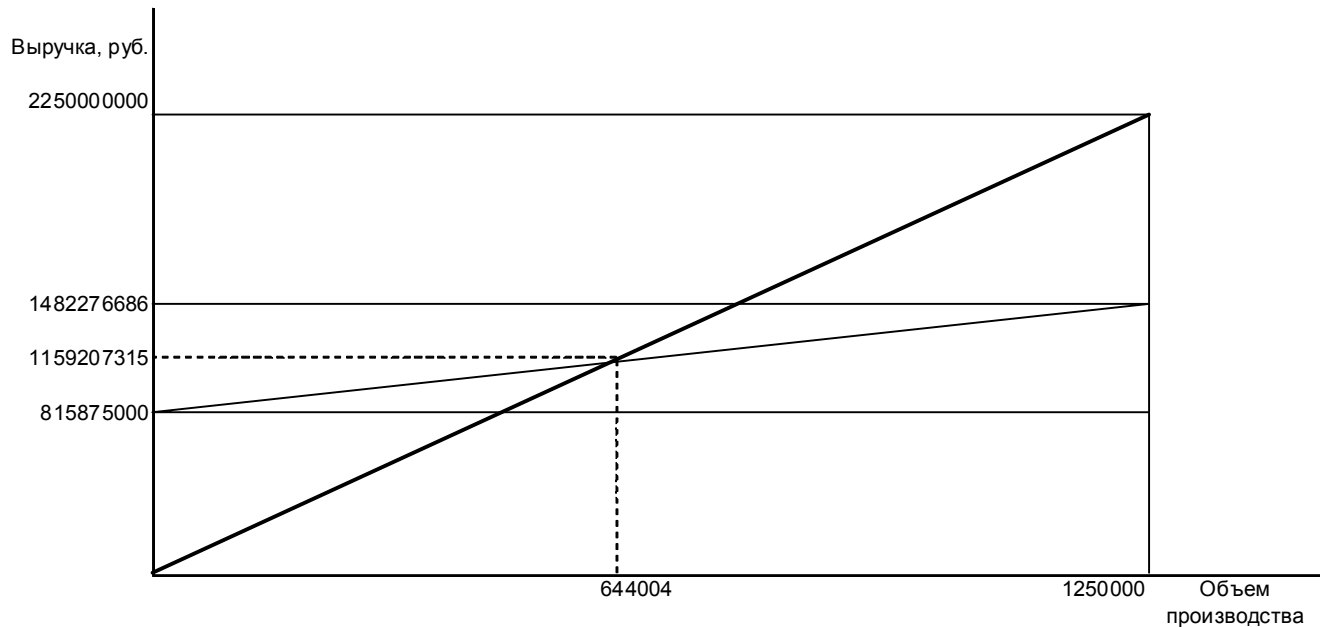


Рисунок 7.1 – График безубыточности

Из графика безубыточности, представленного на рисунке 7.1 видно, что безубыточный объем производства составляет 644004 т.

7.9 Заключение об экономической эффективности

При проектировании оборудования был реализован ряд технологических и конструктивных решений, которые обусловили снижение себестоимости производства на 4,52%, за счет сокращения условно-постоянных расходов, увеличения мощности цеха. Общий прирост прибыли составил 121000000 рублей в год. Срок окупаемости капитальных вложений 2,24 года. При этом учтены убытки, понесенные производством период технического перевооружения. Годовой экономический эффект 121000000 руб. безубыточный объем производства составляет 644004 т.

					ДП МАХП МЗ-021 РК 00.00.00 ПЗ	
		N				

Список использованных источников

1. Кастальский А. А. Проектирование установок для химического обессоливания воды. – М.: Стройиздат, 1994. – 211 с.
2. Абрамов Н. Н. – Водоснабжение: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1982. – 440 с., ил.
3. Гамер П., Джексон Д., Серстон И. Очистка воды для химических предприятий. Перевод с англ. к.т.н. Кольнер В. М. – М.: Стройиздат, 2003. – 415 с., ил.
4. Кульский Л. А. Химия и технология обработки воды. – Киев: Академия, 1960. – 361 с.
5. Кутепов А. М., Бондарева Т. И., Беренгартен Н. Г., Общая химическая технология, изд. 2-е, перераб. и доп., М.: «Высшая школа», 2004. – 522 с.
6. Скобло А.И. и др. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. – М.: ООО «Недра-Бизнес-центр», 2000. – 677 с.
7. Павлов К.Ф., Романков А.А., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу «Процессы и аппараты химической технологии». – Л.: Химия, 1981. – 552 с.
8. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. / Под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1983. – 272 с.
9. 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.
10. Лащинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры.– М.: Машиностроение, 1970. – 752 с.
11. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи / под ред. М.Ф. Михалева.– Л.: Машиностроение, 1984. – 301 с.
12. Матвеев В.В., Крупин Н.Ф. Примеры расчета такелажной оснастки.– Л.: Стройиздат, 1987. – 320 с.
13. Киселев Г.Ф. и др. Система технического обслуживания и ремонта технологического оборудования предприятий по производству минеральных удобрений. Справочник. – М.: Химия, 1991. – 384 с.