

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение		8
1 Техника - экономическое обоснование	9	
2 Описание технологической схемы		10
3 Технологический расчет		12
Технологический расчет ректификационной колонны		12
Технологический расчет сепаратора		26
4 Конструктивный расчет		28
4.1 Конструктивный расчет ректификационной колонны		28
Расчет высоты аппарата		28
Расчет изоляции		30
4.2 Конструктивный расчет сепаратора		30
Определение высоты аппарата		30
Расчет диаметра патрубков		30
Расчет изоляции	31	
5 Механический расчет		
5.1 Выбор материала	32	
5.2 Механический расчет ректификационной колонны		33
5.2.1 Расчет толщины цилиндрической обечайки		33
Расчет толщины эллиптической крышки	41	
Расчет фланцевых соединений	43	
5.2.4 Расчет укреплений отверстий		53
5.3 Механический расчет сепаратора		56
5.3.1 Расчет толщины цилиндрической обечайки		56
5.3.2 Расчет толщины конической обечайки		64
5.3.3 Расчет толщины плоской крышки (днища)	66	
5.3.4 Расчет фланцевых соединений	70	
5.3.5 Расчет укреплений отверстий		80
5.3.6 Расчет опоры	81	
6 Монтаж ректификационной колонны и сепаратора	85	
Расчет и подбор полиспаста	87	
Расчет сварного соединения монтажных фланцев	89	
6.3 Расчет траверсы	90	
6.4 Подбор кранов	91	
7 Социальная ответственность		93
7.1 Производственная безопасность		93
7.2 Экологическая безопасность		107
7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях		112
7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	121	
8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение		124
Заключение		143

## Введение

Нефть представляет собой сложную смесь парафиновых, нафтеновых, ароматических и других углеводородов с различными молекулярными массами и температурами кипения. Так же в нефти содержатся сернистые, кислород и азотсодержащие органические соединения. И поэтому, для получения из нефти товарных продуктов различного назначения, применяют методы разделения нефти на фракции или группы углеводородов. И при необходимости, изменяют их химический состав, дальнейшим проведением каталитических и термических процессов.

Различают первичные и вторичные методы переработки нефти. Первичными процессами называют процессы разделения нефти на более или менее однородные фракции без химического преобразования входящих в неё веществ. Основным приёмом разделения является дистилляция (перегонка) – процесс разделения жидких веществ по температурам их кипения. Атмосферная перегонка относится к первичному процессу и отсюда можно выделить основное её назначение – разделить нефть на фракции, и использовать максимальные возможности нефти по количеству и качеству получаемых исходных продуктов.

Атмосферную перегонку можно осуществить следующими способами: 1) с однократным испарением в трубчатой, печи и разделением отгона в одной ректификационной колонне; 2) двукратным испарением и разделением в двух ректификационных колоннах - в отбензинивающей колонне предварительного испарения (эвапораторе) с отделением легких бензиновых фракций и в основной колонне; 3) Постепенным испарением.

Сырьём установки атмосферной перегонки может служить как нефть, так и газовый конденсат. Физико-химические свойства нефтей и составляющих их фракций оказывают влияние на выбор технологии получения нефтепродуктов. Поэтому, при определении направления переработки нефти нужно стремиться по возможности максимально, полезно использовать индивидуальные природные особенности её химического состава.

## Обоснование выбранной конструкции

Существующая на ООО «Анжерская НГК» технологическая схема переработки нефти, включающая в себя отбензинивающую и ректификационную колонну, позволяет перерабатывать большие объемы сырья, но ректификационная колонна не подходит для работы с большей производительностью и обладает главным недостатком: установленные контактные тарелки с трапециевидными клапанами на двух ножках обладают низкой производительностью из-за наличия зазора между широкой кромкой

отверстия и задней ножкой, через который проваливается жидкость, что существенно снижает эффективность контакта фаз при низких нагрузках по газу, а также из-за недостаточной площади контакта фаз.

В связи с этим нами предлагается реконструкция установки ректификации с установкой колонны, оборудованной тарелками с трапециевидными клапанами на трех ножках с защитным козырьком, что позволит увеличить производительность установки в связи с тем, что данная конструкция имеет больший периметр контакта фаз в сравнении с установленными контактными устройствами. Так как площадь контакта фаз больше, значит, эффективность процесса массообмена на каждой тарелке возрастает, следовательно, и производительность всего аппарата повышается. Защитный козырек позволит избежать провалов жидкости, что повышает эффективность работы контактных устройств.

## 2 Аппаратурно-технологическая схема

Парожидкостная смесь из радиантных змеевиков печи с температурой (320–360)°C объединяется в одну линию и по трансферному трубопроводу поступает в колонну 10. Для обеспечения равномерного нагрева сырья в печи и обеспечения стабильной работы 10, расход отбензиненной нефти стабилизирован, с коррекцией по уровню в кубе колонны 1.

В колонне 10 происходит разделение отбензиненной нефти на тяжелую бензиновую фракцию, дизельную фракцию и мазут. Для улучшения отгонки целевой дизельной фракции от мазута в нижнюю часть колонны 10 из пароперегревателя печи подается перегретый водяной пар с давлением (0,2–0,45) МПа, температурой (280–350)°C в количестве (50–250) кг/ч.

Пары тяжелой бензиновой фракции с давлением (20–55) кПа и температурой (110–175)°C выходят из верхней части колонны 10 и поступают последовательно в воздушный конденсатор-холодильник 2, где охлаждаются до температуры (15–60)°C и конденсируются. Температура после холодильника-конденсатора 2 регулируется частотой вращения вентилятора с АРМ оператора УПН [12].

Газоконденсатная смесь поступает в сепаратор 5, где происходит отделение углеводородных газов и воды от фракции тяжелого бензина. Несконденсировавшиеся газы из сепаратора 5 отправляются на свечу. Отстоявшаяся вода из нижней части сепаратора через регулирующий клапан, поддерживающий уровень раздела фаз (10–90)% через воздушный холодильник 2 выводится в подземную емкость, откуда полупогружным насосом откачивается в канализацию. Часть фракции тяжелого бензина из 5 в количестве (2–9) т/ч насосом 6 через регулирующий клапан подается в качестве орошения на верхнюю тарелку колонны 10, а балансовая часть по уровню в 5 через расходомер и регулирующий клапан поступает на охлаждение в воздушный холодильник 2, где охлаждается до температуры не

более 40оС, и далее на смешение с фракцией легкого бензина в смеситель 7 или с дизельной фракцией в смеситель.

После смесителя 7 прямогонный бензин через электроприводную задвижку на границе участка направляется в резервуары ТСП.

Конструкция сепаратора 7 позволяет осуществлять подачу орошения при наборе уровня жидкости выше штуцера отбора бензиновой фракции, однако в таком режиме работы полного отделения воды от бензина не происходит. Для нормальной работы сепаратора необходимо обеспечить уровень бензина выше верхней кромки перегородки, а уровень воды выше нижней кромки этой же перегородки.

Для уменьшения коррозии оборудования в трубопровод подачи холодного орошения колонны 10 через обратный клапан подается нейтрализатор. Подача нейтрализатора производится насосом 6 из секции емкости. Подача нейтрализатора регулируется по месту длиной хода поршня и частотой вращения электродвигателя насоса с АРМ оператора УПН.

Дизельная фракция, с температурой (240–310)оС и давлением (20–60)кПа, с 14-ой тарелки колонны 10 выводится в теплообменник 3, где охлаждается нефтью, а затем доохлаждается в концевом воздушном холодильнике поз.2 до температуры (30–60)оС. Температура дизельной фракции после холодильника 2 регулируется частотой вращения вентилятора с АРМ оператора УПН. Дизельная фракция насосом 6, 5Р с давлением (0,3–0,6)МПа через расходомер и регулирующий клапан подается в смеситель и далее через электроприводную задвижку на границе участка в резервуары ТСП.

Для обеспечения равномерного нагрева сырья в системе теплообмена, расход дизельной фракции стабилизирован, с коррекцией по температуре на 14 тарелке колонны 10.

Кубовый остаток (мазут) из нижней части колонны 10 с температурой (300–350)оС, предварительно охлаждается в теплообменнике 3 и далее поступает на всас насосов 6 при помощи которых с давлением (0,3–0,5)МПа через электроприводную задвижку последовательно подается в теплообменники 3 где охлаждается до температуры (75–95)оС нагревая поступающую нефть. Предусмотрена последовательная работа насосов 6.

Охлажденный в теплообменниках мазут через расходомер и регулирующий клапан направляется в резервуары ТСП. Предусмотрена подача мазута в емкости для использования в качестве основного топлива печи. Для обеспечения равномерного нагрева сырья в системе теплообмена, расход мазута стабилизирован, с коррекцией по уровню низа колонны 10.

От превышения давления в колонне 10 выше 0,99МПа, на линии выхода паров из верхней части колонны, предусмотрена установка блока предохранительных клапанов со сбросом давления через воздушный холодильник 2 в емкость 8[12].

3Технологический расчёт

3.1Расчёт ректификационной колонны

### 3.1.1 Материальный баланс процесса

Материальный баланс установки переработки нефти составляется на основе разгонки нефти на фракции (таблица 2.1).

Материальный баланс процесса первичной переработки нефти составляется с учетом технологических потерь и на основе закона сохранения массы вещества при равенстве материальных потоков, поступающих на установку и выходящих с неё.

При составлении баланса учитываются основные продукты первичной переработки нефти:

Фр. Н.к.– 180 °С - бензин

Фр. 180– 350 °С - Атмосферный газойль

Фр. 350 – 500 °С – Мазут

Исходные данные:

Производительность установки по сырью 150 тыс. т/год;

Число рабочих дней 365;

Количество технических потерь 12,6 т/год =0,0084%.

Таблица 2.1 – Разгонка ИТК исходной нефти на фракции[45]

Номер фракции    Температура выкипания фракции при 101,3 кПа, °С    Выход (на нефть), %

1	отдельных фракций				суммарный
	2	3	4	5	
1	до 28 (газ до С4)		0,52	0,52	–
2	28–67		2,58	3,10	–
3	67–90		2,90	6,00	0,7201
4	90–104		2,80	8,80	0,7319
5	104–119		2,80	11,60	0,7409
6	119–133		2,81	14,41	0,7521
7	133–148		2,85	17,26	0,7631
8	148–162		2,87	20,13	0,7721
9	162–177		2,80	22,93	0,7817
10	177–191		3,01	25,94	0,7908
11	191–207		3,02	28,96	0,8024
12	207–223		3,05	32,01	0,8133
13	223–238		3,09	35,10	0,8271

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	
14	238–254		3,14	38,24	0,8350
15	254–272		3,17	41,41	0,8409

16	272–286	3,26	44,67	0,8452
17	286–302	3,20	47,87	0,8496
18	302–317	3,17	51,04	0,8559
19	317–331	3,21	54,25	0,8605
20	331–345	3,15	57,40	0,8700
21	345–362	3,23	60,63	0,8776
22	362–376	3,31	63,94	0,8869
23	376–393	3,42	67,36	0,8937
24	393–409	3,44	70,80	0,9009
25	409–430	3,39	74,19	0,9078
26	430–453	3,61	77,80	0,9146
27	453–476	2,53	80,33	0,9202
28	476–504	3,04	83,37	0,9259
29	504–529	3,12	86,49	0,9321
30	529–550	3,08	89,57	0,9396
31	остаток	10,43	100,00	–

Определяем суточную производительность установки по сырью, т/сут[11, стр. 136].

$$G_{c'} = G_c \cdot 1000 / (\text{Ч.Р.Д.}) \quad (3.1.1)$$

где:  $G_{c'}$  - суточная производительность установки по сырью, т/сут.  
 $G_c$  - производительность установки по сырью, тыс. т/год;  
ч.р.д.- число рабочих дней в году.

$$G_{c'} = 150 \cdot 1000 / 365 = 410,96 \text{ т/сут.}$$

Определяем часовую производительность установки по сырью, кг/ч.

$$G_{c''} = G_{c'} \cdot 1000 / 24 \quad (3.1.2)$$

где:  $G_{c''}$  - часовая производительность установки по сырью, кг/ч;  
24- количество часов в сутках.

$$G_{c''} = 410,96 \cdot 1000 / 24 = 17123,29 \text{ кг/ч.}$$

Определяем выход фракций нефти, тыс. т/год.[7, стр. 121].

$$G_{фр} = G_c \cdot a \quad (3.1.3)$$

где:  $G_c$  – годовая производительность установки по сырью, тыс. т/год;  
 $a$  – доля фракции нефти на потенциал.

$$G_{фр} = 150 \cdot 0,026 = 3,9 \text{ тыс. т/год.}$$

Материальный баланс установки рассчитываем по ИТК

Результаты расчета материального баланса установки переработки нефти заносятся в таблицу 2.2

Таблица 2.2– Материальный баланс установки переработки нефти

Наименование	Выход, % масс.		Выход продукта		
	тыс.т./год	т/сутки	кг/час	кг/сек	
Поступило:					
Нефть обессол.	100,00				
	150,00				
	410,96				
	17123,29				
	4,76				
Итого	100,00	150,00	410,96	17123,29	4,76
Получено:					
У.в. газ	0,52	0,78	2,14	89,04	0,02
Фр. нк-85оС	5,48	8,22	22,52	938,36	0,26
Фр. 85-180 оС	19,94	29,91	81,95	3414,38	0,95
Фр. 180-350 оС	34,69	52,04	142,56	5940,07	1,65
Мазут	39,3616	59,04	161,763	6740,298	1,8797
Потери	0,0084	0,01	0,027	1,142	0,0003
Итого	100,00	150,00	410,96	17123,29	4,76

### 3.1.2 Материальный баланс аппарата

Материальный баланс аппарата составляется на основе материального баланса установки при установившемся режиме работы без учета технологических потерь[52].

фр. 85 - 180 оС  
Нефть  
фр. 180 – 350оС  
отбензиненная

фр. 350 – 500 оС

## Рисунок 2.1 – Материально-поточковый график колонны

Результаты расчета материального баланса атмосферной колонны заносятся в таблицу 2.3

Таблица 2.3 – Материальный баланс атмосферной колонны

Наименование	Выход, % масс.		Выход продукта	
	кг/ч	кг/с		
Поступило:				
Нефть отбензиненная	100,00		16095,89	4,47
Итого:	100,00	16095,89		4,47
Получено:				
Фр. 85-180 ОС	21,21	3414,38		0,95
Фр. 180-350 ОС	36,90	5940,07		1,65
Мазут	41,89	6741,44		1,87
Итого:	100,00	16095,89		4,47

### 3.1.3 Тепловой баланс аппарата

Тепловой баланс колонны учитывает все тепло вносимое в колонну и выносимое из неё.

Баланс составляется на основе закона сохранения энергии, при равенстве количества тепла поступающего в аппарат и выходящего из него (без учета потерь тепла в окружающую среду).

Для составления эскиза атмосферной колонны определяются температуры выводов потоков однократного испарения:

Определяется температура вывода фракции 85-180°C из колонны. Фракция соответствует бензину, выводится из верха колонны.

По ИТК определяется значение следующих точек:

$$t_{10\%} = 99,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{50\%} = 122,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{70\%} = 134,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Рассчитывается tg угла наклона ИТК [10, стр. 21];

$$\text{tg ИТК} = (t_{(70\%)} - t_{(10\%)}) / (70 - 10) \quad (3.1.4)$$



$$\text{tg ИТК} = (134,5-99,5)/(70-10) = 0,58$$

$$(\cdot) 0\% \text{ по ОИ} = 32\%$$

$$(\cdot) 100\% \text{ по ОИ} = 57\%$$

Температура вывода фракции 85-180°C из колонны равна 160 □ С.

2) Определяется температура вывода фракции 180-350°C из колонны. Фракция соответствует бензину, выводится с верха колонны[2, стр. 12].

По ИТК определяется значение следующих точек:

$$t_{10\%} = 207 \square \text{ С}$$

$$t_{50\%} = 267 \square \text{ С}$$

$$t_{70\%} = 302 \square \text{ С}$$

Рассчитывается tg угла наклона ИТК[10, стр. 22].;

$$\text{tg ИТК} = (302-207)/(70-10) = 1,58$$

$$(\cdot) 0\% \text{ по ОИ} = 24\%$$

$$(\cdot) 100\% \text{ по ОИ} = 65\%$$

Температура вывода фракции 180-350°C из колонны равна 244 □ С.

Рассчитывается средневзвешенная плотность по формуле[10, стр. 22]

$$\rho_{15}^{15} = \rho_4^{20} + 5 \cdot \gamma \quad (3.1.5.)$$

где □ – средняя температурная поправка относительной плотности на 1К, определяется по эмпирической формуле Кусакова[10, стр. 22]

$$\gamma = 0,001838 - 0,00132 \cdot \rho_4^{20} \quad (3.1.6)$$

Рассчитывается средневзвешенная плотность нефти:

$$\gamma_{\text{нефть}} = 0,001838 - 0,00132 \cdot 0,8398 = 0,0007295$$

$$\rho_{15}^{\text{нефть}} = 0,8398 + 5 \cdot 0,0007295 = 0,8434 \text{ г/см}^3$$

Рассчитывается средневзвешенная плотность фр.85-180 □ С:

$$\gamma_{(\text{фр.85-180})} = 0,001838 - 0,00132 \cdot 0,7526 = 0,0008446$$

$$\rho_{15}^{(\text{фр.85-180})} = 0,7526 + 5 \cdot 0,0008446 = 0,7568 \text{ г/ [см]}^3$$

Рассчитывается средневзвешенная плотность фр.180-350 □ С:

$$\gamma_{(\text{фр.180-350})} = 0,001838 - 0,00132 \cdot 0,8351 = 0,0007357$$

$$\rho_{(15\text{фр.180-350})}^{15} = 0,8351 + 5 \cdot 0,0007357 = 0,8388 \text{ г/ [см]}^3$$

Рассчитывается средневзвешенная плотность мазута:

$$\gamma_{\text{мазут}} = 0,001838 - 0,00132 \cdot 0,9087 = 0,0006385$$

$$\rho_{15\text{мазут}}^{15} = 0,9087 + 5 \cdot 0,0006385 = 0,9119 \text{ г/ [см]}^3$$

Расчетные значения плотностей заносятся в таблицу 2.4

Таблица 2.4– Плотности компонентов

Наименование компонента	$\rho_{4}^{20}$ , г/ [см] <sup>3</sup>	$\rho_{15}^{15}$ , г/ [см] <sup>3</sup>
Сырье	0,8398	0,8434
Фр. 85-180 ОС	0,7526	0,7568
Фр. 180-350 ОС	0,8351	0,8388
Мазут	0,9087	0,9119

Для составления уравнения теплового баланса вычерчивается схема тепловых потоков аппарата:

Рисунок 2.2 – Схема тепловых потоков

Уравнение теплового баланса;

$$Q_{\text{прих.}} = Q_{\text{расх.}} \quad (3.1.7)$$

где:  $Q_{\text{прих.}}$  – суммарное количество тепла, приходящего в колонну, кВт;

$Q_{\text{расх.}}$  – суммарное количество тепла, выходящего из колонны, кВт.

Температурный режим в колонне регулируется острым орошением.

При составлении теплового баланса атмосферной колонны принимается количество острого орошения [2, стр. 122]

Определяется тепло, приходящее в колонну, кВт;

$$Q_{\text{прих.}} = Q_{\text{с}} + Q_{\text{остр.орош}} + Q_{\text{(в.п.)}} \quad (3.1.8)$$

Определяется количество тепла, поступающего с сырьем, кВт;

$$Q_{\text{с}} = G_{\text{с}} \cdot \ell \cdot J_{(340+273)^{\text{n}}} + G_{\text{с}} \cdot (1 - \ell) \cdot J_{(340+273)^{\text{ж}}} \quad (3.1.9)$$

где  $G_{\text{с}}$  - количество нефти отбензиненной, берется из материального баланса колонны, кг/с.

$J_{(340+273)^{\text{n}}}$  – энтальпия парообразного сырья при температуре 340 °С и плотности  $\rho_{15}^{15} = 0,8434$ , кДж/кг [3, стр. 112]

$J_{(340+273)^{\text{ж}}}$  – энтальпия жидкого сырья при температуре 340 °С и плотности  $\rho_{15}^{15} = 0,8434$ , кДж/кг [3, стр. 112]

$\ell$  - доля отгона

Определяется доля отгона [2, стр. 143];

$$\ell = G_{\text{(фр.85-180)}} / G_{\text{(общ.)}} \quad (3.1.10)$$

$$\ell = 21,21 / 100 = 0,2121$$

Определяется энтальпия пара, кДж/кг [2, стр. 144];;

$$J_{613}^{\text{n}} = (129,58 + 0,134 \cdot T_{\text{ср}} + 0,00059 \cdot T_{\text{(ср.)}}^2) \cdot (4 - \rho_{15}^{15}) - 308,99 \quad (3.1.11)$$

$$J_{613}^{\text{n}} = (129,58 + 0,134 \cdot 613 + 0,00059 \cdot 613^2) \cdot (4 - 0,8434) - 308,99 = 1059,16 \text{ кДж/кг}$$

Определяется энтальпия жидкости, кДж/кг [2, стр. 144];

$$J_{\text{t}}^{\text{ж}} = 1/\sqrt{\rho} \cdot (0,0017 \cdot T_{\text{(ср.)}}^2 + 0,762 \cdot T_{\text{ср}} - 334,25) \quad (3.1.12)$$

$$J_{\text{t}}^{\text{ж}} = 1/\sqrt{0,8434} \cdot (0,0017 \cdot 613^2 + 0,762 \cdot 613 - 334,25) = 840,25 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_{\text{с}} = 4,47 \cdot 0,2121 \cdot 1059,16 + 4,47 \cdot (1 - 0,2121) \cdot 840,25 = 3963,46 \text{ кВт}$$

Определяется количество теплоты, поступающего с острым орошением, кВт[2, стр. 145];;

$$Q_{\text{остр.ор.}} = G_{\text{остр.ор.}} \cdot J_{(50+273)}^{\text{ж}} \quad (3.1.13)$$

где  $G_{\text{остр.ор.}}$  - количество острого орошения, кг/с

$R$  – кратность орошения, принимается  $R = 2:1$ [3, стр. 203];

$J_{(50+273)}^{\text{ж}}$ - энтальпия острого орошения при  $50^{\circ}\text{C}$  и при плотности  $\rho = 0,7568$  кДж/кг.[3, стр. 210];

Определяется количество острого орошения, кг/с;

$$G_{\text{остр.ор.}} = 2 \cdot G_{\text{фр.85-120}} \quad (3.1.14)$$

$$G_{\text{остр.ор.}} = 2 \cdot 0,95 = 1,9 \text{ кг/с}$$

Определяется энтальпия острого орошения, кДж/кг[2, стр. 203];;

$$J_{323}^{\text{ж}} = 1/\sqrt{(0,7568)} \cdot (0,0017 \cdot 3232 + 0,762 \cdot 323 - 334,25) = 102,58 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_{\text{остр.ор.}} = 1,9 \cdot 102,58 = 194,9 \text{ кВт}$$

В расчете примем, что расход водяного пара в низ колонны будет подаваться равным 3% на сырье, кВт;

$$Q_{(\text{в.п.})} = G_{(\text{в.п.})} \cdot J_{(350+273)}^{(\text{в.п.})} \quad (3.1.15)$$

Энтальпия в.п. при данной температуре и давлении  $P = 0,45$  МПа;

$$J_{(350+273)}^{(\text{в.п.})} = 3168 \text{ кДж/кг} [3, \text{стр. 203}];$$

Определяется количество водяного пара., кг/с[2, стр. 203];;

$$G_{\text{в.п.}} = 0,03 \cdot G_{\text{мазут}} \quad (3.1.16)$$

$$G_{(\text{в.п.})} = 0,03 \cdot 1,87 = 0,0561 \text{ кг/с}$$

$$Q_{(\text{в.п.})} = 0,0561 \cdot 3168 = 177,72 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{прих.}} = 3963,46 + 194,9 + 177,72 = 4336,1 \text{ кВт}$$

Определяется тепло, выходящее из колонны, кВт[2, стр. 124];

$$Q_{\text{расх.}} = Q_{\text{фр.85-180}} + Q_{\text{фр.180-350}} + Q_{\text{мазут}} + Q_{\text{в.п.}} + Q_{\text{остр.ор.}} \quad (3.1.17)$$

Определяется тепло, уходящее с в.п., кВт[2, стр. 125];;

$$Q_{\text{в.п.}} = G_{\text{в.п.}} \cdot J_{(143+273)}^{(\text{в.п.})} \quad (3.1.18)$$

$J_{(150+273)}^{(в.п.)}$  – энтальпия в.п. при  $150 \square C$  равна  $2773 \text{ кДж/кг}$  [2, стр. 203];

$$Q_{в.п.} = 0,0561 \cdot 2773 = 155,6 \text{ кВт}$$

Определяется тепло, уходящее с острым орошением, кВт [3, стр. 203];;

$$Q_{\text{остр.ор.}} = G_{\text{остр.ор.}} \cdot J_{(143+273)}^{\text{п}} \quad [2, \text{стр.} 178]; \quad (3.1.19)$$

где  $J_{(150+273)}^{\text{п}}$  – энтальпия пара острого орошения при  $150 \square C$  [2, стр. 178];

Определяется энтальпия пара острого орошения, кДж/кг [3, стр. 203];;

$$J_{(150+273)}^{\text{п}} = (129,58 + 0,134 \cdot 423 + 0,00059 \cdot 423^2) \cdot (4 - 0,7568) - 308,99 = 637,6 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_{\text{остр.ор.}} = 1,9 \cdot 637,4 = 1211,4 \text{ кВт}$$

Определяется тепло, уходящее с фр.85-  $180 \square C$ , кВт [3, стр. 178];;

$$Q_{\text{фр.85-180}} = G_{\text{фр.85-180}} \cdot J_{(150+273)}^{\text{п}} \quad (3.1.20)$$

$$Q_{\text{фр.85-180}} = 0,95 \cdot 637,4 = 605,5 \text{ кВт}$$

Определяется тепло, уходящее с фр.180–  $350 \square C$ , кВт;

$$Q_{\text{фр.180-350}} = G_{\text{фр.180-350}} \cdot J_{(244+273)}^{\text{ж}} \quad (3.1.21)$$

Определяется энтальпия фр.180 -  $350$ , кДж/кг;

$$J_{(246+273)}^{\text{ж}} = 1/\sqrt{0,8388} \cdot (0,0017 \cdot 5192 + 0,762 \cdot 519 - 334,25) = 566,84 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_{\text{фр.180-350}} = 1,65 \cdot 566,84 = 935,3 \text{ кВт}$$

Определяется тепло, уходящее с мазутом, кВт [3, стр. 203];;

$$Q_{\text{мазут}} = G_{\text{мазут}} \cdot J_{(360+273)}^{\text{ж}} \quad (3.1.22)$$

Определяется энтальпия мазута, кДж/кг [3, стр. 158];;

$$J_{(325+273)}^{\text{ж}} = 1/\sqrt{0,9119} \cdot (0,0017 \cdot 5982 + 0,762 \cdot 598 - 334,25) = 763,8 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_{\text{мазут}} = 1,87 \cdot 763,8 = 1428,2 \text{ кВт}$$

Определяется тепло, выходящее из колонны, кВт [3, стр. 190];;

$$Q_{\text{расх.}} = 605,5 + 935,3 + 1428,2 + 1211,5 + 155,6 = 4336,1 \text{ кВт}$$

По разнице тепла приходящего и расходуемого, определяется тепло вносимое циркуляционными орошениями, кВт[2, стр. 217];

$$\Delta Q = |Q_{\text{прих.}} - Q_{\text{расх.}}| \quad [13, \text{стр. 68}]; \quad (3.1.23)$$

$$\Delta Q = 4336,1 - 4336,1 = 0$$

Результаты теплового баланса атмосферной колонны сводят в таблицу 2.5

Таблица 2.5– Тепловой баланс атмосферной колонны

Наименование

G, кг/с      T, К    Jж, кДж/кг    Jп, кДж/кг    Q, кВт

Приход:

1 Отб. нефть

2 Остр. орошение

3 Низ. В.п.

4,47

1,9

0,0561

613

323

623

840,25

102,58

1059,16

658,2

3168

3963,46

194,9

177,72

Итого:      6,4261

4336,1

Расход:

1 Фр.85-180 °С

2 Фр.180-350 °С

6 Мазут

7 В.п.

8 Остр. орошение

0,95

1,65

1,87

0,0561

1,9

423

519

598		
423		
423		
361,4		
566,84		
763,8		
637,6		
2773		
361,4		
605,5		
935,3		
1428,2		
155,6		
1211,5		
Итого:	6,4261	4336,1

### 3.1.4 Определение диаметра колонны

Определяется диаметр атмосферной колонны.

Диаметр колонны определяется исходя из максимального объема паров и их допустимые скорости в свободном сечении аппарата.

Определяется объемный расход паров, м<sup>3</sup>/с [8, стр. 145]

$$V_n = 22,4 \cdot T/273 \cdot 0,101/P \cdot \sum G_i/M_i \quad (3.1.24)$$

где: T – температура верха колонны, К;

P – давление верха колонны, МПа;

G<sub>i</sub> – расход компонента в паровой фазе, кг/с;

M<sub>i</sub> – средняя молекулярная масса компонентов в паровой фазе.

$$\sum G_i/M_i = G_{(фр.85-180)}/M_{(фр.85-180)} + G_{(остр.ор.)}/M_{(остр.ор.)} + G_{(в.п.)}/M_{(в.п.)} \quad (3.1.25)$$

$$M_{ср.} = (44,29 + \rho_{15}^{15}) / (1,03 + \rho_{15}^{15}) \quad (3.1.26)$$

$$M_{фр.85-180} = M_{остр.ор.} = (44,29 + 0,7568) / (1,03 - 0,7568) = 164,9 \text{ г/моль}$$

$$M_{в.п.} = 18$$

$$\sum G_i/M_i = 0,95/164,9 + 1,9/164,9 + 0,0561/18 = 0,0204$$

$$V_n = 22,4 \cdot 423/273 \cdot 0,101/0,15 \cdot 0,0204 = 0,477 \text{ м}^3/\text{с}$$

Определяется допустимая скорость паров в колонне [8, стр. 146], м/с;

$$W_{п} = 0,305/3600 \cdot C_{max} \cdot \sqrt{(\rho_{15}^{15ж} - \rho_{15}^{15п}) / (\rho_{15}^{15п})} \quad (3.1.27)$$

где C<sub>max</sub> – коэффициент, зависящей от типа тарелки, расстояния между тарелками, нагрузки по жидкости [8, стр. 204]

$\rho_{15}^{15ж} = 756,8 \text{ кг/м}^3$ ; - плотность жидкости наверху колонны, [2, стр. 206] кг/м<sup>3</sup>.

$\rho_{15}^{15п}$  - плотность паров наверху колонны, кг/м<sup>3</sup>. [2, стр. 206]

$$\rho_{15}^{15п} = (\sum G_{(пар.)}) / [V]_{п} \quad (3.1.28)$$

$$\sum G_{пар} = G_{фр.85-120} + G_{остр.ор.} + G_{в.п} \quad (3.1.29)$$

$$\sum G_{пар} = 0,95 + 1,9 + 0,0561 = 2,9061 \text{ кг/с}$$

$$\rho_{15}^{15п} = 2,9061/0,477 = 6,1 \text{ кг/м}^3$$

$$C_{max} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_1 - K_3 \cdot (\square - 35). \quad (2.4.7)$$

Коэффициент K<sub>1</sub> = 1,15 для клапанных тарелок

Коэффициент K<sub>2</sub> = 1,0 для атмосферных колонн

Значение коэффициента C<sub>1</sub> определяется по графику в зависимости от принятого расстояния между тарелками [8, стр. 206]

Коэффициент K<sub>3</sub> = 4,0 для всех кроме струйных тарелок



Коэффициент  $\alpha$  находим из следующего выражения:

$$\alpha = \frac{L_{ж}}{V_i \cdot n} \quad (3.1.30)$$

где  $L_{ж}$  – нагрузка тарелки по жидкости, м<sup>3</sup>/ч;

$V_i$  – объемный расход паров в данном сечении м<sup>3</sup>/ч;

$n$  – число потоков жидкости на тарелке.

Примем к установке тарелки клапанные прямоточные, расстояние между тарелками 600 мм, число потоков по жидкости на тарелке равным двум. Тогда  $K_1 = 1,15$  (для клапанных тарелок),  $C_1 = 765$ ,  $K_2 = 1,0$  (для атмосферных колонн при расстоянии между тарелками более 350 мм),  $K_3 = 4,0$  (для любых тарелок, кроме струйных [8, стр. 201])

;

$$S_{max} = 1,15 \cdot 765 \cdot 1,0 - 4(58,8 - 35) = 784,6;$$

$$W_{п} = 0,35 \text{ м/с};$$

Определяется диаметр колонны, [8, стр. 143]м:

$$D = 1,128 \cdot \sqrt{(V_{п}/W_{п})} \quad (3.1.31)$$

$$D = 1,128 \cdot \sqrt{(0,477/0,35)} = 1,32 \text{ м}$$

Принимается диаметр согласно ГОСТ 12011-76 равный 1,4м

## 3.2 Расчёт сепаратора

3.2.1 Секундный объём газа  $V_g$  (м<sup>3</sup>/с) определяется по формуле:

(3.2.1)

где  $G$  - расход газожидкостной смеси равный 3414.38 (кг/ч),

$\rho_{ж}$  - средняя плотность жидкости равная 752.6 (кг/м<sup>3</sup>),

$\rho_{г}$  - средняя плотность газа равная 3.526 (кг/м<sup>3</sup>),

$M$  - средний молекулярный вес несконденсировавшихся газов равный 18 (кг/моль),

$t$  - температура рабочей среды равная 60 С°,

$P$  - давление в аппарате 0,6 (атм).

Подставив исходные значения, получим:

Допускаемая скорость равгазового потока определяется по формуле Саудерса-Брауна:

(3.2.2)

где  $A$  - коэффициент, зависящий от конечного массового содержания жидкости в газе, для грубой сепарации равный 0.061,

- поправочный коэффициент для вертикальных аппаратов, вычисляемый по формуле и равный 1.27, где  $L$  - фактическое расстояние между штуцерами для входа и выхода продукта в вертикальном сепараторе равное 4.6 м.

Подставив исходные значения, получим:

. (3.2.3)

Необходимое свободное сечение аппарата, исходя из условия, при котором газ не будет уносить капель жидкости, определяется по формуле:

. (3.2.4)

Подставив рассчитанные значения секундного объема газа и допустимой скорости газового потока, получим, что необходимое свободное сечение аппарата равно 2.119 м<sup>2</sup>.

Диаметр аппарата определяется по формуле:

. (3.2.5)

Подставив значение необходимого свободного сечения аппарата, получим м.

Принимаем диаметр аппарата  $D = 2$  м.

## 4 Конструктивный расчет

### 4.1 Конструктивный расчет ректификационной колонны

#### 4.1.1 Определение высоты аппарата

Высота атмосферной колонны рассчитывается по уравнению [8, стр. 68]:

$$H_K = H_1 + H_k + H_{п} + H_2 + H_n + H_c, \quad (4.1.1)$$

где  $H_1$  - высота от верхнего днища до верхней тарелки, м;  $H_k$  - высота концентрационной тарельчатой части колонны, м;  $H_{п}$  - высота секции питания, м;  $H_2$  - высота от уровня жидкости в кубе колонны до нижней тарелки, м;  $H_n$  - высота низа колонны, от уровня жидкости до нижнего днища, м;  $H_c$  - высота сепаратора, м.

Высота  $H_1$  (сепарационное пространство) принимается равной 1,2 м для удобства монтажа тарелок.

Высота  $H_k$  зависит от числа тарелок и расстояния между ними:

$$H_k = (n - 1) \cdot h \quad (4.1.2)$$

где  $n=36$  - количество тарелок

$$H_k = 35 \cdot 0,55 = 19,25,$$

где  $h=0,5$  м - расстояние между тарелками. [8, стр. 146]

Высота секции питания  $H_{п}$  берется из расчета расстояния между тремя-четырьмя тарелками [8, стр. 43]:

$$H_{п} = (4-1) \cdot h \quad (4.1.3)$$

$$H_{п} = 3 \cdot 0,55 = 1,65 \text{ м.}$$

Высота  $H_2$  принимается равной от 1 до 2 м, чтобы разместить глухую тарелку и иметь равномерное распределение по сечению колонны паров. Примем  $H_2 = 0,8$  м.

Высота низа (куба) колонны  $H_n$  рассчитывается, исходя из 5-10 минутного запаса мазута, необходимого для нормальной работы насоса в случае прекращения подачи сырья в колонну [2, стр. 206]:

$$(4.1.4)$$

Относительная плотность мазута при температуре низа колонны 325°C:

$$\rho_{4^{325}} = \rho_{4^{20}} - \gamma \cdot (325 - 20) \quad (2.5.6)$$

$$\rho_{4^{325}} = 0,9087 - 0,0006385 \cdot (325 - 20) = 0,714 \text{ г/ [см]}^3$$

- площадь поперечного сечения колонны, м<sup>2</sup>

$$H_n = (5 \cdot 6741,44) / (714 \cdot 60 \cdot 0,785) = 1 \text{ м}$$

Штуцер отбора нижнего продукта должен находиться на отметке не ниже 4-5м от земли, для того, чтобы обеспечить нормальную работу горячего насоса для обеспечения необходимого подпора жидкости. Поэтому колонна монтируется на сепаратор высота которого 5,1м. Поэтому  $H_0 = 5,1\text{м}$ .

Полная высота колонны:

$$H_k = 1,2 + 19,25 + 1,65 + 0,8 + 1 + 5,1 = 29\text{м}.$$

#### 4.1.2 Расчет изоляции

Температура окружающей среды  $t_0 = 228\text{К}$

Температура наружной поверхности изоляции  $t_{ст} = 273\text{К}$ ;

Определяем суммарный коэффициент теплоотдачи в окружающую среду лучеиспусканием и конвекцией:

$$\alpha = 9,74 + 0,07 * t \quad (4.1.5)$$

где:  $t_{вн} = 350^\circ\text{С}$  - температура в аппарате;

$$\alpha = 9,74 + 0,07 * 350 = 34,24 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К}).$$

Определяем удельный тепловой поток:

$$q = \alpha * t, \quad (4.1.6)$$

$$q = 34,24 * 350 = 11984 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

Для применения изолирующего мат-ла, следует учесть его пригодность к данному аппарату, существует условие, которое должно выполняться:  $D_{кр} < D$  где:  $D$  - наружный диаметр аппарата,  $D = 1,02\text{м}$

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности. Для стеклянной ваты:

$$\lambda = 0,070 \text{ Вт}/(\text{м} * \text{К});$$

$$D_{кр} = \lambda * D / \alpha \quad D_{кр} = 0,002\text{м}$$

Условие пригодности выполняется:  $0,002\text{м} < 1,02\text{м}$

$$\delta = \lambda / q * t \quad (4.1.5)$$

$$\delta = 0,07 / 11984 * 350 = 0,002$$

Принимаем толщину изоляции 200 мм.

#### 4.2 Конструктивный расчет сепаратора

##### 4.2.1 Определение высоты аппарата

Штуцер отбора нижнего продукта должен находиться на отметке не ниже 4-5м от земли, для того, чтобы обеспечить нормальную работу горячего насоса для обеспечения необходимого подпора жидкости. Поэтому колонна монтируется на сепаратор высота которого 5,1м.

##### 4.2.2 Расчет диаметра патрубков

#### Расчет патрубка подачи газожидкостной смеси

Среда проходящая через патрубок: ... газ

Массовый расход среды 0,95 кг/с

Плотность среды 3,526 кг/м<sup>3</sup>

$$d = \sqrt{V/0,785/w}, \quad (4.2.1)$$

где w- рекомендуемая скорость газа, w=20 м/с.

$$d = \sqrt{9,43/0,785/20} = 0,085 \text{ м.}$$

Принимаем диаметр патрубков d=100 мм

#### 4.2.3 Расчет изоляции

Температура окружающей среды  $t_0 = 228\text{K}$   
Температура наружной поверхности изоляции  $t_{ст} = 273\text{K}$ ;

Определяем суммарный коэффициент теплоотдачи в окружающую среду лучеиспусканием и конвекцией:

$$\alpha = 9,74 + 0,07 * t \quad (4.2.2)$$

где:  $t_{вн} = 60^\circ\text{C}$ - температура в аппарате;

$$\alpha = 9,74 + 0,07 * 60 = 13,94 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{K}).$$

Определяем удельный тепловой поток:

$$q = \alpha * t, \quad (4.2.3)$$

$$q = 13,94 * 60 = 836,4 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

Для применения изолирующего мат-ла, следует учесть его пригодность к данному аппарату, существует условие, которое должно выполняться:  $D_{кр} < D$   
где: D -наружный диаметр аппарата, D:=2,024м

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности. Для стеклянной ваты:

$$\lambda = 0,070 \text{ Вт}/(\text{м} * \text{K});$$

$$D_{кр} = \lambda * D / \alpha \quad D_{кр} = 0,01\text{м}$$

Условие пригодности выполняется:  $0,01\text{м} < 2,024\text{м}$

$$\delta = \lambda / q * t \quad (4.2.4)$$

$$\delta = 0,07 / 836,4 * 60 = 0,005$$

Принимаем толщину изоляции 200 мм.

## 5 Механический расчет

### 5.1 Выбор материала

Материал для корпуса ректификационной колонны выбирается из условий технических требований из ряда материалов по ГОСТ 5949-75: 09Г2С.

Характеристика материала. Сталь 09Г2С.

Сталь 09Г2С по ГОСТ5949-75: сплав, содержащий 0,09% углерода, 2% марганца и кремний, количество которого не превышает 1%.

Основное предназначение этой стали – использование ее для сварных конструкций. Сварка возможна как при подогреве до  $100-120^\circ\text{C}$ , с

последующей термической обработкой, так и без подогрева и обработки. Хорошая свариваемость стали обеспечивается благодаря низкому (меньше 0,25%) содержанию углерода.

Широкое распространение и популярность стали 09Г2С объясняется тем, что ее высокие механические свойства позволяют экономить при изготовлении строительных конструкций. Более того, такие конструкции имеют меньший вес. Области применения этой марки стали весьма разнообразны. Из нее изготавливаются элементы и детали сварных металлических конструкций, которые могут работать при температурах от -70 °С до +450°С. Используется 09Г2С лист и для производства листовых конструкций в нефтяной и химической промышленности, судостроении и машиностроении. После закалки и отпуска из этого сплава можно изготавливать детали трубопроводной арматуры. Устойчивость к низким температурам позволяет применять трубу 09Г2С в условиях крайнего севера для прокладки нефте – и газопроводов.[7, стр. 35]

Таблица 3.1– Химический состав в % материала 09Г2С

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	
до 0.12		0.5 - 0.8		1.3 - 1.7		до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.3
0.008	до 0.3								

## 5.2 Механический расчет ректификационной колонны

### 5.2.1 Расчёт цилиндрической обечайки на прочность и устойчивость

Цилиндрическая обечайка - цилиндрическое кольцо либо короткая труба, которые преимущественно получают вальцовкой при толщине листа до 40 мм, гибкой и раскаткой - при большей толщине листа. Для изготовления (чаще всего с использованием сварки) длинномерных труб, котлов, резервуаров, баков и других листовых металлоконструкций[9,стр.135]

Рисунок 3.1 – Цилиндрическая обечайка

Нормативное допускаемое напряжение  $[\sigma]=123$  МПа,  $[\sigma]_{20}=170$  МПа[9,стр.206]

Допустимое напряжение при гидравлических испытаниях, МПа, определяем по формуле [9, стр.34]:

$$(5.2.1.1)$$

где  $\sigma_{20}$  - предел текучести материала при 20°C, таблица II [9, стр.207]

$$[\sigma]_{и} = 280/1,1 = 254,5 \text{ МПа}$$

Расчетную толщину стенки цилиндрической обечайки  $S_p$ , м, определяем по формуле [9, стр.46]:

$$S_p = \max \left\{ \frac{P_p \cdot D}{2\phi[\sigma] - P_p}, \frac{P_u \cdot D}{2\phi[\sigma]_u - P_u} \right\} \quad (5.2.1.2)$$

где  $P_p$  - расчетное давление

- давление испытания;

- диаметр аппарата;

- коэффициент прочности сварного шва,  $\phi = 0,9$  - ручная дуговая электросварка, таблица 1.7 [9, стр.26]

Определяется расчетное давление  $P_p$ :

$$P_p = P + P_{г} \quad (5.2.1.3)$$

Определяется гидростатическое давление  $P_{г}$  [9, стр.36]:

$$P_{г} = \rho \cdot g \cdot H \quad (5.2.1.4)$$

где  $H$  - высота жидкости в аппарате, так как в колонне жидкость занимает не весь объем, принимаем высоту жидкости  $H = 29$  м

$\rho$  - средняя плотность среды, кг/м<sup>3</sup>

$g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>

$$P_{г} = 880 \cdot 1000 \cdot 9,8 \cdot 29 = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па} = 0,25 \text{ МПа}$$

$$P_p = 0,1 + 0,25 = 0,35 \text{ МПа}$$

Определяется давление испытания  $P_{и}$  [9, стр.58]

$$P_{и} = \max \left\{ 1,5 \cdot P_p \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t} \right\} \quad (5.2.1.5)$$

где,  $[\sigma]_{20}$  - допускаемое напряжение для материала сосуда и его элементов,  $[\sigma]_{20} = 170$  МПа [9, стр.206]

$[\sigma]_t$  - допускаемое напряжение для материала сосуда и его элементов при рабочей температуре [9, стр.209].

Максимальная рабочая температура в сосуде равна 350°C, тогда  $[\sigma]_t = 123$  МПа



[9,стр.215]

$$P_u=1,5 \cdot 0,35 \cdot 170 / 123 = 0,73 \text{ МПа}$$

Принимаем давление испытания  $P_u=0,75 \text{ МПа}$

$$S_p = \max \left\{ \frac{(0,35 \cdot 1,4)}{(2 \cdot 0,9 \cdot 123 - 0,35)} = 0,0016 \text{ м} ; \frac{(0,75 \cdot 1,4)}{(2 \cdot 0,9 \cdot 254,5 - 0,75)} = 0,0016 \text{ м} \right\} = 0,0016 \text{ м}$$

Исполнительную толщину стенки  $S$ , мм определяем по формуле [9,стр.67]

$$S = S_p + c \quad (5.2.1.6)$$

где  $c$  – прибавка к расчётным толщинам конструктивных элементов: [9,стр.201]

$$c = c_1 + c_2 + c_3 \quad (5.2.1.7)$$

где  $c_1$  – прибавка для компенсации коррозии и эрозии,

$c_2$  – прибавка для компенсации минусового допуска,

$c_3$  – технологическая прибавка.

$$c_1 = \Pi \cdot t_v + c_э \quad [9,стр.68] \quad (2.7.10)$$

где  $c_э$  – прибавка для компенсации эрозии,

$\Pi$  – проницаемость среды в материал,  $\Pi=0,1 \text{ мм/год}$ ,

$t_v$  – срок службы аппарата. [8,стр.99]

Так как скорость движения среды в аппарате менее  $20 \text{ м/с}$ , прибавкой  $c_э$  можно пренебречь. Тогда [8,стр.100]:

$$c_1 = \Pi \cdot t_v$$

$$c_1 = 0,1 \cdot 30 = 3 \text{ мм.}$$

Прибавками  $c_2$  и  $c_3$  пренебрегаем, так как их суммарное значение менее 5% номинальной толщины листа. Тогда:

$$c = c_1 = 3 \text{ мм.}$$

$$S = 0,0016 + 0,003 = 0,0046 \text{ м}$$

По стандартному ряду исполнительную толщину стенки принимаем равной:  
 $S=0,01 \text{ м}$ .

Допускаемое расчетное давление:

$$[P] = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (s - c)}{D + s - c} \quad (5.2.1.8)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 0,9 \cdot 123 \cdot (0,01 - 0,003)}{1,4 + 0,01 - 0,003} = 1,55 \text{ МПа}$$

Расчетное давление должно быть меньше допускаемого расчетного давления по условию:

$$P_p < [P]$$

$$0,35 \text{ МПа} < 1,55 \text{ МПа}$$

Расчетное давление меньше допустимого расчетного давления, что удовлетворяет условию[4].

Допускаемое давление при испытаниях[9,стр.78]:

$$(5.2.1.9)$$

$$[P]_u = (2 \cdot 0,9 \cdot 254,5 \cdot (0,01 - 0,003)) / (1,4 + 0,01 - 0,003) = 3,18 \text{ МПа}$$

Давление испытания должно быть меньше допустимого давления испытания по условию[9,стр.76]:

$$(5.2.1.10)$$

$$0,75 \text{ МПа} < 3,18 \text{ МПа}$$

Давление испытания меньше допускаемого давления при испытаниях, что удовлетворяет условию[9,стр.80]

Проверка обечайки по условию устойчивости

$$P/[P] + F/[F] + M/[M] \leq 1 \quad (5.2.1.11)$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие рассчитывается по формуле[9,стр.80]:

$$(5.2.1.12)$$

$$[F]_\sigma = 3,14 \cdot (1,4 + 0,01 - 0,003) \cdot (0,01 - 0,003) \cdot 123 = 2,7 \text{ МН}$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие из условия устойчивости в пределах упругости[9,стр.80]:

$$(5.2.1.13)$$

$$F_E = (310 \cdot [10]^{-6} \cdot 1,86 \cdot [10]^5) / 2,4 \quad [1,4] \\ \sqrt{2} \cdot ((100 \cdot 0,007) / 1,4)^2 \cdot \sqrt{((100 \cdot 0,007) / 1,4)} = 9,9 \text{ МН}$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие из условия прочности и из условия

устойчивости в пределах упругости МПа, рассчитывается[9,стр.80]

$$(5.2.1.14)$$

$$[F]=2,7/\sqrt{(1+(2,7/9,9)^2)}=2,6 \text{ МН}$$

$$F=G_{\text{max}}$$

где - максимальный вес аппарата с жидкостью в пересчете на Ньютоны[8,стр.4];

$$G_{\text{max}}=(m_{\text{a}}+m_{\text{ж}})g \quad (5.2.1.15)$$

Масса корпуса без учета массы оборудования[8,стр.16]

$$m_{\text{k}}=\rho \cdot [4V(k_{\text{s}}+c/D)+1,43D^2(k_{\text{s}} \cdot D+c)] \quad (5.2.1.16)$$

$$k_{\text{s}}=P_{\text{p}}/((2\varphi[\sigma]-P_{\text{p}})) \quad (5.2.1.17)$$

$$k_{\text{s}}=1/((2 \cdot 0,9 \cdot 123 - 0,35))=0,0016$$

Объем аппарата

$$V=(L\pi D^2)/4+(\pi D^3)/12 \quad (5.2.1.18)$$

Длина цилиндрической части аппарата[8,стр.66]

$$L=H-H_{\text{o}}-0,25 \cdot D \quad (5.2.1.19)$$

$$L=29-5,1-0,25 \cdot 1,4=23,55 \text{ м}$$

$$V=(23,55 \cdot 3,14 \cdot [1,4]^2)/4+(3,14 \cdot [1,4]^3)/12=19,7 \text{ м}^3$$

$$m_{\text{k}}=7850 \cdot [4 \cdot 19,7 \cdot (0,0016+0,003/1,4)+1,43 \cdot [1]^2 \cdot (0,0016 \cdot 1+0,003)]=2897 \text{ кг}$$

С учетом всего оборудования аппарата, общую массу аппарата, принимаем:  $m_{\text{a}}=12000$  кг.

Максимальная масса жидкости в аппарате  $m_{\text{ж}}$  [8,стр.66]:

$$m_{\text{ж}}=(\pi \cdot D^2)/4 \cdot H \cdot \rho \quad (5.2.1.20)$$

где H-высота жидкости в аппарате, так как в колонне жидкость занимает не весь объем, принимаем высоту жидкости  $H=29$  м.;

- плотность жидкости в аппарате[15,стр.135].

$$m_{ж}=(3,14 \cdot [1,4]^2)/4 \cdot 29 \cdot 880=20033,2 \text{ кг.}$$

$$G_{\text{max}}=(12000+20033,2) \cdot 9,8=313925,36 \text{ Н}=0,31 \text{ МН}$$

Расчет изгибающего и допускаемого изгибающего момента

Изгибающий момент  
, [14,стр.135].

где  $M_{в}$  – суммарный ветровой момент

Суммарный ветровой момент равен [15,стр.135]:

где равнодействующая сил ветрового напора на каждом участке [15,стр.135]:

Коэффициент увеличения скоростного напора [15,стр.259]:

Допускаемый изгибающий момент из условия прочности [9,стр.66]::

$$[M]_{\sigma}=0,25 \cdot D \cdot [F]_{\sigma} \quad (5.2.1.24)$$

$$[M]_{\sigma}=0,25 \cdot 1,4 \cdot 2,7=0,675 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Допускаемый изгибающий момент из условия устойчивости в пределах упругости [9,стр.66]::

$$[M]_{E}=D/3,5 \cdot [F]_{E} \quad (5.2.1.25)$$

$$[M]_{E}=1,4/3,5 \cdot 9,9=2,8 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Допускаемый изгибающий момент из условия прочности и из условия устойчивости в пределах упругости рассчитывается [9,стр.67]:

$$[M]=[M]_{\sigma}/\sqrt{1+([M]_{\sigma}/[M]_{E})^2} \quad (5.2.1.26)$$

$$[M]=0,675/\sqrt{1+(0,675/2,8)^2}=0,66 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Для данной цилиндрической обечайки с такими нагрузками условие устойчивости примет вид [9,стр.67]::

$$F/[F] + M/[M] \leq 1 \quad (5.2.1.27)$$

$$0,25/2,6+0,06/0,66=0,187 \leq 1$$

Условие устойчивости выполняется

## 5.2.2 Расчет эллиптического днища и крышки на прочность

Рисунок 3.2 – Эллиптическое днище

Так как крышка и днище одинаковой формы расчет проводится для более нагруженного элемента- днища.

Расчетную толщину стенки  $s$ , м рассчитываем по формуле[9,стр.67]:

$$S_p = \max \left\{ \left[ \frac{(P_p \cdot D)}{(2\phi[\sigma] - 0,5 \cdot P)} \right]_p ; \left[ \frac{(P_u \cdot D)}{(2\phi[\sigma]_u - 0,5 \cdot P)} \right]_u \right\} \quad (5.2.2.1)$$

$$S_p = \max \left\{ \left[ \frac{(0,35 \cdot 1,4)}{(2 \cdot 0,9 \cdot 123 - 0,5 \cdot 0,35)} \right] = 0,0016 ; \left[ \frac{(0,75 \cdot 1,4)}{(2 \cdot 0,9 \cdot 254,2 - 0,5 \cdot 0,75)} \right] = 0,0016 \right\} = 0,0016 \text{ м}$$

(5.2.2.2)

$$S_p = 0,0016 + 0,003 = 0,0046 \text{ м}$$

Принимаем конструктивно  $S$  равным 0,01 м[16,стр.316]

Допускаемое расчетное давление:

$$[P] = \frac{2 \cdot \phi \cdot [\sigma] \cdot (s - c)}{D + 0,5 \cdot (s - c)} \quad (5.2.2.3)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 0,9 \cdot 123 \cdot (0,01 - 0,003)}{1,4 + 0,5 \cdot (0,01 - 0,003)} = 1,54 \text{ МПа}$$

(5.2.2.4)

$$0,35 \text{ МПа} < 1,54 \text{ МПа}$$

Расчетное давление меньше допускаемого расчетного давления, что удовлетворяет условию.

Допускаемое давление при испытаниях[16,стр.317]:

(5.2.2.5)

$$[P]_u = \frac{2 \cdot 0,9 \cdot 254,5 \cdot (0,01 - 0,003)}{1,4 + 0,5 \cdot (0,01 - 0,003)} = 3,2 \text{ Мпа}$$

$$[16,стр.316] \quad (5.2.2.6)$$

0,75 МПа < 3,2 МПа

Давление испытания меньше допускаемого давления при испытаниях, что удовлетворяет условию.

### 5.2.3 Расчёт фланцевого соединения

Фланцевые соединения – наиболее широко применяемый вид разъемных соединений в химическом машиностроении, обеспечивающий герметичность и прочность конструкций, а также простоту изготовления, разборки и сборки. Соединение состоит из двух фланцев, болтов и прокладки, которая устанавливается между уплотнительными поверхностями и позволяет обеспечить герметичность при относительно небольшом усилии затяжки болтов [15, стр. 437].

1 – фланцы, 2 – болт, 3 – прокладка

Рисунок 3.3 – Фланцевое соединение

Конструктивные размеры фланца:

Так как колонна цельносварная считается наибольшее фланцевое соединение, то есть для люка-лаза при следующих значениях:  $D=0,5$  м и  $P=1$  МПа, и максимальной температуре  $t=350$  °С выбираем фланец приварной встык, тип уплотнительной поверхности фланцевого соединения - шип-паз [15, стр. 316]

$$t_{\phi} = 0,96 \cdot t \quad [15, \text{стр.316}](5.2.3.1)$$

$$t_{\phi} = 0,96 \cdot 350 = 336 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\delta} = 0,95 \cdot t \quad [15, \text{стр.317}](5.2.3.2)$$

$$t_{\delta} = 0,95 \cdot 350 = 332,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$[\sigma]_{\delta} = 92 \text{ МПа} [15, \text{стр.313}]$$

Толщина втулки фланца для конструкции приварной встык, принимается исходя из условия [15, стр.318]:

(5.2.3.3)

$$10 \text{ мм} \leq S_o \leq 10,4 \text{ мм}$$

Принимаем  $S_o = 10 \text{ мм}$ .

Толщина  $S_1$  у основания втулки приварного встык фланца [15, стр.319]:

$$, \quad (5.2.3.4)$$

где  $\beta_1$  - коэффициент, принимается по рисунку 1.39 [15, стр.320] и равно  $\beta_1 = 2,1$

$$S_1 = 2,1 \cdot 0,010 = 0,021 \text{ м}$$

Высота втулки фланца [15, стр.321]:

$$, \quad (5.2.3.5)$$

где  $i$  уклон втулки ( ) [15, стр.322].

$$h_v \geq 3 \cdot 0,011 = 0,033 \text{ м}$$

Высота втулки фланца принимаем  $h_v = 0,2$  [15, стр.322] м.

Диаметр болтовой окружности фланцев [15, стр.321]:

$$, \quad (5.2.3.6)$$

где  $u$  - нормативный зазор между гайкой и втулкой ( $u = 4-6 \text{ мм}$ ), принимаем  $u = 4 \text{ мм}$  [15, стр.322]

- наружный диаметр болта, выбираем по таблице 1.40 [15, стр.322]

$$D_{\delta} = 0,5 + 2 \cdot (0,021 + 0,024 + 0,004) = 0,6 \text{ м}$$

Наружный диаметр фланца[15,стр.318]:

$$D_n = D_{фл} + e \quad (5.2.3.7)$$

где  $e$  - конструктивная добавка для размещения гаек по диаметру фланца, принимаем по таблице 1.41[15,стр.322]

$$D_n = 0,6 + 0,04 = 0,64 \text{ м}$$

Наружный диаметр прокладки[15,стр.321]:

$$D_{(н.п.)} = D_n - e \quad (5.2.3.8)$$

где  $e$  – нормативный параметр, зависящий от типа прокладки и принимаемый по таблице 1.41[15,стр.321]

$$D_{(н.п.)} = 0,6 - 0,03 = 0,57 \text{ м}$$

$$D_{(н.п.)} \leq D_{s1} \quad (5.2.3.9)$$

$$D_{s1} \leq D_{б} - d_{б} \quad (5.2.3.10)$$

$$D_{s1} = 0,6 - 0,024 = 0,576 \text{ м}$$

Средний диаметр прокладки[15,стр.319]:

$$D_{(с.п.)} = D_{(н.п.)} + b \quad (5.2.3.11)$$

где  $b$  - ширина прокладки, принимаемая по таблице 1.42[15,стр.322]

$$D_{(с.п.)} = 0,57 - 0,012 = 0,558 \text{ м}$$

Количество болтов, необходимое для обеспечения герметичности соединения[15,стр.321]:

$$n_{б} = \frac{D_{с.п.} - d_{б}}{t_{ш}} \quad (5.2.3.12)$$

где  $t_{ш}$  - рекомендуемый шаг расположения болтов, выбираемый в зависимости от давления по таблице 1.43[15,стр.322]

$$n_{б} = \frac{0,558 - 0,065}{0,084} \quad (5.2.3.13)$$

$$t_{ш} = 0,065 \div 0,084 = 0,08 \text{ м}$$

$$n_{б} = (3,14 \cdot 0,6) / 0,08 = 24$$



Количество болтов, необходимое для обеспечения герметичности соединения принимаем  $n_{\text{б}}=24$  шт.

Высота (толщина) фланца ориентировочно [15, стр.323]:

(5.2.3.14)

где  $\alpha=0,31$  - принимается согласно рисунку 1.40 [15, стр.323]:

- эквивалентная толщина втулки [15, стр.324]:

(5.2.3.15)

$$S_{\text{эк}}=0,010 \cdot [1+(0,04 \cdot 1,1)/(0,04+0,25 \cdot 3,1 \cdot \sqrt{(0,5 \cdot 0,010)})]=0,015 \text{ м}$$

$$h_{\text{ф}}=0,31 \cdot \sqrt{(0,5 \cdot 0,015)}=0,03 \text{ м}$$

Расчетная длина болтов [15, стр.325]:

$$l_{\text{б.р}} = \dots \quad (5.2.3.16)$$

где  $l_{\text{б.г}}$  - расстояние между опорными поверхностями головки болта и гайки (определяется конструктивно);

$$l_{\text{б.г}} = \dots \quad (5.2.3.17)$$

где  $h_{\text{ф}}$  и  $h_{\text{п}}$  - толщина фланца и прокладки соответственно [15, стр.325]:

$$l_{\text{б.о}}=2 \cdot (0,03+0,001)=0,062 \text{ м}$$

$$l_{\text{б}}=0,062+0,28 \cdot 0,024=0,069 \text{ м}$$

Принимаем  $l_{\text{б}}=0,069$  м.

Болтовая нагрузка, необходимая для обеспечения герметичности соединения определяется исходя из схемы нагружения, рисунок 1.41 [10]. Расчет сводится к определению нагрузок для двух различных состояний: при монтаже - и в рабочих условиях - .

Болтовая нагрузка в условиях монтажа [15, стр.325]:

$$F_{\text{б.м}} = \dots \quad (5.2.3.18)$$

где  $F_{\text{вн}}$  - равнодействующая внутреннего давления;

$R_{\text{п}}$  - реакция прокладки

Равнодействующая внутреннего давления [15, стр.326]:

$$F_{\text{вн}} = \dots \quad (5.2.3.19)$$

$$F_{д}=(1,3,14 \cdot [0,558]^2)/4=0,244 \text{ Н}$$

Реакция прокладки [15,стр.329]::

$$, \quad (5.2.3.20)$$

где - коэффициент, зависящий от материала и конструкции прокладки, (таблица 1.44)[44];

- эффективная ширина прокладки[15,стр.329]:.

$$b_0=0,12 \cdot \sqrt{b} \quad (5.2.3.21)$$

$$b_0=0,12 \cdot \sqrt{0,012}=0,013 \text{ м}$$

$$R_{п}=3,14 \cdot 0,558 \cdot 0,013 \cdot 2,5 \cdot 1=0,057 \text{ м}^2 \cdot \text{МПа}$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения[15,стр.330]::

$$, \quad (5.2.3.22)$$

где - линейная податливость болтов;

- угловая податливость фланца;

- линейная податливость прокладки.

Линейная податливость болтов[15,стр.328]::

$$, \quad (5.2.3.23)$$

где - модуль упругости материала болтов;

- расчетная площадь поперечного сечения болта[15,стр.330]:.

$$y_{б}=0,07/(1,86 \cdot [10]^5 \cdot 2,35 \cdot [10]^{(-4) \cdot 24})=6,7 \cdot [10]^{(-5)} \text{ 1/(МН} \cdot \text{м)}$$

Угловая податливость фланца[15,стр.330]::

$$, \quad (5.2.3.24)$$

где , - безразмерные параметры; и - коэффициенты;

E – модуль упругости материала фланца[15,стр.330]:

$$(5.2.3.25)$$

$$(5.2.3.26)$$

$$[\lambda]_{\phi} = 0,04 / \sqrt{(0,5 \cdot 0,015)} = 0,46$$

(5.2.3.27)

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg(0,64/0,5) = 0,14$$

(5.2.3.28)

$$\psi_2 = (0,64 + 0,5) / (0,64 - 0,5) = 8,1$$

$$v = 1 / (1 + 0,9 \cdot 0,46 \cdot (1 + (0,14 \cdot [0,04]^2) / [0,015]^2)) = 0,55$$

$$y_{\phi} = [1 - 0,55 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,46)] \cdot 8,1 / ([0,04]^3 \cdot 1,86 \cdot [10]^5) = 0,15 \text{ 1/(МН·м)}$$

Линейная податливость прокладки [15, стр.333]:

$$, \quad (5.2.3.29)$$

где - коэффициент обжатия прокладки; - толщина прокладки; =2000 МПа - модуль упругости материала прокладки, таблица 1.44 [15, стр.323]:

$$y_{\pi} = (1 \cdot 0,001) / (2000 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,012) = 2,7 \cdot [10]^{(-5)} \text{ 1/(МН·м)}$$

$$K_{\text{ж}} = (5,02 \cdot [10]^{(-5)} + 0,5 \cdot 0,15 \cdot (0,6 - 0,5 - 0,015) \cdot (0,6 - 0,558)) / (2,7 \cdot [10]^{(-5)} + 5,02 \cdot [10]^{(-5)} + 0,5 \cdot [0,15 \cdot (0,6 - 0,558)]^2) = 1,37$$

Болтовая нагрузка в рабочих условиях [15, стр.333]:

(5.2.3.30)

$$F_{\phi 1} = \max \{ (1,37 \cdot 0,244 + 0,057 = 0,39 @ 0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,558 \cdot 0,013 \cdot 1 = 0,011) \} = 0,39 \text{ МН}$$

$$F_{\phi 2} = 0,39 + (1 - 1,37) \cdot 0,244 = 0,29 \text{ МН}$$

Приведенный изгибающий момент [15, стр.334]:

(5.2.3.31)

$$M_o = \max \{ [ (0,5 \cdot (0,6 - 0,558) \cdot 0,39 = 0,008 \text{ МН·м} @ 0,5 [(0,6 - 0,558) \cdot 0,29 + (0,558 - 0,5 - 0,015) \cdot 0,236] \cdot 170/128 = @ = 0,013 \text{ МН·м} ) \} = 0,013 \text{ МН·м}$$

Принимаем max приведенный изгибающий момент  $M_o = 0,013 \text{ МН·м}$

Условие прочности болтов[15,стр.334]::

$$\sigma_{\text{б}} = \frac{P}{S_{\text{б}}} \leq [\sigma_{\text{б}}] \quad (5.2.3.32)$$

$$\sigma_{\text{б}} = \frac{0,39}{24 \cdot 2,35} \cdot [10]^{(-4)} = 69,1 \text{ МПа} \leq 170 \text{ МПа} \quad (5.2.3.33)$$

$$\sigma_{\text{б}} = \frac{0,29}{24 \cdot 2,35} \cdot [10]^{(-4)} = 51,4 \text{ МПа} \leq 96 \text{ МПа}$$

Условие прочности болтов при монтаже фланцевого соединения и его рабочем состоянии выполняется[[15,стр.330]:

Проверка прокладки на прочность[15,стр.334]::

$$\sigma_{\text{п}} = \frac{P}{S_{\text{п}}} \leq [\sigma_{\text{п}}] \quad (5.2.3.34)$$

где  $[\sigma_{\text{п}}] = 35 \text{ МПа}$ - допускаемое давление на прокладку, таблица 1.44[15,стр.324]:

$$\sigma_{\text{п}} = \frac{0,39}{3,14 \cdot 0,558 \cdot 0,012} = 18,5 \text{ МПа} < 35 \text{ МПа}$$

Условие прочности прокладки выполняется[15,стр.324]:

Максимальное напряжение в сечении, ограниченном размером S1:

$$\sigma_{\text{с}} = \frac{P}{S_1} \leq [\sigma_{\text{с}}] \quad (5.2.3.35)$$

где  $\lambda$  - безразмерный параметр определяемый по формуле[15,стр.324]::

$$\lambda = \frac{S_1}{S_0} \quad (5.2.3.36)$$

$$\lambda_{\text{ф}} = \frac{[0,64] \cdot [1 + 8,55 \cdot 0,1] - [0,5]^2}{((0,2625 + 0,772) \cdot 0,26)} = 1,87$$

$$\sigma_{\text{с}} = \frac{1,87 \cdot 0,55 \cdot 0,013}{0,5 \cdot [0,018]^2} = 84 \text{ МПа}$$

Максимальное напряжение в кольце фланца[15,стр.324]::

$$\sigma_{\text{к}} = \frac{P}{S_{\text{к}}} \leq [\sigma_{\text{к}}] \quad (5.2.3.37)$$

$$\sigma_{\text{к}} = \frac{0,013[1 - 0,55(1 + 0,9 \cdot 0,46)] \cdot 8,7}{0,5 \cdot [0,04]^2} = 29,4 \text{ МПа}$$

Условие прочности втулки фланца для сечения, ограниченного размером So[15,стр.324]:

$$\sigma_{\text{т}} = \frac{P}{S_0} \leq [\sigma_{\text{т}}] \quad (5.2.3.38)$$

где  $\sigma_{\text{т}}$  и  $\sigma_{\text{м}}$  - соответственно тангенциальное и меридиональное напряжение во втулке фланца от внутреннего давления;

- допускаемое напряжение для фланца в сечении  $S_0$ [15,стр.335]:,

(5.2.3.39)

$$[\sigma]_0 = 0,002 \cdot 1,86 \cdot [10]^5 = 372 \text{ МПа}$$

- тангенциальное[15,стр.335]:

(5.2.3.40)

$$\sigma_t = (1 \cdot 0,5) / (1 \cdot 0,007) = 71,4 \text{ МПа}$$

- меридиональное[15,стр.335]:

(5.2.3.41)

$$\sigma_m = (1 \cdot 0,5) / (4 \cdot 0,007) = 17,9 \text{ МПа}$$

Отсюда, условие прочности втулки фланца для сечения, ограниченного размером  $S_0$  будет равно[15,стр.335]:

$$\sqrt{((372+17,9)^2 + [71,4]^2 - (372+17,9) \cdot 17,9)} = 387,5 \text{ МПа} < [\varphi[\sigma]]_0$$

$$[\sigma]_0 = 0,003 \cdot E = 0,003 \cdot 1,86 \cdot [10]^5 = 558 \text{ МПа}$$

$$387,5 \text{ МПа} < 0,9 \cdot 558 = 502,2 \text{ МПа}$$

Условие прочности втулки фланца для сечения, ограниченного размером  $S_0$  выполняется[15,стр.336]:

Условие герметичности фланцевого соединения определяется углом поворота фланца[15,стр.337]:

(5.2.3.42)

$$\theta = (29,4 / (1,86 \cdot [10]^5)) \cdot (0,5 / 0,04) = 0,0019 \text{ рад}$$

$$0,0019 \text{ рад} < 0,026 \text{ рад}$$

#### 5.2.4 Расчет на прочность укрепления отверстий

Расчет укрепления отверстия люк-лаза диаметром  $d=500$ мм.

Расчетный диаметр отверстия не требующего укрепления, при наличии избыточной толщины стенки[15,стр.234]

(5.2.4.1)

где  $D_p = D = 1$  м

$$d_0 = 2 \cdot ((0,01 - 0,003) / 0,0016 - 0,8) \sqrt{1,4 \cdot 0,007} = 0,044 \text{ м}$$

Так как расчетный диаметр одиночного отверстия не удовлетворяет условию, а точнее  $0,5 \text{ м} > 0,044 \text{ м}$ , то требуется укрепление отверстия [15, стр.234]

Расчетный диаметр отверстия в стенке обечайки, перехода или днища при наличии штуцера с круглым поперечным сечением, ось которого совпадает с нормалью к поверхности в центре отверстия или кругового отверстия без штуцера определяют по формуле [15, стр.235]:

(5.2.4.2)

$$d_p = 0,5 + 0,006 = 0,506 \text{ м}$$

Расчетные толщины стенок.

Расчетные толщины стенок укрепляемых элементов определяют в соответствии с ГОСТ 14249.

Расчетная толщина стенки штуцера, нагруженного наружным давлением [15, стр.235]

(5.2.4.3)

$$s_2 = (1 \cdot (0,506)) / (2 \cdot 123 \cdot 0,9 - 1) = 0,002 \text{ м}$$

Расчетные длины штуцеров

Расчетные длины внешней и внутренней частей круглого штуцера, участвующие в укреплении отверстий и учитываемые при расчете, определяют по формуле [15, стр.236]

(5.2.4.4)

(5.2.4.5)

$$l_{1p} = 1,25 \cdot \sqrt{0,506 \cdot (0,005)} = 0,063 \text{ м}$$

Расчетная ширина

Ширина зоны укрепления в обечайках, переходах и днищах [15, стр.236]

(5.2.4.6)

$$L_0 = \sqrt{1,4 \cdot 0,005} = 0,071 \text{ м}$$

Расчетная ширина накладного кольца [15, стр.236]

(5.2.4.7)

$$l_{2p} = \sqrt{1,4 \cdot (0,002 + 0,008 - 0,003)} = 0,084 \text{ м}$$

Отношения допускаемых напряжений:  
для накладного кольца [15, стр.236]

; (5.2.4.8)

$$x = \min \{ 1 @ 123 / 170 = 0,7 \} = 0,7$$

Расчетный диаметр отверстия [15, стр.236]

. (5.2.4.9)

$$d_{op} = 0,4 \cdot \sqrt{1,4 \cdot (0,008 - 0,003)} = 0,03 \text{ м}$$

Условие укрепления одиночных отверстий накладным кольцом [15, стр.236]

(5.2.4.10)

$$0,063 \cdot (0,008 - 0,002 - 0,003) \cdot 0,7 + 0,084 \cdot 0,002 + 0,063 \cdot (0,008 - 0,0045 - 0,003) \geq 0,5 \cdot (0,506 - 0,03) \cdot 0,0045$$
$$0,004 \text{ м}^2 \geq 0,001 \text{ м}^2$$

Условие выполняется

Рекомендуемым вариантом укрепления является укрепление с использованием накладного кольца

## 5.3 Механический расчет сепаратора

### 5.3.1 Расчёт цилиндрической обечайки на прочность и устойчивость

Цилиндрическая обечайка - цилиндрическое кольцо либо короткая труба, которые преимущественно получают вальцовкой при толщине листа до 40 мм, гибкой и раскаткой - при большей толщине листа. Для изготовления (чаще всего с использованием сварки) длинномерных труб, котлов, резервуаров, баков и других листовых металлоконструкций[9,стр.135]

#### Рисунок 3.1 – Цилиндрическая обечайка

Нормативное допускаемое напряжение  $[\sigma]=165$  МПа,  $[\sigma]_{20}=170$  МПа[9,стр.206]

Допустимое напряжение при гидравлических испытаниях, МПа, определяем по формуле[9,стр.34]:

$$[\sigma]_{\text{гид}} = \frac{\sigma_{\text{т}}}{1,1} \quad (5.3.1.1)$$

где  $\sigma_{\text{т}}$  - предел текучести материала при 20°C, таблица II[9,стр.207]

$$[\sigma]_{\text{гид}} = 280/1,1 = 254,5 \text{ МПа}$$

Расчетную толщину стенки цилиндрической обечайки  $S_p$ , м, определяем по формуле[9,стр.46]:

$$S_p = \max \left\{ \frac{(P_p \cdot D)}{(2\phi[\sigma]) - P_p} ; \frac{(P_u \cdot D)}{(2\phi[\sigma]_u) - P_u} \right\} \quad (5.3.1.2)$$

где  $P_p$  - расчетное давление

- давление испытания;

- диаметр аппарата;

- коэффициент прочности сварного шва,  $\phi=0,9$  - ручная дуговая электросварка, таблица 1.7[9,стр.26]

Определяется расчетное давление  $P_p$ :



$$P_p = P + P_{\Gamma} \quad (5.3.1.3)$$

Определяется гидростатическое давление  $P_{\Gamma}$  [9, стр.36]:

$$P_{\Gamma} = \rho \cdot g \cdot H \quad (5.3.1.4)$$

Где  $H$  – высота жидкости в аппарате, так как в сепараторе жидкость занимает весь объем, принимаем высоту жидкости  $H = 3,95$  м

$\rho$  – средняя плотность среды, кг/м<sup>3</sup>

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>

$$P_{\Gamma} = 752,6 \cdot 1000 \cdot 9,8 \cdot 3,95 = 0,029 \text{ МПа}$$

$$P_p = 0,06 + 0,029 = 0,089 \text{ МПа}$$

Определяется давление испытания  $P_u$  [9, стр.58]

$$P_u = \max \{ 1,5 \cdot P_p \cdot [\sigma]_{20} / [\sigma]_{@0,2} \} \quad (5.3.1.5)$$

где,  $[\sigma]_{20}$  – допускаемое напряжение для материала сосуда и его элементов,  $[\sigma]_{20} = 170$  МПа [9, стр.206]

$[\sigma]_t$  – допускаемое напряжение для материала сосуда и его элементов при рабочей температуре [9, стр.209].

Максимальная рабочая температура в сосуде равна 60°C, тогда  $[\sigma]_t = 165$  МПа [9, стр.215]

$$P_u = 1,5 \cdot 0,089 \cdot 170 / 165 = 0,14 \text{ МПа}$$

Принимаем давление испытания  $P_u = 0,2$  МПа

$$S_p = \max \{ ((0,097 \cdot 2) / (2 \cdot 0,9 \cdot 165 - 0,097)) = 0,0006 \text{ м} @ (0,2 \cdot 2) / (2 \cdot 0,9 \cdot 254,5 - 0,2) = 0,0008 \text{ м} \} = 0,0008 \text{ м}$$

Исполнительную толщину стенки  $S$ , мм определяем по формуле [9, стр.67]

$$S = S_p \cdot c \quad (5.3.1.6)$$

где  $c$  – прибавка к расчётным толщинам конструктивных элементов: [9, стр.201]

$$c = c_1 + c_2 + c_3 \quad (5.3.1.7)$$

где  $c_1$  – прибавка для компенсации коррозии и эрозии,

$c_2$  – прибавка для компенсации минусового допуска,

$c_3$  – технологическая прибавка.

$$c_1 = \Pi \cdot t_{\text{в}} + c_3 [9, \text{стр. 68}] (5.3.1.8)$$

где  $c_3$  – прибавка для компенсации эрозии,

$\Pi$  – проницаемость среды в материал,  $\Pi = 0,1$  мм/год,

$t_{\text{в}}$  – срок службы аппарата. [8, стр. 99]

Так как скорость движения среды в аппарате менее 20 м/с, прибавкой  $c_3$  можно пренебречь. Тогда [8, стр. 100]:

$$c_1 = \Pi \cdot t_{\text{в}}$$

$$c_1 = 0,1 \cdot 30 = 3 \text{ мм.}$$

Прибавками  $c_2$  и  $c_3$  пренебрегаем, так как их суммарное значение менее 5% номинальной толщины листа. Тогда:

$$c = c_1 = 3 \text{ мм.}$$

$$S = 0,0008 + 0,003 = 0,0038 \text{ м}$$

По стандартному ряду исполнительную толщину стенки принимаем равной:  
 $S = 0,012$  м.

Допускаемое расчетное давление:

$$[P] = (2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (s - c)) / (D + s - c) \quad (5.3.1.8)$$

$$[P] = (2 \cdot 0,9 \cdot 165 \cdot (0,012 - 0,003)) / (2 + 0,012 - 0,003) = 1,33 \text{ МПа}$$

Расчетное давление должно быть меньше допускаемого расчетного давления по условию:

$$P_p < [P]$$

$$0,089 \text{ МПа} < 1,33 \text{ МПа}$$

Расчетное давление меньше допустимого расчетного давления, что удовлетворяет условию [4].

Допускаемое давление при испытаниях [9, стр. 78]:

$$(5.3.1.9)$$

$$[P]_u = (2 \cdot 0,9 \cdot 254,5 \cdot (0,012 - 0,003)) / (2 + 0,012 - 0,003) = 2,05 \text{ МПа}$$

Давление испытания должно быть меньше допустимого давления испытания по условию [9, стр. 76]:

$$(5.3.1.10)$$

0,2 МПа < 2,05 МПа

Давление испытания меньше допускаемого давления при испытаниях, что удовлетворяет условию [9, стр. 80]

Проверка обечайки по условию устойчивости

$$P/[P] + F/[F] + M/[M] + \leq 1 \quad (5.3.1.11)$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие рассчитывается по формуле [9, стр. 80]:

$$(5.3.1.12)$$

$$[F]_{\sigma} = 3,14 \cdot (2 + 0,012 - 0,003) \cdot (0,012 - 0,003) \cdot 165 = 9,368 \text{ МН}$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие из условия устойчивости в пределах упругости [9, стр. 80]:

$$(5.3.1.13)$$

$$F_E = (310 \cdot [10]^{-6} \cdot 1,86 \cdot [10]^5) / 2,4 \\ 2^2 \cdot ((100 \cdot 0,009) / 2)^2 \cdot \sqrt{((100 \cdot 0,009) / 2)} = 13,05 \text{ МН}$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие из условия прочности и из условия устойчивости в пределах упругости МПа, рассчитывается [9, стр. 80]

$$(5.3.1.14)$$

$$[F] = 9,368 / \sqrt{1 + (9,368 / 13,05)^2} = 7,61 \text{ МН}$$

$$F = G_{\max}$$

где - максимальный вес аппарата с жидкостью в пересчете на Ньютоны [8, стр. 4];

$$G_{\max} = (m_a + m_{\text{ж}}) g \quad (5.3.1.15)$$

Масса корпуса без учета массы оборудования [8, стр. 16]

$$m_k = \rho \cdot [4V(k_s + c/D) + 1,43D^2(k_s \cdot D + c)] \quad (5.3.1.16)$$

$$k_s = P_p / ((2\phi[\sigma] - P_p)) \quad (5.3.1.17)$$

$$k_s = 0,089 / ((2 \cdot 0,9 \cdot 165 - 0,089)) = 0,00003$$

Объем аппарата

$$V=(L\pi D^2)/4+(\pi D^3)/12 \quad (5.3.1.18)$$

$$V=(5,1\cdot 3,14\cdot 2^2)/4+(3,14\cdot 2^3)/12=18,1 \text{ м}^3$$

$$m_k=7850\cdot [4\cdot 18,1\cdot (0,00003+0,003/2)+1,43 \cdot 2^2 (0,00003\cdot 2+0,003)]=998,2 \text{ кг}$$

С учетом всего оборудования аппарата, общую массу аппарата, принимаем:  $m_a=4500$  кг.

Максимальная масса жидкости в аппарате  $m_{ж}$  [8,стр.66]:

$$m_{ж}=(\pi\cdot D^2)/4\cdot H\cdot \rho \quad (5.3.1.19)$$

где  $H$ -высота жидкости в аппарате, так как в колонне жидкость занимает не весь объем, принимаем высоту жидкости  $H=29$  м.;

- плотность жидкости в аппарате [15,стр.135].

$$m_{ж}=(3,14\cdot 2^2)/4\cdot 5,1\cdot 880=14092,32 \text{ кг.}$$

$$G_{max}=(4500+14092,32)\cdot 9,8=182204,74 \text{ Н}=0,182 \text{ МН}$$

Расчет изгибающего и допускаемого изгибающего момента

Изгибающий момент

, [14,стр.135].

где  $M_v$  – суммарный ветровой момент

Суммарный ветровой момент равен [15,стр.135]:

$$M_V=\sum [P_i\cdot h_i]$$

где равнодействующая сил ветрового напора на каждом участке [15,стр.135]:

$$P_i=\beta\cdot c\cdot q\cdot D_{нар}\cdot H_i$$

где:  $c$  – коэффициент аэродинамичности, принимаем  $c=0,6$

$q$  – значение ветрового напора, для II географического района  
 $q=35 \times [10]^{(-5)}$  [15,стр.349]

$H_i$  – высота  $i$ -го участка, м.

Коэффициент увеличения скоростного напора [15,стр.259]:

$$P_i=2,03\cdot 0,6\cdot 350\cdot 2,04\cdot 1,2=0,001043 \text{ МН}$$

$$P_i = 2.03 \cdot 0,6 \cdot 350 \cdot 2,04 \cdot 0,85 = 0,000739 \text{ МН}$$

$$P_i = 2.03 \cdot 0,6 \cdot 350 \cdot 2,04 \cdot 3,05 = 0,002652 \text{ МН}$$

$$M_B = (0,0001043 \cdot 1.2) + (0,0000739 \cdot 0,85) + (0,0002652 \cdot 3.05) = 0,001 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Допускаемый изгибающий момент из условия прочности [9, стр.66]:

$$[M]_{\sigma} = 0,25 \cdot D \cdot [F] \quad (5.3.1.20)$$

$$[M]_{\sigma} = 0,25 \cdot 2 \cdot 9,368 = 4,7 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Допускаемый изгибающий момент из условия устойчивости в пределах упругости [9, стр.66]:

$$[M]_E = D/3,5 \cdot [F] \quad (5.3.1.21)$$

$$[M]_E = 2/3,5 \cdot 13,05 = 7,71 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Допускаемый изгибающий момент из условия прочности и из условия устойчивости в пределах упругости рассчитывается [9, стр.67]:

$$[M] = [M]_{\sigma} / \sqrt{1 + ([M]_{\sigma} / [M]_E)^2} \quad (5.3.1.22)$$

$$[M] = 4,7 / \sqrt{1 + (4,7/7,71)^2} = 4,01 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Для данной цилиндрической обечайки с такими нагрузками условие устойчивости примет вид [9, стр.67]:

$$F/[F] + M/[M] \leq 1 \quad (5.3.1.23)$$

$$0,182/7,61 + 0,01/4,01 = 0,24 \leq 1$$

Условие устойчивости выполняется

### 5.3.2 Расчёт толщины конической обечайки

Расчетную толщину стенки, м рассчитываем по формуле [9, стр.20]:

$S_{np} = \max \left\{ \sqrt{\frac{K \cdot K_o \cdot D_p \cdot P_p}{\phi \cdot [\sigma]}}, \sqrt{\frac{K \cdot K_o \cdot D_p \cdot P_u}{\phi \cdot [\sigma]_u}} \right\}$   
 где:  $D_p$  – расчётный диаметр плоского днища (крышки),

$$D_p = D = 2 \text{ м. [9, стр. 21]}$$

$\phi$  – коэффициент прочности сварных швов,  $\phi = 0,8$  [9, стр. 13]

$K$  – коэффициент, учитывающий тип закрепления днища (крышки),

$$K = 0,45 \text{ [9, стр. 21]}$$

$K_o$  – коэффициент ослабления, который определяется в зависимости от характера расположения отверстий в днище (крышке).

Так как в днище нет отверстий, значение  $K_o = 1$ .

$$S_{np} = \max \left\{ \sqrt{\frac{0,45 \cdot 1 \cdot 2 \cdot \sqrt{0,089 / (0,8 \cdot 165)}}{0,8}}, \sqrt{\frac{0,45 \cdot 1 \cdot 2 \cdot \sqrt{0,2 / (0,8 \cdot 254,5)}}{0,8}} \right\} = 0,027 \text{ м}$$

Исполнительную толщину стенки  $S$ , мм определяем по формуле [9, стр. 67]

$$S = S_{np} + c \quad (5.3.2.2)$$

где  $c$  – прибавка к расчётным толщинам конструктивных элементов: [9, стр. 201]

$$c = c_1 + c_2 + c_3 \quad (5.3.2.3)$$

где  $c_1$  – прибавка для компенсации коррозии и эрозии,

$c_2$  – прибавка для компенсации минусового допуска,

$c_3$  – технологическая прибавка.

$$c_1 = \Pi \cdot t_v + c_э \text{ [9, стр. 68] (5.3.2.4)}$$

где  $c_э$  – прибавка для компенсации эрозии,

$\Pi$  – проницаемость среды в материал,  $\Pi = 0,1$  мм/год,

$t_v$  – срок службы аппарата. [8, стр. 99]

Так как скорость движения среды в аппарате менее 20 м/с, прибавкой  $c_э$  можно пренебречь. Тогда [8, стр. 100]:

$$c_1 = \Pi \cdot t_v$$

$$c_1 = 0,1 \cdot 30 = 3 \text{ мм.}$$

Прибавками  $c_2$  и  $c_3$  пренебрегаем, так как их суммарное значение менее 5% номинальной толщины листа. Тогда:

$$c = c_1 = 3 \text{ мм.}$$

$$S_n = 0,027 + 0,003 = 0,03 \text{ м}$$

Принимаем конструктивно S равным 0,03 м [16, стр. 316]

Допускаемое расчетное давление:

$$[P] = ((S_n - c) / (K \cdot K_o \cdot D_p))^2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \quad (5.3.2.5)$$

$$[P] = ((0,03 - 0,003) / (0,45 \cdot 1,2))^2 \cdot 165 \cdot 0,8 = 0,119 \text{ МПа}$$

$$P < [P] \quad (2.8.4)$$

$$0,089 \text{ МПа} < 0,119 \text{ МПа}$$

Расчетное давление меньше допускаемого расчетного давления, что удовлетворяет условию.

Допускаемое давление при испытаниях [16, стр. 317]:

$$[P]_u = ((S_n - c) / (K \cdot K_o \cdot D_p))^2 \cdot [\sigma]_u \cdot \varphi \quad (5.3.2.6)$$

$$[P]_u = ((0,03 - 0,003) / (0,45 \cdot 1,2))^2 \cdot 254,5 \cdot 0,8 = 0,183 \text{ МПа}$$

$$[16, \text{стр. 316}] \quad (5.3.2.7)$$

$$0,14 \text{ МПа} < 0,183 \text{ МПа}$$

Давление испытания меньше допускаемого давления при испытаниях, что удовлетворяет условию.

### 5.3.3 Расчет толщины плоской крышки (днища)

Расчетную толщину стенки, м рассчитываем по формуле [9, стр. 20]:

$$S_{np} = \max \left\{ \sqrt{\frac{K \cdot K_o \cdot D_p \cdot P_p}{\varphi \cdot [\sigma]}}, \sqrt{\frac{K \cdot K_o \cdot D_p \cdot P_u}{\varphi \cdot [\sigma]_u}} \right\}$$

где:  $D_p$  – расчетный диаметр плоского днища (крышки),

$$D_p = D = 2 \text{ м. [9, стр. 21]}$$

$\varphi$  – коэффициент прочности сварных швов,  $\varphi = 0,8$  [9, стр. 13]

$K$  – коэффициент, учитывающий тип закрепления днища (крышки),

$$K = 0,45 [9, \text{стр. 21}]$$

$K_o$  – коэффициент ослабления, который определяется в зависимости от характера расположения отверстий в днище (крышке).

Так как в днище нет отверстий, значение  $K_o = 1$ .

$$S_p = \max \left\{ \sqrt{\frac{0,45 \cdot 1 \cdot 1,4 \sqrt{(0,089 / (0,8 \cdot 165))} = 0,016}{0,45 \cdot 1 \cdot 1,4 \sqrt{(0,2 / (0,8 \cdot 254,5))} = 0,017}} \right\} = 0,017 \text{ м}$$

Исполнительную толщину стенки  $S$ , мм определяем по формуле [9, стр. 67]

$$S = S_p + c \quad (5.3.3.2)$$

где  $c$  – прибавка к расчётным толщинам конструктивных элементов: [9, стр. 201]

$$c = c_1 + c_2 + c_3 \quad (5.3.3.3)$$

где  $c_1$  – прибавка для компенсации коррозии и эрозии,

$c_2$  – прибавка для компенсации минусового допуска,

$c_3$  – технологическая прибавка.

$$c_1 = \Pi \cdot t_{\text{в}} + c_3 \quad [9, \text{стр. 68}] \quad (5.3.3.4)$$

где  $c_3$  – прибавка для компенсации эрозии,

$\Pi$  – проницаемость среды в материал,  $\Pi = 0,1$  мм/год,

$t_{\text{в}}$  – срок службы аппарата. [8, стр. 99]

Так как скорость движения среды в аппарате менее 20 м/с, прибавкой  $c_3$  можно пренебречь. Тогда [8, стр. 100]:

$$c_1 = \Pi \cdot t_{\text{в}}$$

$$c_1 = 0,1 \cdot 30 = 3 \text{ мм.}$$

Прибавками  $c_2$  и  $c_3$  пренебрегаем, так как их суммарное значение менее 5% номинальной толщины листа. Тогда:

$$c = c_1 = 3 \text{ мм.}$$

$$S_n = 0,017 + 0,003 = 0,02 \text{ м}$$

Принимаем конструктивно  $S$  равным 0,02 м [16, стр. 316]

Допускаемое расчетное давление:

$$[P] = \frac{(S_n - c)}{K \cdot K_o \cdot D_p} \cdot [\sigma] \cdot \phi \quad (5.3.3.5)$$

$$[P] = \frac{(0,02 - 0,003)}{(0,45 \cdot 1 \cdot 1,4)} \cdot 165 \cdot 0,8 = 0,096 \text{ МПа}$$

$$P < [P] \quad (5.3.3.6)$$

$$0,089 \text{ МПа} < 0,096 \text{ МПа}$$



Расчетное давление меньше допускаемого расчетного давления, что удовлетворяет условию.

Допускаемое давление при испытаниях [16, стр. 317]:

$$[P]_u = ((S_n - c) / (K \cdot K_o \cdot D_p))^2 \cdot [\sigma]_u \cdot \varphi \quad (5.3.3.7)$$

$$[P]_u = ((0,02 - 0,003) / (0,45 \cdot 1 \cdot 1,4))^2 \cdot 254,5 \cdot 0,8 = 0,183 \text{ МПа}$$

$$[16, \text{стр. 316}] \quad (5.3.3.8)$$

$$0,14 \text{ МПа} < 0,148 \text{ МПа}$$

Давление испытания меньше допускаемого давления при испытаниях, что удовлетворяет условию.

### Расчёт конической обечайки на прочность

Расчетную толщину стенки, м рассчитываем по формуле [10, стр. 43]:

$$S_p = \max \left\{ \left( \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P_p} \right) \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \mid \left( \frac{P_u \cdot D}{2 \cdot [\sigma]_u \cdot \varphi - P_p} \right) \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \right\}$$

где:  $\varphi$  - коэффициент прочности сварных швов,  $\varphi = 0,8$  [9, стр. 13]

$D$  - расчетный диаметр конуса

$\alpha$  - угол при вершине конуса

$$S_p = \max \left\{ \left( \frac{0,089 \cdot 2}{2 \cdot 165 \cdot 0,8 - 0,089} \right) \cdot \frac{1}{\cos 15^\circ} = 0,0007 \mid \left( \frac{0,2 \cdot 2}{2 \cdot 254,5 \cdot 0,8 - 0,2} \right) \cdot \frac{1}{\cos 15^\circ} = 0,001 \right\} = 0,001 \text{ м}$$

Исполнительную толщину стенки  $S$ , мм определяем по формуле [9, стр. 67]

$$S = S_p + c \quad (5.3.3.9)$$

где  $c$  - прибавка к расчетным толщинам конструктивных элементов: [9, стр. 201]

$$c = c_1 + c_2 + c_3 \quad (5.3.3.10)$$

где  $c_1$  - прибавка для компенсации коррозии и эрозии,

$c_2$  - прибавка для компенсации минусового допуска,

$c_3$  - технологическая прибавка.

$$c_1 = \pi \cdot t_v + c_3 \quad [9, \text{стр. 68}] \quad (5.3.3.11)$$

где  $c_э$  – прибавка для компенсации эрозии,  
 $\Pi$  – проницаемость среды в материал,  $\Pi=0,1$  мм/год,  
 $T_в$  – срок службы аппарата. [8, стр.99]  
 Так как скорость движения среды в аппарате менее 20 м/с, прибавкой  $c_э$  можно пренебречь. Тогда [8, стр.100]:

$$c_1 = \Pi \cdot T_в$$

$$c_1 = 0,1 \cdot 30 = 3 \text{ мм.}$$

Прибавками  $c_2$  и  $c_3$  пренебрегаем, так как их суммарное значение менее 5% номинальной толщины листа. Тогда:

$$c = c_1 = 3 \text{ мм.}$$

$$S = 0,001 + 0,003 = 0,004 \text{ м}$$

Принимаем конструктивно  $S$  равным 0,012 м [16, стр.316], так же, как для цилиндрической обечайки.

Допускаемое расчетное давление:

$$[P] = (2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - (S - c)) / (D / \cos^2 \alpha \cdot [\alpha + (S - c)])$$

$$[P] = (2 \cdot 165 \cdot 0,8 - (0,012 - 0,003)) / (2 / \cos^2 15^\circ \cdot [15 + (0,012 - 0,003)]) = 128,7 \text{ МПа}$$

$$0,089 \text{ МПа} < 128,7 \text{ МПа}$$

Расчетное давление меньше допускаемого расчетного давления, что удовлетворяет условию.

Допускаемое давление при испытаниях [16, стр.317]:

$$[P]_у = (2 \cdot [\sigma]_у \cdot \varphi - (S - c)) / (D / \cos^2 \alpha \cdot [\alpha + (S - c)])$$

$$[P]_у = (2 \cdot 254,5 \cdot 0,8 - (0,012 - 0,003)) / (2 / \cos^2 15^\circ \cdot [15 + (0,012 - 0,003)]) = 160,2 \text{ МПа}$$

$$[16, \text{стр.316}] \quad (5.3.3.12)$$

$$0,2 \text{ МПа} < 160,2 \text{ МПа}$$

Давление испытания меньше допускаемого давления при испытаниях, что удовлетворяет условию.

#### 5.3.4 Расчет фланцевых соединений

Фланцевые соединения – наиболее широко применяемый вид разъемных соединений в химическом машиностроении, обеспечивающий герметичность и прочность конструкций, а также простоту изготовления, разборки и сборки. Соединение состоит из двух фланцев, болтов и прокладки, которая устанавливается между уплотнительными поверхностями и позволяет обеспечить герметичность при относительно небольшом усилии затяжки болтов[15,стр.437].

1 – фланцы, 2 – болт, 3 – прокладка

Рисунок 3.3 – Фланцевое соединение

Конструктивные размеры фланца:

Так как колонна цельносварная считается наибольшее фланцевое соединение, то есть для люка-лаза при следующих значениях:  $D=0,5$  м и  $P=1$  МПа, и максимальной температуре  $t=350$  °Свыбираем фланец приварной встык, тип уплотнительной поверхности фланцевого соединения - шип-паз[15,стр.316]

$$t_{\text{ф}}=0,96 \cdot t \quad [15, \text{стр.316}](5.3.4.1)$$

$$t_{\text{ф}}=0,96 \cdot 350=336 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{б}}=0,95 \cdot t \quad [15, \text{стр.317}](5.3.4.2)$$

$$t_{\text{б}}=0,95 \cdot 350=332,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$[\sigma]_{\text{б}}=92 \text{ Мпа} [15, \text{стр.313}]$$

Толщина втулки фланца для конструкции приварной встык, принимается исходя из условия[15,стр.318]:

(5.3.4.3)

$$10 \text{ мм} \leq S_{\text{о}} \leq 10,4 \text{ мм}$$

Принимаем  $S_{\text{о}}=10$  мм.

Толщина  $S_1$  у основания втулки приварного встык фланца[15,стр.319]:

, (5.3.4.4)

где  $\beta$  - коэффициент, принимается по рисунку 1.39[15,стр.320]и равно  $\beta_1=2,1$

$$S_1 = 2,1 \cdot 0,010 = 0,021 \text{ м}$$

Высота втулки фланца [15, стр.321]:

$$, \quad (5.3.4.5)$$

где  $i$  – уклон втулки ( ) [15, стр.322].

$$h_v \geq 3 \cdot 0,011 = 0,033 \text{ м}$$

Высота втулки фланца принимаем  $h_v = 0,2$  [15, стр.322] м.

Диаметр болтовой окружности фланцев [15, стр.321]:

$$, \quad (5.3.4.6)$$

где  $u$  – нормативный зазор между гайкой и втулкой ( $u = 4-6$  мм), принимаем  $u = 4$  мм [15, стр.322]

- наружный диаметр болта, выбираем по таблице 1.40 [15, стр.322]

$$D_b = 0,5 + 2 \cdot (0,021 + 0,024 + 0,004) = 0,6 \text{ м}$$

Наружный диаметр фланца [15, стр.318]:

$$, \quad (5.3.4.7)$$

где  $\delta$  – конструктивная добавка для размещения гаек по диаметру фланца, принимаем по таблице 1.41 [15, стр.322]

$$D_n = 0,6 + 0,04 = 0,64 \text{ м}$$

Наружный диаметр прокладки [15, стр.321]:

$$, \quad (5.3.4.8)$$

где  $e$  – нормативный параметр, зависящий от типа прокладки и принимаемый по таблице 1.41 [15, стр.321]

$$D_{(н.п.)} = 0,6 - 0,03 = 0,57 \text{ м}$$

$$D_{(н.п.)} \leq D_{s1} \quad (5.3.4.9)$$

$$D_{s1} \leq D_b - d_b \quad (5.3.4.10)$$

$$D_{s1} = 0,6 - 0,024 = 0,576 \text{ м}$$

Средний диаметр прокладки[15,стр.319]:

$$, \quad (5.3.4.11)$$

где - ширина прокладки, принимаемая по таблице 1.42[15,стр.322]

$$D_{(с.п.)}=0,57-0,012=0,558 \text{ м}$$

Количество болтов, необходимое для обеспечения герметичности соединения[15,стр.321]:

$$, \quad (5.3.4.12)$$

где - рекомендуемый шаг расположения болтов, выбираемый в зависимости от давления по таблице 1.43[15,стр.322]

$$(5.3.4.13)$$

$$t_{ш}=0,065 \div 0,084=0,08 \text{ м}$$

$$n_{б}=(3,14 \cdot 0,6) / 0,08=24$$

Количество болтов, необходимое для обеспечения герметичности соединения принимаем  $n_{б}=24$  шт.

Высота (толщина) фланца ориентировочно[15,стр.323]:

$$(5.3.4.14)$$

где  $=0,31$ - принимается согласно рисунку 1.40[15,стр.323]:  
- эквивалентная толщина втулки[15,стр.324]:;

$$(5.3.4.15)$$

$$S_{эк}=0,010 \cdot [1+(0,04 \cdot 1,1) / (0,04+0,25 \cdot 3,1 \cdot \sqrt{(0,5 \cdot 0,010)})]=0,015 \text{ м}$$

$$h_{ф}=0,31 \cdot \sqrt{(0,5 \cdot 0,015)}=0,03 \text{ м}$$

Расчетная длина болтов[15,стр.325]::

$$, \quad (5.3.4.16)$$

где - расстояние между опорными поверхностями головки болта и гайки (определяется конструктивно);

$$, \quad (5.3.4.17)$$

где  $l$  и  $l_0$  - толщина фланца и прокладки соответственно [15, стр.325]:

$$l_{(б.о)} = 2 \cdot (0,03 + 0,001) = 0,062 \text{ м}$$

$$l_{\text{б}} = 0,062 + 0,28 \cdot 0,024 = 0,069 \text{ м}$$

Принимаем .

Болтовая нагрузка, необходимая для обеспечения герметичности соединения определяется исходя из схемы нагружения, рисунок 1.41 [10]. Расчет сводится к определению нагрузок для двух различных состояний: при монтаже - и в рабочих условиях - .

Болтовая нагрузка в условиях монтажа [15, стр.325]:

$$F_{\text{д}} = \frac{3,14 \cdot d^2 \cdot \sigma_{\text{д}}}{4} \quad (5.3.4.18)$$

где  $F_{\text{д}}$  - равнодействующая внутреннего давления;

$\sigma_{\text{д}}$  - реакция прокладки

Равнодействующая внутреннего давления [15, стр.326]:

$$F_{\text{д}} = \frac{3,14 \cdot d^2 \cdot p}{4} \quad (5.3.4.19)$$

$$F_{\text{д}} = (1 \cdot 3,14 \cdot [0,558]^2) / 4 = 0,244 \text{ Н}$$

Реакция прокладки [15, стр.329]:

$$R_{\text{п}} = \frac{F_{\text{д}}}{b_0} \quad (5.3.4.20)$$

где  $R_{\text{п}}$  - коэффициент, зависящий от материала и конструкции прокладки, (таблица 1.44) [44];

$b_0$  - эффективная ширина прокладки [15, стр.329]:

$$b_0 = 0,12 \cdot \sqrt{b} \quad (3.54)$$

$$b_0 = 0,12 \cdot \sqrt{0,012} = 0,013 \text{ м}$$

$$R_{\text{п}} = 3,14 \cdot 0,558 \cdot 0,013 \cdot 2,5 \cdot 1 = 0,057 \text{ м}^2 \cdot \text{МПа}$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения [15, стр.330]:

$$K_{\text{ф}} = \frac{R_{\text{п}}}{l_{\text{б}}} \quad (5.3.4.21)$$

где  $K_{\text{ф}}$  - линейная податливость болтов;

$l_{\text{б}}$  - угловая податливость фланца;

$l_{\text{п}}$  - линейная податливость прокладки.

Линейная податливость болтов[15,стр.328]::

$$y_b = \frac{F}{E \cdot S} \quad (5.3.4.22)$$

где  $E$  - модуль упругости материала болтов;  
- расчетная площадь поперечного сечения болта[15,стр.330]:.

$$y_b = 0,07 / (1,86 \cdot [10]^5 \cdot 2,35 \cdot [10]^{-4} \cdot 24) = 6,7 \cdot [10]^{-5} \text{ 1/(МН}\cdot\text{м)}$$

Угловая податливость фланца[15,стр.330]::

$$y_{\phi} = \frac{F \cdot \lambda_{\phi}}{E} \quad (5.3.4.23)$$

где  $\lambda_{\phi}$ ,  $\psi_1$  - безразмерные параметры;  $\psi_2$  и  $v$  - коэффициенты;  
 $E$  – модуль упругости материала фланца[15,стр.330]:

$$\lambda_{\phi} = \frac{0,04}{\sqrt{0,5 \cdot 0,015}} = 0,46 \quad (5.3.4.24)$$

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg(0,64/0,5) = 0,14 \quad (5.3.4.25)$$

$$\lambda_{\phi} = 0,04 / \sqrt{0,5 \cdot 0,015} = 0,46$$

$$\psi_2 = \frac{0,64 + 0,5}{0,64 - 0,5} = 8,1 \quad (5.3.4.26)$$

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg(0,64/0,5) = 0,14$$

$$\psi_2 = \frac{0,64 + 0,5}{0,64 - 0,5} = 8,1 \quad (5.3.4.27)$$

$$\psi_2 = (0,64 + 0,5) / (0,64 - 0,5) = 8,1$$

$$v = 1 / (1 + 0,9 \cdot 0,46 \cdot (1 + (0,14 \cdot [0,04]^2) / [0,015]^2)) = 0,55$$

$$y_{\phi} = [1 - 0,55 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,46)] \cdot 8,1 / ([0,04]^3 \cdot 1,86 \cdot [10]^5) = 0,15 \text{ 1/(МН}\cdot\text{м)}$$

Линейная податливость прокладки[15,стр.333]::

$$y_p = \frac{F}{K_{ж}} \quad (5.3.4.28)$$

где  $K_{ж}$  - коэффициент обжатия прокладки;  $t$  - толщина прокладки;  $E = 2000$  МПа - модуль упругости материала прокладки, таблица 1.44[15,стр.323]:

$$y_p = (1 \cdot 0,001) / (2000 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,012) = 2,7 \cdot [10]^{-5} \text{ 1/(МН}\cdot\text{м)}$$

$$K_{ж} = (5,02 \cdot [10]^{-5} + 0,5 \cdot 0,15 \cdot (0,6 - 0,5 - 0,015) \cdot (0,6 - 0,558)) / (2,7 \cdot [10]^{-5})$$

$$5)+5,02 \cdot [10]^{(-5)}+0,5 \cdot [0,15 \cdot (0,6-0,558)]^2)=1,37$$

Болтовая нагрузка в рабочих условиях[15,стр.333]:

(5.3.4.29)

$$F_{b1}=\max\{1,37 \cdot 0,244+0,057=0,39 @ 0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,558 \cdot 0,013 \cdot 1=0,011\}=0,39 \text{ МН}$$

$$F_{b2}=0,39+(1-1,37) \cdot 0,244=0,29 \text{ МН}$$

Приведенный изгибающий момент[15,стр.334]:

(5.3.4.30)

$$M_o=\max\{0,5 \cdot (0,6-0,558) \cdot 0,39=0,008 \text{ МН} \cdot \text{м} @ 0,5[(0,6-0,558) \cdot 0,29+(0,558-0,5-0,015) \cdot 0,236] \cdot 170/128=@0,013 \text{ МН} \cdot \text{м}\}=0,013 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Принимаем max приведенный изгибающий момент  $M_o=0,013 \text{ МН} \cdot \text{м}$

Условие прочности болтов[15,стр.334]:

$$0,39/(24 \cdot 2,35 \cdot [10]^{(-4)})=69,1 \text{ МПа} \leq 170 \text{ МПа}$$

(5.3.4.31)

$$0,29/(24 \cdot 2,35 \cdot [10]^{(-4)})=51,4 \text{ МПа} \leq 96 \text{ МПа}$$

(5.3.4.32)

$$0,29/(24 \cdot 2,35 \cdot [10]^{(-4)})=51,4 \text{ МПа} \leq 96 \text{ МПа}$$

Условие прочности болтов при монтаже фланцевого соединения и его рабочем состоянии выполняется[[15,стр.330]:

Проверка прокладки на прочность[15,стр.334]:

$$0,39/(3,14 \cdot 0,558 \cdot 0,012)=18,5 \text{ МПа} < 35 \text{ МПа}$$

(5.3.4.33)

где  $\sigma=35 \text{ МПа}$ - допусаемое давление на прокладку, таблица 1.44[15,стр.324]:

$$0,39/(3,14 \cdot 0,558 \cdot 0,012)=18,5 \text{ МПа} < 35 \text{ МПа}$$

Условие прочности прокладки выполняется[15,стр.324]:

Максимальное напряжение в сечении, ограниченном размером S1:

$$0,39/(3,14 \cdot 0,558 \cdot 0,012)=18,5 \text{ МПа} < 35 \text{ МПа}$$

(5.3.4.34)



где - безразмерный параметр определяемый по формуле[15,стр.324]:

(5.3.4.35)

$$T_{\phi} = ( [0,64] ^2 [1+8,55 \cdot 0,1] - [0,5] ^2 ) / ((0,2625 + 0,772) \cdot 0,26) = 1,87$$

$$\sigma_o = (1,87 \cdot 0,55 \cdot 0,013) / (0,5 \cdot [0,018] ^2 ) = 84 \text{ МПа}$$

Максимальное напряжение в кольце фланца[15,стр.324]:

(5.3.4.36)

$$\sigma_k = (0,013 [1 - 0,55(1 + 0,9 \cdot 0,46)] \cdot 8,7) / (0,5 \cdot [0,04] ^2 ) = 29,4 \text{ МПа}$$

Условие прочности втулки фланца для сечения, ограниченного размером  $S_o$ [15,стр.324]:

, (5.3.4.37)

где и - соответственно тангенциальное и меридиональное напряжение во втулке фланца от внутреннего давления;

- допускаемое напряжение для фланца в сечении  $S_o$ [15,стр.335]:,

(5.3.4.38)

$$[\sigma]_0 = 0,002 \cdot 1,86 \cdot [10] ^5 = 372 \text{ МПа}$$

- тангенциальное[15,стр.335]:

(5.3.4.39)

$$\sigma_t = (1 \cdot 0,5) / (1 \cdot 0,007) = 71,4 \text{ МПа}$$

- меридиональное[15,стр.335]:

(5.3.4.40)

$$\sigma_m = (1 \cdot 0,5) / (4 \cdot 0,007) = 17,9 \text{ МПа}$$

Отсюда, условие прочности втулки фланца для сечения, ограниченного размером  $S_o$  будет равно[15,стр.335]:

$$\sqrt{((372 + 17,9)^2 + [71,4] ^2 - (372 + 17,9) \cdot 17,9)} = 387,5 \text{ МПа} < [\phi[\sigma]]_0$$

$$[\sigma]_0 = 0,003 \cdot E = 0,003 \cdot 1,86 \cdot [10] ^5 = 558 \text{ МПа}$$

$$387,5 \text{ МПа} < 0,9 \cdot 588 = 502,2 \text{ МПа}$$

Условие прочности втулки фланца для сечения, ограниченного размером S выполняется [15, стр.336]:

Условие герметичности фланцевого соединения определяется углом поворота фланца [15, стр.337]:

(5.3.4.41)

$$\theta = (29,4 / (1,86 \cdot [10]^5)) \cdot (0,5 / 0,04) = 0,0019 \text{ рад}$$

$$0,0019 \text{ рад} < 0,026 \text{ рад}$$

### 5.3.5 Расчет укреплений отверстий

Расчет укрепления отверстия люк-лаза диаметром  $d=500\text{мм}$ .

Расчетный диаметр отверстия не требующего укрепления, при наличии избыточной толщины стенки [15, стр.234]

$$d_0 = 2 \cdot ((0,012 - 0,003) / (0,0008 - 0,8)) \sqrt{2 \cdot 0,009} = 2,8 \text{ м} \quad (5.3.5.1)$$

где  $D_p = D = 2 \text{ м}$

$$d_0 = 2 \cdot ((0,012 - 0,003) / (0,0008 - 0,8)) \sqrt{2 \cdot 0,009} = 2,8 \text{ м}$$

Так как расчетный диаметр одиночного отверстия удовлетворяет условию  $d_0 > 0,5 \text{ м}$ , а точнее  $0,5 \text{ м} < 2,8 \text{ м}$ , то укрепление отверстия не требуется [15, стр.234]

### 5.3.6 Расчет опоры

Установка сепаратора осуществляется непосредственно на фундамент. Так как на сепаратор монтируется вертикальный аппарат с эллиптическим днищем(колонна), мы рассчитаем его как конкретную опору с наружными стойками под болты[15,стр.148]

Рисунок 3.5– Опора для цилиндрического аппарата с эллиптическим днищем

Проверим обечайку на прочность от напряжения сжатия[15,стр.148]:

$$\sigma = \frac{0,31}{(3,14 \cdot (2+0,01) - 0,5) \cdot (0,01 - 0,003)} = 7,62 \text{ МПа} \leq 110,7 \text{ МПа}$$

$$\sigma = 0,31 / ((3,14 \cdot (2+0,01) - 0,5) \cdot (0,01 - 0,003)) = 7,62 \text{ МПа} \leq 110,7 \text{ МПа}$$

Обечайка прошла проверку на прочность от напряжения сжатия и удовлетворяет условию[15,стр.148]

Проверим устойчивость формы цилиндрической опоры аппарата по формуле:

$$(5.3.6.2)$$

$$7,62 / 110,7 = 0,07 < 1$$

Форма цилиндрической опоры аппарата прошла проверку и удовлетворяет условиям устойчивости[15,стр.149]

Проверяем прочность сварного шва, соединяющего опорную обечайку с корпусом аппарата:

$$(5.3.6.3)$$

$$\sigma_{\text{max}} = 0,31 / (0,95 \cdot 3,14 \cdot (2+0,01) \cdot (0,01 - 0,003)) = 7,38 \text{ МПа}$$

$$7,38 \text{ МПа} \leq 123 \text{ МПа}$$

Прочность сварного шва, обеспечивающего соединение опорной обечайки с корпусом аппарата, обеспечивается.

Рассчитаем размеры нижнего опорного кольца:

- внутренний диаметр  $D_2=0$  так как сепаратор устанавливается на фундамент непосредственно днищем

- наружный диаметр [15,стр.149]:

(5.3.6.4)

$$D_1 = 2 + 2 \cdot 0,01 + 0,2 = 2,22 \text{ м}$$

примем  $D_1 = 2,3 \text{ м}$ .

Диаметр болтовой окружности , рассчитаем по формуле[15,стр.149]:

(5.3.6.5)

$$D_b = 2 + 2 \cdot 0,01 + 0,12 = 2,18 \text{ м}$$

Опорную площадь кольца рассчитаем по формуле[15,стр.150]:

(5.3.6.6)

$$F = 3,14/4 ( [2,18] ^2 - 0 ) = 3,73 \text{ м}^2$$

Момент сопротивления опорной площади кольца равен[15,стр.150]:

(5.3.6.7)

$$W = 3,14/32 ( ( [2,3] ^4 - 0 ) / (2,3) ) = 2,75 \text{ м}^3$$

Проверим прочность фундамента под опорным кольцом[15,стр.151]:

$$, \quad (5.3.6.8)$$

где для бетона марки 200 [15,стр.148]

$$\sigma_{\text{max}} = 0,31/3,73 = 0,08 \text{ МПа} < 14 \text{ МПа}$$

Фундамент отвечает условиям прочности

С целью расчета диаметра фундаментальных болтов проверим устойчивость аппарата от опрокидывания, для чего найдем минимальное напряжение под опорным кольцом по формуле[15,стр.150]:

$$, \quad (5.3.6.9)$$

где - вес аппарата без учета оборудования в пересчете на

Ньютоны[15,стр.150]

$$(5.3.6.10)$$

где - масса аппарата без учета оборудования.

$$G_{\min}=2897 \cdot 9,8=28390,6 \text{ Н}=0,028 \text{ МН}$$

$$\sigma_{\min}=0,028/3,73=0,008 \text{ МПа}<0,1$$

Так как ,1, установка фундаментальных болтов обязательна, исходя из D=2 м, принимаем 16 болтов М40.

Расчетная толщина опорного кольца для опорного узла определяется приближенно по формуле[15,стр.150]:

$$(5.3.6.11)$$

где - расстояние от выступающей части кольца до внутреннего диаметра цилиндрической опоры[15,стр.151]

$$(5.3.6.12)$$

$$l=((2,3-0)/2)+0,01=0,16 \text{ м}$$

$$S_1=1,73 \cdot 0,16 \sqrt{(0,08/123)}=0,016 \text{ м}$$

Расчетную толщину опорного кольца принимаем  $S_1=0,03 \text{ м}$ , [15,стр.712]

## 6 Монтаж ректификационной колонны и сепаратора

Ректификационные аппараты представляют наибольшую сложность при перевозке и при установке в проектное положение. Они изготавливаются на машиностроительных заводах. Доставляются до места монтажа в горизонтальном положении. Ниже написана последовательность работ по монтажу колонны.

Подготовительные работы:

Освидетельствовать фундамент с анкерами и сдать по акту согласно СН 471-75 «Инструкция по креплению технологического оборудования фундаментными болтами» под монтаж колонны.

Доставить аппарат и разгрузить на площадке складирования, уложив на ложементы. Освидетельствовать колонну на соответствие паспорту и сборочному чертежу.

Порядок монтажа аппарата:

Установить кран Liebherr LTM 1070 согласно стройгенплану.

Застропить аппарат на крюки крана согласно схеме строповки в горизонтальном положении.

Работой крана переместить аппарат в вертикальное положение.

Работой крана смонтировать аппарат в проектное положение.  
Произвести выверку на вертикальность с исполнительной съемкой и составлением акта на монтаж. Выверку выполнять теодолитами и приспособлениями для выверки (ОСТ 36-18-77).  
После выверки на вертикальность закрепить аппарат на фундаменте анкерными болтами расстропить аппарат. Расстроповку выполнять с этажерками М-5.  
Выполнить обвязку технологических трубопроводов. Выполнить испытание аппарата с составлением акта.  
Монтажной организации совместно с заказчиком представить производственную документацию согласно перечню[45].  
Схема монтажа аппарата представлена на рисунке 4.1.

Рисунок 4.1 – Схема монтажа ректификационной колонны

Требования к качеству монтажа:

Монтаж аппарата проводить согласно «Инструкции по монтажу сосудов и аппаратов колонного и башенного типов ВСН-351-88».

Выверку вертикальности аппарата производить по контрольным рискам и приспособлениям для выверки по ОСТ 36-18-77 «Приспособления для выверки аппаратов колонного и башенного типов». Допускаемое отклонение от вертикали образующей аппаратом должно быть в пределах 0,1 % высоты аппарата, но не более 15 мм.

Установка реперов на аппарате:

Расположить аппарат на горизонтальной площадке.

Нанести 2 взаимно перпендикулярные оси по аппарату.

По осям расположить репера с привязкой согласно схеме расположения реперов на аппарате.

Монтаж тарелок аппарата осуществляется после окончательной выверки и закрепления аппарата фундаментными болтами, установки обслуживающих площадок и лестниц, гидравлического испытания. Загрузка секций тарелок в аппарат осуществляется через люки.

## 6.1 Расчет и подбор полиспаста

Усилие на подвижный блок полиспаста при подъеме груза:

где  $G_0$  - масса поднимаемого груза, тонн.

кН

Находим усилие, действующее на неподвижный блок полиспаста:

Подбираем блок по наибольшему усилию РН со следующими характеристиками:

- тип БМ 15;
- грузоподъёмность - 15 тонн;
- количество роликов  $m_{\Pi} = 2$ ;
- диаметр роликов  $d_{\Pi} = 400$  мм;
- диаметр каната  $d_K = 26$  мм;
- масса блока  $G_{\text{Б}} = 206$  кг.

Находим усилие сбегающей ветви:

, кН;

где  $m_{\Pi}$  - общее количество роликов в полиспасте,  $m_{\Pi} = 2 \times 1 = 2$  шт.;

$\eta$  - коэффициент полезного действия полиспаста (подшипники скольжения, с учетом одного отводного ролика),  $\eta = 0.866$ ;

кН;

Определяем разрывное усилие в сбегающей ветви полиспаста и подбираем канат:

кН.

Выбираем канат типа ЛК - РО конструкции 6х36 (1+7+7/7+14)+1о.с. (ГОСТ 7668 - 80) с характеристиками:

- временное сопротивление разрыву 1764 МПа;
- разрывное усилие 352,5 кН;
- диаметр каната 25,5 мм;
- масса 1000 м каната 2495 кг.

Подсчитываем длину каната для оснастки полиспаста:

, м;

где  $h$  - высота подъема аппарата,  $h = 0,5$  м;

$d_{\Pi}$  - диаметр роликов в блоке,  $d_{\Pi} = 0.4$  м;

$l_1$  - длина сбегающей ветви от ролика блока до барабана лебёдки,  $l_1 = 25$  м;

$l_2$  - расчетный запас длины каната,  $l_2 = 10$  м.

Подсчитываем суммарную массу полиспаста:

, т;

где  $G_{\text{Б}}$  - масса блока,  $G_{\text{Б}} = 206$  кг;

$G_K$  - масса каната, кг;

, т;

где  $q_K$  - масса 1000 м. каната,  $q_K = 2495$  кг;

т;

т;

Определяем усилие, действующее на канат, закрепляющий неподвижный блок полиспаста:

Приняв канат для крепления верхнего блока полиспаста из двух ветвей и, определив коэффициент запаса прочности  $k_3=5$ , как для стропа, подсчитываем разрывное усилие в каждой ветви крепящего каната:

По найденному РК подбираем канат типа ЛК - РО конструкции 6х36 (1+7+7/7+14)+1о.с. (ГОСТ 2688-80), закрепляющий верхний неподвижный блок полиспаста, с характеристиками:

- временное сопротивление разрыву 1960 МПа;
- разрывное усилие 493,5 кН;
- диаметр каната 29.0 мм;
- масса 1000 м каната 3215 кг.

## 6.2 Расчет сварного соединения монтажных фланцев

Рассчитать монтажные штуцера для подъема аппарата колонного типа массой 12000 кг

Находим усилие, действующее на каждый монтажный штуцер при полностью поднятом над землей аппаратом  $N$ ,  $H$ , по формуле

(6.2.1)

Вес аппарата  $G$ ,  $H$

$H$ .

$H$ .

Определяем величину момента  $M, H \cdot m$ , действующего на штуцер по формуле, принимая  $l=0,2$  м

(6.2.2)

$H \cdot m$ .

Подсчитываем минимальный момент сопротивления поперечного сечения стального патрубка для штуцера  $W$ ,  $m^3$ , по формуле

(6.2.3)

$m^3$ .

По приложению Г [53] для стальных труб определяем сечение патрубка для штуцера размером 114/14 мм с моментом сопротивления  $W=98,5 \cdot 10^{-6}$   $m^3$ .

Проверяем на прочность сварной шов крепления штуцера к корпусу аппарата по формуле



(6.2.4)

Расчетная длина шва  $l_{ш}$ , м,

(6.2.5)

где  $D$  – диаметр штуцера, м.

м.

МПа

.

МПа.

$99,6 \text{ МПа} < 178,5 \text{ МПа}$

Полученное неравенство свидетельствует о том, что сварной шов удовлетворяет условиям прочности.

### 6.3 Расчет траверсы

Подобрать сечение балки траверсы, работающей на изгиб, для подъема колонны массой 12000 кг

Вес колонны  $G$ , Н

$G = 12000 \cdot 9,8 = 117600 \text{ Н}$

Нагрузка, действующая на траверсу  $P$ , Н, согласно формулы

$P = GK_{п}KD$  (6.3.1)

$P = N$

Максимальный изгибающий момент в траверсе  $M_{\max}$ , Н·м, по формуле

(6.3.2)

Нм.

Требуемый момент сопротивления поперечного сечения балки траверсы  $W_{\text{тр}}$ , м<sup>3</sup>, определяется согласно условию формулы

(6.3.3)

мЗ.

Выбираем конструкцию балки траверсы сквозного сечения, состоящую из двух двутавров, соединенных стальными пластинами.

Подобрав по приложению З[53] две двутавровые балки № 10 с

$W_{дх}=39,7 \cdot 10^{-6} \text{м}^3$ , определяем момент сопротивления сечения траверсы в целом:

(6.3.4)

мЗ

$$79,4 \cdot 10^{-6} \text{м}^3 > 37,95 \cdot 10^{-6} \text{м}^3$$

(6.3.5)

что удовлетворяет условию прочности расчетного сечения траверсы.

#### 6.4 Подбор кранов

Монтаж производим с помощью автокрана Liebherr LTM 1070.

Технические характеристики крана Liebherr LTM 1070

Грузоподъемность максимальная, т 70

Наибольшая высота подъема при максимальной грузоподъемности, м 14

Скорость подъема при максимальной грузоподъемности, м/мин 0,75 - 5,6

Масса с основной стрелой, т 48

Частота вращения, об/мин 0,45

Скорость передвижения, км/час 80

Габаритные размеры в транспортном положении, мм:

..ширина 2550

..длина 12520

..высота крана 3950

Радиус, описываемый хвостовой частью, мм 3460

Дорожный просвет, мм 800

Силовая установка (электростанция) Liebherr LTM 1070.

Двигатель:

## 7 Социальная ответственность

Санитарный класс - I с санитарно-защитной зоной 1000 м, т.к. завод относится к предприятиям нефтеперерабатывающей промышленности.

Категория установки, где находится ректификационная колонна по пожароопасности – АН (повышенная взрывопожароопасность), согласно техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности, так как работы, проводимые на участке, связаны с использованием горючих веществ и легковоспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки не более 280 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчётное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.

Данная ректификационная колонна по классу взрыво- или пожароопасной зоны на участке, а также для наружных установок (согласно ПУЭ), представляет собой участок повышенной опасности, где относительная влажность длительное время не более 75 %, с температурой воздуха летом до + 35 °С и до -40 °С, с токонепроводящей пылью, и токопроводящим полом

По степени опасности поражения людей электрическим током установка относится к участкам с повышенной опасностью, т.к. на данном участке имеются металлические сеточные полы, существует возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землей металлоконструкциям сооружения, технологическим аппаратом с одной стороны и к металлическим корпусам электрооборудования с другой стороны, а также коэффициент заполнения сооружения металлическими предметами превышает 0,2.

Ректификационная колонна по молниезащите относится к специальным объектам с уровнем защиты от ПУМ – 3 и степенью надёжности защиты от ПУМ – 0,9.

### 7.1 Профессиональная социальная безопасность

#### 7.1.1 Анализ вредных и опасных факторов

Так как разрабатываемая ректификационная колонна является наружной и находится в процессе эксплуатации на улице, операторы могут подвергаться воздействию различных опасных и вредных производственных факторов, так как в процессе всего рабочего времени они находятся в течении часа около установки. Это время уходит на осмотр и взятие проб, все остальное время оператор проводит в помещении. В течении рабочего дня операторы подвержены воздействию опасных и вредных производственных факторов, которые можно разделить на следующие группы:

физические;

химические;

- психофизиологические

К физическим ОПФ и ВПФ относятся: повышенная температура поверхностей оборудования, повышенный уровень шума и вибрации (создаются вследствие работы вспомогательного оборудования, повышенный уровень статического электричества, недостаточная освещенность, работы на высоте, повышенная загазованность воздуха рабочей зоны парами нефтепродуктов.

К химическим ОПФ и ВПФ относится токсическое воздействие паров нефтепродуктов.

К психофизиологическим ОПФ и ВПФ относятся физические перегрузки динамического характера (ремонт и обслуживание оборудования) и нервно-психические (монотонность труда и перенапряжение анализаторов)

#### 7.1.2 Мероприятия по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов

Организация службы охраны труда

Общая численность рабочего персонала на ООО «Анжерская Нефтегазовая Компания» составляет 120 человек, вследствие чего в соответствии с Федеральным законом № 197 - ФЗ на предприятии создана служба по охране труда, состоящая из 2 человек: начальника службы охраны труда и инженера по охране труда [11].

Служба по охране труда на АНГК занимается проведением инструктажей по охране труда, обучением работников безопасным методам труда, проверкой знаний специалистов в области охраны труда, расследованием несчастных случаев, организацией работ по обеспечению работниками требований охраны труда, контролем над соблюдением работниками, законов и иных нормативных правовых актов об охране труда, организацией профилактической работы по предупреждению производственного травматизма, профессиональных заболеваний и заболеваний, обусловленных производственными факторами, а также работами по улучшению условий труда.

Обучение безопасности труда производится в соответствии с постановлением Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13 января 2003 г. № 1/29 «Об утверждении порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций», контролируется инженером по охране труда и осуществляется по программам, разработанным с учетом отраслевых типовых программ и утвержденных руководителем предприятия. По окончании обучения комиссией проводится проверка теоретических знаний и практических навыков.

Обучение и инструктаж по охране труда рабочего персонала

На АНГК проводят следующие виды инструктажа [11]:

а) Вводный инструктаж.

Его проходят:

- работники, вновь принимаемые на завод;

- учащиеся, направляемые на предприятие для прохождения производственной практики.

Вводный инструктаж проводится инженером по охране труда и включает в себя:

- правила по охране труда;
- безопасные условия работы на участках;
- правила электробезопасности;
- инструкции по обслуживанию оборудования;
- правила внутреннего распорядка;
- основные причины несчастных случаев и мероприятия по их предупреждению и предотвращению;
- порядок оказания первой медицинской помощи при несчастных случаях.

б) Первичный инструктаж на рабочем месте.

Его проходят:

- все вновь поступающие работники;
- работники, переводимые из одного структурного подразделения в другое;
- учащиеся, направляемые на предприятия, для прохождения производственной практики.

Данный вид инструктажа содержит следующие пункты:

- устройство обслуживаемого оборудования;
- назначение и правила пользования ограждениями и предохранительными приспособлениями;
- правильная организация рабочего места;
- безопасные приёмы работы;
- индивидуальные средства защиты.

Инструктаж сопровождается показом на месте правильных приемов работы, с повторением работниками этих приемов и проводится мастером участка, руководитель структурного подразделения.

После первичного инструктажа, все работники проходят обязательную стажировку в течение 14 рабочих смен.

в) Повторный инструктаж.

Данный инструктаж проводится при обучении и для проверки знаний работниками правил и инструкций по охране труда и умения работников практически применять навыки, полученные ими при проведении вводного и первичного инструктажа.

Все работники, независимо от их квалификации и стажа работы, в установленное время проходят повторный инструктаж по охране труда на рабочем месте - не реже одного раза в три месяца. Данный инструктаж проводят инженер по охране труда, мастер участка, руководитель структурного подразделения.

г) Внеплановый инструктаж.

Данный инструктаж по охране труда проводят на рабочем месте в следующих случаях:

- при изменении технологического процесса;
- при несчастных случаях, имевших место быть из-за нарушения

работниками требований охраны труда;

- при введении в действие новых стандартов, правил, инструкций по охране труда;

- по требованию органов надзора и контроля.

Внеплановый инструктаж проводят инженер по охране труда, мастер участка.

д) Целевой инструктаж.

Данный инструктаж проводят:

- при выполнении разовых работ, не связанных с обязанностями по специальности;

- при ликвидации последствий аварий, стихийных бедствий и катастроф;

- при производстве работ, на которые оформляется наряд-допуск или другой разрешающий документ на выполнение работ.

Целевой инструктаж проводит непосредственно руководитель работ.

Проведение каждого вида инструктажа заканчивается записью в журнале с обязательной подписью инструктирующего и инструктируемого [11].

Работники предприятия на установке переработки нефти обеспечены средствами индивидуальной защиты, одеждой и обувью в соответствии со следующими документами. Межотраслевые правила обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, утвержденные приказом Министерства здравоохранения и соцразвития Российской Федерации от 1 июня 2009г. № 290 Н. Приказ от 16 июля 2007 г. №477 Министерства здравоохранения и соцразвития Российской Федерации «Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи сертифицированных специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работниками, занятыми на строительных, строительно-монтажных и ремонтно-строительных работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением»

Механизация и автоматизация трудоёмких работ

Ректификационная колонна на установке переработки нефти предназначена для разделения отбензиненной нефти на фракции, для чего поступившая в сырьевой парк нефть проходит обработку с помощью различных аппаратов [11].

Всё оборудование на участке, в том числе и разрабатываемая ректификационная колонна, имеет комплексную автоматизацию, включая системы автоматической сигнализации и блокировки, и работает в автоматическом режиме. Контроль над протекающими процессами ведёт оператор установки

На участке имеются приспособления для подъёма и перемещения частей оборудования (балки с траверсами и полиспадами).

Электробезопасность

В работе ректификационной колонны используется электрический ток с напряжением 380 В.

Защитными мероприятиями по предупреждению опасности поражения электрическим током являются:

- применение плавких предохранителей и автоматических выключателей с релейной защитой для защиты от токов перегрузки и токов короткого замыкания;
- заземление всех металлических конструкций, которые могут оказаться под напряжением, соединение их с заземляющим устройством посредством металлических проводников. Используются искусственные вертикальные заземлители, согласно ТУ 3435-002-80448513-08. Диаметр заземлителей – 0,1 м. Расстояние между заземлителями – 4 м, заземляющее устройство – контурное;
- контроль над состоянием изоляции проводов, а также теплоизоляции колонны, который проводится слесарем-электриком при осмотре колонн и теплообменников и заключается в определении целостности изоляционного слоя этих аппаратов [17,18].

Организационные мероприятия:

- обесточивание до начала работ во избежание случайного подключения к электросети.
- применение на включающем устройстве плаката с надписью: «Не включать – работают люди!».
- инструктирование ремонтного персонала и наблюдение за правильностью ремонта и предупреждением нарушений рабочими требований безопасности.
- тщательная подготовка и проверка готовности рабочих мест до начала проведения работ.

В качестве электрозащитных средств используются инструменты с изолированными рукоятками, диэлектрические перчатки, резиновая обувь, прорезиненные коврики согласно СО 153-34.03.603-2003.

**Защита от статического электричества**

Образование заряда статического электричества происходит в результате трения диэлектриков (нефтепродукты и являются таковыми), трения диэлектриков и проводящих материалов (корпус автоцистерн, перевозящего нефтепродукты). Статическое электричество возникает при транспортировке, при переливании, при перекачивании нефтепродуктов.

Меры защиты от статического электричества:

- снижение скорости транспортирования;
- устранение разбрызгивания, плескания нефтепродуктов;
- заземление корпусов оборудования, автоцистерн, емкостей;
- использование антистатической обуви.

Для защиты от электромагнитной индукции между трубопроводами и другими протяженными металлическими предметами (каркас сооружения, оболочки кабелей), проложенными внутри здания и сооружения, в местах их взаимного сближения на расстоянии 10 см и менее через каждые 20 м длины

необходимо приваривать или припаивать металлические перемычки, чтобы не допускать образование замкнутых контуров. В соединениях между собой элементов трубопроводов и других протяженных металлических предметов, расположенных в защищаемом сооружении, устанавливают перемычки из стальной проволоки диаметром не менее 5 мм или стальной ленты сечением не менее 24 мм<sup>2</sup>.

Для защиты от заносов высоких потенциалов по подземным металлическим коммуникациям (трубопроводам, кабелям, в том числе проложенным в каналах и тоннелях) при вводе в сооружение присоединяют коммуникации к заземлителям защиты от электростатической индукции или к защитному заземлению оборудования.

Здания и сооружения, где могут образоваться взрывоопасные или пожароопасные концентрации паров нефтепродуктов, подлежат защите от накопления статического электричества.

В целях защиты от проявлений статического электричества заземлению подлежат:

- наземные резервуары для ЛВЖ и ГЖ и других жидкостей, являющихся диэлектриками и способные при испарении создавать взрывоопасные смеси паров с воздухом;
- наземные трубопроводы через каждые 200 м и дополнительно на каждом ответвлении с присоединением каждого ответвления к заземлителю;
- металлические оголовки и патрубки рукавов;
- передвижные средства заправки и перекачки горючего - во время их работы;
- железнодорожные рельсы сливо-наливных участков, электрически соединенные между собой, а также металлические конструкции сливоналивных эстакад с двух сторон по длине;
- металлические конструкции авто наливных устройств;
- все механизмы и оборудование насосных станций для перекачки нефтепродуктов;
- металлические воздухопроводы и кожухи термоизоляции во взрывоопасных помещениях через каждые 40-50 м.

Заземляющее устройство для защиты от статического электричества объединено с заземляющими устройствами для защиты электрооборудования и молниезащиты. Сопротивление заземляющего устройства, предназначенного только для защиты от статического электричества не более 100 Ом, согласно ГОСТ 16556-81.

Защита от электростатической индукции обеспечивается присоединением всего оборудования и аппаратов, находящихся в зданиях, сооружениях и установках, к защитному заземлению.

Для защиты от прямых ударов молнии используются молниеприемники, установленные на осветительных мачтах. Для защиты от вторичных проявлений молнии все металлические части оборудования соединены с контуром заземления.

Трубопроводы присоединены к контуру заземления. Технологическое



оборудование, здания и сооружения оборудованы молниезащитой.

### Вентиляция производственного помещения

На основном рабочем месте операторов, вентиляция осуществляется общеобменная приточно-вытяжная с механическим побуждением. Такая система вентиляции обеспечивает одновременно подачу воздуха в помещение и организованное удаление его, а также способствует достижению допустимых параметров микроклимата в помещении (влажность, температура, давление). Элементы конструкции всех вентиляционных систем, включая органы управления, отвечают требованиям ГОСТ 12.2.003-97 [11]. Из-за возможного образования статического электричества вентиляционные системы заземлены в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.018-98 и согласно «Правилам защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности».

### Снижение уровня шума и вибрации

Основными причинами повышенного шума на установке являются не исправности в динамическом оборудовании (насосах) их устраняют путем ремонта узлов насосов или их замены. Выполняется вовремя осмотр, проверки, систематический контроль за закреплением движущихся частей машин и механизмов, проводят профилактическое обслуживание и ремонт оборудования согласно СН 2.2.4 /2.1.8.562 -96 [19].

Динамические нагрузки, передаваемые основанию, не должны превышать 50 Н. Вследствие вибрации возникает повышенный износ колонны, нарушается герметичность соединений, разрушаются сварные швы, выходят из строя машины и аппараты. Для снижения вибрации колонна установлена на вибропоглощающий фундамент. Все фланцевые соединения в обвязке трубопроводов колонны имеют демпфирующие материалы (упругие прокладки, муфты). Особое внимание обращается на защиту оборудования и трубопроводов от разрушения воздействием вибрационных нагрузок и соответствие установленным нормам вибрации для устранения этой опасности. Раз в полгода проводят профилактическое обслуживание и ремонт колонны согласно СН 2.2.4/2.1.5626-96[19].

### Освещение

Важным элементом для благоприятных условий труда является рациональное освещение.

Зрительные работы, выполняемые оператором на рабочем месте, относятся к VI разряду. Естественное освещение – боковое одностороннее. КЕОф= 1%, КЕОн = 1%. На установке имеется общее равномерное искусственное освещение. Освещённость в операторной при искусственном освещении составляет 200 лк, что допустимо [20]. Так как колонна находится на объекте повышенной взрывопожароопасности, все необходимые ремонтные,

аварийные работы проводятся при максимальном рабочем искусственном освещении. Светильники аварийного освещения подключены к отдельной сети, не зависящей от сети рабочего освещения. В случае нарушения работоспособности рабочего освещения (например, в результате короткого замыкания в линии или при пожаре) аварийное освещение позволяет осуществить эвакуацию людей с участка установки переработки нефти, а в ряде случаев некоторое время продолжить работу.

На основном рабочем месте – операторской, источником искусственного освещения служат светильники с люминесцентными лампами, типа LAMP-EX-L58LED-NA-25W, со световым потоком 2500-2600 Лм. Данные светильники устанавливаются в операторской, на установке в потенциально опасных зонах в присутствии взрывоопасных и воспламеняемых газов и пыли, что соответствует ГОСТ Р 51317.3.3-2008. Освещенность операторской соответствует нормам СП 52.13330.2011[20].

#### Питьевое водоснабжение

Вода на АНГК подразделяется для производственных, противопожарных и хозяйственно-питьевых нужд. Учитывая, что в производственных процессах нефтепереработки вода является прямым технологическим агентом и прекращение подачи воды в процессе вызывает его нарушение, все системы водоснабжения нефтеперерабатывающего завода должны быть высоконадежными и должны обеспечивать бесперебойную подачу воды потребителям в необходимом количестве и требуемого качества. Требования к качеству воды зависят от того, для какой цели она используется. На хозяйственно-питьевую воду распространяются общие требования, предъявляемые стандартами, а качество производственной воды регламентируется внутриведомственными нормами и зависит от требований, предъявляемых конкретными потребителями воды.

Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения СП 2.1.5.1059-01[22].

Питьевое водоснабжение на АНГК осуществляется от центральной сети (МП ЖКХ г. Анжеро-Судженск). Вода подается непосредственно к местам ее потребления через водонапорную сеть по водопроводу диаметром 150 мм. Давление в водопроводе от 2 до 4 атм. Питьевая вода поступает по трубопроводу и подается через краны, расположенные в раковинах умывальных комнат. Расход воды на одного работника 25 литров на человека в смену в соответствии с СП 30.13330.2012.

#### Санитарно-бытовые помещения

В операторном здании, предусмотрены следующие санитарно-бытовые помещения: гардеробные, умывальные, душевые, уборные в соответствии с СП 44.13330.2011[20]. Гардеробные снабжены шкафчиками для одежды. Санитарно-бытовые помещения на предприятии располагаются на кратчайшем пути от проходной до рабочего места. Предсанузловые комнаты оборудованы раковинами и электросушилками в соответствии с СП

44.13330.2011[20].

В операторской имеются аптечки для оказания первой медицинской помощи. Также имеется медицинский пункт в административном корпусе на первом этаже, так как при списочной численности работников от 50 до 300 человек необходим медицинский пункт СНиП 2.09.04-87\*.

#### Организация питания

Работники питаются в столовой, расположенной на территории п. Безлесный в соответствии с СП 118.13330.2012.[23]. Также в здании производства и административном корпусе имеются комнаты для приёма пищи.

Ответственность за выполнение санитарных правил возлагается на руководителя предприятия. За санитарное состояние участка, производства, личную гигиену работников отвечает сменный мастер.

#### Пожарная безопасность

Для организации противопожарной защиты на территории АНГК предусмотрено следующее в соответствии с Законом №123 – ФЗ от 22.07.2008 г. и СП 6.13130.2013[24].:

- сеть внутри объектовых дорог с возможностью кругового подъезда к зданиям и сооружениям;
- кольцевые сети хозяйственно-противопожарного водопровода;
- система автоматической пожарной сигнализации, обеспечивающей контроль в помещениях категории А, Б, В, с датчиками, срабатывающими на дым, и подающими сигнал на пульт управления пожарной части и активирующими спринклерные установки в операторной в случае устойчивого горения;
- электроснабжение по 1-ой категории надежности, обеспечивающих условия безопасной эксплуатации для потребителей 1-ой категории (электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов предприятия). Данное электроснабжение подразумевает переход потребителей с одного источника питания на второй, при возникновении аварийной ситуации;
- оснащение первичными средствами пожаротушения, такими как: тонко распыленная вода, пена; при объемном тушении - углекислый газ, состав СЖБ (бром этиловые составы), перегретый пар, песок, кошма, асбестовые покрывала, огнетушители порошковые переносные ОП-1(Б) и ОП-2(З) и передвижные ОП-50(З) в количестве 10 штук в соответствии с РД 34.49.503-94.

Учитывая требования «Ведомственных указаний по противопожарному проектированию зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности» (ВУПП-88), проектом предусматриваются следующие мероприятия по пожаротушению:

- наружное пожаротушение наружной установки осуществляется пожарными

гидрантами, расположенными на кольцевых сетях противопожарного водопровода;

- внутреннее пожаротушение насосной осуществляется пожарными кранами [13];

- для защиты аппаратуры и оборудования на наружной установке атмосферной перегонки нефти проектом предусматривается лафетный ствол;

- защита колонны производится комбинированно: до высоты, соответственно 18,200 м; 19,900 м, лафетным стволом, а выше – водяной оросительной системой (кольца орошения);

- дистанционный пуск насосов и электрофицированной задвижки №200э (установленной в колодце ПГ) наружной установки осуществляется с помощью кнопок, установленных на щите пожаротушения ЩПТ 01/045, который установлен в операторной;

- для ручного пуска на наружной стене щитовой КИП предусмотрены кнопки, расположенные не ближе 15м от защищаемого оборудования;

- этажерка наружной установки оборудуется стояком – сухотрубом диаметром 80 мм, для сокращения времени подачи воды, пены и огнегасительных веществ. Расход воды на пожаротушение установки составляет - 49,4л/с, в т.ч.: – расход воды 5,2 л/сна внутреннее пожаротушение технологической насосной, исходя из тушения двумя струями производительностью 2,6 л/с каждая;

- 44,2 л/с, - расход воды на наружное пожаротушение установки

- 17,2л/с – лафетным стволом;

- 13,6 л/с – водяной оросительной системой (кольцами орошения);

- 10 л/с – наружное пожаротушение из гидрантов;

- 3,4 л/с – дополнительный расход воды из гидрантов в размере 25 % от расхода на орошение. Требуемый объем воды для нужд пожаротушения составит 1121 м<sup>3</sup>.

Необходимый напор в сетях водопровода для охлаждения резервуаров, оборудования на установке, в сетях раствора пенообразователя для тушения резервуаров и в насосных 0,6-1,0 МПа.

На площадке объекта проектируются кольцевые сети противопожарного водопровода с подключением от проектируемой насосной станции пожаротушения тит.36/001. Все резервуары оборудованы стационарной системой автоматического охлаждения. Для охлаждения железнодорожных эстакад налива устанавливаются лафетные установки - мониторы «КОВРА» с дистанционным пуском по обе стороны эстакады с таким расчетом, чтобы обеспечить орошение каждой точки конструкции эстакад и железнодорожных цистерн по всей длине двумя компактными струями [11].

Подача раствора пенообразователя к пеногенераторам, пенокамерам осуществляется от соответствующих баков-дозаторов МХС со смесителями по сухотрубнымрастворопроводам.

На установке установлены пожарные лафетные стволы во взрывозащищенном исполнении ЛСД-С60(20)У-Ех с расходом 10 л/с. [11].

Перечень видов сигнализации, предусмотренных на случай аварийных

ситуаций:

- автоматическая пожарная сигнализация;
- ручная электрическая пожарная сигнализация.

Система пожарной сигнализации состоит из контроллеров системы автоматического пожаротушения КСАП-02, предназначенного для работы в составе систем обнаружения и тушения пожаров и в общем случае обеспечивает выполнение следующих функций:

- прием электрических сигналов от ручных, пассивных, активных пожарных извещателей, термопреобразователей сопротивления взрывозащищенных типа ТСМ 012 с отображением на панели оператора номера шлейфа по которому произошло срабатывание пожарных извещателей;
- контроль срабатывания средств пожаротушения;
- возможность программирования тактики формирования извещения о пожаре.

Пост аварийной сигнализации взрывозащищенный типа ПАСВ, предназначен для подачи световых и звуковых предупреждающих сигналов. Размещение постов на территории объекта, непосредственно на наружных стенах зданий сооружений, на ограждениях, на опорах эстакад. Монтаж ПАСВ производится на высоте не менее 2,5 м от уровня земли.

На территории предприятия ручные пожарные извещатели во взрывозащищенном исполнении устанавливаются на железобетонных приставках на высоте 1,5 м от уровня земли на расстоянии не более 100 м друг от друга. Освещенность в местах установки ручных пожарных извещателей соответствует не менее 50 лк.

Огнетушители, пожарные краны и щиты обозначены противопожарными знаками окрашенными в красный цвет.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) при пожаре:

- при больших пожарах – изолирующие шланговые противогазы типа ПШ-14
- при небольших пожарах – фильтрующие противогазы марки БКФ;
- костюм защитный типа ТоНм со спасательным поясом.

Средства индивидуальной защиты для каждого работника УПН предусмотрено в перечне спецодежды, спец. обуви и СИЗ ПМХ.

Участок обеспечен пожарным инвентарем. Рабочие ознакомлены с правилами пользования пожарным инвентарем, во всех участках вывешены правила пожаробезопасности и порядок эвакуации при пожаре. Для предупреждения замыкания электросети, на распределительном щите устанавливают предохранители, которые отключают электросеть при аварии и останавливают производство в соответствии с СП 153-34.20.505-2003.

В случаи возгорания рабочие отключают оборудование от электросети и останавливают производство. Если это сделать невозможно, то необходимо срочно покинуть участок и удалиться на расстояние до 100 м.

Ответственным по пожарной безопасности назначается начальник установки переработки нефти.

## 7.2. Экологическая безопасность.



	0,000500						
0415	Смесь углеводородов предельных C1-C5 ОБУВ	50,000000					
	9,5270972 69,966284						
0416	Смесь углеводородов предельных C6-C10 ОБУВ	60,000000					
	3,2934053 18,822851						
0501	Пентилены (Амилены - смесь изомеров) ПДК м/р	1,500000	4				
	0,2105190 1,261810						
0602	Бензол ПДК м/р	0,300000	2	0,2212523	1,227081		
0616	Диметилбензол (Ксилол) (смесь изомеров о-, м-, п-) ПДК						м/р
	0,200000 3 0,0576607 0,186086						
0621	Метилбензол (Толуол) ПДК м/р	0,600000	3	0,2183490			
	1,043590						
0627	Этилбензол ПДК м/р	0,020000	3	0,0050732	0,028439		
0703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен) ПДК с/с	0,000001	1	0,0000032			
	0,000005						
1042	Бутан-1-ол (Спирт н-бутиловый) ПДК м/р	0,100000	3				
	0,0085417 0,006900						
1061	Этанол (Спирт этиловый) ПДК м/р	5,000000	4	0,0105556			
	0,008100						
1107	2-Метокси-2-метилпропан (Метил-третбутиловый эфир) ПДК						м/р
	0,500000 4 0,0002000 0,000700						
1119	2-Этоксизтанол (этилцеллозольв) ОБУВ	0,700000					
	0,0036806 0,003050						
1210	Бутилацетат ПДК м/р	0,100000	4	0,0071528	0,005650		
1240	Этилацетат ПДК м/р						
	0,100000 4 0,0077778 0,005600						
1325	Формальдегид ПДК м/р	0,050000	2	0,0333000	0,008500		
1401	Пропан-2-он (Ацетон) ПДК м/р	0,350000	4	0,0019444			
	0,001750						
1847	(Метиламино)бензол ПДК м/р	0,040000	3	0,0172000			
	0,008800						
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый) (в пересчете на углерод) ПДК						
	м/р 5,000000 4 0,0216572 0,078245						
2732	Керосин ОБУВ	1,200000		2,7364758	2,167825		
2752	Уайт-спирит ОБУВ	1,000000		0,0078125	0,011250		
2754	Углеводороды предельные C12-C19 ПДК м/р	1,000000	4				
	0,5644321 8,616305						
2868	Эмульсол ОБУВ	0,050000		0,0000080	0,000046		
2902	Взвешенные вещества ПДК м/р	0,500000	3	0,0119792			
	0,012750						
2904	Мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий) ПДК						
	с/с 0,002000 2 0,0093180 0,225853						
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO2 ПДК м/р	0,300000	3				
	0,0639140 0,997253						
Всего веществ	:	34		28,8646687	211,873478		

в том числе твердых\* : 7 0,6247393 7,926535  
жидких/газообразных : 27 28,2399294 203,946943

Анализ результатов расчетов рассеивания показал, что максимальные приземные концентрации всех загрязняющих веществ на границе СЗЗ (1000м) не превышает 1ПДК.[14].

В соответствии с СанПин 2.2.1/2.1.1.1200-03 нормативный размер СЗЗ для объектов по переработке и хранению нефтепродуктов составляет 1000м.[25]. Территория санитарно-защитной зоны благоустроена и озеленена по проекту благоустройства, который предусматривает выбор пород зеленых насаждений и их зоны посадки. По периметру предприятия осуществляется посадка деревьев и кустарников. Ширина полос зеленых насаждений до 5 м, согласно СП 2.07.01-01.

Вредное воздействие веществ на окружающую среду, обращающихся в процессе перегонки нефти, ограничивается следующими документами:

- гигиенические нормативы «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» - ГН 2.1.6.1339-03, с дополнениями № 1 (ГН 2.1.6.1764-03), дополнениями и изменениями № 2 (ГН 2.1.6. 1984-05);
- гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» - ГН 2.1.6.1338-03, с дополнениями № 1 (ГН 2.1.6.1765-03), дополнениями и изменениями № 2 (ГН 2.1.6. 1983-05).

Охрана поверхностных и подземных вод от истощения и загрязнения.

Основным источником загрязнения водного бассейна являются промышленные стоки. В процессе переработки и хранения нефти и нефтепродуктов, промежуточных и побочных продуктов происходит неизбежное загрязнение используемой воды углеводородами, твердыми частицами металлов и другими компонентами. Основными источниками загрязнения воды нефтепродуктами на заводе являются неплотности в различных соединениях технологических цепочек, утечки из сальников насосов, технологические конденсаты, атмосферные осадки, контактирующие с проливами на технологических площадках.

Сточные воды образующиеся на предприятии подразделяются по составу на хозяйственно-бытовые, производственные, поверхностные. Хозяйственно-бытовые и производственные сточные воды сбрасываются в канализацию завода с последующим поступлением на очистные сооружения. Содержание в сточных водах нефти и нефтепродуктов, соответствует нормативным значениям и составляет не более 4 мг/л.

С целью соблюдения нормативов ПДС осуществляется производственный и государственный контроль за сбросом сточных вод.

При производственном контроле, ведутся наблюдения за расходом и химическим составом сточных вод в местах собственных выпусков, фоновых и контрольных створах водных объектов, принимающих сточные воды (СП 2.1.5.1059-01).



## Защита почв от загрязнения и утилизация отходов

На территории АНГК производятся сливно-наливные работы, что влечёт за собой возможное загрязнение почвы и поверхностных вод разливающимися нефтепродуктами. Для предотвращения этого во время сливно-наливных операций на эстакаде запрещается проводить маневровые работы и подавать следующий маршрут на свободный путь эстакады. Во время сливно-наливных операций разлив нефти и нефтепродуктов, а также переполнение или обливание вагонов-цистерн и автоцистерн не допускается. Если это произошло подача под слив и налив транспортных средств допускается только после тщательной очистки площадок и железнодорожных путей от пролитых жидкостей или нефти при сливе или наливе нефтепродуктов во время предыдущего маршрута.

Также на УПН имеются следующие виды твёрдых отходов:

- обтирочный материал, загрязненный маслами и другими нефтепродуктами;
- мусор от уборки территории предприятия;
- лом черных металлов;
- отработанная насадка.

### 7.2.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Охрана атмосферного воздуха.

С целью снижения отрицательного воздействия загрязняющих веществ на окружающую среду предусмотрены следующие мероприятия:

- использование герметичного оборудования, арматуры;
- подъём на оптимальную высоту труб выбросов организованных источников для улучшения рассеивания;
- лабораторный контроль за соблюдением нормативов выбросов вредных веществ в атмосферу;
- переработка сырья и нефтепродуктов при минимально возможных (по технологическим параметрам) температурах;
- исключение условий для возникновения аварийных ситуаций с помощью средств КИП и АСУ ТП;

Кроме этого, при наступлении неблагоприятных метеорологических условий, согласно полученному от органов ГосКомГидромета предписанию, предприятие выполняется ряд мер по снижению вредных выбросов в атмосферу в зависимости от степени опасности полученного предупреждения.

В связи с тем что, производственная площадка расположена на большом удалении от населенного пункта и превышения допустимых концентраций на границе СЗЗ не выявлено, специальных мероприятий по охране атмосферного воздуха не предусматривается.

Охрана поверхностных и подземных вод от истощения и загрязнения.

Для того чтобы не допустить загрязнения водоемов, необходим постоянный контроль за качеством в них воды. В осуществлении контроля главную роль играют электронные системы предприятия. Они передают на центральную станцию сведения о качестве воды по основным показателям: количество растворенного кислорода, значения рН и температуры, содержание хлоридов, величина ВПК и др. Для защиты водоемов от загрязнения сточными водами на предприятии выполняется сочетание водооборота с локальными методами очистки сбрасываемых вод. Сокращением потерь нефтепродуктов со сточными водами одновременно достигается и защита водоемов от загрязнения, а так же ограждение зон озеленения бордюрами, исключающими смыв грунта во время ливневых дождей, регулярная уборка территории, уборка снега, обустройство стоянки для грузового автотранспорта и гостевой парковки.

Защита почв от загрязнения и утилизация отходов.

Для защиты почвы и поверхностных вод от попадания нефтепродуктов сливо-наливные площадки имеют бетонные покрытия, огражденные по периметру бортиками высотой 200 мм в соответствии с ГОСТ 1.15.004-2009 Общие требования при проектировании сливноналивных эстакад.

При проведении операций слива-налива нефтепродуктов линия отвода дождевых стоков переключается на линию аварийного слива. Пролитые нефтепродукты поступают в резервуар приема аварийных проливов.

Резервуарные парки нефти, дизельного топлива и бензина выполнены с твердым покрытием и оборудованы дождеприемниками, через которые дождевые стоки поступают в накопительные емкости и по мере накопления вывозятся на очистные сооружения.

На предприятии установлен контейнер для металлических отходов.

Люминесцентные лампы, используемые для освещения в помещениях участка, вывозятся и утилизируются в г. Анжеро-Судженск.

Отходы металлов, обтирочная ветошь, отходы от уборки территории, бой кирпичной кладки при ремонте, пищевые отходы утилизируются на специальном полигоне в г. Анжеро-Судженск.

Сливные отходы, прошедшие необходимую фильтрацию, спускают в канализацию.

На площадке принята система сплошной вертикальной планировки. Для обеспечения устойчивости откосов площадки и размыва атмосферными осадками и ветровой эрозии предусмотрено укрепление откосов посевом трав. По периметру выполняется ограждающая бетонная стенка, рассчитанная на гидростатическое давление разлившейся жидкости.

7.3Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

### 7.3.1 Введение

На сегодняшний день одной из важнейших государственных задач является защита населения в чрезвычайных ситуациях, возникающих вследствие различных стихийных бедствий, а также имеющих происхождение техногенного характера. В нашей стране для решения данной задачи действует закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», от 11.11.94г. в ред. ФЗ от 28.12.13 г. №404-ФЗ. В статье №14 данного закона сказано, что организации обязаны:

планировать и проводить мероприятия по повышению устойчивости функционирования организаций и обеспечению жизнедеятельности работников организаций в чрезвычайных ситуациях;

обеспечивать создание, подготовку и поддержание в готовности к применению сил и средств предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, осуществлять обучение работников организаций способам защиты и действиям в чрезвычайных ситуациях;

обеспечивать организацию и проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ на подведомственных объектах производственного и социального назначения и на прилегающих к ним территориям в соответствии с планами предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

финансировать мероприятия по защите работников организаций и подведомственных объектов производственного и социального назначения от чрезвычайных ситуаций;

предоставлять в установленном порядке информацию в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, а также оповещать работников организаций об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций.

Предприятие ООО «Анжерская НГК» относится к химически и пожаровзрывоопасным объектам, поэтому на нём должны быть предприняты максимальные меры для обеспечения устойчивой работы предприятия и безопасности жизнедеятельности работников предприятия в условиях чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, в мирное и военное время

Методическое руководство, координацию и контроль за подготовкой работающего персонала в области защиты от чрезвычайных ситуаций осуществляет руководитель отдела предприятия по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и пожарной безопасности.

Готовность аварийно-спасательных служб и аварийно-спасательных формирований к реагированию на чрезвычайные ситуации и проведению работ по их ликвидации определяется в ходе аттестации, а также во время проверок, осуществляемых на предприятии органами государственного надзора, органами по делам гражданской обороны и чрезвычайным

ситуациям.

### 7.3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на предприятии.

К внутренним источникам риска для ООО «АНГК» относятся:

разлив горючих жидкостей: нефти, бензина, дизельного топлива, мазута;  
воздействие на человека нагретых до высокой температуры стенок сосудов и аппаратов;  
аварии водопроводной сети;  
химическое заражение вследствие утечки транспортируемых углеводородов;  
возникновение очагов пожара, при разгерметизации оборудования, вызывающее ожоги и отравление людей угарным газом, а также приводящее к перебоям в подаче электроэнергии, нарушению связи. Наиболее вероятными очагами возникновения пожара следует считать склад готовой продукции, различные ёмкости с нефтепродуктами, нефтепроводы;  
аварии на внутренних железнодорожных путях при транспортировке опасных веществ.

#### Внешние источники ЧС

1 Возникновение аварий и ЧС при транспортировке опасных грузов (бензины, дизтопливо, керосин, АХОВ) могут привести к взрывам, пожарам и химическим загрязнениям, что может повлиять на работу предприятия.

2. Учитывая, что «Анжерская НГК» относится к 1 категории по ГО [26] возможно применение оружия массового поражения (ядерный удар) при котором территория и сооружения предприятия могут оказаться в зонах разрушения.

При попадании в зону полного и сильного разрушения предприятие прекратит производственную деятельность, потери персонала могут достигнуть 70-90%.

При попадании в зону среднего разрушения предприятие сократит производственную деятельность до 45%, потери персонала составят до 10-15%, нарушится управление производством. Многие объекты станут источником вторичных поражающих факторов (взрывы, пожары). Наряду с разрушениями объектов возникнут обширные зоны с высоким уровнем радиоактивного заражения.

При попадании в зону слабого разрушения, предприятие сократит производственную деятельность до 15%, потери персонала могут составить до 2%.

Уровни радиации на территории могут колебаться в зависимости от следа прохождения радиоактивного облака, вида и мощности ядерного взрыва, его удалении.

Электромагнитный импульс может вывести из строя средства автоматизации, построенные на базе микропроцессоров и микроэлектроники (контроллеры,

ПЭВМ), что также может парализовать работу предприятия.

3. Предприятие расположено в сейсмически активной зоне. Последствия землетрясения будут зависеть от интенсивности выделяемой энергии и расстояния до эпицентра землетрясения. Максимально возможная интенсивность выделяемой энергии землетрясения в районе предприятия – 6 баллов по шкале MSK. Здания и сооружения предприятия ООО «АНГК» способны выдержать толчки мощностью до 6 баллов [11].

4. Для данного предприятия высока вероятность проведения террористического акта. Последствия террористического акта (пожары, взрывы) могут вызвать экологическую катастрофу в данном районе Кемеровской области.

С целью обеспечения невозможности проникновения посторонних лиц на территории завода предусмотрено сплошное ограждение из железобетона и организована контрольно – пропускная система на проходной.

Дороги с асфальтовым покрытием предназначенные для любого вида автотранспорта.

Перечень наиболее опасных составляющих на площадке УПН-800:

- площадка теплообменников;
- площадка дегидраторов;
- площадка отбензинивающей колонны;
- площадка основной атмосферной колонны;
- площадка сепараторов;
- площадка насосной легкой бензиновой фракции;
- площадка насосной тяжелой бензиновой фракции;
- площадка насосной дизельной фракции;
- площадка подготовки мазута;
- площадка подготовки реагентов;
- сети технологических трубопроводов.

C1(1) – полное разрушение одного из теплообменников T1 (площадка теплообменников) → выброс нефти, пролив на отбортованной площадке → испарение жидкости при соприкосновении с подстилающей поверхностью и образование из пролива ПГФ → интенсивное смешение паров с воздухом и образование облака ТВС → воспламенение при наличии источника зажигания облака ТВС → горение облака ТВС с возникновением воздушной ударной волны (ВУВ) → воздействие ВУВ на людей и близлежащие объекты.

C1(2) – полное разрушение одного из дегидраторов (площадка дегидраторов) → выброс нефти, пролив на отбортованной площадке → испарение жидкости при соприкосновении с подстилающей поверхностью и образование из пролива ПГФ → интенсивное смешение паров с воздухом и образование облака ТВС → воспламенение при наличии источника зажигания облака ТВС → горение облака ТВС с возникновением воздушной ударной волны (ВУВ) → воздействие ВУВ на людей и близлежащие объекты.

C1(3) – разрушение кубовой части колонны K1 (площадка отбензинивающей колонны)→ выброс нефти, пролив на отбортованную площадку → испарение жидкости, образование из пролива ПГФ → интенсивное смешение паров с воздухом и образование облака ТВС → воспламенение при наличии источника зажигания облака ТВС → горение облака ТВС с возникновением воздушной ударной волны (ВУВ) → воздействие ВУВ на людей и близлежащие объекты.

C1(4) – полное разрушение емкости промежуточной E4 (площадка основной атмосферной колонны)→ выброс нефтепродуктов на отбортованную площадку колонны, испарение и образование ПГФ → интенсивное смешение паров с воздухом и образование облака ТВС → воспламенение при наличии источника зажигания облака ТВС → горение облака ТВС с возникновением воздушной ударной волны (ВУВ) → воздействие ВУВ на людей и близлежащие объекты.

C1(5) – полное разрушение сепаратора C1 (площадка сепараторов)→выброс ЛВЖ, пролив на отбортованную площадку→испарение жидкости при соприкосновении с подстилающей поверхностью и образование из пролива ПГФ→интенсивное смешение паров с воздухом и образование облака ТВС→воспламенение при наличии источника зажигания облака ТВС→горение облака ТВС с образованием воздушной ударной волны (ВУВ) →воздействие ВУВ на людей и близлежащие объекты.

C1(6) –полное разрушение теплообменника X8 (площадка насосной легкой бензиновой фракции)→ выброс нефтепродуктов, пролив на отбортованную площадку → испарение жидкости при соприкосновении с подстилающей поверхностью и образование из пролива ПГФ → интенсивное смешение паров с воздухом и образование облака ТВС→воспламенение при наличии источника зажигания облака ТВС→горение облака ТВС с образованием воздушной ударной волны (ВУВ) →воздействие ВУВ на людей и близлежащие объекты.

C1(7) –полное разрушение теплообменника X1 (площадка насосной тяжелой бензиновой фракции)→ выброс нефтепродуктов, пролив на отбортованную площадку → испарение жидкости при соприкосновении с подстилающей поверхностью и образование из пролива ПГФ → воспламенение при наличии источника зажигания паров над зеркалом жидкости → горение пролива → воздействие открытого пламени и теплового излучения на людей и близлежащие объекты.

C1(8) –полное разрушение теплообменника X3 (площадка насосной дизельной фракции)→ выброс нефтепродуктов, пролив на отбортованную площадку → испарение жидкости при соприкосновении с подстилающей поверхностью и образование из пролива ПГФ → воспламенение при наличии источника зажигания паров над зеркалом жидкости → горение пролива → воздействие открытого пламени и теплового излучения на людей и близлежащие объекты.

C1(9) –полное разрушение емкости E6 (площадка подготовки реагентов)→ выброс нефтепродуктов, пролив на отбортованную площадку → испарение

жидкости при соприкосновении с подстилающей поверхностью и образование из пролива ПГФ → воспламенение при наличии источника зажигания паров над зеркалом жидкости → горение пролива → воздействие открытого пламени и теплового излучения на людей и близлежащие объекты.

С2(1) – частичное разрушение одного из теплообменников Т1, (площадка теплообменников) → выброс нефти, пролив на отбортованную площадку → воспламенение при наличии источника зажигания → горение пролива → воздействие открытого пламени и теплового излучения на людей и близлежащие объекты.

С2(2) – частичное разрушение одного из дегидраторов (площадка дегидраторов) → выброс нефти, пролив на отбортованную площадку → воспламенение при наличии источника зажигания облака ТВС → горение пролива → воздействие открытого пламени и теплового излучения на людей и близлежащие объекты.

С2(3) – частичное разрушение кубовой части колонны К1 (площадка отбензинивающей колонны) → выброс нефти, пролив на отбортованную площадку → воспламенение при наличии источника зажигания облака ТВС → горение пролива → воздействие открытого пламени и теплового излучения на людей и близлежащие объекты.

С2(4) - частичное разрушение промежуточной емкости Е4 (площадка основной атмосферной колонны К2) → выброс нефтепродуктов → воспламенение при наличии источника зажигания облака ТВС → горение пролива → воздействие открытого пламени и теплового излучения на людей и близлежащие объекты.

С2(5) – частичное разрушение сепаратора С1 (площадка сепараторов) → выброс ЛВЖ, пролив на отбортованную площадку → воспламенение пролива ЛВЖ при наличии источника зажигания → воздействие открытого пламени и теплового излучения на людей и близ лежащие объекты.

С2(6) – частичное разрушение теплообменника Х8 (площадка насосной легкой бензиновой фракции) → выброс ЛВЖ, пролив на отбортованную площадку → воспламенение пролива ЛВЖ при наличии источника зажигания → воздействие открытого пламени и теплового излучения на людей и близ лежащие объекты.

С2(7) – частичное разрушение теплообменника Х1 (площадка насосной тяжелой бензиновой фракции) → выброс ЛВЖ, пролив на отбортованную площадку → воспламенение пролива ЛВЖ при наличии источника зажигания → воздействие открытого пламени и теплового излучения на людей и близ лежащие объекты.

С2(8) – частичное разрушение теплообменника Х3 (площадка насосной дизельной фракции) → выброс ЛВЖ, пролив на отбортованную площадку → воспламенение при наличии источника зажигания паров над зеркалом жидкости → горение пролива → воздействие открытого пламени и теплового излучения на людей и близлежащие объекты.

С2(9) – частичное разрушение емкости Е8 (площадка подготовки мазута)

→выброс ГЖ, пролив на отбортованную площадку→воспламенение при наличии источника зажигания в районе пролива→горениепролива→воздействие открытого пламени и теплового излучения на людей и близлежащие объекты.

C2(10) – частичное разрушение емкости Е6 (площадка подготовки реагентов) →выброс ЛВЖ, пролив на отбортованную площадку→ воспламенение при наличии источника зажигания паров над зеркалом жидкости→горениепролива→воздействие открытого пламени и теплового излучения на людей и близлежащие объекты.

C2(11) – образование свища на технологическом трубопроводе нефти (сети технологических трубопроводов) →выброс ЛВЖ, пролив на прилегающую территорию→ воспламенение при наличии источника зажигания паров над зеркалом жидкости→горениепролива→воздействие открытого пламени и теплового излучения на людей и близлежащие объекты.

7.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.

Сведения необходимые для оценки устойчивости работы предприятия:

Обеспеченность СИЗ 100%, медицинские СИЗ 50%.

Оборудование цеха: постоянно работающее. Отключение электроэнергии может привести к аварии.

Оценка устойчивости работы ОЭ начинается с прогнозирования обстановки, определение масштаба, характера поражения, анализ влияния на деятельность объекта и населения, выбор наиболее целесообразных вариантов действий.

Руководителем гражданской обороны объекта является генеральный директор НГК, подчиняющийся начальнику ГО ЗАТО г. Анжеро-Судженск.

Заместителем руководителя гражданской обороны по рассредоточению и эвакуации является заместитель руководителя объекта по общим вопросам.

Он разрабатывает план рассредоточения, организует подготовку мест в загородной зоне, перевозку туда людей и доставку рабочей силы к месту работы, руководит служебной охраны общественного порядка.

Заместителем руководителя гражданской обороны по инженерно-технической части является главный инженер предприятия. Он руководит разработкой перевода предприятия на особый режим работы, осуществляет мероприятия по повышению устойчивости работы предприятия в мирное время, при угрозе нападения и в военное время непосредственно руководит службами аварийно-технической, противопожарной, убежищ и укрытий, а также осуществляет техническое руководство аварийно-спасательными и другими неотложными работами.

Заместителем руководителя гражданской обороны по материально-техническому снабжению является заместитель руководителя нефтеперерабатывающего завода по этим вопросам. Он обеспечивает накопление и хранение специального имущества, техники, инструмента,



средств защиты и транспорта. На него возлагается материально-техническое обеспечение работ по строительству укрытий, мероприятий по рассредоточению и эвакуации, проведению спасательных и других неотложных работ. При угрозе нападения противника он организует рассредоточение запасов сырья, продовольствия и уникального оборудования.

Создан отдел по ГО при руководителе ГО, являющийся его органом управления и выполняющий функции штаба гражданской обороны объекта. Работа отдела по ГО организуется на основании приказов, распоряжений и указаний руководителя ГО, вышестоящего штаба и решений органов управления по делам ГОЧС.

Отдел по ГО осуществляет мероприятия по защите рабочих, служащих и населения от оружия массового поражения и обеспечивает своевременное оповещение об угрозе ЧС природного и техногенного характера; разрабатывает план ГО объекта, периодически корректирует его и организует его выполнение; организует и контролирует обучение рабочих и служащих по ГО и подготовку гражданских организаций гражданской обороны.

На НГК созданы следующие службы ГО: оповещения и связи, медицинская, химической защиты, охраны общественного порядка, противопожарная, энергоснабжения, аварийно-техническая, убежищ и укрытий, транспортная, материально-технического снабжения. На них возлагается выполнение специальных мероприятий и обеспечение действий формирований при проведении АСДНР.

Руководство службами осуществляют их руководители, которые назначаются приказом руководителя ГО из руководителей отделов, цехов, на базе которых созданы эти службы.

Начальники служб обязаны поддерживать в постоянной готовности силы и средства служб. Они участвуют в разработке плана ГО объекта и самостоятельно разрабатывают необходимые документы служб. На них возлагается своевременное обеспечение подчиненных формирований специальным имуществом и техникой.

В случае возникновения ЧС структуры ГОЧС объекта должны действовать согласно Постановлению №794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» и выполнять следующие мероприятия: [27]

При угрозе химического заражения:

- постоянный анализ обстановки и прогнозирование масштабов опасности, площади возможного заражения;
- подготовка к выдаче и выдача всем рабочим и служащим противогазов;
- подготовка эвакогруппы, транспорта, маршрутов для проведения эвакуации.

При угрозе возникновения (распространения) пожара:

- привести в готовность звено пожаротушения, все средства для тушения пожара;
- об опасности оповестить весь личный состав предприятия;

- доложить начальнику штаба ГО района, сообщить пожарной охране на предприятии;
- при необходимости организовать остановку производственного процесса, вынос оборудования, документов, материальных ценностей, оказавшихся под угрозой;
- привести в готовность спасательные формирования, поставить им конкретные задачи;
- нести постоянный анализ, прогнозирование обстановки с целью определения необходимых мероприятий;
- оказание медицинской помощи пострадавшим и эвакуация их в лечебные учреждения.

При угрозе урагана:

- оповестить весь персонал предприятия;
- уточнить порядок приведения в готовность формирований пожаротушения, спасательного, связи и охраны общественного порядка;
- приготовить дублирующие средства электроснабжения;
- осуществить работу по укреплению малоустойчивых, уязвимых конструкций;
- вести постоянное дежурство обслуживающего персонала на уязвимых местах, средствах связи и оповещения.

При сильном снегопаде и снежных заносах:

- организовать интенсивные работы по очистке дорог, подъездов, проездов;
- обеспечить систематическую очистку воздушных электролиний и линий связи, контроль за электроснабжением;
- создать запасы топлива, сырья, продовольствия.

При резком понижении температуры воздуха:

- провести работы по дополнительному утеплению водо- и теплопроводов, канализационных магистралей на наружных участках, лестничных маршах, коридоров и других уязвимых местах;
- закрыть оконные и дверные проемы, а так же выходы из зданий;
- установить строгий контроль за соблюдением режима работы обогревательных устройств и расходы электроэнергии;
- провести профилактические меры по предупреждению обморожения, установить дежурство сан. Дружин для своевременного оказания помощи пострадавшим.

Решения по обеспечению беспрепятственного ввода и передвижения на проектируемом объекте сил и средств ликвидации последствий аварий

С целью обеспечения беспрепятственного ввода и передвижения на территории объекта сил и средств ликвидации последствий ЧС необходимо использовать существующие дороги и проезды на территории объекта. Совместно с Отделом по делам ГО и ЧС Яйского района Кемеровской области и администрацией Яйского района Кемеровской области определяются объемы аварийно-спасательных работ и привлекаемые для

проведения данных работ силы. Аварийно-спасательные и другие неотложные работы в зонах ЧС следует проводить с целью срочного оказания помощи персоналу и населению, которое подверглось непосредственному или косвенному воздействию разрушительных и вредоносных сил природы, техногенных аварий и катастроф, а также ограничения, масштабам, локализации или ликвидации возникших при этом ЧС (ГОСТ Р 22.3.03-94 Безопасность в ЧС, п. 3.6.1.). Комплексом аварийно-спасательных работ необходимо обеспечить поиск и удаление людей за пределы зон действия опасных вредных для их жизни и здоровья факторов, оказание неотложной медицинской помощи пострадавшим и их эвакуацию в лечебные учреждения, создание для спасенных необходимых условий физиологически нормального существования человеческого организма (ГОСТ Р 22.3.03-94 «Безопасность в ЧС», п. 3.6.2.)[28]

7.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

7.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.

АНГК работает 24 часа в сутки. На предприятии рабочий процесс осуществляют попеременно две смены по двенадцать часов: с 8 до 20 часов – дневная смена, с 20 до 8 часов – ночная смена. После 4 часов работы с начала смены работнику предоставляется часовой обеденный перерыв. В целом же режим труда и отдыха на заводе выглядит следующим образом [11]:

продолжительность рабочей смены ремонтного, операторского и управляющего персонала - 12 часов;

обеденный перерыв - 60 минут;

междусменный отдых – после ночной смены: 48 часов, после дневной смены: 24 часа;

выходные - 91 день;

регламентируемые перерывы - по 15 минут через каждые 2 часа;

ежегодный оплачиваемый отпуск - 28 дней.

По трудовому законодательству работнику также предоставляются краткосрочные внеплановые, декретные и ежегодные дополнительные оплачиваемые отпуска. К первым относятся дни, пропущенные по болезни; дни, пропущенные при выполнении государственных обязанностей; дни, пропущенные в связи с учебной; дни, пропущенные с разрешения администрации (по семейным обстоятельствам). Декретный отпуск предоставляется на время воспитания ребёнка до трёх лет. Минимальная продолжительность ежегодного дополнительного оплачиваемого отпуска составляет 7 календарных дней. Предоставляется работникам, условия труда на рабочем месте которых по результатам специальной оценки условий труда отнесены к вредным условиям труда 2, 3 или 4 степени либо опасным условиям. На основании Федерального закона о страховых пенсиях от 28.12.2013 №400-ФЗ работникам УПН назначается страховая пенсия по старости мужчинам по достижении возраста 55 лет и женщинам по достижении возраста 50 лет, если они проработали на работах с тяжёлыми условиями труда соответственно не менее 12 лет 6 месяцев и 10 лет и имеют

страховой стаж соответственно не менее 25 лет и 20 лет.

#### 7.4.2 Организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны.

Безопасность работы колонны обеспечивается надежным и правильно изготовленным фундаментом под колонну, способным выдерживать все необходимые нагрузки. Фундамент изготовлен из бетона марки М-200, способного выдержать необходимую нагрузку от колонны [11].

Перед началом работы оператор проводит осмотр колонны и теплообменников с трубопроводами с целью устранения возможных проблем и неполадок.

Для обеспечения доступа ремонтного и обслуживающего персонала к различным частям оборудования, расположенным на различной высоте, на участке имеются лестницы с перилами, в соответствии с ГОСТ 12.2.003-08, а также многоуровневые сеточные полы с бортиками, во избежание падения с высоты различных инструментов.

На ректификационной колонне предусмотрена установка лестничных маршей с площадками, для безопасности обслуживающего персонала. Площадка снабжена безопасными и удобными по размерам проходами более 0,8 м.

- Ширина лестницы – 1 м.
- Высота перил – 1,2 м.
- Шаг ступеней – 0,2 м.
- Ширина ступени – 0,2 м.

Ограждение рабочих площадок и маршевых лестниц имеют по нижнему краю бортик высотой 100 мм, препятствующий падению с высоты мелких предметов [29].

Основные параметры и размеры лестничных маршей, прямоугольных площадок и ограждений должны соответствовать СП124.13330.2012.

Основываясь на указанных стандартных размерах [29], принимаем:

- лестничный марш (Н 3000, L 3000,  $\alpha=45^\circ$ ) – 3 шт;
- площадка (Ln 4200, В 1000) – 18 шт;
- площадка (Ln 1200, В 1000) – 6 шт;

Работники на установке переработки нефти 80% рабочего времени проводят в помещении операторской. Практически все управление технологическим процессом производится автоматически, с помощью автоматизированных систем управления. Остальное время операторы проводят непосредственно выполняя работы с колонной.

Производимые нефтепродукты на АНГК отвечают требованиям ГОСТ Р 51105-97, ГОСТ 305-02, ГОСТ 10585-99, ТУ 0251-002-77630645-2006 и ТУ 0251-003-77630645-2006. Поэтому на предприятии разработаны санитарные требования к территории, водоснабжению, канализации, зданиям, помещениям, оборудованию, инвентарю, таре, сырью и технологическому процессу.

Высота производственных помещений от пола до потолка не менее 3,5 м.

Стены помещений оштукатурены, побелены или окрашены влагоустойчивыми красками. Пол железобетонный, в административно-хозяйственных помещениях и лаборатории – из керамических плит.

Весь металлический инвентарь, аппаратура и тара, соприкасающиеся с нефтепродуктами, изготовлены из антикоррозионной стали.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 для категории работ средней тяжести Па (для холодного периода) температура в операторной: допустимая 17 – 23 °С; относительная влажность воздуха допустимая 75 %. В действительности относительная влажность воздуха на участке находится в пределах допустимой (норма в холодный период: 15-75 %) и составляет 70 – 75 %.

Теплоснабжение участка осуществляется от котельной, имеющейся на предприятии. В качестве теплоносителя для системы отопления используется горячая вода и пар. Отопление участка центральное, водяное и паровое. Теплоносителем является горячая вода (поступает с установки, нагретая горячими насосами) и перегретый пар (производится в котельной, расположенной на территории завода).

8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

#### ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА

Целью экономического расчёта является определение расходов на переработку нефти с учетом увеличения мощности, рассчитать себестоимость 100 тыс тонн переработанной нефти и сравнить её с себестоимостью 115 тыс. тонн.

Расчет производственной мощности и производственной программы.

Производственная мощность – это максимально возможный выпуск

продукции в определенной номенклатуре и ассортименте при наиболее полном использовании в течение года оборудования и производственных площадей, применении прогрессивных технических норм производительности оборудования и удельных норм расхода сырья и материалов. Под производственной мощностью оборудования следует понимать его максимальную способность выпускать продукцию за определенный календарный период времени при наилучших организационно-технических условиях. Производственная мощность выражается количеством выпускаемой продукции и измеряется в натуральных единицах.

Все аппараты цехов химических предприятий делятся на несколько групп: основное оборудование;

вспомогательное оборудование;

аппараты, выполняющие подготовительные функции.

Поскольку производственный процесс является непрерывным, на предприятии планируется общая остановка на капитальный ремонт.

Расчет производственной мощности осуществляется по формуле:

где  $P_{\text{час}}$  – часовая производительность ведущего оборудования, кг/час;

$P_{\text{час}}=12437,8$  кг/ч из данных материального баланса;

$n$  - количество однотипного оборудования,  $n=1$ .

$T_{\text{эфф}}$  – эффективное время работы оборудования за год по выпуску данного вида продукции, час;

Эффективный фонд времени оборудования:

$T_{\text{эфф}} = T_{\text{ном.}} - T_{\text{ППР}}$ ,

где  $T_{\text{ном.}}$  – номинальный фонд работы оборудования;

$T_{\text{ном.}}=8760$  часов

$T_{\text{эфф}} = 8760-720=8040$  часов

$M=12437,8 \cdot 8040 \cdot 1=99999 \text{ т/г}$

Для анализа использования оборудования рассчитываем экстенсивный и интенсивный коэффициенты. Коэффициент экстенсивного использования оборудования равен

$K_{\text{экс}} = T_{\text{эфф}}/T_{\text{н}}$  .

$K_{\text{экс}} = 7680/8760=0,877$

Коэффициент интенсивного использования оборудования равен

$K_{\text{инт}} = Q_{\text{пп}}/Q_{\text{мах}}$  ,

$K_{\text{инт}}=12437,8/16500=0,754$

где  $Q_{\text{пп}}$  – производительность единицы оборудования в единицу времени;

$Q_{\text{мах}}$  – максимальная производительность в единицу времени.

Интегральный коэффициент использования мощности:

$K_{\text{им.}}=K_{\text{экс}} \cdot K_{\text{инт}}$ ,

$K_{\text{им.}}=0,877 \cdot 0,754=0,661$

Для определения фактического выпуска продукции рассчитывается производственная программа ( $N_{\text{год}}$ ):

$N_{год} = K_{им} \cdot M$ ,  
 $N_{год} = 0,661 \cdot 99999 = 66099,3$  т/год

Таблица 19

Производственная программа выпуска продукции.

Наименование

показателя Величина показателя по годам

2014 2015

1	Этапы загрузки мощности, %	75,38	86,69	
2	Объем производства, тыс.т/год	100	115	
3	Цена за единицу продукции, рруб./т	28435		28411
4	Объем продаж, тыс.руб.	2843500	3267265	

Расчет годового фонда заработной платы персонала установки

На предприятиях химической промышленности в зависимости от условий труда и степени вредности производства длительность рабочего дня составляет 12 часов. Поэтому возникает потребность в организации постоянной работы. Для этого на заводе организована 2-х сменная работа и составляется график сменности, т.к. работает 4 бригады (А, Б, В, Г) с дополнительными днями отдыха.

Таблица 20

График сменности рабочих

Смена	Время	Дни выходов										
		12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	8-20 А	Б	В	Г	А	Б	В	Г	А	Б	В	
	Г	А	Б	В	Г	А	Б	В				
2	20-8 Г	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г	А	Б	
	В	Г	А	Б	В	Г	А	Б				
Отсыпной	В	Г	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г	А	
	Б	В	Г	А	Б	В	Г	А				
Выходной	Б	В	Г	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г	
	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г				

Из графика сменности можно рассчитать величину сменооборота:

,

где - длительность сменооборота;

- количество бригад;

- количество дней, в течение которых бригада работает одну смену.

$T_{(см-о)} = 4 \cdot 1 = 4$  дня

Сменооборот позволяет нам определить количество выходных дней:

,

где - количество выходных за год;

- время календарное;

- количество выходных за один сменооборот.

$T_{вых} = 365 / 4 \cdot 1 = 91$  день

Зная количество выходных за год, можно определить эффективное время работы за год:

,  
где - эффективное время рабочего;  
- количество невыходов.

Рассчитаем количество эффективного времени в часах:

Количество производственного персонала, работающего посменно:  
явочная численность: ,

где Нштат = 4 человек - штатное количество человек, работающих в смену;  
S=2 - число смен в сутки.

Тогда явочная численность равна: Няв.= 2 4=8 человек.

списочная численность:

,  
где - эффективный фонд рабочего времени оборудования, ;  
- эффективный фонд работы одного среднесписочного рабочего, .

Тогда списочная численность равна:

$$H=(8040 \cdot 8)/(2796 \cdot 2)=23 \text{ чел.}$$

Структура промышленного производственного персонала установки переработки нефти.

Таблица 22

№ п/п	Группы ППП	Количество человек
1	ИТР	3
2	Основные рабочие:	
	- операторы	16
3	Вспомогательные рабочие:	
	- слесари ремонтники;	2
4	МОП	1
Итого по установке		23

Тарифная заработная плата включает в себя:

,  
где - тарифная ставка данной категории рабочих;  
- эффективное годовое время одного среднесписочного работника.

Тарифный коэффициент рабочих цеха представлен в таблице 23

Таблица 23

Часовая тарифная ставка рабочих

Категории рабочих Часовая тарифная ставка, руб.

4 разряд	5 разряд	6 разряд		
1. Оператор технологической установки	-	97,06	114,45	
2. Слесарь ремонтник	79,76			



Премииальные рассчитывается по формуле:

Доплата за работу в ночное время определяется по формуле:

,  
где - время ночной работы, которое для каждого рабочего в год составляет .

Доплата за работу в праздничные дни определяется по формуле:

,  
где - количество часов, отработанных в праздник;  
- явочная численность рабочих.

Доплата из фонда мастера рассчитывается по формуле:

.  
Доплату за бригадирство определяется по формуле:

,  
Зарботную плату рабочих за год определяется по формуле:

,  
где - плата за труд;  
- дополнительная плата за нерабочее время;  
- районный коэффициент (для Томска он равен 1,3).

;

,

где - зарплата по тарифу;  
- доплата премиальная;  
- доплата за ночное время;  
- доплата за работу в праздничные дни;  
- доплата за бригадирство.

Начисления на зарплату за год определяется по формуле:

$N_{\text{зач.}} = (ЗОСН + ЗДОП) / 100 \cdot 26$

Зарботная плата рабочих установки переработки нефти, рассчитанная по формулам, изложенным выше, представлена в таблице 24

Таблица 24

Зарботная плата рабочих на установке

Категории рабочих	Количество человек			ЗП тар		Д прем	Д н.вр
	Д празд	Д фм	Д бр	ЗП осн	ЗП доп	ЗП год	ЗП с учетом районного коэффициента

Основные рабочие:

Оператор технологической установки:

- 5-го разряда	12	192178,8	57653,64	42395,8	10870,72	-	-
	303098,96	53362,5	356461,46	463399,9	5560798,8	92680	
- 6-го разряда	4	226611	6798349991,76	12818,4	-	-	
	357404,16	62923,27	420327,43	546425,7	2185702,8	109285,1	

Сумма:

7746501,6 201965,1

Вспомогательные рабочие:

2. Слесарь ремонтник 4-го разряда	2	157924,8	47377,44	34839,2
	8933,12	—	249074,56	43851,15
	761606,8	76160,7	292925,71	380803,4

Сумма:

	761606,8	76160,7		
Итого:	18	576714,6	173014,1	127226,8
	909577,7	160136,9	1069714,6	1390629
				32622,24
				8508108,4
				278125,8

Расчет заработной платы ИТР

Примем, ИТР в количестве 3 человек работают только в день.

Расчет ЗП ИТР(оклад 10000 руб/мес), проводим аналогично расчету ЗП рабочих, принимая для них тот же график работы и такое же эффективное время работы. Результаты расчета заработной платы ИТР приведены в таблице:

Таблица 25

Заработная плата ИТР

Количество человек	ЗПтар	Д прем	Д н.вр	Д празд	ЗП осн	
ЗП доп	ЗП год	ЗП с учетом районного коэффициента			ЗП с	
учетом численности	Начисления на зарплату					
3	165168	46553,4	—	21978233700	41123274823	357270
	1071809,7	71453,98				

Расчет заработной платы МОП

Расчет ЗП МОП (оклад 5500 руб/мес) производим по тем же формулам, что использовались при расчете ЗП основных рабочих. Результаты расчета приведены в таблице:

Таблица 26

Заработная плата МОП

Количество человек	ЗПтар	Д прем	Д н.вр	Д празд	ЗП осн	
ЗП доп	ЗП год	ЗП с учетом районного коэффициента			ЗП с	
учетом численности	Отчисления на социальные нужды					
2	8527825583,4	—	8052	118913,4	20924,7	139838,1
	181789,5	363579	36357,9			

Полученные расчеты представим в таблице 33

Таблица 27

Потребность в заработной плате.

Основные рабочие	Вспомогательные рабочие	ИТР	МОП	Сумма
7746501,6				
761606,8	1071809,7	363579		7410695,7

Расчёт стоимости основных производственных фондов и амортизационных отчислений от них

Производственные фонды представляют собой совокупность средств труда, необходимых для осуществления непрерывного процесса производства. Производственные фонды обслуживают производство в течение длительного времени, они участвуют в процессе производства продукции и переносят стоимость на готовый продукт по частям, по мере своего износа и не меняют своей натуральной формы.

Оборотные фонды в химической промышленности составляют 20 -25% от основных фондов.

Таблица 28

Стоимость основных фондов.

Наименование	Стоимость, руб.	Нормы амортизации
Здания	4361347	1,7
Машины и оборудование	23830249	3,5
Приборы КИП и А, лабораторное оборудование	8431205	10
Инвентарь и инструменты	1056342	1,5
Итого	37679143	

Амортизационные отчисления от зданий:

$$\text{Агод} = 4361347 / 100 * 1,7 = 74142,9$$

От машин и оборудования:

$$\text{Агод} = 23830249 / 100 * 3,5 = 1191512,45$$

От приборов КИП и А и лабораторий:

$$\text{Агод} = 8431205 / 100 * 10 = 843120,5$$

От инвентаря и инструментов:

$$\text{Агод} = 1056342 / 100 * 1,5 = 15845,13$$

$$\text{Итого: Агод} = 2124621$$

Основные фонды представляют собой средства труда, которые многократно используются и не меняют натурально-вещественную форму. Основные фонды делятся на производственные (здания, сооружения, рабочие машины) и непроизводственные (жилые дома, больницы, детские сады).

Величина капитальных затрат на строительство здания может быть определена укрупнено:

где  $C_{зд}$  - стоимость одного м<sup>3</sup> производственного здания, руб/м<sup>3</sup>;  $V$  - объем здания, м<sup>3</sup>.

$$C_{зд} = 360 * 10000 = 3600000 \text{ руб.}$$

2. Величина капитальных затрат на приобретение и монтаж оборудования может быть рассчитана, исходя из стоимости материалов на изготовление оборудования плюс дополнительные затраты на приобретение и монтаж оборудования.

Рабочие машины и оборудование:

По данным Интернета находим стоимость ректификационной колонны, теплообменников и насосов записываем в таблицу

Таблица 29

наименование основных фондов	кол-во	стоимость, руб,	Ст.п.
------------------------------	--------	-----------------	-------

Стоимость с учетом количества, руб.			
Ректификационная колонна и сепаратор(блок			
2			
			9 000 000.
			18 000 000
Теплообменники	12	250 000.	3 000 000
Насос	30	100 000.	3 000 000
Емкость	5	150 000	750 000
Печь	1	3000000	3 000 000
Итого:			
50			27 750 000

Таблица 30

Расходы на наладку и монтаж оборудования

Наименование нормативов % от стоимости материалов оборудования  
Сумма, руб.

1. На устройство фундаментов	10	2 775 000
2. На технологические трубопроводы	20	5 550 000
3. На антикоррозионные работы	5	1 387 500
4. На кабельные разводки	5	1 387 500
5. На КИПиА	10	2 775 000
6. На монтаж оборудования	22	6 105 000
8. На вспомогательное оборудование	5	1 387 500
Итого:		21 367 500

Расчет необходимой массы исходного сырья, материалов и энергии.

$\text{Сед.с.} = \text{Цед} \cdot \text{Нр}$ ,

где: Сед.с.- стоимость сырья на единицу продукта, руб/т.

Цед.- цена за единицу сырья, руб.

Цена за единицу сырья взяты по данным предприятий «Томскводоканал» и «Томскэнерго».

Нр - норма расхода сырья взята из данных ООО «Томскнефтехим»

$\text{Нс.вып} = \text{Нр} \cdot \text{Мг}$ ,

где: Нс.вып- количество сырья на весь выпуск.

Мг- годовая мощность выпуска продукта, 10000 тонн в год

$\text{Сс.вып} = \text{Нс.вып} \cdot \text{Цед.с.}$

где: Сс.вып- стоимость сырья на весь выпуск, тыс. руб.

Расчет необходимой массы исходного сырья, материалов и энергии на год.

Таблица 31

Потребность в оборотных средствах

Наименование сырья, материалов и энергии. Цена за единицу сырья, руб.

Норма расхода сырья, ед. /т. Стоимость сырья на единицу продукта, руб./т. Количество сырья на весь выпуск, Стоимость сырья на весь выпуск, тыс. руб.

	100	115	100	115		
Нефть, т	120001,0	12000100000	115000	1200000	1380000	
Пар, т	238 0,8	190,4 8000092000	1904021896			
Вода, т.	43 0,4	17,2 4000046000	1720 1978			
ингибитор	294880	0,00032	94,4 32	36,8 9436,16	10851,584	
Электроэнергия, кВт* ч.	94,67 125	11833,75	12500000	14375000	1183375	
	1360881,25					
Нейтрализатор	294880	0.00025	73,72 25	28,75 7372	8477,8	
Деэмульгатор	294880	0,000053	15,62 5,3	6,1 1562,864		
	1798,768					
Итого:			3805881,024	4376764,652		

Планирование себестоимости продукции

Калькуляция себестоимости 1 тонны продукции

N2014= 100 тыс.т/год, N2015 = 115 тыс.т/год

Таблица 32 Калькуляция себестоимости

Наименование затрат 100000 115000

Сумма на 1 т, тыс. руб. Сумма затрат на объем производства, тыс. руб Сумма на 1 т, тыс. руб. Сумма затрат на объем производства, тыс. руб

Прямые переменные затраты

1. Сырье и материалы	12,391	1239,100	12,391	1360,910
2. Электроэнергия на технологические цели			11,834	1183,375 11,834
				1360,881

Итого переменные затраты: 24,225 2422,475 24,225 2721,791

Постоянные затраты

Заработная плата

1.1 Заработная плата основных работающих 0,085 8508,11 0,074 8508,11

1.2 Отчисления на социальные нужды основных рабочих 0,026 2552,43 0,022 2552,43

Общепроизводственные расходы

Заработная плата ИТР, МОП 0,014 1435,39 0,012 1435,39

Отчисления на социальные нужды ИТР, МОП 0,004 430,62 0,004 430,62

амортизация 0,021 2124,621 0,018 2124,621

ремонт 0,0002 15,845 1,38e<sup>(-4)</sup> 15,845

цеховая себестоимость 24,375 17489,491 24,355 15067,016

общезаводские расходы (5% к цеховой себестоимости) 1,219 874,475 1,218 753,35

коммерческие расходы (1% к заводской себестоимости) 0,256 183,64 0,255 158,204

Итого постоянные затраты:

1,625 3198,581    1,603 3052,02

Полная себестоимость: 25,85 18547,606    25,828    15978,57

Расчет цены

Цену 1 тонны продукта рассчитываем по формуле:

$C = C (1+P/100)$ ; где P – рентабельность 10 %; C – себестоимость;

$C_{100} = 25,85 (1+10/100) = 28,435$  тыс. руб.

$C_{115} = 25,828 (1+10/100) = 28,411$  тыс. руб.

Цену 125 тыс. тонн (выручка) продукта рассчитываем по формуле:

$C_{год} = C Q$ ; где

$Q_{2014} = 100$  тыс.т. (объем продаж).

$Q_{2015} = 115$  тыс.т. (объем продаж).

В-реал.2014 = 28,435 100000 = 2843500 тыс. руб.

В-реал.2015 = 28,411 115000 = 3267265 тыс. руб.

Построение точки безубыточности.

Точки безубыточности - минимальный объем продаж, начиная с которого предприятие не несет убытков.

2014 год

Упост = 1,625 тыс.руб.

Уперем. = 24,225 тыс.руб.

Q = 100 тыс.т. (объем продаж).

Упост Q = 1,625 100 = 162,5 тыс.руб.

Уперем Q = 24,225 100 = 2422,5 тыс.руб.

U = Упост + Уперем. = 162,5 + 2422,5 = 2585 тыс.руб.

$Q_{кр} = \text{Упост} / (C_{1т} - \text{Уперем.1т.})$

$Q_{кр} = 162,5 / (28,435 - 24,225) = 38,599$  тыс.т

2015 год

Упост = 1,603 тыс. руб.

Уперем. = 24,225 тыс. руб.

Q = 115 тыс.т. (объем продаж).

Упост Q = 1,603 • 115 = 184,345 тыс. руб.

Уперем Q = 24,225 • 115 = 2785,875 тыс.руб.

U = Упост + Уперем. = 184,345 + 2785,875 = 2970,22 тыс.руб.

Тогда точка безубыточности определится следующим образом:

$Q_{кр} = \text{Упост} / (C_{1т} - \text{Уперем.1т.})$

$Q_{кр} = 184,345 / (28,411 - 24,225) = 44,038$  тыс.т

По результатам вычислений строим график безубыточности.

Технико-экономические показатели. Таблица 34

Наименование показателя	Ед. изм.	2014	2015
Объем производства	т	100000	115000
Объем продаж	т	100000	115000
Цена за тонну	тыс. руб.	28,435	28,411
Выручка от продаж	тыс. руб.	2843500	3267265
Суммарные издержки,	тыс. руб.	5621,046	5773,811

в т.ч переменные издержки	тыс. руб.	2422,475	2721,791
в т. ч. постоянные издержки	тыс. руб.	3198,571	3052,02
Операционная прибыль	тыс. руб.	2837879	3261491,19
Налог на прибыль (20%)	тыс. руб.	567575,8	652298,238
Чистая прибыль	тыс. руб.	2270303,2	2609192,95
Себестоимость 1 тонны продукции	тыс. руб.	25,85	25,828
Стоимость основных средств	тыс. руб.	37679,143	37679,143
Численность основных рабочих	чел.	20	20
Фондовооруженность	тыс. руб.	1883,96	1883,96
Фондоотдача		75,466	86,713
Фондоёмкость		0,013	0,012
Производительность труда	тыс. руб./чел	281,052	288,691
Рентабельность производства	%	20	20,85
Рентабельность продаж	%	12,33	12,77
Qкр. (критический объем продаж)	тыс. т	38,599	44,038
Qкр. (критический объем продаж)	тыс.руб	1097,563	1251,164

#### Заключение:

В данном курсовом проекте была разработана ректификационная колоннаустановки переработки нефти ООО «Анжерская НГК».

Проведенный расчет включает в себя материальный и тепловой балансы, а также основные габаритные размеры, и конструктивную часть, где были определены такие конструктивные данные, как: расчетные и исполнительные толщины элементов аппарата, размеры фланцевых соединений, укрепление отверстий, а также был выполнен подбор и расчет опор аппарата. Были проведены необходимые расчеты проверки на устойчивость и прочность.

Согласно заданию и с учетом методических указаний спроектирован аппарат для ректификации.

#### Список литературы

ГОСТ Р 51105-97. Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин  
ГОСТ 10585-99. Топливо нефтяное. Мазут

ТУ 0251-002-77630645-2006 Углеводородная фракция с температурой кипения до 230°C (СНП-1)

ГОСТ 12.0.003-09\*ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

ГОСТ Р 51797-2001 Содержание нефтепродуктов в воде

ТУ 0251-003-77630645-2006 Углеводородная фракция с температурой кипения до 380°C (СНП-2)

Положение о системе технического обслуживания и ремонта оборудования предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Часть 2. Нефтехимические производства.

Колонные аппараты. Каталог ВНИИнефтемаш. - М.: Изд. ЦИНТИхимнефтемаш, 1992. - 26 с.

Михалев М.Ф. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Ленинград 1984. -301 с.

Беляев В. М., Миронов В. М. Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли. Ч. I: Тонкостенные сосуды и аппараты химических производств: Учебное пособие / Том. политех. ун-т. – Томск,2003. – 168 с.

Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии/ Дытнерский Ю.И. -Л.: Химия, 1981. -512 с.

Технологический регламент установки переработки нефти УПН-100. Анжерская нефтегазовая компания – 2010. – 23 с.

Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии.М.: Химия, 1973.-752 с.

Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии/ Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.Л. -Л.: Химия, 1981. -586 с.

Поникаров И.И. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (Примеры и задачи). Москва 2008. -717 с.

Щербаков В.Н. Конструирование и расчет элементов оборудования. Часть 2 – Тонкостенные сосуды и аппараты. Красноярск 2005. -164 с.

Щербаков В.Н. Конструирование и расчет элементов оборудования. Методические указания к выполнению курсовой работы. Красноярск 2006. - 32 с.

Мастрюков, Борис Степанович. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий: учебное пособие / Б. С. Мастрюков. — Москва: Академия, 2011. — 368 с.: ил. — Высшее профессиональное образование. Безопасность жизнедеятельности. — Библиогр.: с. 364-365.

Пряников В.И. Техника безопасности в химической промышленности. – М.: Химия, 1989.

Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда: учебное пособие для вузов / П. П. Кукин [и др.]. — 5-е изд., стер. — Москва: Высшая школа, 2009. — 335 с.: ил. — Для высших учебных заведений. — Безопасность



жизнедеятельности. — Библиогр.: с. 333.

Охрана труда в химической промышленности. Под редакцией Г.В. Макарова, А.Я. Васина и др. — М.: Химия, 1989.

Арустамов Э. А. Безопасность жизнедеятельности. — М.: Высш. шк., 2001. — 678 с.

ГОСТ 12.4.011-89 «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация».

ГОСТ-12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

ГОСТ 12.1.038-82 «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов».

ГОСТ 12.1.019-79 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

Технологический регламент установки переработки нефти УПН-100. Анжерская нефтегазовая компания — 2010.

Методическое письмо НИИ Атмосфера № 355/33-07 от 17 мая 2000 г. "О проведении расчётов выбросов ...".

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТО ТРЕБОВАНИЯХ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ N 123-ФЗ от 22 июля 2008 года.

ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

. Пособие к СНиП П-4-79 Пособие по расчету и проектированию естественного, искусственного и совмещенного освещения.

Беляков, Геннадий Иванович. Охрана труда и техника безопасности [Электронный ресурс]: учебник для прикладного бакалавриата / Г. И. Беляков. — 3-е изд., перераб. и доп. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740МВ). — Москва: Юрайт, 2016.

СНиП 41-03-2003. Тепловая изоляция трубопроводов и оборудования.

ГОСТ 53768-2010 Провода и кабели для электрических установок с номинальным напряжением до 450/750 В включительно.

СН 2.2.4/2.1.5626-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. — М.: Минздрав России, 1997.-15 с.

СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение

СП 44.13330.2011 Административные и бытовые здания.

2.1.5.1059-01 Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения.

СП 118.13330.2012 Общественные здания и сооружения.

СП 6.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям».

СанПиН 2.2.1/2.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. - С-Пб.: типо-графия «Авангард», 2003- 38 с.

Российская Федерация. Законы. «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [Федеральный закон №68-ФЗ].

Российская федерация. Законы. «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации ЧС». [Постановление правительства РФ №794 от 30.12.2003]. - М.: Инфа-М, 2003 - 12с.

ГОСТ Р 22.3.03-94 «Безопасность в ЧС»

СП 124.13330.2012 Лестницы маршевые, площадки и ограждения стальные [Текст]. – Введ. 01-01-2012.- М.: 2012г. 6 с.- (Система стандартов безопасности труда).

Реферат  
РЕКТИФИКАЦИОННАЯ КОЛОННА, СЕПАРАТОР, РАСЧЕТ,  
МОНТАЖ, НЕФТЬ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА.

Дипломный проект содержит расчетно-пояснительную записку из 142 страниц текста, 26 таблиц, 20 рисунков, 57 литературных источников и графическую часть из 4 листов формата А1 и 3 листа формата А0.

В дипломном проекте предусмотрена реконструкция установки переработки нефти с разработкой ректификационной колонны

В дипломном проекте рассмотрены различные конструкции контактных устройств. Приведены расчеты основных технологических и конструкторских показателей массообменного аппарата. Разработана схема автоматического управления технологическим процессом, позволяющая повысить производительность и уменьшить трудоёмкость этого процесса.

Приведены расчеты основных технико-экономических показателей, по которым видно, что реконструкция установки переработки нефти является экономически эффективной.

abstract

Distillation columns, separators, CALCULATION, ASSEMBLY, OIL, technological schemes.

Graduation project includes the settlement and explanatory note of the 142 pages of text, 26 tables, 20 figures, 57 references and graphic part of the 4 sheets size A1 and 3 sheets A0.

The thesis project involves the reconstruction of the oil processing plant with the development of the distillation column

The thesis project examined various designs of contact devices. The calculations of basic technological and design parameters mass transfer apparatus. The scheme of the automatic process control, which allows to increase the productivity and reduce the complexity of the process.

The calculations of the main technical and economic indicators, which shows that the reconstruction of the oil refining is cost-effective.

