

## Аннотация

В дипломном проекте рассчитывается ректификационная колонна стабилизации нефти, являющаяся составной частью установки первичной переработки нефти.

В проект вошли следующие разделы:

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

Дипломный проект включает

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



# 1 Обзор состояния вопроса

## 1.1 Подготовка нефти к переработке

Сырая нефть содержит растворенные в ней газы, называемые попутными, воду, минеральные соли, различные механические примеси. Подготовка нефти к переработке сводится к выделению из нее этих включений и нейтрализации химически активных примесей.

Выделение из нефти попутных газов производится в газоотделителях путем уменьшения растворимости газов за счет снижения давления. Затем газы направляются для дальнейшей переработки на газобензиновый завод, где из них извлекают газовый бензин, этан, пропан, бутан. Окончательное отделение газов от нефти происходит в стабилизационных установках, где они отгоняются в специальных ректификационных колоннах.

Физико-химические показатели выделяемого бензина газового стабильного соответствуют ТУ 0272-020-00148300-89 и приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Физико-химические показатели бензина газового стабильного

Наименование показателя	Норма по маркам	
	«БЛ»	«БТ»
Фракционный состав:		
начало кипения, °С, не ниже	25	25
конец кипения, °С, не выше	150	185
объемная доля остатка в колбе, %, не более	1,3	10
объемная доля остатка и потерь, %, не более	5,0	20
Содержание фактических смол, мг/100 мл бензина, не более	Не нормируется	
Давление насыщенных паров, гПа, не более	1200	850
Массовая доля общей серы, %, не более	0,04	0,05
Испытание на медной пластинке	Выдерживает	
Содержание воды и механических примесей	Отсутствие	

										Лист
Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата						



Ассортимент продуктов вакуумной перегонки мазута зависит от варианта переработки – масляной или топливной. По масляной схеме получают несколько фракций – легкий, средний и тяжелый масляные дистилляты; по топливной схеме получают одну фракцию, называемую вакуумным газойлем, используемым как сырье каталитического крекинга или гидрокрекинга.

Дистилляты, получаемые по первой схеме, подвергают специальной очистке и затем смешивают в различных соотношениях для получения тех или иных сортов масел. Из нижней части колонны выводится гудрон – остаток перегонки нефти. Гудрон используется как сырье для термического крекинга, коксования, производства битума и высоковязких масел.

Выход продукции на установках прямой перегонки зависит от состава исходной нефти и от технологической схемы установки. На одном и том же заводе из одинакового сырья на разных перегонных установках получают различное количество товарных продуктов.

### 1.3 Прочие способы переработки нефти

Помимо перегонки также используются деструктивные способы переработки нефти.

В результате первичной перегонки нефти из нее в виде отдельных фракций удается выделить вещества, которые в ней уже присутствовали. Применение деструктивных методов переработки нефти позволяет получать новые вещества, являющиеся товарными продуктами, необходимыми в различных отраслях народного хозяйства.

Термический крекинг осуществляется при 470–540 °С под давлением 2–7 МПа. Термическое разложение углеводородов начинается при 380–400 °С. С увеличением температуры скорость крекинга сильно увеличивается, поскольку процесс протекает в кинетической области. Также используется каталитический крекинг, что позволяет увеличить выход бензина до 45–50% без ухудшения других показателей процесса.

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						







ривают разъемный S-образный элемент, что позволяет начинать разборку тарелки также и в средней части.

Профиль S-образного элемента имеет повышенную жесткость, что позволяет изготавливать их из стального листа толщиной 2 мм и при диаметре колонны до 4000 мм не применять промежуточных опорных балок.

Тарелки провального типа перекрывают все сечение колонны и состоят из отдельных секций, укрепленных на опорном кольце и балках каркаса. На тарелках провального типа паровая и жидкая фазы контактируют по схеме противотока. Тарелки этого типа гораздо более чувствительны к изменению нагрузок по жидкости и пару и имеют более узкий диапазон рабочих нагрузок.

Чтобы избежать этого, прибегают к различным приемам, позволяющим локализовать (скомпенсировать) проточное движение фаз и не допустить его распространения на всю тарелку. Примером может служить установка поперечных секционирующих перегородок; создание движения фаз в пересекающихся направлениях, когда оси соседних лепестков расположены во взаимно перпендикулярном направлении или образуют пучок прямых и т.п.

На основании выполненного обзора выбираем колонну с колпачковыми тарелками, обеспечивающими требуемое разделение и допускающими изменение нагрузки.

										Лист
Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата						





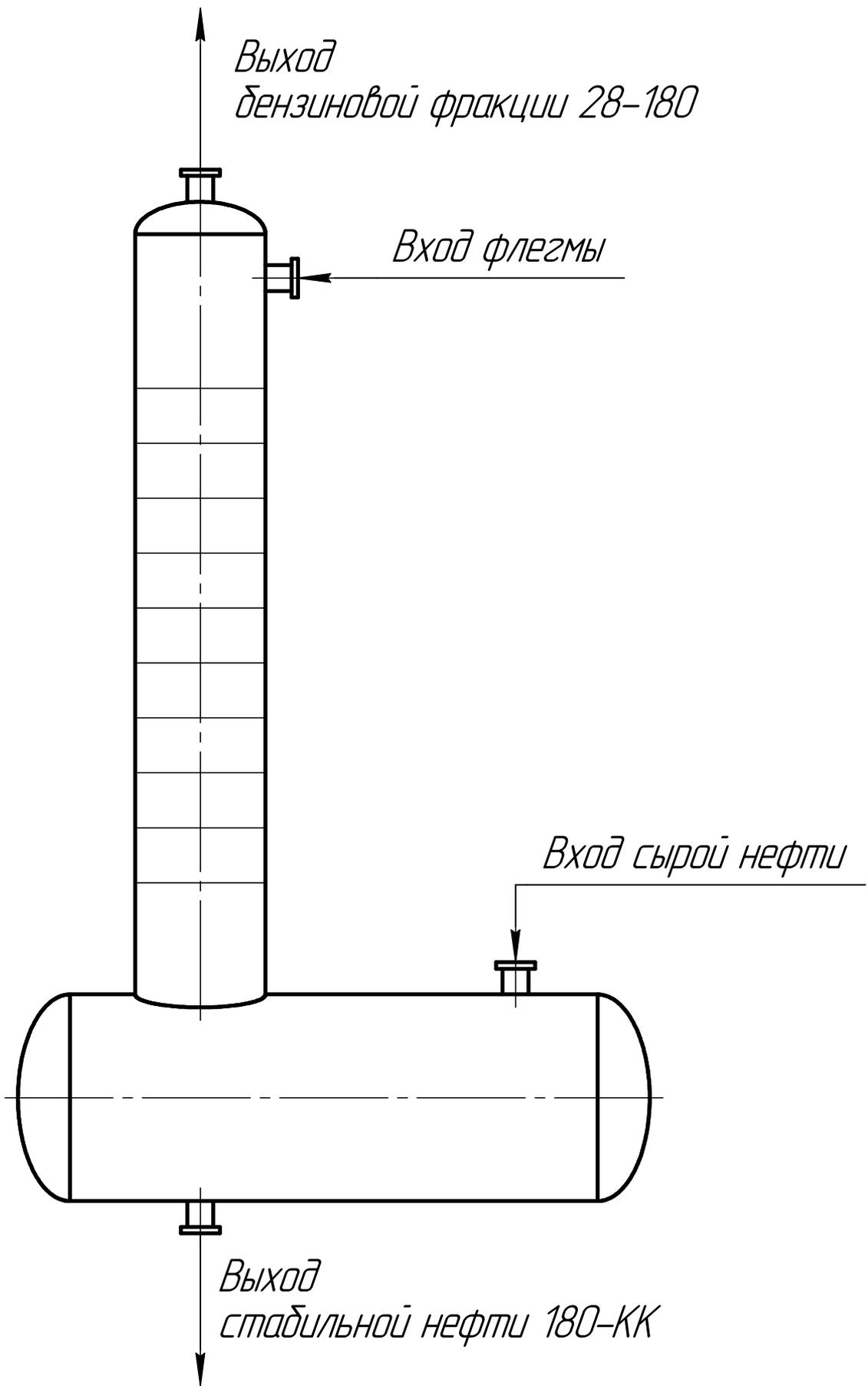


Рисунок 2.3 – Схема к расчету колонны стабилизации нефти

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Лист

Таблица 2.2 – Фракционный состав и ИТК нефти

Фракционный состав		ИТК	
Фракция, °С	Массовая доля	Температура кипения, °С	Массовая доля
		28	0,0
28 – 100	0,04	100	0,04
100 – 140	0,07	140	0,11
140 – 180	0,10	180	0,21
180 – 220	0,11	220	0,32
220 – 350	0,38	350	0,70
350 – 500	0,28	500	0,98
500 – 540	0,02	540	1,00

Графическое представление кривой ИТК показано на рисунке 2.5. Точками отмечены практические данные.

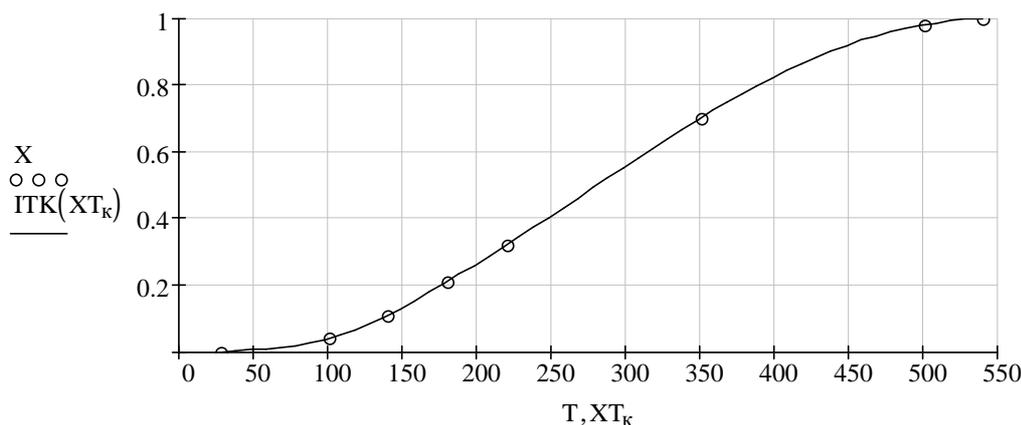


Рисунок 2.5 – Кривая ИТК

Для расчета процесса ректификации необходимо знать теплофизические свойства компонентов. Имеющиеся формулы [3] предназначены для определения свойств нефтяных фракций, выкипающих в небольшом интервале температур.

Используя полученную кривую ИТК, выполним разбиение исходной нефти на фракции с интервалом кипения в 10 °С по формуле

$$x_i = \text{ИТК}(t_{i+1}) - \text{ИТК}(t_i), \quad (2.1)$$

где  $x_i$  – массовая доля нефтяной фракции;

$t_i$  и  $t_{i+1}$  – соответственно температура начала и конца кипения фракции, °С.





Состав равновесной паровой фазы после однократного испарения

$$Y_{C_i} := X_{C_i} \cdot \frac{FPv(T_{L,i})}{P_L}. \quad (2.17)$$

Состав равновесной паровой фазы приведен на рисунке 2.12.

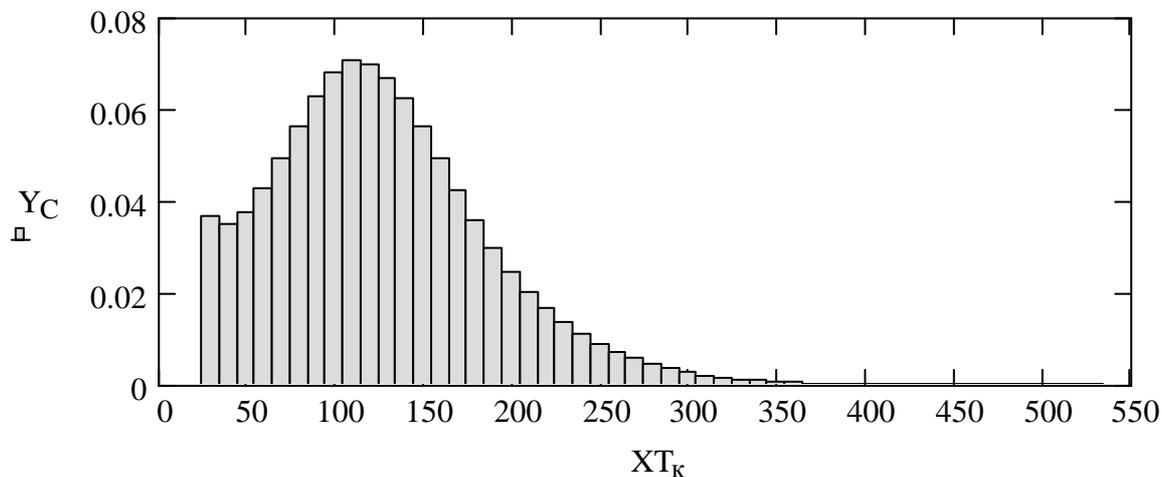


Рисунок 2.12 – Состав равновесной паровой фазы после однократного испарения

Производительность установки принимаем по аналогии с существующим промышленным объектом

$$G = 18000 \text{ кг/ч.}$$

Массовые расходы отдельных фракций

$$VL_M = Gx. \quad (2.18)$$

Мольные расходы отдельных компонентов

$$VL := \frac{VL_M}{M}. \quad (2.19)$$

Общий мольный расход исходной нефти

$$L := \sum VL. \quad (2.20)$$

Количество паровой фазы после однократного испарения

$$V_C := L \cdot e; \quad VL := L \cdot X_L. \quad (2.21)$$

Количество жидкой фазы после однократного испарения

$$G_C := L \cdot (1 - e). \quad (2.22)$$

										Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата						





### 2.2.10 Расчет действительного числа тарелок с учетом КПД

Эффективность тарелки обычно менее 1, то есть составы покидают поверхность контакта, не достигнув состояния насыщения. Поэтому реальное число тарелок, необходимых для достижения заданной четкости разделения, будет отличаться от числа теоретических тарелок.

КПД тарелок можно определить по методике, описанной в [3, 5]

$$F = \omega \sqrt{\rho_{\text{п}}}, \quad (2.42)$$

Расчеты дают  $\eta_0 = 0,85$ . Тогда число тарелок

$$N_{\text{Од}} = N_{\text{О}} / \eta_0 = 12 / 0.85 = 14.$$

### 2.2.11 Расчет диаметра колонны

Диаметр колонны определяется по формуле:

$$D_{\text{к}} = \sqrt{\frac{4V_{\text{сек}}}{\pi w_{\text{доп}}}} \text{ м}, \quad (2.43)$$

где  $V_{\text{сек}}$  – объёмный расход паров в расчётном сечении,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $w_{\text{доп}}$  – допустимая скорость паров,  $\text{м}/\text{с}$ :

$$w_{\text{доп}} = 8,5 \times 10^{-5} C \sqrt{\frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{п}}} - 1}, \quad (2.44)$$

где  $\rho_{\text{ж}}$  – плотность жидкости,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\rho_{\text{п}}$  – плотность паров,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $C$  – коэффициент, учитывающий признак условий ректификации, определяемый по аппроксимационным формулам.

После расчёта  $D_{\text{к}}$  определяется расход жидкости в сливном устройстве:

$$L_{\text{V}} = \frac{L_{\text{ж}}^*}{a D_{\text{к}} \rho_{\text{ж}}}, \text{ м час}^3, \quad (2.45)$$

где  $L_{\text{ж}}^*$  – жидкостная нагрузка в расчетном сечении колонны,  $\text{кг}/\text{час}$ ;  $a = 1$  – относительная длина сливной перегородки.

Если выполняется условие  $L_{\text{V}} \leq 35$ , то расчет диаметра колонны в данном сечении считается завершённым.

Опуская подробности вычислений, приведем рассчитанные диаметр

$$D_{\text{отг}} = 1000 \text{ мм}.$$

										Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата						

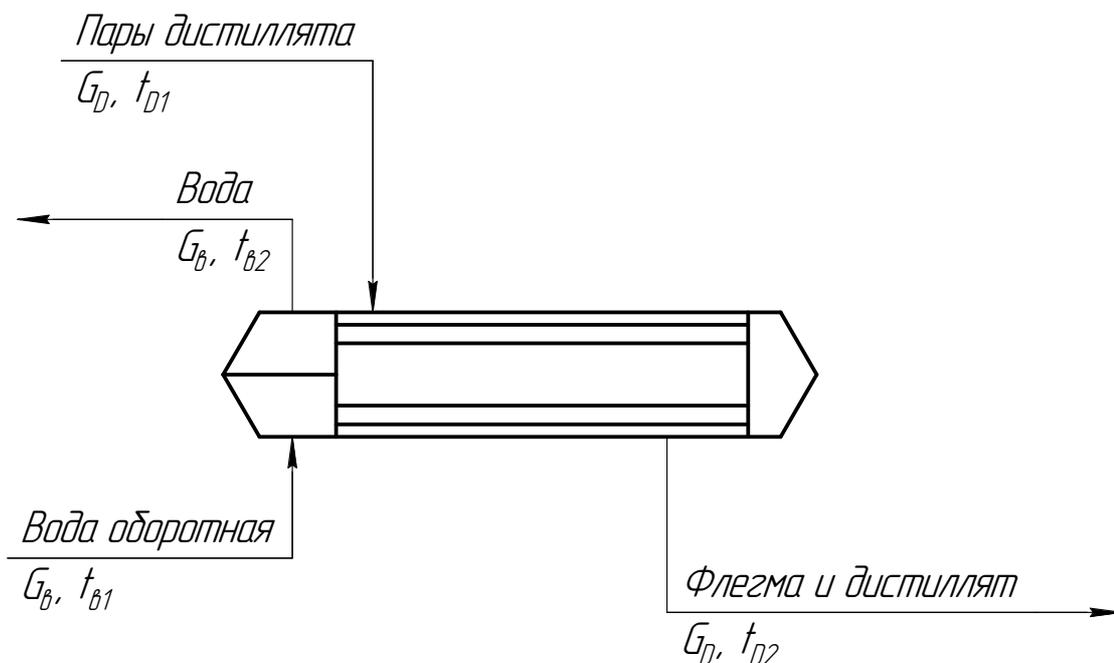


Рисунок 2.16 – Схема к расчету теплообменника

Пары дистиллята поступают в межтрубное пространство аппарата при средней температуре  $t_{D1} = 116 \text{ }^\circ\text{C}$ , где конденсируются и охлаждаются до  $t_{D2} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ . Далее часть подается в колонну в виде флегмы, а часть направляется далее по технологической схеме.

В качестве холодного теплоносителя используется обратная вода с начальной температурой  $t_{B1} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Расчет свойств дистиллята ведем для чистой фракции «28-180». Массовый расход паров дистиллята

$$G_D = D (R_p + 1) M_D, \quad (2.47)$$

где  $D = 985 \text{ кмоль/ч}$  – мольный расход паров дистиллята;

$R_p$  – флегмовое число,  $R_p = 1.084$ ;

$M_D$  – мольная масса дистиллята,  $M_D = M_1 = 93 \text{ кг/кмоль}$ .

Соответственно

$$G_D = 985 \cdot (1.083 + 1) \cdot 93 = 190813 \text{ кг/ч.}$$

Тепловая нагрузка дефлегматора

$$Q_D = G_D [h_D + C_D (t_{D1} - t_{D2})],$$

где  $h_D$  – теплота конденсации при температуре  $t_{D1}$ ,  $h_D = 2120 \text{ кДж/кг}$  [5];

										Лист
Изм.	Лист	N док.	Подп.	Дата						

$$F = \frac{42,640 \cdot 10^6 / 3600}{450 \times 40} = 618 \text{ м}^2.$$

По справочным данным, приведенным в [5], выберем вертикальный одноходовый теплообменник со следующими параметрами: поверхность теплообмена  $F = 625 \text{ м}^2$ , наружный диаметр кожуха  $D = 1200 \text{ мм}$ , тип труб  $d \times s = 20 \times 2 \text{ мм}$ , число ходов по трубному пространству  $n = 2$ , общее число труб  $N = 1658$ , длина теплообменника  $H = 6 \text{ м}$ .

Выполним емкости для хранения дистиллята. Схема к расчету приведена на рисунке 2.12.

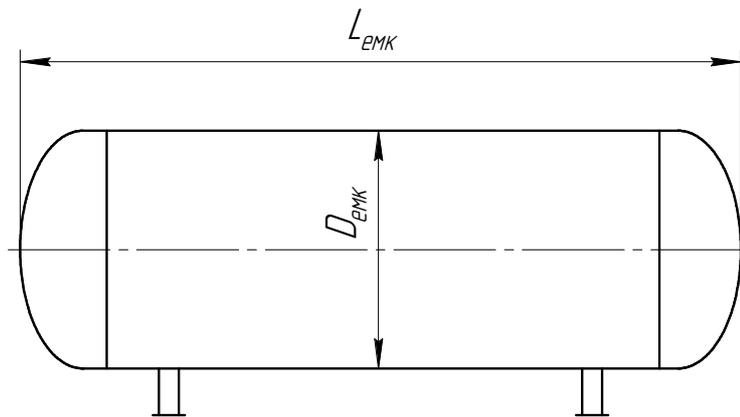


Рисунок 2.17 – Схема к расчету буферной емкости для сбора жидкой кислоты

Согласно технологическому расчету, массовый расход дистиллята с учетом орошения составляет

$$G = 985 \cdot (1.083 + 1) \cdot 93 = 190813 \text{ кг/ч}$$

Объемный расход

$$V = \frac{G}{\rho}, \quad (2.51)$$

где  $\rho$  – плотность дистиллята при температуре хранения,  $\rho = 725 \text{ кг/м}^3$

$$V = \frac{190813}{810} = 236 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Принимаем запас в емкости для хранения  $\tau = 30 \text{ мин}$ . Тогда объем дистиллята, подлежащей хранению

$$V_{\text{хр}} = \tau V = 0.5 \cdot 236 = 118 \text{ м}^3. \quad (2.52)$$

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

$$V_{\text{емк}} = V_{\text{хр}} / \psi = 118 / 0.8 = 147 \text{ м}^3. \quad (2.53)$$

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						

### 3 Расчетно-конструкторский раздел

#### 3.1 Разработка и описание конструкции проектируемого оборудования

Проектируемая колонна показана на рисунке 3.1.

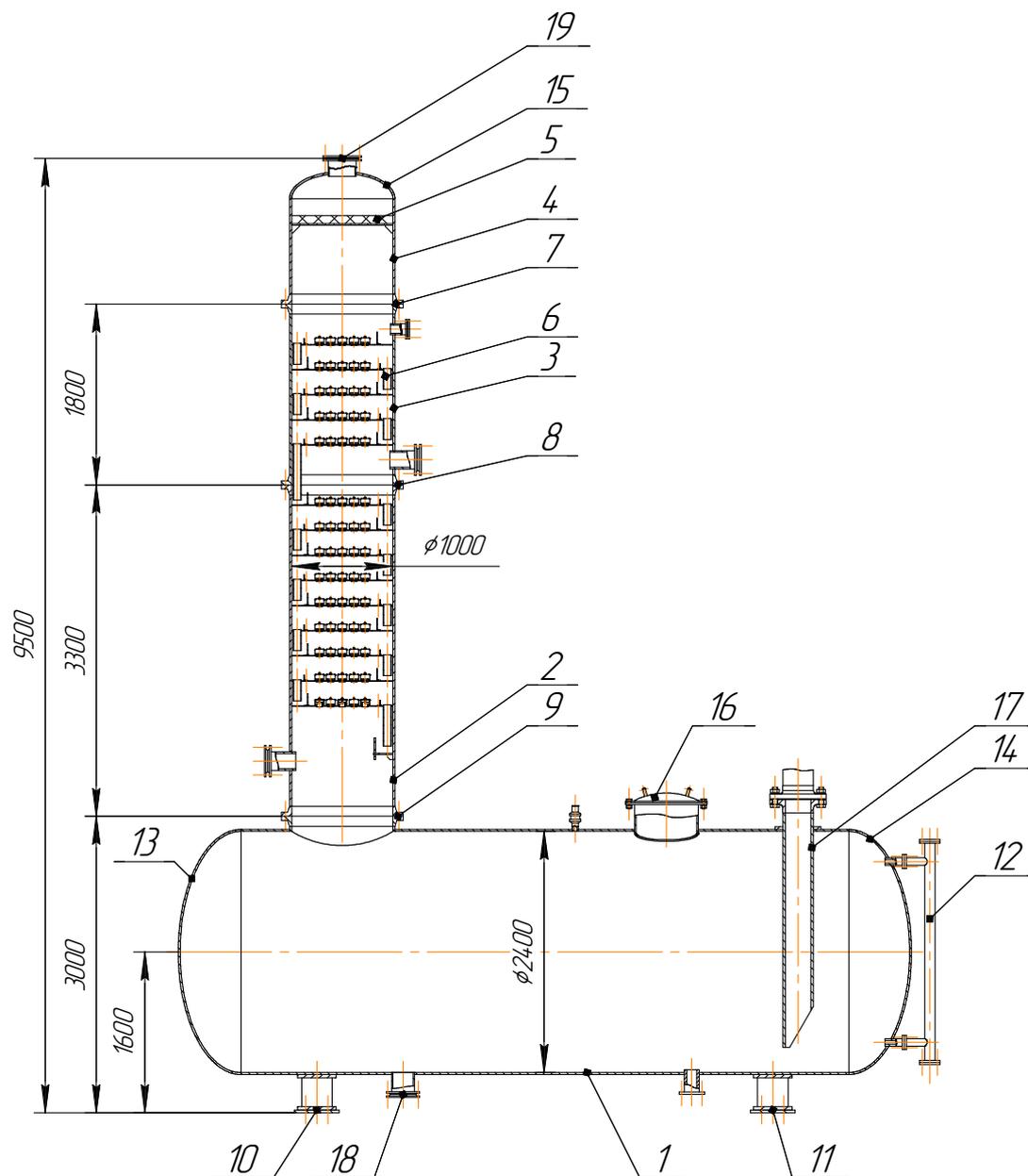


Рисунок 3.1 – Конструкция ректификационной колонны:

1, 2, 3, 4 – цилиндрическая обечайка; 5 – отбойник; 6 – тарелки; 7, 8, 9 – фланцы; 10, 11 – опоры; 12 – уровнемер; 13, 14, 15 – эллиптическое днище; 16 – люк-лаз; 17 – патрубок ввода сырой нефти; 18 – штуцер отбора стабильной нефти; 19 – штуцер отбора бензиновой фракции.

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата

Лист

$$\sigma_B = \sigma_{B20} + (140 - 20) \frac{\sigma_{B300} - \sigma_{B20}}{300 - 20} = 570 + 230 \cdot \frac{460 - 570}{280} = 523 \text{ МПа}; \quad (3.1)$$

$$\sigma_T = \sigma_{T20} + (140 - 20) \frac{\sigma_{T300} - \sigma_{T20}}{300 - 20} = 360 + 230 \cdot \frac{300 - 360}{280} = 334 \text{ МПа}. \quad (3.2)$$

Определим номинальное допускаемое напряжение. Согласно [10] расчет для легированной стали при рабочей температуре менее 525 °С необходимо вести по формулам

$$\sigma^* = \min \left\{ \frac{\sigma_B}{n_B}; \frac{\sigma_T}{n_T} \right\}, \quad (3.3)$$

где  $n_B$  – запас прочности по пределу прочности, для стального проката из легированной стали  $n_B = 2,6$  [10];

$n_T$  – запас прочности по пределу текучести, для стального проката из легированной стали при давлении в аппарате не более 0,9 МПа  $n_T = 1,65$  [10].

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

$$\sigma^* = \min \left\{ \frac{523}{2,6}; \frac{334}{1,65} \right\} = \min \{201; 202\} = 202 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{20}^* = \min \left\{ \frac{570}{2,6}; \frac{360}{1,65} \right\} = \min \{219; 218\} = 218 \text{ МПа}.$$

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

$$[\sigma] = \eta \sigma^*; \quad (3.4)$$

$$[\sigma]_{20} = \eta \sigma_{20}^*, \quad (3.5)$$

где  $\eta$  – поправочный коэффициент, учитывающий вид заготовки, для листового проката  $\eta = 1,0$  [11, с. 10]. Подставляя числовые значения, получим

$$[\sigma] = 1,0 \times 201 = 201 \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_{20} = 1,0 \cdot 218 = 218 \text{ МПа}.$$

Допускаемое напряжение при гидроиспытаниях

$$[\sigma]_{\text{и}} = \sigma_{T20} / 1,1 = 360 / 1,1 = 327 \text{ МПа}. \quad (3.6)$$

										Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата						

$p_r$  = гидростатическое давление столба жидкости в аппарате, МПа; в ректификационной колонне давление столба жидкости равномерно распределено по тарелкам, поэтому  $p_r = 0$  МПа;

Поэтому

$$p_p = 0,220 + 0,000 = 0,220 \text{ МПа.} \quad (3.10)$$

Давление при испытаниях

$$p_{и} = \max \left( \frac{1,25 p_r [\sigma]_{20} / [\sigma]}{p_r + 0,3} \right) = \quad (3.11)$$

$$= \max \left( \frac{1,25 \times 0,220 \times 218 / 201}{0,220 + 0,3} \right) = \max \left( \frac{0,298}{0,520} \right) = 0,520 \text{ МПа.}$$

Соответствующая расчетная толщина стенки

$$s_p = \max \left( \frac{\frac{0,220 \times 1000}{2 \times 1,00 \times 201 - 0,220}}{\frac{0,520 \times 1000}{2 \times 1,00 \times 327 - 0,520}} \right) = \max \left( \frac{1,42}{2,07} \right) = 2,07 \text{ мм.}$$

Прибавка к расчетной толщине обечайки определяется по формуле

$$c = c_1 + c_2 + c_3, \quad (3.12)$$

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

$c_2$  – прибавка для компенсации минусового допуска, мм;

$c_3$  – технологическая прибавка, мм.

Прибавка для компенсации коррозии и эрозии

$$c_1 = P\tau + c_3, \quad (3.13)$$

где  $P$  – скорость коррозии,  $P = 0,05$  мм/год;

$\tau$  - срок службы аппарата,  $\tau = 15$  лет;

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

Соответственно

$$c_1 = 0,05 \times 15 + 0 = 0,75 \text{ мм.}$$

При листовом прокате и сварной обечайке  $c_2 = 0$  мм и  $c_3 = 0$  мм [11, с. 16].

Поэтому

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

Соответственно исполнительная толщина стенки цилиндрической обечайки составит

$$s = 2,07 + 0,75 = 2,82 \text{ мм.}$$

										Лист
Изм.	Лист	N док.	Подп.	Дата						



### 3.6 Расчет укрепления отверстия

Расчетная толщина стенки обечайки колонны 3 мм, а принятая толщина стенки 4 мм, поэтому отверстия в обечайке можно не укреплять.

Максимальный диаметр отверстия в цилиндрической обечайке, не требующего укрепления

$$d_{\text{д}} := 2 \cdot \left[ \left( \frac{s - c_{\text{к}}}{s_{\text{р}}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{2 D_{\text{в}} \cdot (s - c_{\text{к}})} - c_{\text{к}} \right], \quad (3.28)$$

где  $s$  – исполнительная толщина стенки обечайки,  $s = 4$  мм;

$c_{\text{к}}$  – прибавка на коррозию,  $c_{\text{к}} = 0,75$  мм;

$s_{\text{р}}$  – расчетная толщина стенки,  $s_{\text{р}} = 2,07$  мм;

$D_{\text{в}}$  – внутренний диаметр обечайки,  $D_{\text{в}} = 1000$  мм.

$$d_{\text{д}} = 2 \times \left[ \left( \frac{4 - 0.75}{2.07} - 0.8 \right) \times \sqrt{2 \times 1000 \times (4 - 0.75)} - 0.75 \right] = 1610 \text{ мм.}$$

Максимальный диаметр отверстия в обечайке колонны 250 мм, следовательно укреплять отверстия нет необходимости.

### 3.7 Расчет фланца штуцера вывода паров дистиллята

Исходные данные для расчета:

диаметр  $D = 250$  мм;

расчетное давление  $P_{\text{р}} = 0,22$  МПа;

прибавка на коррозию  $c = 1$  мм;

температура среды  $t = 230$  °С;

толщина стенки  $s = 3$  мм;

коэффициент прочности сварных швов  $\phi = 1$ .

Схема к расчету представлена на рисунке 3.10

Толщину втулки фланца принимаем  $s_0 = 11$  мм.

Высота втулки фланца рассчитывается по формуле:

$$h_{\text{в}} = 0,5 \cdot \sqrt{D \cdot (s_0 - c)} = 0,5 \cdot \sqrt{250 \cdot (3 - 1)} = 11,2 \text{ мм.} \quad (3.29)$$

Принимаем  $h_{\text{в}} = 55$  мм.

									Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата					

$t_{ш} = 4,2 \cdot d_6 = 4,2 \cdot 16 = 68$  мм – шаг размещения шпилек по окружности [11, таблица 1.43],

$$n_6 = \pi \cdot D_6 / t_{ш} = 3,14 \cdot 312 / 68 = 14,4 \text{ шт.}, \quad (3.37)$$

принимаем  $n_6 = 16$  шт.

Высота (толщина) фланца:

$$h_{\phi} = \lambda_{\phi} \cdot \sqrt{D \cdot s_{\text{ЭК}}}, \quad (3.38)$$

где  $\lambda_{\phi} = 0,48$  [11, рисунок 1.40],

$s_{\text{ЭК}} = 11$  мм,

$$h_{\phi} = \lambda_{\phi} \cdot \sqrt{D \cdot s_{\text{ЭК}}} = 0,48 \cdot \sqrt{250 \cdot 11} = 15,2 \text{ мм}, \quad (3.39)$$

принимаем  $h_{\phi} = 16$  мм при толщине прокладки  $h_{п} = 2$  мм.

Расчетная длина шпильки:

$$l_6 = l_{60} + 0,28 \cdot d_6, \quad (3.40)$$

$l_{60} = 2 \cdot (h_{\phi} + h_{п}) = 2 \cdot (16 + 2) = 36$  мм – расстояние между опорными поверхностями гаек шпильки,

$$l_6 = 36 + 0,28 \cdot 16 = 40 \text{ мм}.$$

									Лист
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата					



Режимы обработки этими щетками: скорость обработки 15 ... 45 м/с, скорость подачи (лимитируемая исходным состоянием поверхности) от 0,5 ... 30 м/мин и более, натяг 0,5 ... 5,0 мм. Очистка торцов производится дисковой щеткой ТЩ-1.

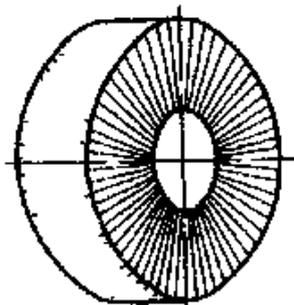


Рисунок 4.2 — Дисковая щетка

#### 4.1.3 Разметка

Операция, состоящая в нанесении на поверхность заготовки мерных точек или линий с учётом всех видов припусков, называется разметкой.

Разметка производится на разметочных столах или плитах. При достаточном масштабе производства используются такие методы разметки, как фотопроекционный.

Величина припусков на изготовление обечаек: припуск на сторону  $\pm 3,0$  мм.

Регламентируется величина сварочного зазора (ГОСТ 8713-70).

Маркировке подлежат: основной лист, вставки, отходы, контрольные пластины.

Операция разметки производится в следующем порядке. По маркировке листа проверяется соответствие марки металла металла, длины, толщины и ширины листа требованиям чертежа. Лист укладывается на разметочный стол маркировкой вверх и на нём различается базовая риска вдоль кромки с наименьшей серповидностью и косиной. Основной лист, вставки, отходы, контрольные пластины маркируются.

Различают два метода разметки: камеральный и плазовый. Камеральный метод заключается в переносе размеров на материал по предварительным эскизам. При изготовлении обечаек чаще применяется камеральный метод, как наиболее перспективный.

										Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата						

цветных металлов (меди, латуни, бронзы), содержит добавки феррофосфора и алюминиевого порошка.

Подаваемый к месту реза флюс при сгорании выделяет дополнительное количество тепла, тепловая мощность пламени увеличивается более чем в два раза, что способствует расплавлению тугоплавких окислов.

Расплавленные окислы образуют жидкий шлак, который стекает и не препятствует процессу резки [12].

Выбираем кислородную резку под флюсом, она включает в себя выполнение следующего:

- очистить лист от окалины;
- подобрать номер мундштука;
- настроить аппаратуру;
- пробить отверстие пламенем для захода;
- вырезать деталь по разметке.

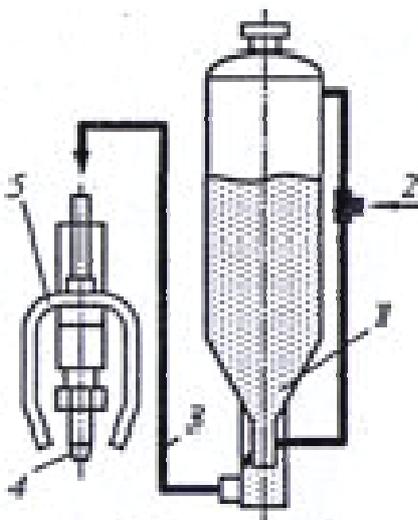


Рисунок 4.3 – Схема установки для кислородно-флюсовой резки

1 – бачок с флюсом; 2 – кислород; 3 – шланг; 4 – резак; 5 – головка.

Резка производится при помощи установки для кислородно-флюсовой резки УРХС-4. Скорость резки для толщины металла 50 мм составит 350 мм/мин [12].

Используя флюс марки ФХ-4, можно не прибегать к механической обработке. Припуск при кислородной резке составит 5 мм на сторону.



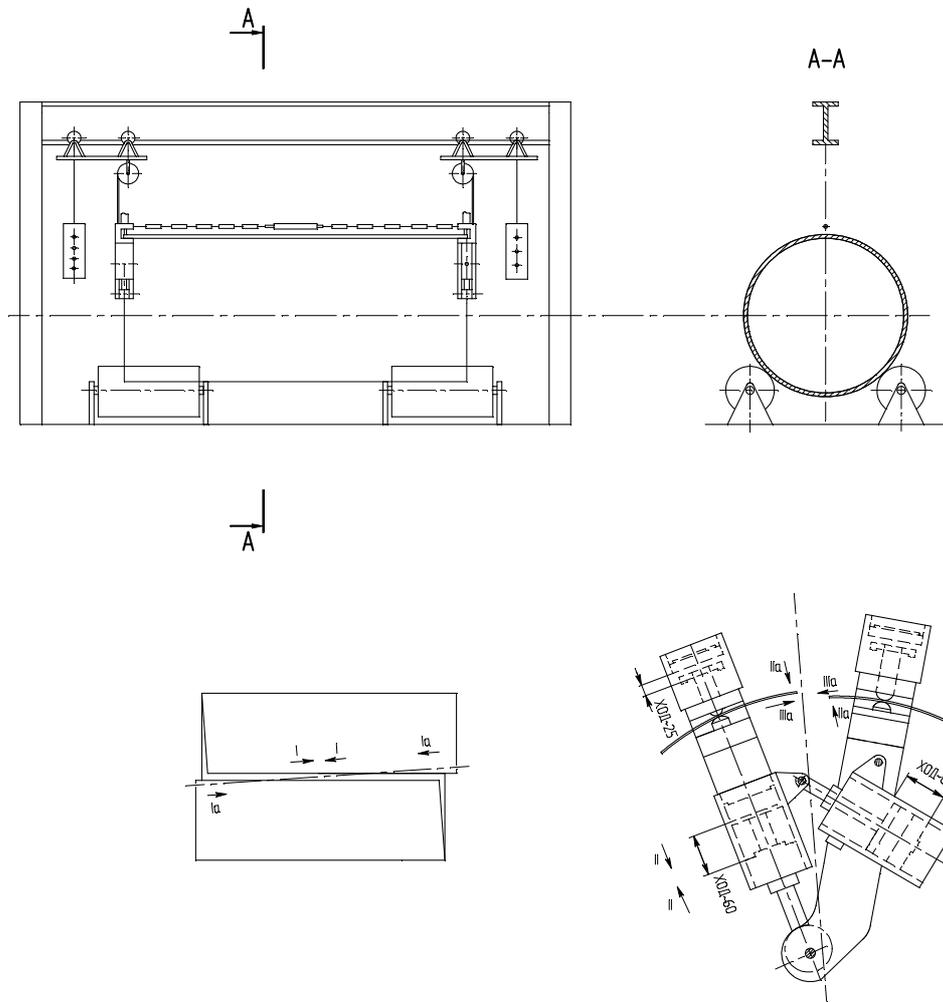


Рисунок 4.6 – Стенд для сборки продольных стыков обечаек

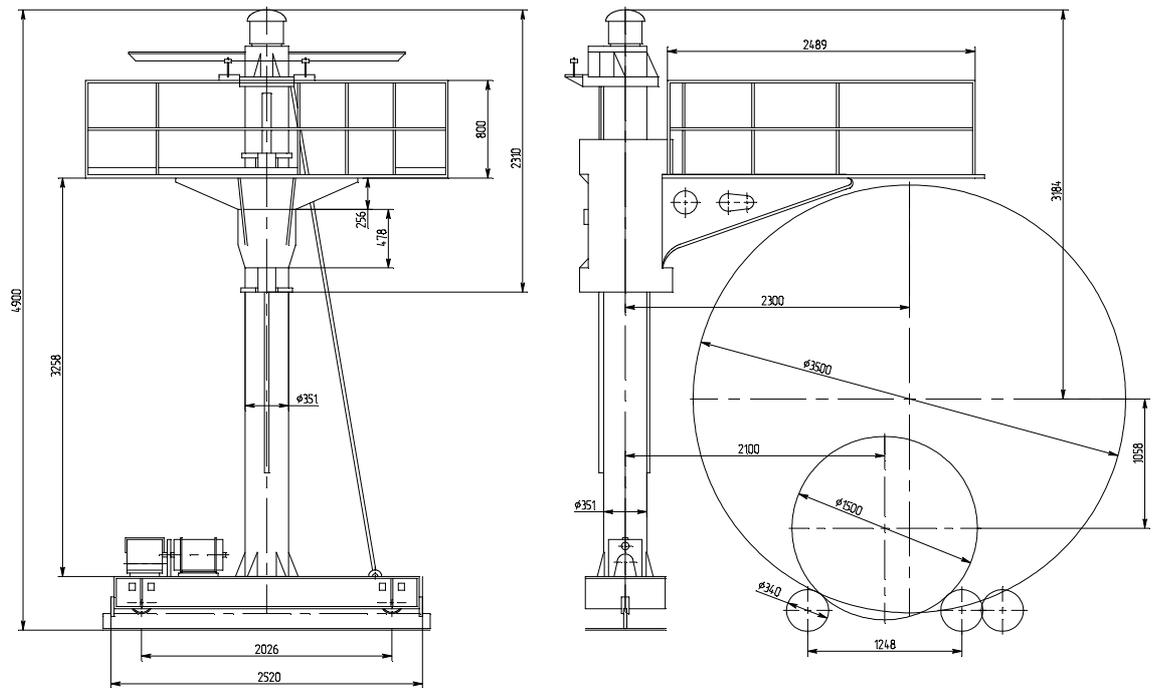


Рисунок 4.7 – Тележка велосипедная ВГ-2:

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

кромки. Автомат состоит из трех узлов А, Б и С, каждый из которых предназначен для выполнения- определённых операций.

Узел А – это простейшая подвесная-сварочная головка, предназначенная для подачи электродной проволоки в зону дуги. Головка состоит из механизма подачи электродной проволоки, в который входят асинхронный трехфазный электродвигатель мощностью 0,1 кВт, механический редуктор, подающие ролики и правильный механизм с мундштуком.

Правильный механизм состоит из массивного стального корпуса, на котором закреплены четыре правильных ролика. В устройство для правки проволоки входят также два подающих ролика: один ведущий, другой холостой. Для удобства заправки электродной проволоки ролики могут отводиться в сторону. На этом же корпусе, ниже правильного механизма, установлен токоподводящий мундштук, состоящий из трех контактных роликов. Последние обеспечивают скользящий подвод сварочного тока к электродной проволоке. Снаружи мундштука надета направляющая воронка, обеспечивающая проволоке концентрическую сыпку флюса и являющаяся базой для крепления стрелки-указателя или роликового копира. Положение электрода в поперечном к оси шва направлении регулируется механизмом поперечной корректировки в пределах  $\pm 75$  мм, которая осуществляется маховичком. На лицевой стороне головки расположен пульт управления, состоящий из трех кнопок: «Вниз— Стоп I», «Вверх — Стоп 2» и «Пуск».

Узел Б состоит из механизма вертикального; перемещения головки, флюсоаппарата и катушки для электродной проволоки.

Для вертикальной настройки головки соединение узлов А и Б выполнено подвижным.

На рисунке 4.8 представлен универсальный сварочный автомат АБС.

При вращении маховичка перемещается полый цилиндр при помощи двух реечных пар, укрепленных в направляющем корпусе. Это обеспечивает вертикальное перемещение всего узла А в пределах  $\pm 100$  мм.

										Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата						

#### 4.1.8 Калибровка

После проведения сварочных работ производится калибровка заготовок на трехвалковой симметричной машине. Схема проведения работы представлена на рисунке 4.9.

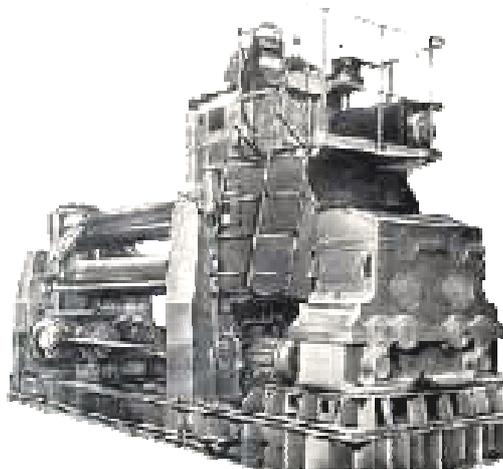


Рисунок 4.9 - Схема трехвалковой машины

Технические данные тележки машины для калибровки ИА2224.

Наибольшая толщина изгибаемого листа, мм	25
Наибольшая ширина изгибаемого листа, мм	3150
Радиус гибки наименьший, мм	380
Мощность двигателя главного движения кВт	37
Габариты станка Длинна Ширина Высота (мм)	8970x2400x3800
Масса кг	26000

#### 4.1.9 Контроль качества

При изготовлении обечаек контролю подвергаются материалы (сталь, сварочные материалы), операции изготовления обечайки, в том числе сварочные операции и соединения.

Чаще всего применяются методы неразрушающего контроля (МНК).

МНК – это получение информации о контролируемых материалах с помощью электромагнитных и акустических полей, и также проникающих в материал изделия веществ.

										Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата						

плотно и равномерно прилегать к просвечиваемому участку изделия. В кассете расположена рентгеновская плёнка и два усиливающих экрана. При просвечивании плёнку выдерживают под лучами определённое количество времени, называемое экспозицией. Экспозиция зависит от толщины просвечиваемого металла, фокусного расстояния, интенсивности излучения и чувствительности плёнки. Усиливающие экраны служат для сокращения экспозиции.

После просвечивания плёнку вынимают из кассеты и проявляют. Затем негатив промывают и фиксируют для получения стойкого фотографического изображения. Полученное на негативе изображение участка шва неодинаковым по степени потемнения, отдельных мест. Лучи попавшие на плёнку через дефект поглощаются в меньшей степени по сравнению с лучами прошедшими через плотный материал.

## 4.2 Разработка маршрутной, технологической и операционной карт

### 4.2.1 Маршрутная карта

Маршрутная карта - документ, содержащий описание технологического процесса изготовления и контроля изделия в технологической последовательности с указанными данными о технологической оснастке, материалах и оборудовании в соответствии с указанными формами. Применяется в единичном и серийном производстве. Маршрутная карта регламентируется ГОСТ 3.1118-82.

В маршрутной карте приведены указания на следующие операции: правка, очистка, разметка, резка, обработка кромок, вальцевание, сборка, сварка, калибровка, контроль оборудования. Приведены размеры заготовки, изделия, масса заготовки и изделия.

Маршрутная карта на изготовление обечайки представлена в таблице 4.1.

### 4.2.2 Технологическая карта

Технологическая карта применяется для более детальной разработки процесса (по сравнению с маршрутной). Она составляется на каждую деталь, узел. В технологической карте, в отличие от маршрутной, дополнительно предусмотрена

										Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата						

При проектировании процесса сборки аппарата составляют технологическую схему сборки. Её оформляют в планово-операционных и операционных карт, а также графически в виде технологической схемы сборки. В такой схеме показывают последовательность процесса сборки аппарата. Аппараты, группы, подгруппы и отдельные детали на схеме вычерчиваются в виде прямоугольников. Прямоугольник, обозначающий аппарат, рекомендуется размещать вверху листа, а прямоугольник обозначающий базовую деталь у противоположной стороны листа. Эти прямоугольники соединяют жирной линией сборки и присоединяются все остальные части аппарата. Детали, монтируемые при помощи разъёмного соединения присоединяются на схеме тонкой линией, неразъёмную – двумя параллельными линиями.

#### 4.4 Технические условия на эксплуатацию и ремонт колонны

##### 4.4.1 Организация производственной эксплуатации оборудования

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

К эксплуатации технологического оборудования (ректификационной колонны) допускаются лица, прошедшие обучение по устройству, эксплуатации и техническому обслуживанию оборудования со сдачей экзаменов цеховой комиссии и признанные медицинской комиссией годными для выполнения данной работы. Участие в приеме экзаменов механика цеха и представителя отдела главного механика предприятия обязательно [9].

Эксплуатация оборудования должна проводиться в строгом соответствии с требованиями технической документации заводов-изготовителей. При отсутствии заводской техдокументации (паспорта, правила технической эксплуатации, руко-

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						





Уровень остатка в кубовой ёмкости колонны ( $L=2,0$  м) регулируется отбором остатка, в емкости для хранения флегмы – отбором фракции НК-180.

Продуктом колонны является дистиллят (фракция 180-ВК), поэтому необходимо контролировать состав дистиллята ( $Q=5,5\%$ ), регулирование происходит за счет изменения количества флегмы.

## 5.2 Выбор и обоснование технических средств и систем автоматизации

Все приборы были выбраны на основании справочных данных, приведенных в [15].

Датчиками для измерения расхода природного газа печь ( $P_y$  0.6 МПа,  $D_y$  150) и керосиновой фракции в дефлегматор ( $P_y$  0.6 МПа,  $D_y$  100) выбраны камерные диафрагмы ДКС-6-150 и ДКС-6-100 соответственно. Диафрагма работает в комплекте с дифманометром ДМ-П1, который преобразует перепад давления в стандартный унифицированный пневматический сигнал с давлением сжатого воздуха 0,02-0,1 МПа. Сигнал с диафрагмы передается на показывающий и регистрирующий пневматический прибор ПВ10.1Э, регулирующий орган – обратный клапан.

Контроль температуры в кубовой емкости (180 °С) и в емкости для хранения флегмы (160 °С) ведется с помощью хромель копелевых термопар ТХК-0515 с пределом измерения -50...600 °С, установленных в аппарате. Сигнал передается на многоточечный потенциометр КСП4.

Автоматические показывающие регулирующие и регистрирующие потенциометры типа КСП предназначены для измерения, записи и регулирования (при наличии регулирующего устройства) температуры и других величин, изменения значений которых могут быть преобразованы в изменение напряжения постоянного тока.

Выбранный прибор КСП4 предназначен для измерения постоянного напряжения нескольких параметров и термоЭДС (термопар – ТХК, ТХА, ТПР, ТПП, ТВР и унифицированное напряжение 0-1мВ, 0-10мВ,+10мВ, 0-50мВ, 0-100мВ, +-100мВ, 0-5В, 0-10В), градуировка шкалы в градусах. Для всех контуров измерения температуры выбираем прибор типа КСП, марка КСП4.

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						



Таблица 5.1 – Заказная спецификация приборов и средств автоматизации

Заказная спецификация приборов и средств автоматизации						
СевКавГТУ НТИ		Установка переработки нефти. Отделение стабилизации				
		Лист 1		Листов 5		
		Позиция	Наименование параметра, среда, место отбора импульса	Пределное значения параметра	Место установки	Наименование и характеристика
1	2	3	4	5	6	7
2-1	Температура в кубе колонны	180 °С	В аппарате	Термопара хромель копелевая с пределом измерения 800 °С, сталь 12Х18Н10Т	ТХК-0515	Приборостроительный завод г. Луцк
2-2			Щит оператора	Многоточечный потенциометр, количество точек измерения до 6, градуировка в значениях температуры, предел измерений 50...800 °С	КСП4	«Электроавтоматика» г. Йошкар - Ола
2-3			Щит преобразователей	Электропневматический преобразователь. Входной сигнал 4-20 мА, выходной 20-100 кПа, питание 140 кПа	ЭП-3211	ООО «Теплоприбор», г. Саранск
4-1	Температура в емкости флегмы	160 °С	В аппарате	см. поз 2-1		

Изм. Лист  
N докум.  
Подп.  
Дата

Продолжение таблицы 5.1.

1	2	3	4	5	6	7
1-1	Расход фракции природного газа	0,26 м <sup>3</sup> /с	На трубопроводе	Диафрагма камерная, условное давление 0,6 МПа, условный диаметр 150 мм.	ДКС-06-150	«Прибор» г. Челябинск
1-2			По месту	Дифманометр преобразует перепад давления и расхода газа в пневматический сигнал с дистанционной передачей 0,02–0,1 МПа	ДМ – П1	«Теплоприбор» г. Рязань
1-3			Щит оператора	Вторичный прибор, показывающий, регистрирующий со станцией управления, расход воздуха 420 л/ч	ПВ 10.1Э	«Тизприбор» г. Москва
1-4			Щит оператора	Регулятор системы «СТАРТ», объемный расход воздуха 12 л/мин	ПР 3.26	Завод приборов г. Устькаменогорск
1-5			На трубопроводе	Клапан регулирующий двухфлацевый Tour Andersen Hydronics, Ру 0,6 МПа, Ду 150	CV 206-PN150	Венттермо, г. Москва
3-1	Расход сырой нефти	0,76 м <sup>3</sup> /с	На трубопроводе	Диафрагма камерная, условное давление 0,6 МПа, условный диаметр 250 мм.	ДКС-06-250	«Прибор» г. Челябинск
3-2				см. поз. 1-2		
3-3			Щит оператора	Вторичный прибор, показывающий, регистрирующий	ПВ2.2	«Тизприбор» г. Москва

Изм. Листм  
 N докум.  
 Подп.  
 Дата

Продолжение таблицы 5.1.

1	2	3	4	5	6	7
6-3				см. поз. 2-3		
9-1	Концентрация ВКК в остатке	92,0 %	На трубопроводе	см. поз. 6-1		
9-2				см. поз. 3-3		
8-1	Уровень жидкости в кубе колонны	1,6 м	В аппарате	Преобразователь уровня буйковый пневматический ПИУП с пневматическим выходным сигналом	ПИУП-12	«Энерго Пром Автоматика», г. Королев
8-2				см. поз. 1-3		
8-3				см. поз. 1-4		
8-4			На трубопроводе	Клапан регулирующий двухфлацевый Tour Andersen Hydronics, Ру 0,6 МПа, Ду 250	CV 206-PN250	Венттермо, г. Москва
11-1	Уровень флегмы в ёмкости	0,8 м	В аппарате	см. поз. 8-1		
11-2				см. поз. 1-3		
11-3				см. поз. 1-4		
11-4			На трубопроводе	Клапан регулирующий двухфлацевый Tour Andersen Hydronics, Ру 0,6 МПа, Ду 100	CV 206-PN100	Венттермо, г. Москва

Изм. Лист  
N докум.  
Подп.  
Дата

Лист

## 6 Безопасность и экологичность проекта

Цель дипломного проекта – разработка колонны стабилизации нефтепродуктов, работающей в составе установки разделения нефти, что позволит улучшить качество конечных продуктов.

Для достижения этой цели в дипломном проекте предусмотрены следующие мероприятия:

- проанализированы существующие схемы получения отдельных нефтяных фракций и выбрана установка, обеспечивающая необходимое разделение бензиновых фракций (см. раздел 1);
- выполнены расчеты, определяющие оптимальные параметры для процесса ректификации бензина (см. раздел 2);
- для предотвращения разрушения аппарата в рабочих условиях выполнены соответствующие расчеты на прочность (см. раздел 3);
- для обеспечения безопасного монтажа выполнены расчеты и в соответствии с ними выбрана такелажная оснастка (см. раздел 4);
- выбрана система контроля и автоматизации оборудования, что обеспечивает безопасность обслуживающего персонала и достижение заданной степени очистки при изменяющихся условиях работы аппарата (см. раздел 5);
- результаты экономических расчетов подтвердили эффективность принятых решений (см. раздел 7);

Результаты дипломного проекта будут реализованы в природно-климатических условиях города Нефтекумск.

Климатические факторы, влияющие на рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере, приняты согласно данным Ставропольского краевого центра по гидрометеорологии:

- средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца  $T_{д} = 29,1^{\circ} \text{C}$ ;
- средняя максимальная температура наиболее холодного  $T_{з} = -0,4^{\circ} \text{C}$ .

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

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						

токоричневый или желтовато-коричневый цвет. В местах длительного воздействия ткани уплотняются, а по периферии уплотнений наблюдаются воспалительные явления. Тяжесть отравления зависит от дозы, концентрации и многих других факторов.

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

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

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

Бензиновые пары оказывают избирательное психотропное (наркотическое), гепатотоксическое, нефротоксическое, пневмотоксическое действие. Особенно опасен этилированный бензин, содержащий тетраэтилсвинец. При вдыхании паров – головокружение, головная боль, опьянение, возбуждение, тошнота, рвота. В тяжёлых случаях – нарушение дыхания, потеря сознания, судороги, запах бензина изо рта. При проглатывании – боль в животе, рвота, увеличение и болезненность печени, желтуха (токсическая гепатопатия), нефропатия. При аспирации – боль в груди, кровянистая мокрота, цианоз, отдышка, лихорадка, резкая слабость (токсическая пневмония).

Длительный контакт с жидким бензином вызывает болезни кожи: эпидермоз, контактный дерматит, фотодерматит, онехии, поранехии, токсическая меланоидермия, масляные фолликулиты.

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						

Для снижения вредного влияния выбросов от факельных свечей на нефтеперерабатывающих заводах добиваются максимально возможного сокращения сброса паров и газов в факельные системы, улавливают и возвращают на повторную переработку поступающие в факельную систему продукты, улучшают условия сгорания на факельной свече.

В результате проведения комплекса мероприятий, в том числе герметизации резервуаров и дренажных устройств, насосного оборудования и арматуры, улучшения товарно-транспортных операций, повышения эффективности улавливания нефтепродуктов в водоочистных сооружениях, продувок при подготовке оборудования к ремонту удалось значительно сократить потери бензиновых фракций и нефтепродуктов.

При производстве используются взрывоопасные вещества, процессы происходят преимущественно под давлением выше атмосферного, следовательно мероприятия, проводимые по предупреждению взрывов на производстве являются одними из главных.

Рассчитаем предохранительную мембрану для колонны разделения нефтяных фракций. Широко используются разрывные мембраны, изготавливаемые из тонколистового проката. Конструктивное оформление зажима мембраны может быть различным шип – паз, конический или линзовый зажим (рисунок 6.1).

Методика расчета взята из [16]. Степень разрушения при взрыве можно охарактеризовать величиной избыточного давления ударной волны. Прежде всего необходимо рассчитать эмпирический коэффициент К:

$$K = 0,24 \cdot \frac{R}{17,3 \cdot \sqrt{Q}}, \quad (6.1)$$

где R – расстояние от места взрыва до емкости со взрывчатым веществом, м;

Q – количество взрывоопасной смеси, т.

Предположим, что взрыв произошел в полутора километрах (R = 1500 м) от промежуточной емкости с метанолом Q = 60 т. Тогда

$$K = 0,24 \cdot \frac{1500}{17,3 \cdot \sqrt{60}} = 2,69.$$

При  $K \geq 2$  ориентировочное избыточное давление  $\Delta P_{\phi}$ , кПа ударной волны определяется по формуле:

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						

Минимальный на пределе разрыва мембраны) радиус купола,  $r$ , м:

$$r = \frac{D}{4} \cdot \sqrt{(1 + \delta) / (\sqrt{1 + \delta} - 1)}, \quad (6.4)$$

где  $D$  – рабочий диаметр мембраны, м;

$\delta$  – относительное удлинение при разрыве, %.

Принимаем материал мембраны 08X18H10T [7], тонколистовая коррозионностойкая сталь, исходя из этого  $\delta = 50$  % [21]. При рабочем диаметре мембраны  $D=400$  мм. Тогда:

$$r = \frac{400 \cdot 10^{-3}}{4} \cdot \sqrt{(1 + 0,5) / (\sqrt{1 + 0,5} - 1)} = 544,9 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Принимаем толщину листа  $\Delta_0 = 2$  мм, также  $\sigma_{\text{вр}} = 670$  МН/м<sup>2</sup> для материала мембраны [21]. Тогда:

$$P_c = 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 670 \cdot 544,9 \cdot 10^{-3} = 3,46 \text{ МПа.}$$

Определим время полного раскрытия  $\tau_0$ , с:

$$\tau_0 = 0,75 \cdot a; \quad (6.5)$$

$$a = \sqrt{\frac{\pi \cdot D \cdot \rho \cdot \Delta_0}{P_c}}, \quad (6.6)$$

где  $\rho$  – плотность материала мембраны,  $\rho = 7900$  кг/м<sup>3</sup> [8].

Тогда

$$a = \sqrt{\frac{3,14 \cdot 400 \cdot 10^{-3} \cdot 7900 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{1,46}} = 3,68;$$

$$\tau_0 = 0,75 \cdot 3,68 = 2,8 \text{ с.}$$

Время срабатывания мембраны составляет 2,8 с, что дает основания полагать безопасность и практичность внедрения такой степени взрывозащиты.

### 6.3 Защита персонала и территории в чрезвычайных ситуациях

В соответствии с законами Российской Федерации: «О гражданской обороне», «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», Постановлением Правительства Российской Федерации «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

										Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата						





Итого получаем

$$СЗП = \frac{263\,483\,710,80 + 41\,050\,536,00}{12 \cdot (1195 + 106)} = 19506,42 \text{ руб./мес.}$$

Расчет себестоимости производства до и после внедрения оборудования произведен в таблице 7.6.

Таблица 7.6 – Результаты расчета экономии по калькуляционным статьям

Из таблицы 7.6 видно, что себестоимость производства продукции снизилась на 0,16% в результате внедрения нового оборудования, что связано со значительным уменьшением стоимости материальных расходов, а также снижением расходов энергоресурсов, снижением расходов на содержание производственных фондов и увеличения годового выпуска продукции на 31000 т.

Капитальные вложения по проектируемому цеху составляют 1 927 842 510 руб., а у аналогичного производства 1 891 213 502 руб.

### 7.5 Прибыль

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

$$П = В - С,$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подп.	Дата						

## 7.7 Сводные показатели эффективности проектного решения

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

Рентабельность производства продукции:

$$РПП = \frac{\Pi}{C_{п}}, = 476\,177\,100 / 2\,763\,702\,900 = 17,23 \%,$$

где  $\Pi$  – чистая или валовая прибыль;

$C_{п}$  – себестоимость продукции.

Общая рентабельность производственных фондов:

$$РПФ = \frac{\Pi}{ПФ_{ср}} = 476\,177\,100 / 1\,927\,842\,510 = 24,70\%,$$

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

Общая эффективность капитальных вложений может быть определена по формуле

$$Еп = \frac{\Delta\Pi}{K},$$

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

$K$  – капитальные вложения.

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

$$CO = \frac{75\,163\,574}{36\,629\,007} = 2.052 \text{ г.}$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 7.7.

										Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата						

где  $C_y$  - удельная цена;  $ПИ$  – постоянные издержки;  $ПИ_y$  – удельные переменные издержки.

График, показывающий полученные величины, приведен на рисунке 7.1.

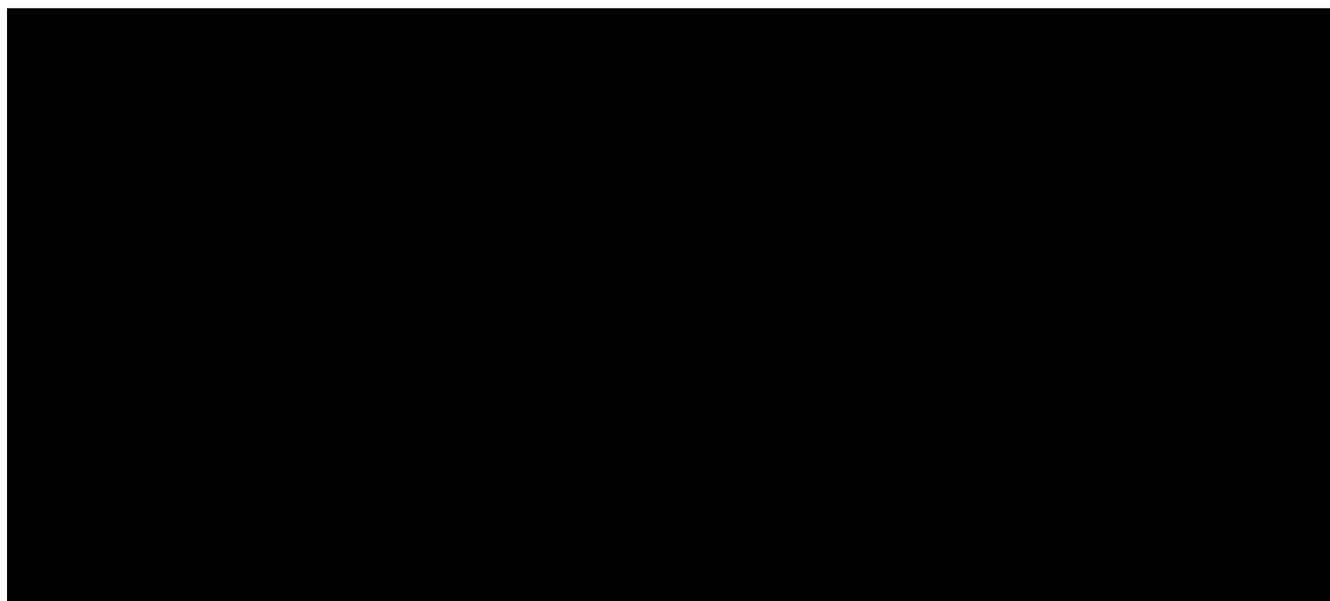


Рисунок 7.1 – График безубыточности

Из графика безубыточности, представленного на рисунке 7.1 видно, что безубыточный объем производства составляет 1051766 т.

#### 7.9 Заключение об экономической эффективности

При проектировании оборудования был реализован ряд технологических и конструкционных решений (использование переливных колпачковых тарелок вместо провальных ситчатых), которые обусловили снижение себестоимости производства на 0,16%, за счет увеличения мощности цеха (использованы колпачковые тарелки), сокращения численности персонала. Общий прирост прибыли составил 75 163 574,27 рублей в год. Срок окупаемости капитальных вложений 2,052 года. При этом учтены убытки, понесенные производством период технического перевооружения. Рентабельность продукции составляет 17,23%. Безубыточный объем производства составляет 1051766 т.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

