



5 АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ .....	64
5.1 Выбор и обоснование параметров контроля и управления .....	64
Выбор и обоснование технических средств и систем автоматизации .....	65
6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА .....	74
6.1 Анализ опасных и вредных факторов .....	75
6.2 Мероприятия по предотвращению воздействия опасных и вредных факторов.	77
6.3 Защита персонала и территории в чрезвычайных ситуациях.....	80
7 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....	81
7.1 Техничко-экономическая характеристика.....	81
7.2 Себестоимость продукции .....	81
7.3 Обоснование производственной мощности .....	82
7.4 Организация труда и расчет заработной платы. ....	83
7.5 Прибыль .....	85
7.6 Расчет эффективности использования основных средств .....	85
7.7 Сводные показатели эффективности проектного решения .....	86
7.8 Построение графика.....	87
7.9 Заключение об экономической эффективности.....	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	89
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	90

Сущность процесса ректификации сводится к выделению из смеси двух или в общем случае нескольких жидкостей с различными температурами кипения одной или нескольких жидкостей в более или менее чистом виде. Процесс ректификации осуществляют в ректификационной установке, включающей ректификационную колонну, дефлегматор, холодильник-конденсатор, подогреватель исходной смеси, сборники дистиллята и кубового остатка. Основным аппаратом установки является ректификационная колонна, в которой пары перегоняемой жидкости поднимаются снизу, а навстречу парам сверху стекает жидкость, подаваемая в верхнюю часть аппарата в виде флегмы. [2]

Целью дипломного проекта является проектирование колонны предварительной ректификации метанола.

					ДП МАХП МДУ-051 РУ 00.00.00 ПЗ	
		N				

обезэфиривания 1 метанол-сырец обрабатывается 7–8%-м раствором NaOH для нейтрализации органических кислот (0,04–0,06 кг щелочи на 1 т). Затем он подогревается в теплообменнике 2 за счет тепла кубового остатка колонны 1 и парового конденсата, выходящего из испарителя 3.

Ректификационная колонна снабжена 40 тарелками, метанол-сырец подается на 13–17-ю тарелки. Процесс выделения диметилового эфира ведется под давлением 0,7–1,2 МПа, определяющимся условиями конденсации его в конденсаторе оборотной водой.

В зависимости от концентрации диметилового эфира в метаноле-сырце и требуемой степени его выделения флегмовое число в колонне поддерживается от 4 до 20 (обычно в пределах 6–8).

Предварительная ректификация. Отделение от обезэфиренного метанола-сырца остальных примесей с температурой кипения ниже, чем у метанола, и частично образующих с ним азеотроп-ные смеси, производится на колонне 6 предварительной ректификации. Колонна снабжена 65 тарелками, питание подается обычно на 39-ю. Количество флегмы, подаваемое на орошение колонны, колеблется в пределах 24–70% (масс.) от количества питания и определяется качеством метанола-сырца. От дистиллята отбирается фракция (0,40–0,85% масс, от питания), обогащенная легколетучими примесями, – так называемый «предгон». Для улучшения отделения примесей на стадии предварительной ректификации обезэфиренный метанол-сырец в ряде случаев разбавляется конденсатом водяного пара до содержания воды в кубе колонны 6 14–15% (масс). Конденсат вводится в питание или подается на 61-ю тарелку колонны.

Перманганатная проба метанола-сырца по высоте колонны увеличивается от верха укрепляющей части вниз по колонне. В точке ввода питания проба снижается из-за загрязнения этой зоны примесями. Начиная от 27-й тарелки и до куба, проба остается практически постоянной. Постоянство пробы в этой зоне и не изменяющийся состав жидкости свидетельствуют о наличии запаса разделительной способности колонны.

Утилизация метанола из фракций. Во фракции «метанол–масло–вода» содержится до 30–50% (масс.) метанола. Кроме того, в процессе работы в дренажной емкости собираются фенажи и промывные воды, также содержащие метанол. Для извлечения метанола из этих потоков устанавливается ректификационная колонна 11; она же предназначена для излучения концентрированной фракции спиртов  $C_2-C_6$ . Колонка снабжена 65 тарелками, питание подается на 20-ю тарелку; флегмовое число равно 4–6. С верха колонны отбирается метанол, из куба отводится вода. По высоте исчерпывающей части (с 7–10 тарелок) отбирается гетерогенная смесь, состоящая в основном из воды и спиртов  $C_2-C_6$ ; она охлаждается и разделяется в разделительном сосуде 12. Верхний (легкий) слой – преимущественно спирты  $C_2-C_6$  – выводится из цикла, а нижний водный слой после подогрева возвращается в колонну 11 на 19-ю тарелку.

## 1.2 Трехколонная схема ректификации

Вариантом рассмотренной схемы ректификации является трехколонная схема с получением диметилового эфира из эфирной фракции, а «изобутилового масла» на колонне основной ректификации (см. рис. 1.2). [1]

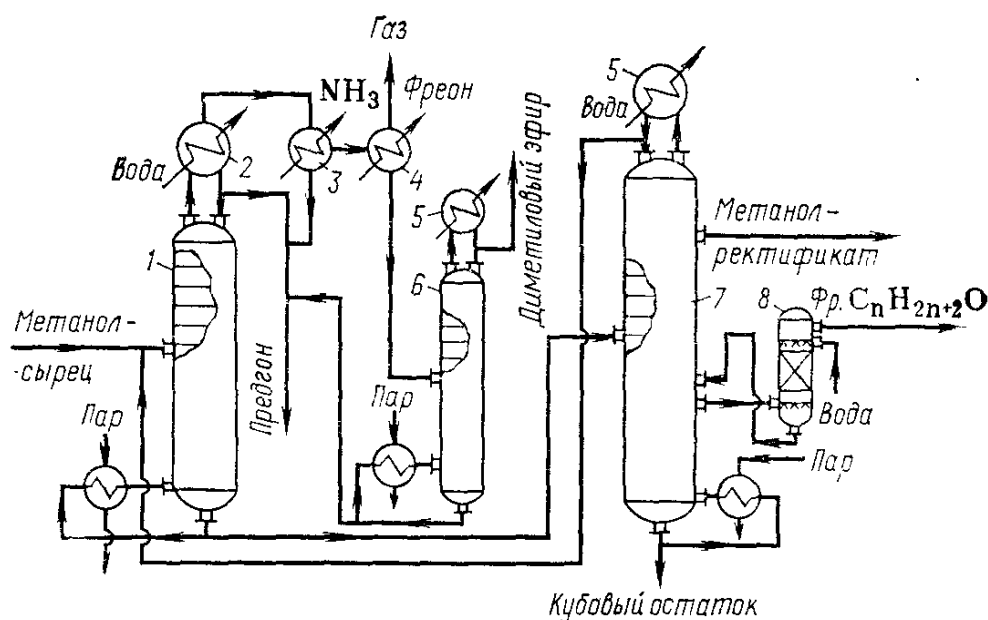


Рисунок 1.2 – Трехколонная схема ректификации метанола-сырца:

1, 6, 7 – ректификационные колонны; 2, 3, 4, 5 – конденсаторы; 8 – экстракционная колонна.



Двухрежимная двухстадийная схема. Как известно, система метанол – вода имеет положительное отклонение от закона Рауля и характерным для нее в условиях ректификации метанола является большой прирост концентрации низкокипящего компонента на тарелках в середине исчерпывающей части колонны.

Вариант выделения углеводородов из внутренней флегмы имеет два существенных преимущества.

Первое – на тарелках, расположенных над точкой отбора флегмы, идет укрепление паров по низкокипящим компонентам, в предгоне колонны содержится всего лишь 0,5–2% (масс.) воды и нет необходимости в дополнительном укреплении в колонне «метанол–масло–вода». Второе – снижается коррозионность среды в верху колонны.

На основании выполненного обзора принимаем двухстадийную двухрежимную технологическую схему, используемую в установках производства метанола под давлением 5 МПа.

#### 1.4 Обзор конструкций оборудования

Аппараты колонного типа могут быть классифицированы в зависимости от рабочего давления, технологического назначения и типа контактных устройств. В зависимости от применяемого давления колонные аппараты подразделяются на атмосферные, вакуумные и колонны, работающие под давлением [1].

По технологическому назначению колонные аппараты подразделяются на колонны атмосферных и атмосферно-вакуумных установок разделения нефти и мазута, колонны установок вторичной перегонки бензинов, каталитического крекинга, установок газоразделения, установок регенерации растворителей при депарафинизации масел и др.

По типу внутренних контактных устройств различают тарельчатые, насадочные и пленочные колонные аппараты (рисунок 1.4). Области применения контактных устройств определяются свойствами разделяемых смесей, рабочим давлением в аппарате, нагрузками по пару (газу) и жидкости и т.п.





## 2 Технологический раздел

### 2.1 Описание технологической схемы и проектируемого оборудования

Технологическая схема установки ректификации метанола-сырца, получаемого при давлении 5 МПа, приведена на рисунке 2.1

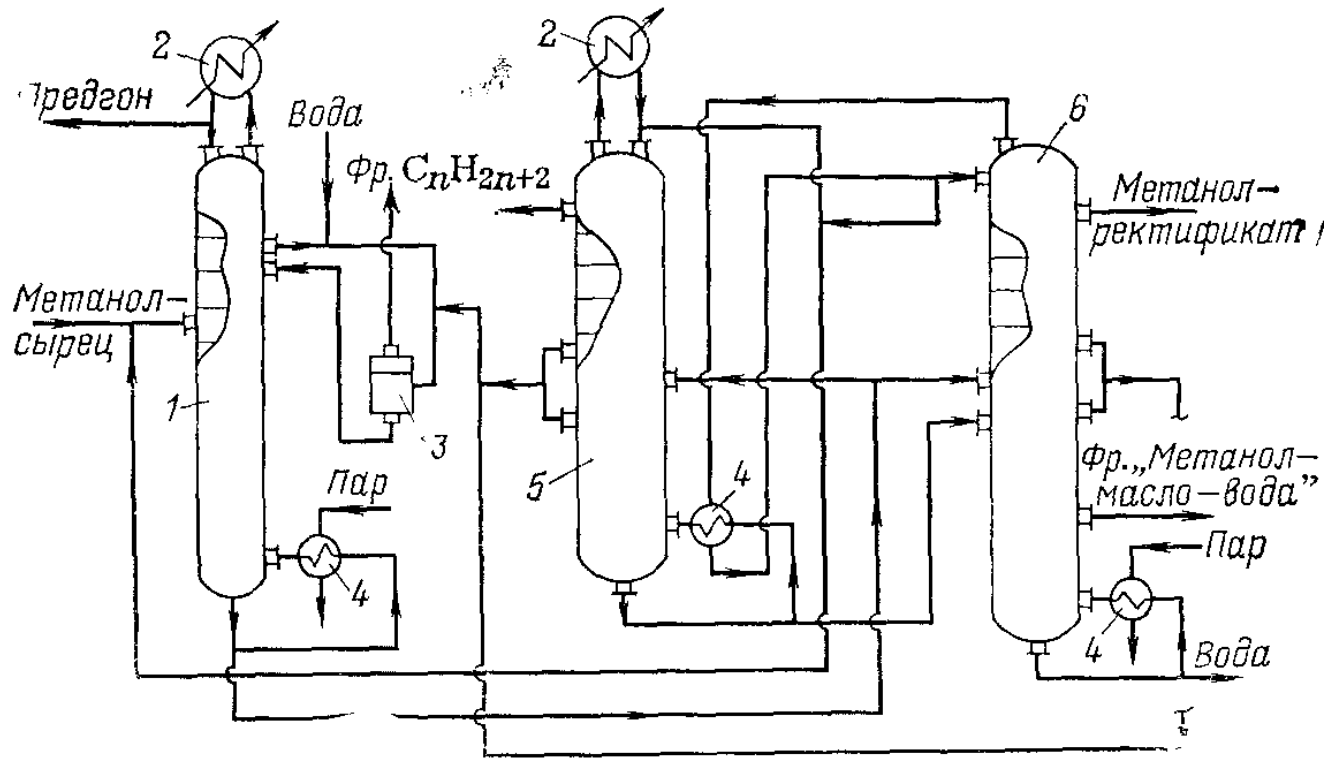


Рисунок 2.1 – Технологическая схема ректификации метанола-сырца:

1 – колонна предварительной ректификации; 2 – конденсаторы; 3 – разделительный сосуд; 4 – испарители; 5, 6 – колонны основной ректификации.

Метанол-сырец подается в колонну предварительной ректификации 1, из которой он выводится очищенный от легколетучих примесей и разделяется на два потока, которые подаются в две колонны основной ректификации. Поток, поступающий в колонну 5, выводится из куба этой колонны с содержанием воды около 50% (масс); он подается в исчерпывающую часть колонны 6. В этом потоке выводятся примеси, концентрирующиеся ниже ввода питания. Поскольку количество потока на порядок выше, чем количество отбираемой обычно фракции «метанол-масло-вода», концентрация примесей в кубе колонны 5 соответственно во столь-



## 2.2.2 Расчет материального баланса

Для расчета материального баланса выполним перерасчет массового расхода в мольный. Воспользуемся формулой

$$X_L = \frac{X_{LM}}{M_{\text{СН}_3\text{ОН}}} \frac{1}{\frac{X_{LM}}{M_{\text{СН}_3\text{ОН}}} + \frac{1 - X_{LM}}{M_{\text{H}_2\text{O}}}}$$

где  $M_{\text{СН}_3\text{ОН}}$  – мольная масса метанола,  $M_{\text{СН}_3\text{ОН}} = 32$  кг/кмоль;

$M_{\text{H}_2\text{O}}$  – мольная масса воды,  $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18$  кг/кмоль.

Соответственно

$$X_L = \frac{0,1800}{32} \frac{1}{\frac{0,1800}{32} + \frac{1 - 0,1800}{18}} = 0,1099.$$

Мольная доля метанола в дистилляте

$$Y_D = \frac{0,9300}{32} \frac{1}{\frac{0,9300}{32} + \frac{1 - 0,9300}{18}} = 0,8820.$$

Мольная доля метанола в остатке

$$X_R = \frac{0,0400}{32} \frac{1}{\frac{0,0400}{32} + \frac{1 - 0,0400}{18}} = 0,0229.$$

Мольный расход сырья

$$L = L_M \left( \frac{X_{LM}}{M_{\text{СН}_3\text{ОН}}} + \frac{1 - X_{LM}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \right) = 6600 \times \left( \frac{0,1800}{32} + \frac{1 - 0,1800}{18} \right) = 337,8 \text{ кмоль/ч.}$$

Расход каждого компонента

$$L_{\text{СН}_3\text{ОН}} = L X_L = 337,8 \times 0,1099 = 37,1 \text{ кмоль/ч;}$$

$$L_{\text{H}_2\text{O}} = L (1 - X_L) = 337,8 \times (1 - 0,1099) = 300,7 \text{ кмоль/ч.}$$

Количество дистиллята

$$D := \frac{X_L - X_R}{Y_D - X_R} \cdot L = \frac{0,1099 - 0,0229}{0,8820 - 0,0229} \times 337,8 = 34,2 \text{ кмоль/ч.}$$

Расход каждого компонента

$$D_{\text{СН}_3\text{ОН}} = D Y_D = 34,2 \times 0,8820 = 30,2 \text{ кмоль/ч;}$$

$$D_{\text{H}_2\text{O}} = D (1 - Y_D) = 34,2 \times (1 - 0,8820) = 4,0 \text{ кмоль/ч.}$$

$$\tau = T/T_{кр} ;$$

$$f_0 = 1.69347 \tau^6 - 6.09648 / \tau - 1.28862 \ln(\tau) + 5.92714 ;$$

$$f_1 = 0.43577 \tau^6 - 15.6875/\tau - 13.4721 \ln(\tau) + 15.2518 ;$$

$$P_v = P_{кр} \exp(f_0 + w f_1) .$$

Для метилового спирта

$$T = t_0 + 2173.15 = 40.00 + 273.15 = 403.15 \text{ K};$$

$$\tau = 403.15 / 594.40 = 0.678;$$

$$f_0 = 1.69347 \times 0.678^6 - 6.09648/0.678 - 1.28862 \times \ln(0.678) + 5.92714 = -2.545;$$

$$f_1 = 0.43577 \times 0.678^6 - 15.6875/0.678 - 13.4721 \times \ln(0.678) + 15.2518 = -2.605;$$

$$P_1 = P_v = P_{кр} \exp(f_0 + w f_1) = 8.00 \times \exp(-2.545 - 0.454 \times 2.605) = 0.748 \text{ МПа};$$

Для воды

$$\tau = 403.15 / 612.00 = 0.659;$$

$$f_0 = 1.69347 \times 0.659^6 - 6.09648/0.659 - 1.28862 \times \ln(0.659) + 5.92714 = -2.776;$$

$$f_1 = 0.43577 \times 0.659^6 - 15.6875/0.659 - 13.4721 \times \ln(0.659) + 15.2518 = -2.903;$$

$$P_2 = P_v = P_{кр} \exp(f_0 + w f_1) = 22.05 \times \exp(-2.776 - 0.563 \times 2.903) = 0.151 \text{ МПа};$$

Расчетное давление в емкости орошения

$$P_o = 0.748 \times 0.8820 + 0.151 \times (1 - 0.8820) = 0.677 \text{ МПа}.$$

В соответствии с рекомендациями [4] немного увеличиваем давление в емкости орошения. Итого

$$P_o = 0.680 \text{ МПа}.$$

#### 2.2.4 Расчет температуры верха колонны

Принимаем величину гидравлических сопротивлений от емкости орошения до верха колонны

$$\Delta P_1 := 0.05 \text{ МПа}.$$

Определяем давление на верху колонны

$$P_D := P_o + \Delta P_1 = 0.68 + 0.05 = 0.73 \text{ МПа}.$$

Температура верха колонны определяется методом последовательных приближений по условию

					ДП МАХП МДУ-051 РЧ 00.00.00 ПЗ	
		N				

где  $k_1$  и  $k_2$  – константы фазового равновесия для метанола и воды соответственно:

$$k_1 = \frac{P_{v1}}{P}, \quad k_2 = \frac{P_{v2}}{P}.$$

Давление насыщенных паров определяется так же, как и при расчете давления в емкости орошения. В первом приближении принимаем температуру низа равной 150 °С. Если условие (2) не выполняется, то корректируем значение температуры и расчет повторяют снова. Вычисления продолжают до тех пор, пока не будет достигнута заданная точность. Опуская процесс подбора значения температуры, приведем результаты расчета последней итерации:

$$t_R = 184 \text{ °С};$$

$$T_R = t_R + 273.15 = 457.15 \text{ К};$$

$$P_{v1} = 2.769 \text{ МПа}; \quad P_{v2} = 0.705 \text{ МПа};$$

$$k_1 = \frac{2.769}{0.760} = 3.644; \quad k_2 = \frac{0.705}{0.706} = 0.928.$$

Проверка условия (2)

$$3.644 \times 0.0229 + 0.928 \times (1 - 0.0229) = 1.005.$$

Условие выполняется с приемлемой точностью.

## 2.2.6 Расчет температуры в секции питания

Долю отгона рекомендуется принимать примерно равной значению [4]

$$D/L = 34.2 / 337.8 = 0.101.$$

Принимаем долю отгона

$$e = 0.15.$$

Давление в секции питания в первом приближении

$$P_L := \frac{P_D + P_R}{2} = \frac{0.73 + 0.76}{2} = 0.745 \text{ МПа}.$$

Температура в питательной секции колонны определяется методом последовательных приближений по условию

$$X_C + X_{C1} = 1, \quad (3)$$

где  $X_C$  – доля метанола в смеси после однократного испарения;

					ДП МАХП МДУ-051 РУ 00.00.00 ПЗ	
		N				

## 2.2.7 Расчет флегмового и парового чисел

Минимальное значение флегмового числа [4]

$$r_{\min} := \frac{Y_D - Y_C}{Y_C - X_C} = \frac{0.8820 - 0.2644}{0.2644 - 0.0826} = 3.397.$$

Расчетное рабочее флегмовое число

$$R_p := 1.35r_{\min} + 0.35 = 1.35 \times 3.397 + 0.35 = 4.935.$$

Принимаем рабочее флегмовое число

$$R_p = 5.00.$$

Паровое число

$$S_p := \frac{D \cdot R_p + (1 - e) \cdot L - R}{R} = \frac{34.2 \times 5.00 + (1 - 0.15) \times 337.8 - 303.6}{303.6} = 0.502.$$

## 2.2.8 Расчет числа тарелок колонны

Минимальное число тарелок определяется по уравнению

$$N_{\min} := \frac{\ln \left[ \frac{Y_D \cdot (1 - X_R)}{X_R \cdot (1 - Y_D)} \right]}{\ln(\alpha)},$$

где  $\alpha$  – коэффициент относительной летучести, в первом приближении усредняемый по колонне:

$$\alpha = \frac{\alpha_D + \alpha_R}{2},$$

где  $\alpha_D$  и  $\alpha_R$  – значения коэффициентов относительной летучести для верха и низа колонны соответственно

$$\alpha_D = \frac{k_1}{k_2} = \frac{0.986}{0.481} = 4,672;$$

$$\alpha_R = \frac{k_1}{k_2} = \frac{1.831}{0.989} = 3,927;$$

$$\alpha = \frac{2.050 + 1.851}{2} = 4.300;$$







где  $\sigma$  – поверхностное натяжение воды,  $\sigma = 7,28 \times 10^{-3}$  Н/м;

$d_3$  – эквивалентный диаметр прорези, для  $h_{пр} / b_{пр} = 20 / 10 = 2$  [3, стр. 9]

$$d_3 = 1,3 \times b_{пр} = 1,3 \times 10 = 13 \text{ мм};$$

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{4 \times 72,8 \times 10^{-3}}{0,013} = 22 \text{ Па.}$$

Общее сопротивление тарелки

$$\Delta P_T = 331 + 395 + 22 = 748 \text{ Па.}$$

Гидравлическое сопротивление тарелок колонны

$$\Delta P_A = N_T \Delta P_T = 14 \times 748 = 10480 \text{ Па.}$$

### 2.2.11 Расчет теплового баланса

Расчет теплового баланса ректификационной колонны заключается в определении тепловых нагрузок дефлегматора и кипятильника. Для этого необходимо определить энтальпии исходного сырья, флегмы и горячего орошения:

$$H_L := H_C \cdot e + h_C \cdot (1 - e);$$

$$H_D := h_D + L_{испD};$$

$$h_R := F_h(t_R, X_R).$$

где  $H_C$  – энтальпия пара после однократного испарения в питательной секции, кДж/(кмоль  $\times$  К);

$h_C$  – энтальпия жидкости после однократного испарения в питательной секции, кДж/(кмоль  $\times$  К);

$h_D$  – энтальпия дистиллята, кДж/(кмоль  $\times$  К);

$L_{испD}$  – теплота испарения флегмы, кДж/(кмоль  $\times$  К);

$F_h(t_R, X_R)$  – энтальпия остатка состава  $X_R$  при температуре  $t_R$ .

Расчет всех указанных величин выполним по алгоритму, описанному в [4]. Вследствие большого количества однотипных вычислений напишем программу для MathCAD, реализующую математические выражения на языке, понятном ЭВМ.

Программа содержит ряд функций, применяемых при расчете энтальпий жидкости и газа, теплоты испарения и теплоемкости.

					ДП МАХП МДУ-051 РУ 00.00.00 ПЗ	
		N				

Теплоемкость жидкости на линии насыщения в зависимости от температуры (К) и доли метанола

$$F\_Cp(T, X) := \begin{cases} C_{p0} \leftarrow F\_Cp_x(T, VC_1) \cdot X + F\_Cp_x(T, VC_2) \cdot (1 - X) \\ T_{кр} \leftarrow T_{кр1} \cdot X + T_{кр2} \cdot (1 - X) \\ \omega \leftarrow \omega_1 \cdot X + \omega_2 \cdot (1 - X) \\ \tau \leftarrow \frac{T}{T_{кр}} \\ \lg A \leftarrow 0.604 - 1.505 \cdot \omega \\ \Delta C_p \leftarrow \left( -78.4 \cdot \lg A + 30.08 \cdot \lg A^2 - 121.96 \cdot \tau^2 + 202 \cdot \tau^3 + \frac{35.91}{\tau} \right) \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}} \\ C_{p0} + \Delta C_p \end{cases}$$

Удельная средняя изобарная теплоемкость в зависимости от температуры (°C) и доли метанола

$$F\_h(t, X) := \frac{F\_Cp(273\text{K}, X) + F\_Cp[(t + 273.15\text{K}), Y_C]}{2} \cdot t$$

Коэффициенты для расчета теплоемкости в состоянии идеального газа

$$VC_1 := \left( 1.156 \quad 6.087 \cdot 10^{-2} \quad -4.187 \cdot 10^{-5} \quad 1.182 \cdot 10^{-8} \right)^T;$$

$$VC_2 := \left( 1.354 \quad 8.811 \cdot 10^{-8} \quad -6.842 \cdot 10^{-5} \quad 2.359 \cdot 10^{-8} \right)^T.$$

Используя эти функции, рассчитаем энтальпии потоков.

Энтальпия жидкости после однократного испарения в питательной секции

$$h_C := F\_h(t_C, Y_C) = 2.001 \times 10^4 \text{ кДж/кмоль.}$$

Теплота испарения жидкости в питательной секции

$$L_{испC} := F\_L_{исп}(t_C, Y_C) = 3.747 \times 10^4 \text{ кДж/кмоль.}$$

Энтальпия насыщенного пара в питательной секции

$$H_C := h_C + L_{испC} = 2.001 \times 10^4 + 3.747 \times 10^4 = 5.748 \times 10^4 \text{ кДж/кмоль.}$$

Энтальпия исходного сырья

$$\begin{aligned} H_L &:= H_C \cdot e + h_C \cdot (1 - e) = \\ &= 5.748 \times 10^4 \times 0.85 + 2.001 \times 10^4 \times (1 - 0.85) = 5.186 \times 10^4 \text{ кДж/кмоль.} \end{aligned}$$

Энтальпия дистиллята

		N				
ДП МАХП МДУ-051 РУ 00.00.00 ПЗ						

## 2.2.12 Расчет диаметров основных штуцеров колонны

Определим диаметр штуцера ввода горячего орошения. Расход смеси из предыдущих расчетов

$$V = V_c = 0.338 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расчетный диаметр штуцера определяется следующим образом:

$$D_{\text{шт}} = \sqrt{\frac{4V}{\pi\omega_p}},$$

где  $\omega_p$  – рекомендуемая скорость среды в штуцере,  $\omega_p = 8..15 \text{ м/с}$  [4].

$$D_{\text{шт}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,338}{3,14 \times 10}} = 0,207.$$

Принимаем стандартное значение

$$D_{\text{шт}} = 0,200 \text{ м}.$$

Тогда действительная скорость среды в штуцере

$$\omega = \frac{4V}{\pi D_{\text{шт}}^2} = \frac{4 \times 0,338}{3,14 \times 0,200^2} = 10,8 \text{ м/с}.$$

Расчетная скорость движения среды не выходит за рекомендуемые пределы. Остальные штуцера рассчитываются аналогично.

## 2.2.13 Расчет вспомогательного оборудования

Выполним расчет насоса для подачи флегмы вверх колонны. Схема к расчету приведена на рисунке 2.3.

Объемный расход флегмы после пересчета из мольного расчета составит

$$V = 0.00113 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Принимаем одинаковый диаметр для всасывающего и нагнетательного трубопровода. В соответствии с рекомендациями [2] принимаем скорость движения флегмы в трубопроводе

$$\omega = 2 \text{ м/с}.$$

$$Re = \frac{2,30 \times 997 \times 0,025}{0,8937 \times 10^{-3}} = 64146.$$

Режим течения турбулентный. Принимаем стальные новые трубы, для которых абсолютная шероховатость внутренней стенки [6]

$$\Delta = 0,08 \text{ мм} = 8 \times 10^{-5} \text{ мм}.$$

Тогда относительная шероховатость трубы

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{0,08}{25} = 0,0032.$$

В рассматриваемом случае имеем зону смешанного трения, поскольку

$$100/e < Re < 560 / e;$$

$$100 / 0,0032 < 64146 < 560 / 0,0032;$$

$$31250 < 64146 < 175000.$$

Для этой зоны значение коэффициента трения [6]

$$\lambda = 0,11 (e + 68 / Re)^{0,25} = 0,11 \times (0,0032 + 68 / 64146)^{0,25} = 0,0281.$$

Определим сумму коэффициентов местных сопротивлений [2]

1. выход из штуцера в аппарат:  $\xi = 1$
2. колено с углом  $90^\circ$  при  $d = 25$  мм (два поворота):  $\xi = 2 \times 2 = 4$
3. вентиль прямооточный при полном открытии для  $d = 25$  мм:  $\xi = 1,04$

Сумма коэффициентов

$$\Sigma \xi_i = 1 + 4 + 1,04 = 6,04.$$

Принимаем длину подающего трубопровода 20 м. Тогда напора от перемещения жидкости в нагнетательной линии  $h_{\text{тр+мс}}$

$$h_{\text{тр+мс}} = \left( \lambda \frac{1}{d_s} + \sum \xi_{\text{м.с.}} \right) \frac{\omega^2}{2g} = \left( 0,0281 \times \frac{20}{0,025} + 6,04 \right) \frac{2,30^2}{2 \times 9,81} = 7,69 \text{ м}.$$

Необходимый напор насоса

$$H = \frac{p_2 - p_1}{g \rho} + h_{\text{тр+мс}} + h_{\Gamma},$$

где  $p_2$  – давление в абсорбере,  $p_2 = 1,47 \times 10^5$  Па;

$p_1$  – давление перед всасывающим патрубком,  $p_1 = \text{атм} = 1,01 \times 10^5$  Па;

$h_{\Gamma}$  – геометрическая высота подъема жидкости, принимаем  $h_{\Gamma} = 10$  м.

Соответственно

		N			
ДП МАХП МДУ-051 РУ 00.00.00 ПЗ					

В качестве теплоносителя принимаем водяной пар с температурой  $t_n = 190 \text{ }^\circ\text{C}$ . За счет конденсации этого пара происходит испарение кубовой жидкости. Следовательно, средняя разность температур составит

$$\Delta t_{cp} = t_n - t_R = 190 - 164 = 26 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Тогда значение требуемой поверхности теплообмена кипятильника

$$F = \frac{362\,000}{375 \times 36} = 137 \text{ м}^2.$$

По справочным данным, приведенным в [5], выберем вертикальный одноходовый теплообменник со следующими параметрами: поверхность теплообмена  $F = 154 \text{ м}^2$ , наружный диаметр кожуха  $D = 600 \text{ мм}$ , тип труб  $d \times s = 25 \times 2 \text{ мм}$ , число ходов по трубному пространству  $n = 2$ , общее число труб  $N = 448$ , высота теплообменника  $H = 4 \text{ м}$ .

					ДП МАХП МДУ-051 РУ 00.00.00 ПЗ	
		N				

Проектируемым оборудованием является ректификационная колонна для разделения метанола и воды. Она представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат колонного типа. Корпус колонны состоит из обечайки 8, верхнего 1 и нижнего 10 днища. Высота колонны составляет  $H = 9300$  мм, а диаметр  $D = 1,0$  м. В колонне имеются 14 колпачковых тарелок 7 и 5 штуцеров для подвода исходной смеси и отвода получившихся продуктов.

Для доступа к внутреннему оборудованию колонны в обечайке предусмотрено три люк-лаза 5. Колонна установлена на открытом пространстве на опоре 11.

При проектировании оборудования необходимо рассчитать толщину стенки колонны, чтобы обеспечить необходимую прочность при эксплуатации колонны.

Колонна работает под технологическим давлением  $p_T = 0,75$  МПа.

### 3.2 Выбор конструкционных материалов

Рабочая среда в аппарате коррозионно-активная, это метанол и вода, поэтому необходим химически-стойкий материал как для изготовления обечайки, так и днища, фланцев и других элементов аппарата.

Выбираем сталь 12Х18Н10Т – сталь толстолистовая (ГОСТ 7350 – 66), условия применения при температуре от минус 196 до плюс 400° С. Эта сталь используется для изготовления обечаек, днищ, фланцев, трубных решеток и других деталей химической аппаратуры, работающую со средами, вызывающую коррозию. Изделия из этой стали должны подвергаться стабилизирующему отжигу.

Качественная и эксплуатационная характеристика следующая: обладает удовлетворительными прочностными свойствами, хорошими пластическими свойствами и жаропрочна, обладает повышенной вязкостью и склонна к задиранию при трении о другой металл.

Общая оценка коррозионной стойкости в агрессивных средах следующая: сталь характеризуется большой коррозионной стойкостью и окалиностойкостью во многих агрессивных средах, она отличается повышенной стойкостью против межкристаллической коррозии ножевого типа [8].

					ДП МАХП МДУ-051 РУ 00.00.00 ПЗ	
		N				

$\sigma^*$  – нормативное допускаемое напряжение при расчетной температуре,  
 $\sigma^* = 144$  МПа – для температуры  $t = 164$  °С и стали 12Х18Н10Т;

$\eta = 1$  – для листового проката.

Получаем

$$[\sigma] = 1 \times 144 = 144 \text{ МПа.}$$

Допускаемое напряжение при гидравлических испытаниях  $[\sigma]_{И}$ , МПа

$$[\sigma]_{И} = \sigma_{Т20} / 1,1,$$

где  $\sigma_{Т20}$  – минимальное значение предела текучести при температуре  $t = 20$  °С.

$\sigma_{Т20} = 220$  МПа – для стали 12Х18Н10Т, тогда:

$$[\sigma]_{И} = 220 / 1,1 = 200 \text{ МПа.}$$

Расчетное значение внутреннего избыточного давления  $p_p$ , МПа

$$p_p = p + p_r,$$

где  $p_r$  – гидростатическое давление столба жидкости, МПа

В силу конструкционных особенностей ректификационной колонны гидростатическое давление столба жидкости отсутствует, поэтому

$$p_r = 0$$

Тогда

$$p_p = 0,75 + 0 = 0,75 \text{ МПа.}$$

Пробное давление при гидравлическом испытании  $p_{И}$ , МПа

$$p_{И} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,5 \cdot p \cdot [\sigma]_{20} / [\sigma] \\ 0,2 \end{array} \right\},$$

где  $[\sigma]_{20}$  – допускаемое напряжение при температуре 20°С, МПа.

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

Тогда

$$[\sigma]_{20} = 1 \times 160 = 160 \text{ МПа, так как } \sigma_{20}^* = 160 \text{ МПа}$$

$$p_{И} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,5 \cdot 0,75 \cdot 160 / 144 = 1,25 \\ 0,2 \end{array} \right\} = 1,25 \text{ МПа.}$$

Коэффициент прочности продольных сварных швов обечайки  $\varphi = 1$ , так как принято, что швы с двусторонним сплошным проваром выполняются автоматиче-

					ДП МАХП МДУ-051 РУ 00.00.00 ПЗ	
		N				

прочность обечайки как в рабочем состоянии так и при испытаниях. Запас прочности довольно большой, это вызвано двукратным увеличением толщины стенки сверх расчетной.

### 3.4 Расчет днища аппарата на прочность

Рассчитаем днище отгонной части корпуса. Днище эллиптическое, так как  $D=1,0$  м. Коэффициент прочности сварных швов  $\varphi = 0,95$ . Расчетная схема эллиптического днища на рисунке 3.3.

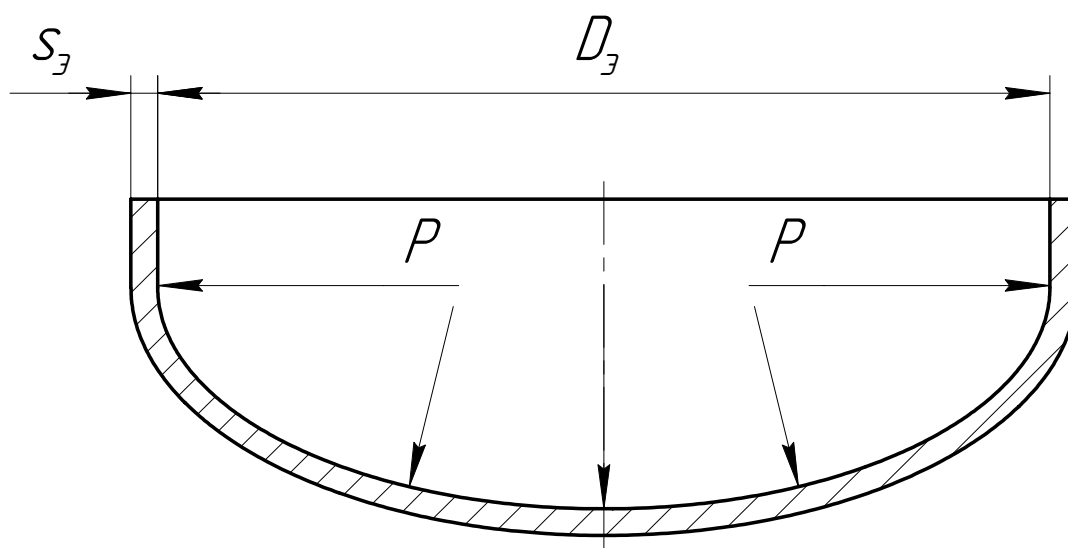


Рисунок 3.3 – Расчетная схема эллиптического днища

Расчетная и исполнительная толщина эллиптического днища  $S_{э,р}$ ,  $S_э$ , м

$$S_{э,р} = \max \left\{ \begin{array}{l} p_p \cdot D / (2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot p_p) \\ p_u \cdot D / (2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_u - 0,5 \cdot p_u) \end{array} \right\};$$

$$S_э = S_{э,р} + c + c_0;$$

$$S_{э,р} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,75 \cdot 1,0 / (2 \cdot 0,95 \cdot 144 - 0,5 \cdot 0,341) = 2,2 \cdot 10^{-3} \\ 1,25 \cdot 1,0 / (2 \cdot 0,95 \cdot 200 - 0,5 \cdot 0,57) = 2,6 \cdot 10^{-3} \end{array} \right\} = 2,6 \text{ мм.}$$

Получим

$$s_э = 2,6 + 1,5 + 0,8 = 5 \text{ мм,}$$

где  $c_0 = 0,8$  мм – из условия округления толщины до ближайшей стандартной.

Толщину стенки днищ не рекомендуется делать меньше толщины стенки обечайки [8], поэтому принимаем исполнительную толщину стенки эллиптического





## 4 Специальный раздел

### 4.1 Выбор схемы транспортировки оборудования

В практике монтажа технологическое оборудование и конструкции часто перевозятся к месту монтажа и в монтажной зоне по шоссейным и грунтовым дорогам. Для перевозки крупногабаритного и тяжеловесного оборудования применяются прицепы-тяжеловозы различной грузоподъемности, которые буксируются тракторами или специальными колесными тягачами. Если габариты и масса перевозимого оборудования превышают паспортные характеристики прицепов по грузоподъемности и размеры платформ, то оно перевозится на двух и более прицепах.

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

Транспортировка колонны от завода-изготовителя к месту установки производится отдельными фрагментами. Наиболее трудоемкая часть операции – транспортировка обечайки. На заводе-изготовителе осуществляют сборку отдельных фрагментов этих секций – царг. Царги представляют собой свернутые в трубу листы проката. Из этих фрагментов в дальнейшем и собираются секции. На заводе производят контрольную сборку колонны прихватками. Далее – колонну разрезают по прихваткам и везут к месту дальнейшей сборки.

### 4.2 Выбор транспортных средств

Рассчитаем тягач для транспортировки царги диаметром 1000 мм. Высота фрагмента – 1,6 м, масса – 0,697 т. Согласно этим данным ориентировочно подбираем тягач без прицепа МАЗ-504 [9, т. 28]. Груз переводится непосредственно в кузове тягача, куда укладываются две царги общей массой  $G_0 = 2 \times 0,697 = 1,394$  т.

					ДП МАХП МДУ-051 РУ 00.00.00 ПЗ	
		N				



18 т и высота подъёма крюка более 16 м, что обеспечивает подъём и установку аппарата на фундамент.

Для подтверждения возможности размещения поднятого над фундаментом блока аппарата в подстреловом пространстве вычерчивается монтажная схема в масштабе.

#### 4.4.2 Выбор и расчёт траверсы

Траверса представляет собой жёсткое грузозахватное приспособление, предназначенное для подъёма крупногабаритного оборудования при необходимости строповки его за несколько точек. Выбираем траверсу, работающую на изгиб, расчётная схема которой приведена на рисунке 4.2.

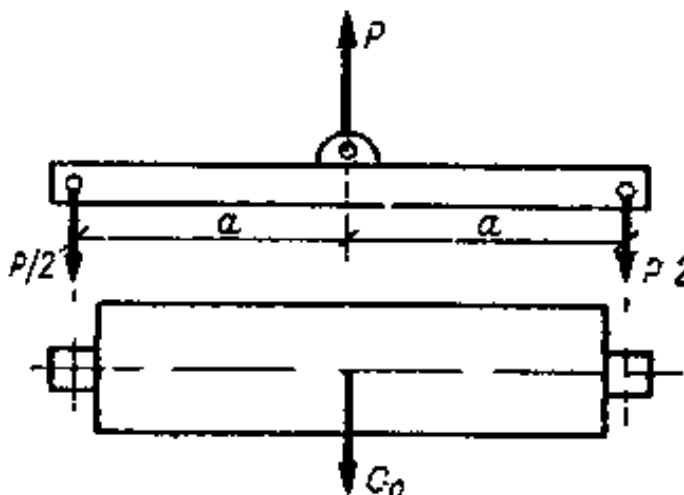


Рисунок 4.2 – Расчётная схема траверсы, работающей на изгиб

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

Определяем нагрузку, действующую на траверсу по формуле:

$$P = 10 \cdot G_0 \cdot \kappa_n \cdot \kappa_d$$

$$P = 10 \cdot 14 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 170 \text{ кН.}$$

Определяем изгибающий момент в траверсе по формуле:

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

Натяжение в одном витке стропа определяется по формуле:

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

где  $P = 52,7/2 = 26$  кН – усилие, приложенное к стропу;

$m = 2$  – количество ветвей витого стропа;

$n = 1$  – число канатных витков в сечении одной ветви;

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

$$S = \frac{26}{2 \cdot 1 \cdot 0,97} = 11 \text{ кН.}$$

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

$$R_H = S \cdot k_3,$$

где  $k_3 = 5$  – коэффициент запаса прочности. [8, Приложение XI]

$$R_H = 11 \cdot 5 = 55 \text{ кН.}$$

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

$$d_c = 3 \cdot d,$$

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

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

Минимальный диаметр захватного устройства определяется по формуле:

$$D_c = k_c \cdot d_c,$$

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

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

#### 4.4.4 Расчет монтажных штуцеров

Для строповки вертикальных цилиндрических аппаратов при их подъеме и установке на фундамент часто применяются монтажные (ложные) штуцера. Для увеличения жесткости внутри штуцера могут быть вварены ребра из листовой

					ДП МАХП МДУ-051 РУ 00.00.00 ПЗ	
		N				

По таблице [9, приложение V] определяем с запасом сечение патрубка для монтажного штуцера с моментом сопротивления  $290 \text{ см}^3$ .

Проверяем прочность сварного кольцевого шва, крепящего монтажный штуцер к аппарату:

$$\frac{N_r}{\beta h_{\text{ш}} l_{\text{ш}}} + \frac{M}{\beta h_{\text{ш}} \pi r^2} \leq m R_y^{\text{св}},$$

где  $\beta$  - коэффициент, учитывающий глубину провара (для автоматической сварки  $\beta = 1,0$  [9, с. 68]);

$r$  – радиус штуцера,  $r = 50 \text{ см}$ ;

$h_{\text{ш}}$ —толщина шва,  $h_{\text{ш}} = 12 \text{ мм}$  [9, с. 68];

$N_r$  – горизонтальная составляющая усилия  $N$ ,

$$N_r = N \sin(15) = 71,5 \times 0,259 = 23,3 \text{ кН}$$

Итого

$$\frac{23,3}{1,0 \times 12 \times 0,3} + \frac{27}{0,7 \times 12 \times \pi \times 0,5^2} \leq 1 \times 50$$
$$13,3 \leq 50$$

Следовательно монтажный шов выдержит.

#### 4.5 Выверка и испытание оборудования

Выверкой называют процесс установки оборудования в положение, предусмотренное проектом, с помощью специальных выверочных опорных элементов, центровочных приспособлений и грузоподъемных средств.

Выверку оборудования производят в плане, по высоте и по горизонтали (вертикали), а также относительно ранее установленного оборудования с контролем отклонения от соосности перпендикулярности и параллельности в зависимости от требований технической документации завода-изготовителя и проекта производства работ [12].

Предварительную выверку в плане осуществляют путем совмещения отверстий в опорной части оборудования с ранее установленными фундаментными болтами. При окончательной выверке оборудование устанавливают в проектное положение относительно осей фундаментов или строительных конструкций пу-

					ДП МАХП МДУ-051 РУ 00.00.00 ПЗ	
		N				

заводской техдокументации (паспорта, правила технической эксплуатации, руководства по эксплуатации и др.) последняя разрабатывается непосредственно в цехе для на предприятии. Кроме того, должны разрабатываться и вводиться в действие приказом по предприятию инструкции по эксплуатации, регламентирующие безотказную работу оборудования на данном предприятии.

Мастер цеха обязан помогать эксплуатационному персоналу совершенствовать производственные навыки по эксплуатации оборудования, предотвращению аварий и предупреждению преждевременного износа.

Ответственность за неправильную эксплуатацию оборудования, тем более приведшую к поломкам и авариям, наряду с непосредственными виновниками, несут мастер и начальник цеха (участка).

#### 4.6.2 Подготовка к ремонту и ремонт оборудования

Основанием для остановки оборудования на ремонт служит месячный график планово-периодического ремонта. На подготовку и остановку на ремонт крупного технологического оборудования издается приказ по предприятию, в котором указываются: сроки подготовки и ремонта; исполнители работ; ответственные за технику безопасности; ответственные за подготовку оборудования к ремонту; руководители ремонта по объектам (отделениям, участкам, комплексам и т. п.); ответственные (комиссия) за качество и выполнение ремонта в установленные сроки. Подготовка и остановка основного технологического оборудования на ремонт осуществляется по письменному распоряжению начальника цеха, в котором указывается лицо, ответственное за остановку и подготовку оборудования к ремонту [9].

Вывод в ремонт неосновного оборудования производится на основании записи механика цеха (мастера по ремонту) в журнале начальника (мастера) смены. Механик обязан предварительно согласовать остановку оборудования на ремонт с начальником цеха. Ответственным лицом за вывод оборудования в ремонт могут быть: заместитель начальника цеха, начальник отделения (установки) или начальник смены.

ния в ремонт. После установки заглушек ответственное лицо должно указать их номера на схеме установки заглушек и сделать об этом запись в журнале учета установки и снятия заглушек. Ответственность за качество устанавливаемых заглушек несет механик цеха. Схему на установку заглушек подписывает заместитель начальника цеха. Дежурный ремонтный персонал на подготовительные работы может привлекаться -только по письменному распоряжению начальника цеха. Во всех остальных случаях дежурному ремонтному персоналу запрещается самостоятельно проводить установку и снятие технологических заглушек.

Состояние работ по подготовке оборудования к ремонту записывается в журнале приема и сдачи смен. Работы по подготовке к ремонту, не законченные предыдущей сменой, оформляются в журнале приема и сдачи смен ответственным за подготовку и продолжаются следующей сменой. О выполненных подготовительных работах и принятых мерах по технике безопасности ответственное лицо за вывод оборудования в ремонт делает отметку в журнале начальников смен.

Полностью подготовленное к ремонту оборудование сдается лицом, ответственным за вывод оборудования в ремонт, руководителю ремонта (мастеру ремонтно-механического или энергоремонтного цеха, мастеру цеха централизованного ремонта и т. п.). При сдаче оборудования в текущий ремонт запись об этом делается в журнале начальников смен, а в капитальный ремонт — оформляется акт, который подписывает лицо, ответственное за вывод оборудования в ремонт, и руководитель ремонта. Проведение ремонта без оформления акта на сдачу оборудования в ремонт допускается только в тех случаях, когда ремонт осуществляется собственным ремонтным персоналом технологического цеха, в котором установлено данное оборудование. В этом случае запись о сдаче оборудования в капитальный ремонт делается в журнале начальников смен.

Без двухстороннего подписания документов на сдачу оборудования в ремонт руководитель ремонта не имеет права приступить к ремонту, а ответственное лицо за вывод и подготовку оборудования к ремонту не имеет права допускать ремонтников к началу работ на оборудовании.

					ДП МАХП МДУ-051 РУ 00.00.00 ПЗ	
		N				



зации реализована с помощью стандартных приборов, которые обеспечивают необходимую точность и достаточную дальность передачи сигнала (до 300 м).

Для эффективного протекания процесса ректификации необходимо поддерживать постоянной температуру сырья (167 °С). В соответствии с технологической схемой, на линии ввода питания в колонну установлен теплообменник, обогреваемый водяным паром. Следовательно, изменяя расход греющего пара, можно управлять температурой сырья.

Расход исходной смеси не является параметром контроля и регулирования так как смесь поступает в колонну с колонны предварительной ректификации метанола.

Температура сверху колонны ( $T = 142$  °С) регулируется расходом заходящей воды в дефлегматор, что влияет на температуру флегмы и, соответственно, на температуру сверху колонны.

Давление сверху колонны ( $P = 0,73$  МПа) связано с температурой, соответственно при рабочих режимных параметрах оно будет находиться в допустимых пределах. Для возможности анализа работы установки выполняется только регистрация давления сверху колонны.

Уровень остатка в кубе колонны ( $L = 1,3$  м) регулируется отбором остатка.

Основным продуктом колонны является дистиллят (товарный метанол), поэтому необходимо контролировать его концентрацию и регулировать ее, поддерживая постоянной ( $Q = 95$  %), регулирование происходит за счет изменения количества флегмы.

#### Выбор и обоснование технических средств и систем автоматизации

Все приборы были выбраны на основании справочных данных, приведенных в [11, 12].

Датчиком для измерения расходов выбрана камерная диафрагма типа ДК, создающая перепад давления на трубопроводе. Диафрагма работает в комплекте с дифманометром ДМ-П1, который преобразует перепад давления в стандартный унифицированный пневматический сигнал с давлением сжатого воздуха 0,02-0,1

					ДП МАХП МДУ-051 РУ 00.00.00 ПЗ	
		N				

Таблица 5.1 – Заказная спецификация приборов и средств автоматизации

Заказная спецификация приборов и средств автоматизации							
СевКавГТУ НТИ		Производство метанола.					
		Отделение ректификации					
						Дипломный проект	
		Лист 1		Листов 7			
Позиция	Наименование параметра, среда, место отбора импульса	Пределное значения параметра	Место установки	Наименование и характеристика	Тип, модель	Завод- изготовитель	
1	2	3	4	5	6	7	
2-1	Температура сырья	167 °С	На трубопроводе	Термопара хромель копелевая с пределом измерения 800 °С, сталь 12Х18Н10Т	ТХК-0515	Приборостроительный завод г. Луцк	
2-2			Щит оператора	Милливольтметр, предназначенный для показания и регулирования температуры	ТГС-711	ОАО «Челябинский завод «Теплоприбор»	
2-3			Щит преобразователей	Электропневматический преобразователь с выходным сигналом 0,02 – 0,1 МПа	ЭПП – 63	«Энергоприбор» г. Москва	
4-1	Температура верха колонны	142 °С	В аппарате	Термопара хромель копелевая с пределом измерения 800 °С, сталь 12Х18Н10Т	ТХК-0515	Приборостроительный завод г. Луцк	

№

ДЛП МАХЛП МДУ-051 КР 00.00.00 ПЗ

Продолжение таблицы 5.1.

1	2	3	4	5	6	7
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	Обратный клапан, предназначенный для регулирования расхода различных сред. Пропускает пневматический сигнал только в одном направлении, пропускная способность через открытый дроссель не менее 1.0 м <sup>3</sup> /ч, D <sub>y</sub> 80 P <sub>y</sub> 1.6 МПа	П-ДК-10-1	ООО «ПРИБОР-СЕРВИС»
3-1	Расход сырья	0,81 м <sup>3</sup> /с	На трубопроводе	Диафрагма камерная, условное давление 0,6 МПа	ДК–150	«Монометр», г. Москва
3-2			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
3-3			Щит оператора	Вторичный прибор, показывающий, регистрирующий	ПВ2.2	«Тизприбор» г. Москва

ДЛП МАХП МДУ-051 КР 00.00.00 ПЗ

Продолжение таблицы 5.1.

1	2	3	4	5	6	7
7-3			Щит оператора	Вторичный прибор, показывающий, регистрирующий со станцией управления, расход воздуха 420 л/ч	ПВ 10.1Э	«Тизприбор» г. Москва
7-4			Щит оператора	Регулятор системы «СТАРТ», объемный расход воздуха 12 л/мин	ПР 3.26	Завод приборов г. Устькаменогорск
7-5			На трубопроводе	Обратный клапан, предназначенный для регулирования расхода различных сред. Пропускает пневматический сигнал только в одном направлении, пропускная способность через открытый дроссель не менее 1.0 м <sup>3</sup> /ч, D <sub>y</sub> 80 P <sub>y</sub> 1.6 МПа	П-ДК-10-1	ООО «ПРИБОР-СЕРВИС»
12-1	Расход пара	0,12 м <sup>3</sup> /с	На трубопроводе	Диафрагма камерная, условное давление 0,6 МПа	ДК-150	«Монометр», г. Москва
12-2			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
12-3			Щит оператора	Вторичный прибор, показывающий, регистрирующий со станцией управления, расход воздуха 420 л/ч	ПВ 10.1Э	«Тизприбор» г. Москва

Продолжение таблицы 5.1.

1	2	3	4	5	6	7
9-2			Щит оператора	Вторичный показывающий прибор (величина одного параметра)	ПВ2.2	«Тизприбор» г. Москва
8-1	Уровень остатка	0,8 м	Низ колонны	Буйковый уровнемер для контроля уровня жидкости с пневматическим унифицированным сигналом 0,02 – 0,1 МПа	УБ ПА	«Теплоприбор» г. Рязань
8-2			Щит оператора	Вторичный прибор, показывающий, регистрирующий со станцией управления, расход воздуха 420 л/ч	ПВ 10.1Э	«Тизприбор» г. Москва
8-3			Щит оператора	Регулятор системы «СТАРТ», объемный расход воздуха 12 л/мин	ПР 3.26	Завод приборов г. Устькаменогорск
8-4			На трубопроводе	Обратный клапан, предназначенный для регулирования расхода различных сред. Пропускает пневматический сигнал только в одном направлении, пропускная способность через открытый дроссель не менее 1.0 м <sup>3</sup> /ч, D <sub>y</sub> 80 P <sub>y</sub> 1.6 МПа	П-ДК-10-1	ООО «ПРИБОР-СЕРВИС»

№

ДЛП МАХЛП МДУ-051 КР 00.00.00 ПЗ

Для эффективности реализации результатов проектирования необходимо выполнение следующих требований:

- СНиП 11-89-80\*. Генеральные планы промышленных предприятий.
- СНиП 2.01.01-99. Строительная климатология.
- СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
- СНиП 2.01.15-90. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов.
- СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
- СНиП 2.2.4/2.1.8562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

И законов Российской Федерации:

- а) «Об экологической экспертизе».
- б) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
- в) «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»

## 6.1 Анализ опасных и вредных факторов

При нештатных ситуациях на персонал могут воздействовать:

- метанол;
- пар давлением 2,9 : 1,4 : 0,4 МПа температурой до 350°C;
- высокотемпературный пар, конденсата, способные вызывать ожоги незащищенных участков тела;
- повышенный уровень шума, что приводит к увеличению кровяного давления, учащению пульса, дыхания, снижению остроты слуха, ослабления внимания, снижению работоспособности, некоторым нарушения координации движения;
- высокое напряжение 6000, 380, для электрического освещения – 220В;
- поражение эклектическим током вследствие удара молнии.

Токсичность метилового спирта зависит от обстоятельств отравления и индивидуальной восприимчивости. Под влиянием метилового спирта происходит

					ДП МАХП МДУ-051 РЧ 00.00.00 ПЗ	
		N				

## 6.2 Мероприятия по предотвращению воздействия опасных и вредных факторов

Для предотвращения разрушения оборудования необходимо выполнение требований «Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячего водоснабжения» ПБ 10-573-03:

- 1) правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением ПБ 10-115-96;
- 2) межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок;
- 3) для предотвращения шума санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562 -96, утвержденные постановлением Госсантехнадзора РФ от 31 октября 1996 г. №36.

Для защиты персонала от воздействия опасных и вредных факторов предусмотрены средства индивидуальной защиты.

При производстве метанола взрывоопасные вещества (метанол, окись углерода, природный газ), а также необходимо учесть, что процессы происходят преимущественно под давлением выше атмосферного, то мероприятия, проводимые по предупреждению взрывов на производстве являются одними из главных.

Для защиты от удара молнией рекомендуется устанавливать молниеотводы на высоком оборудовании. Поскольку высота колонны предварительной ректификации значительно меньше, чем другого цехового оборудования, то молниеотвод устанавливаем на колонне основной ректификации высотой  $h = 23$  м с наружным диаметром 3 м.

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

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой  $h$  до 150 м представляет собой конус. Вершина конуса находится на высоте зоне защиты над землёй  $h_0 < h$ . На уровне земли зона защиты образует круг радиусом  $r_0$ . Горизонтальное сечение защиты на высоте защищенного сооружения  $h_x$  представляет собой круг радиусом  $r_x$ . Высоту одиночного стержневого молниеотвода определяют по формуле

грунт стальные трубы диаметром 60 мм, которые соединяются с горизонтальной линией из стальной полосы, толщиной сечения 50 мм<sup>2</sup>. Для расчёта заземляющего устройства выбираем схему заземления в ряд.

Сопротивление заземления определяется по формуле

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

где  $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  – удельное сопротивления грунта;

$L = 2.5 \text{ м}$  – длина электрода;

$h = 1.95 \text{ м}$  – расстояние от поверхности земли до середины электрода;

$b = 0.05 \text{ м}$  – ширина полки.

Тогда сопротивление заземления составит

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

В соответствии с главой 1.7.64 «Правила устройства электроустановок» сопротивление стержней заземления не должно превышать 30 Ом, соответственно один стержень не достаточно. Определим необходимое количество стержней по формуле

$$n_{СТ} = \frac{R_{СТО}}{R_{СТ} \cdot \eta_{СТ}} \quad (6.7)$$

где  $R_{СТ} = 30 \text{ Ом}$  – максимально допустимое сопротивление стержня;

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

Тогда

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

Выбираем ближайшее целое число – 2, то есть заземляющее устройство состоит из двух электродов длиной 2.5 м., зарытых вертикально в грунт на расстоянии друг от друга – 5 метров на глубину 1.95 м. от поверхности земли до середины электрода.

					ДП МАХП МДУ-051 РЧ 00.00.00 ПЗ	
		N				



## 7 Организационно-экономический раздел

### 7.1 Технико-экономическая характеристика

Экономическая эффективность определена на основе серии последовательно выполненных расчетов показателей (себестоимости продукции, срока окупаемости, прибыли, чистой дисконтированной стоимости дохода, дополнительных капиталовложений и др.).

Оценка эффективности проектных решений осуществлена путем сопоставления стоимостных и натуральных показателей, характеризующих различные варианты решений. К основным стоимостным показателям относятся себестоимость продукции, срок окупаемости, прибыль, чистая дисконтированная стоимость дохода и дополнительные капиталовложения. К натуральным показателям относятся: производительность труда, расход сырья и материалов, топлива и энергии, использование оборудования и производственных площадей и др. Стоимостные показатели дают комплексную оценку экономической эффективности производства.

### 7.2 Себестоимость продукции

Для расчета себестоимости производства использованы данные практики и проектных расчетов. Определяется полная себестоимость продукции, предназначенной к реализации. Для выявления резервов снижения себестоимости в дипломном проекте сопоставлена общая сумма и состав затрат по проектируемому оборудованию и аналогу. Себестоимость продукции – это выраженные в денежной форме затраты на производство и реализацию продукции (работ, услуг). Это один из важнейших показателей, характеризующий производство и реализацию инженерных проектов.

Для выявления резервов снижения себестоимости продукции необходимо знать не только общую сумму затрат по тому или иному продукту, но и величину расходов в зависимости от места их возникновения. Такую возможность дает классификация затрат по калькуляционным статьям. Для исчисления себестоимости отдельных видов продукции затраты группируются по статьям калькуляции.

		N				

ДП МАХП МДУ-051 РЧ 00.00.00 ПЗ

#### 7.4 Организация труда и расчет заработной платы.

Расчет штатов и фонда заработной платы произведен отдельно по:

- 1) рабочим основного производства;
- 2) рабочим вспомогательного производства, которые включают в себя: рабочих ремонтных цехов, рабочих, обслуживающих оборудование, кладовщиков, лаборантов и т.д.

Отдельно производится расчет по инженерно-техническим работникам и служащим (по штатному расписанию).

Далее производится расчет годовой заработной платы. Для этого необходимо определить:

- 1) Дневную тарифную ставку, Тс;
- 2) Численность рабочих, Чр;
- 3) Годовой фонд времени (в днях и часах)Фгвр
- 4) Годовой фонд заработной платы по тарифу, который определяется:

$$\text{Фзпг} = \text{Тс} \cdot \text{Чр} \cdot \text{Фгвр}$$

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

$$\text{Фзпо} = \text{Фзпг} + \text{П} + \text{Он} + \text{Оп}$$

Данные сведены в таблицу 7.1 и таблицу 7.2.

Таблица 7.1 – Расчет годового фонда оплаты труда рабочих

Наименование	Средний разряд	Кол-во рабочих	Средняя часовая тарифная ставка	Баланс рабочего времени	Тарифная заработная плата в месяц	Процент премии	Сумма премии	Оплата за работу в ночное время	Фонд оплаты труда за месяц	Фонд оплаты труда за год
Основные рабочие	4	41	29,4	188	226615	30	67985	33992	328592	3943104
Ремонтный персонал	5	12	21,2	166	42230	30	12669	6335	61234	734809
Вспомогательные рабочие	4	9	17,1	166	25547	30	7664	3832	37044	444525
Итого		62			294393		88318	44159	426870	5122438

Расчет себестоимости производства до и после внедрения оборудования произведен в таблице 7.3.

					ДП МАХП МДУ-051 РЧ 00.00.00 ПЗ	
		N				

## 7.5 Прибыль

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

$$\Pi = B - C$$

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

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

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

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

$$B = 1800 \times 1250000 = 2250000000 \text{ руб.}$$

$$C = 1185,8 \times 1250000 = 1482250000 \text{ руб.}$$

$$\Pi = 2250000000 - 1482250000 = 767750000 \text{ руб.}$$

## 7.6 Расчет эффективности использования основных средств

Основные средства – это средства труда, которые неоднократно участвуют в производственном процессе, сохраняя при этом свою натуральную форму, а их стоимость переносится на производимую продукцию частями по мере снашивания. По принципу вещественно-натурального состава они подразделяются на: здания, сооружения, передаточные устройства, машины и оборудование (рабочие и силовые машины и оборудование, измерительные и регулирующие устройства), транспортные средства, инструмент.

Фондовооруженность труда (W) определяется:

$$W = \frac{\Phi}{N} = 2250880000 / 99 = 22736162 \text{ руб/ч,}$$

где  $\Phi$  – среднегодовая стоимость основных фондов, руб.;

N - среднегодовая численность ППП, чел.

Фондоотдача:

$$W = \frac{B}{\Phi} = 2250000000 / 2250880000 = 1,001 \text{ руб/руб}$$

					ДП МАХП МДУ-051 РУ 00.00.00 ПЗ	
		N				



## Заключение

В данном дипломном проекте была спроектирована ректификационная колонна предварительной ректификации метанола, работающая в составе установки ректификации метанола-сырца.

В разделе, посвященном обзору литературных источников, приведен краткий анализ существующих схем ректификации метанола и сформулированы задачи, устанавливаемые для колонны предварительной ректификации. Приведены конструкции колонных аппаратов и типы контактных тарелок.

В технологическом разделе приведено описание выбранной технологической схемы ректификации метанола-сырца и конструкции колонны предварительной ректификации метанола. Составлен тепловой и материальный балансы. Определен диаметр  $D_k = 1,0$  м, рассчитано общее число тарелок колонны  $N = 14$  шт. Определена тепловая нагрузка конденсатора-холодильника и испарителя.

В расчетно-конструкторском разделе осуществлен выбора материала колонны, выполнен расчет толщины стенки обечайки и днищ колонны, укрепления отверстия. Выполнен расчет на ветровую нагрузку.

В монтажном разделе рассчитана такелажная оснастка для безопасной установки колонны на фундамент краном СКГ-25 со стрелой 20 м.

Безопасность и экологичность проекта подтверждается расчетами и указаниями соответствующего раздела. При соблюдении указанных требований гарантируется долговременная и безопасная работа колонны основной ректификации метанола.

Выбраны приборы для автоматического регулирования режимных параметров работы колонны и управления расходами потоков. Спроектированная система автоматизации позволяет получать продукт заданного состава при изменении условий работы колонны.

Организационно-экономический раздел содержит необходимые расчеты для обоснования экономической эффективности проекта.

Спроектированная ректификационная колонна удовлетворяет техническому заданию и может быть использована в производстве метанола.

					ДП МАХП МДУ-051 РУ 00.00.00 ПЗ	
		N				

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

14. Тимошенко Н.К., Сандрыкина О.С. Методические рекомендации по выполнению организационно-экономической части дипломного проекта по инженерным специальностям: 250200 «Химическая технология неорганических веществ» 170500 «машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов» 180400 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов». – Невинномысск: НТИ Сев Кав ГТУ, 2003. – 26 с.

					ДП МАХП МДУ-051 РЧ 00.00.00 ПЗ	
		N				