

## **Аннотация**

Представлен проект реконструкции подготовки запирающей жидкости торцевых уплотнений роторно-пленочных испарителей, работающих в составе установки переработки технологических оборотов ЯМ ОН завода на участке переработки водно-хвостовых растворов ХМП.

В пояснительной записке на 68 страницах приведены теоретические основы работы торцевых уплотнений, дана технологическая схема замкнутого цикла подготовки запирающей жидкости, выполнены материально-тепловые, конструктивные и прочностные расчеты основного аппарата – теплообменника для стабилизации температуры жидкости перед направлением в торцевые уплотнения, рассмотрены вопросы охраны труда и экономической эффективности реконструкции. Графическая часть представлена технологической схемой, чертежами теплообменного аппарата, деталей и сборочных единиц.







## 1.4 Оборудование для контура водоподготовки

### 1.4.1 Теплообменники

Подогреватели предназначены для нагрева потока с использованием специального греющего агента. Нагревание в этих аппаратах являются целевыми процессами, а охлаждение или конденсация греющего агента побочным [4].

Холодильники и конденсаторы предназначены для охлаждения потока или конденсации паров с использованием специального охлаждающего агента (вода, воздух, испаряющийся аммиак, пропан и др.). Охлаждение и конденсация в этих аппаратах являются целевыми процессами, а нагрев охлаждающего агента побочным. [4].

На рисунке 1.1 изображен кожухотрубчатый подогреватель с плавающей головкой, предназначенный для охлаждения (нагрева) жидких или газообразных сред без изменения их агрегатного состояния.

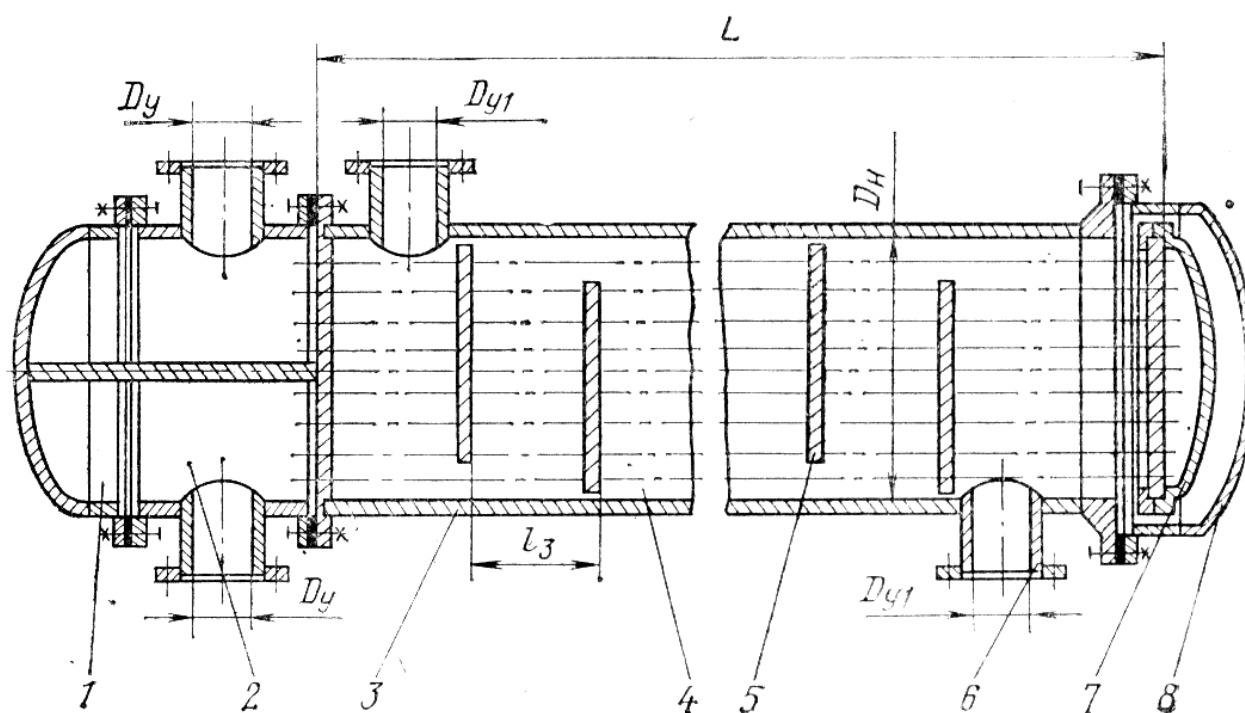


Рисунок 1.1 – Кожухотрубчатый холодильник с плавающей головкой

1 – крышка распределительной камеры; 2 – распределительная камера; 3 – кожух; 4 – теплообменная труба; 5 – перегородка с сегментным вырезом; 6 – штуцер; 7 – крышка плавающей головки; 8 – крышка кожуха.

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Такие теплообменники рассчитаны на давление до 6,4 МПа, отличаются от холодильников с плавающей головкой менее сложной конструкцией (одна трубная решетка, нет внутренней крышки), однако могут быть лишь двухходовыми из труб только одного сортамента: 20 х 2 мм.

Пластинчатые теплообменные аппараты являются разновидностью поверхностных рекуперативных теплообменных аппаратов с поверхностью теплообмена, изготовленной из тонкого листа [5].

Наиболее широко применяются в промышленности разборные пластинчатые теплообменники. Они состоят из отдельных пластин с прокладками, приспособлены для быстрой разборки и сборки и вся их теплообменная поверхность доступна для очистки. Полуразборные, сварные блочные и сварные неразборные теплообменники являются разновидностью аппаратов пластинчатого типа.

Определяющей особенностью устройства пластинчатых теплообменных аппаратов является конструкция и форма поверхности теплообмена и каналов для рабочей среды. Поверхность теплообмена образуется из отдельных пластин, а каналы для рабочей среды имеют щелевидную форму.

Рабочая среда движется у поверхности теплообмена тонким слоем, что способствует интенсификации процесса теплоотдачи.

Формы пластин и профили их поверхности очень разнообразны, а конструкции довольно сложны и иногда мало похожи на пластины, поэтому название «пластина» строго говоря, по отношению к некоторым конструктивным формам должно рассматриваться как условное.

Пластины располагают параллельно друг другу, причем между рабочими поверхностями двух смежных пластин создается небольшой зазор, образующий канал для рабочей среды, подвергаемой нагреванию или охлаждению. В простейшем случае пластины могут быть плоскими, с гладкими стенками и иметь прямоугольную, квадратную, круглую либо другую форму.

Простейший теплообменник должен иметь не менее трех пластин, образующих два капала, по одному из которых течет горячая рабочая среда, а по другому — холодная (рисунок 1.3) [5].

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						



## 2 Технологическая часть

### 2.1 Анализ существующего технического процесса

В существующей технологической схеме используется запирающая жидкость из общей технологической линии. Недостатком такого решения являются [3]:

- недостаточная чистота жидкости, что вызывает преждевременный износ торцевого уплотнения;
- нестабильный температурный режим, может вызывать перегрев уплотнения и сокращения срока службы;
- колебания по давлению в жидкости могут стать причиной аварии и загрязнений продукта;
- физико-химические свойства технологической жидкости не позволяют оптимально использовать привод испарителя по причине повышенного трения.

Решение указанных проблем возможно, если оборудовать узел водоподготовки торцевого уплотнения замкнутым контуром со специальной жидкостью.

### 2.2 Описание технологической схемы подготовки запирающей жидкости

В качестве запирающей жидкости выбираем 20% водный раствор NaCl [3]. Технологическая схема узла подготовки запирающей жидкости приведена на рисунке 2.1.

Запирающая жидкость с температурой 60 °С подается во внутренний контур торцевого уплотнения ТУ роторно-пленочного испарителя РПИ. В результате трения раствор нагревается до температуры 80 °С и отводится в буферную емкость временного хранения  $E_1$ .

Из емкости  $E_1$  жидкость отбирается насосом Н и подается в фильтр Ф, предназначенный для очистки запирающей жидкости от загрязнений. Из фильтра жидкость подается в теплообменник ТО, где охлаждается до температуры 60 °С и направляется в торцовое уплотнение. Охлаждение выполняется за счет воды с начальной температурой 30 °С.

										Лист
Изм.	Лист	№ докц.	Подп.	Дата						



В схеме предусмотрен контроль и регулирование технологических параметров потоков для обеспечения стабильной работы торцевых уплотнений. Контролируются следующие параметры:

- контроль и регулирование температуры жидкости после теплообменника, воздействие посредством измерения расхода хладагента в теплообменник;
- контроль температуры жидкости перед теплообменником, управление байпасом потока жидкости;
- контроль, регулирование и сигнализация давления запирающей жидкости перед торцевыми уплотнениями, воздействие посредством управления байпасом насоса;
- контроль и сигнализация уровня жидкости в буферной емкости;
- контроль и сигнализация температуры жидкости после уплотнений;
- контроль температуры хладагента до и после теплообменника;
- контроль расходов хладагента, жидкости через теплообменник и общего расхода запирающей жидкости.

### 2.3 Обзор и обоснование конструкции теплообменника

При реконструкции контура водоподготовки дополнительным оборудованием является теплообменник. Остальное оборудование уже присутствует в существующей схеме.

Кожухотрубчатые теплообменники могут использоваться в качестве холодильников, конденсаторов и испарителей. На рисунке 2.2 изображен кожухотрубчатый двухходовой по трубному пространству горизонтальный холодильник, предназначенный для теплообмена между теплоносителями без изменения их агрегатного состояния [5].

В соответствии с ГОСТ 15120—79 и ГОСТ 15122—79 кожухотрубчатые холодильники могут быть двух типов: Н — с неподвижными трубными решетками и К — с линзовым компенсатором неодинаковых температурных удлинений кожуха и труб.

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

Таблица 2.1 – Исходные данные для проектирования теплообменника

Наименование параметра	Обозначение	Величина
Производительность по жидкости	$G_B$	20000 кг/ч
Температура жидкости		
начальная	$t_{1B}$	80 °C
конечная	$t_{2B}$	60 °C
Температура воды		
начальная	$t_{1K}$	30 °C
конечная	$t_{2K}$	65 °C
Давление в аппарате	P	0,3 МПа

Схема к расчету теплообменника приведена на рисунке 3.1.

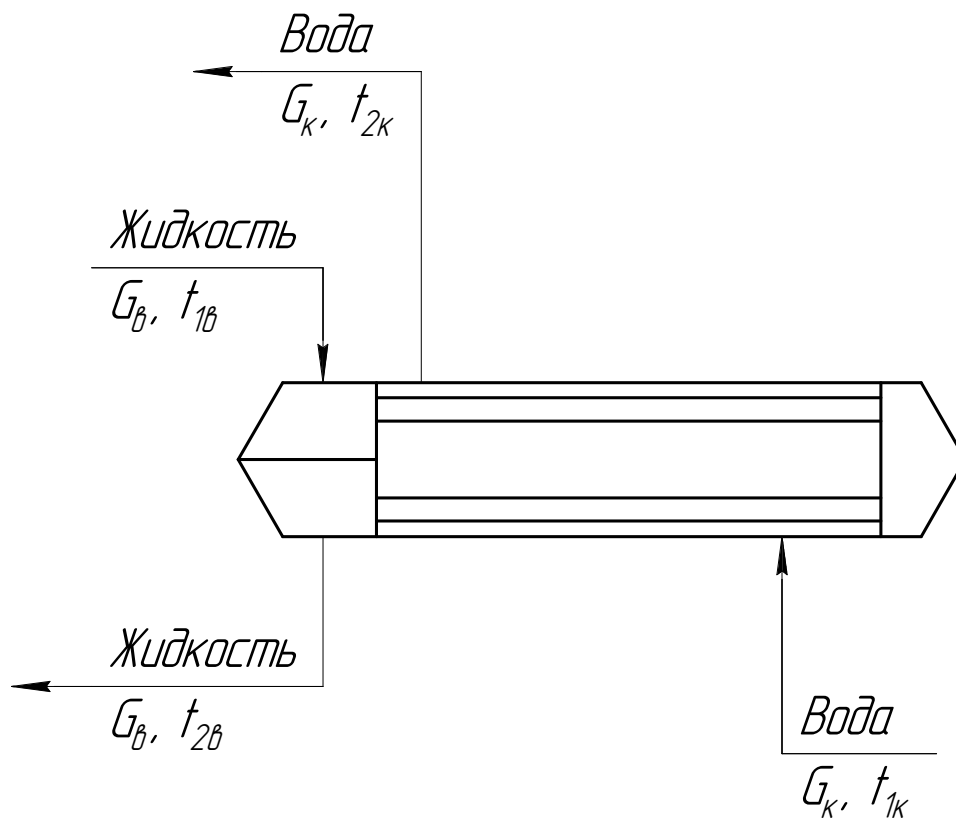


Рисунок 2.3 – Схема к расчету теплообменника

Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

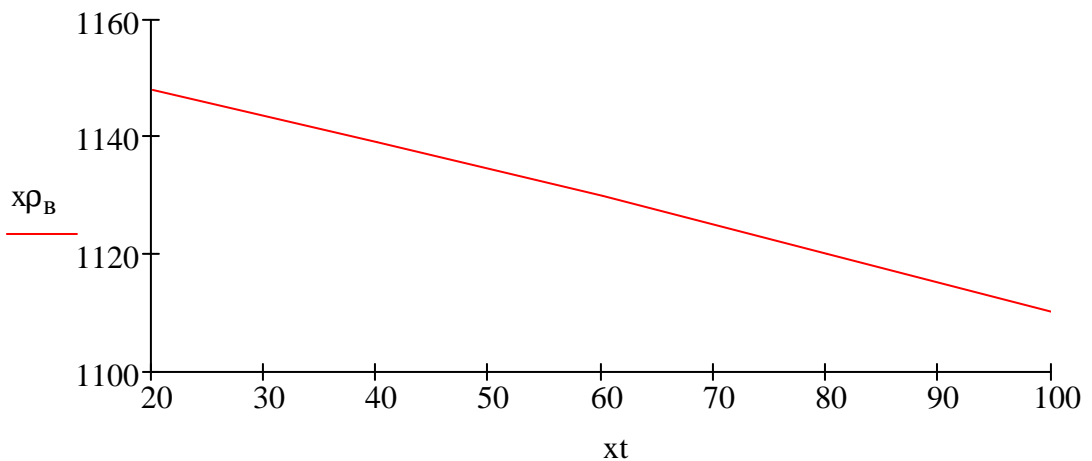


Рисунок 2.5 – Зависимость плотности жидкости от температуры

Плотность жидкости на входе и на выходе в соответствии с этим графиком

$$\rho_{1В} := f\rho_{В}(t_{1В}); \rho_{1В} = 1120 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$\rho_{2В} := f\rho_{В}(t_{2В}); \rho_{2В} = 1130 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Объемные расходы жидкости на входе и на выходе

$$G_{В} = 20000 \text{ кг/ч} = 5,556 \text{ кг/с};$$

$$V_{1В} := \frac{G_{В}}{\rho_{1В}} = 5,556 / 1120 = 4,960 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$V_{2В} := \frac{G_{В}}{\rho_{2В}} = 5,556 / 1130 = 4,916 \text{ м}^3/\text{с}.$$

### 2.4.3 Определение расхода воды

Теплоемкость воды в интервале температур 20-100 градусов в соответствии со справочными данными

$$c_{к} := 4,19 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

Массовый расход воды на нагревание запирающей жидкости

$$G_{к} := \frac{Q}{c_{к} \cdot (t_{1к} - t_{2к})} = \frac{1,527 \cdot 10^6}{4,19 \cdot (65 - 30)} = 10411 \text{ кг/ч} = 2,892 \text{ кг/с}.$$

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						

## 2.4.6 Ориентировочный выбор теплообменника

Выбираем горизонтальный теплообменник. Запирающая жидкость направляется в трубное пространство. Вода подается сверху аппарата в межтрубное пространство, отводится снизу. Расход среды в трубном пространстве

$$G_{\text{тр}} := G_{\text{в}} = 20000 \text{ кг/ч} = 5,556 \text{ кг/с.}$$

Средняя температура в трубном пространстве

$$t_{\text{тр}} := \frac{t_{1\text{в}} + t_{2\text{в}}}{2} = \frac{80 + 60}{2} = 70 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Средняя плотность среды в трубках

$$\rho_{\text{тр}} := \frac{\rho_{1\text{в}} + \rho_{2\text{в}}}{2} = \frac{1120 + 1130}{2} = 1125 \text{ кг/м}^3.$$

Средняя вязкость жидкости в трубном пространстве рассчитывается интерполяцией табличных данных.

Справочные данные приведены на рисунке 3.3.

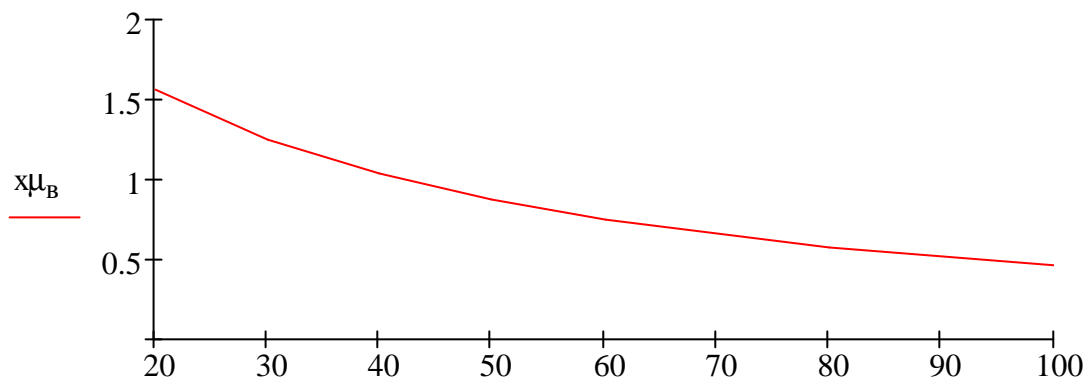


Рисунок 2.7 – Вязкость жидкости в зависимости от температуры

Интерполяция табличных данных и вязкость жидкости на входе и на выходе из холодильника

$$F_{\mu_{\text{в}}}(t) := \text{linterp}(X_{t_{\text{в}}}, X_{\mu_{\text{в}}}, t);$$

$$\mu_{1\text{в}} := F_{\mu_{\text{в}}}(t_{1\text{в}}) = 5,700 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с};$$

$$\mu_{2\text{в}} := F_{\mu_{\text{в}}}(t_{2\text{в}}) = 7,400 \cdot 10^{-4} \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

Объемный расход раствора в одной трубке

$$V_{1n} := \frac{G_{1n}}{\rho_{\text{тр}}} = 400 / 1125 = 0,3555 \text{ м}^3/\text{ч} = 9,865 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Средняя скорость движения раствора в трубках

$$\omega_{\text{тр}} := \frac{4V_{1n}}{\pi \cdot d_{\text{ВН}}^2} = \frac{4 \cdot 9,865 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 0,021^2} = 0,28 \text{ м/с}.$$

#### 2.4.7 Уточненный расчет теплообменника

Для уточненного расчета поверхности теплопередачи необходимо определить значение коэффициента теплопередачи по формуле (без учета загрязнений)

$$K := \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{тр}}} + \frac{\delta}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{мтр}}}} \quad (2.1)$$

где  $\alpha_{\text{тр}}$  – коэффициент теплоотдачи в трубном пространстве;

$\lambda_{\text{ст}}$  – теплопроводность материала трубок,  $\lambda = 45 \text{ Вт} / (\text{м} \times \text{К})$  [2];

$\alpha_{\text{мтр}}$  – коэффициент теплоотдачи со стороны среды в межтрубном простр.

Значение коэффициента теплоотдачи определяют по формуле [6]

$$\text{Nu} = \frac{\alpha d_3}{\lambda}, \quad (2.2)$$

где Nu – критерий Нуссельта;

$d_3$  – эквивалентный диаметр поверхности, для цилиндрической поверхности эквивалентный диаметр равен диаметру цилиндра;

$\lambda$  – теплопроводность среды.

Для определения коэффициентов теплоотдачи необходимо рассчитать значения теплофизических свойств потоков. Критерий Рейнольдса для трубного пространства

$$\text{Re}_{\text{тр}} := \frac{4 \cdot G_{\text{тр}}}{\pi \cdot d_{\text{ВН}} \cdot \left(\frac{n}{z}\right) \cdot \mu_{\text{тр}}} = \frac{4 \cdot 5,556}{3,14 \cdot 0,021 \cdot (100/2) \cdot 6,550 \cdot 10^{-4}} = 10285.$$

										Лист
Изм.	Лист	N док.	Подп.	Дата						

Средняя температура воды в межтрубном пространстве

$$t_{\text{мтр}} := \frac{t_{1\text{к}} + t_{2\text{к}}}{2} = \frac{30 + 65}{2} = 47,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Средняя плотность воды

$$\rho_{\text{мтр}} := F\rho_{\text{к}}(t_{\text{мтр}}) = 989,0 \text{ кг/м}^3.$$

Объемный расход воды

$$V_{\text{мтр}} := \frac{G_{\text{к}}}{\rho_{\text{мтр}}} = 10411 / 989,0 = 10,527 \text{ м}^3/\text{ч} = 2,294 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Площадь свободного сечения межтрубного пространства

$$S'_{\text{мтр}} := \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - n \cdot d_{\text{н}}^2) = 3,14/4 \cdot (0,400^2 - 100 \cdot 0,025^2) = 0,0766 \text{ м}^2.$$

Принимаем число сегментных перегородок

$$k := 4.$$

Площадь сечения потока в межтрубном пространстве

$$S_{\text{мтр}} := \frac{S'_{\text{мтр}}}{k + 1} = \frac{0,0766}{4 + 1} = 0,0153 \text{ м}^2.$$

Скорость движения среды в межтрубном пространстве

$$\omega_{\text{мтр}} := \frac{V_{\text{мтр}}}{S_{\text{мтр}}} = 2,924 \cdot 10^{-3} / 0,0153 = 0,1909 \text{ м/с}.$$

Теплопроводность воды определяем интерполяцией справочных данных, приведенных на рисунке 3.5.

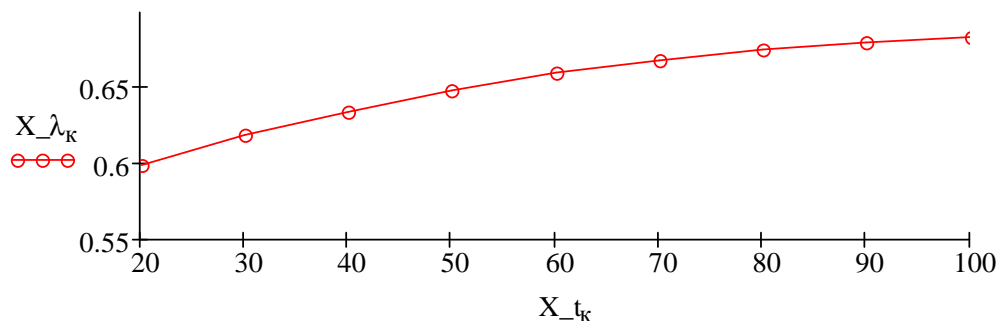


Рисунок 2.9 – Теплопроводность воды в зависимости от температуры

$$F_{\lambda_{\text{к}}}(t) := \text{interp}(X_{t_{\text{к}}}, X_{\lambda_{\text{к}}}, t); \lambda_{\text{мтр}} := F_{\lambda_{\text{к}}}(t_{\text{мтр}}) = 0,645 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}.$$

										Лист
Изм.	Лист	N док.	Подп.	Дата						

Принимаем, что суммарное термическое сопротивление равно термическому сопротивлению стенки и загрязнений. Теплопроводность материала стенки трубы [6]

$$\lambda_{\text{ст}} := 46.5 \cdot \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

Толщина стенки трубы

$$\delta_{\text{ст}} := 2 \text{ мм.}$$

Теплопроводность загрязнений

$$\lambda_{\text{н}} := 2.5 \cdot \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

Толщина слоя загрязнений

$$\delta_{\text{н}} := 0.1 \text{ мм.}$$

Соответственно, термическое сопротивление поверхности раздела

$$r_c := \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{\delta_{\text{н}}}{\lambda_{\text{н}}} = 0,002 / 46.5 + 0.0001 / 2.5 = 8,301 \times 10^{-5} \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}. \quad (2.3)$$

Тогда значение коэффициента теплопередачи

$$K = \frac{1}{1/1965 + 8,301 \times 10^{-5} + 1/2219} = 891 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$$

Действительная требуемая поверхность теплопередачи

$$F = \frac{424,1}{0,891 \cdot 21,6} = 22,0 \text{ м}^2.$$

Полученное значение означает, что спроектированный теплообменник может эффективно работать при заданном расходе, обеспечивая при этом небольшой запас по производительности.

#### 2.4.8 Расчет диаметров штуцеров

Штуцер ввода жидкости. Принимаем скорость движения маловязкой жидкости при перекачивании насосами в нагнетательных трубопроводах 1,5...3 м/с [6]

$$w_{1\text{в}} := 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

									Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата					

Тогда фактическая скорость движения среды

$$w_{1к} := \frac{4V_{1к}}{\pi \cdot D_{1к}^2} = \frac{4 \cdot 2,904 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,032^2} = 3,61 \text{ м/с.}$$

Штуцер вывода воды. Принимаем скорость маловязкой жидкости самотеком

$$w_{2к} := 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Расчетный диаметр штуцера

$$D_{2к} := \sqrt{\frac{4V_{2к}}{\pi \cdot w_{2к}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,950 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 2,0}} = 43,3 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр штуцера

$$D_{2к} = 50 \text{ мм.}$$

Тогда фактическая скорость движения среды

$$w_{2к} := \frac{4V_{2к}}{\pi \cdot D_{2к}^2} = \frac{4 \cdot 2,950 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,050^2} = 1,50 \text{ м/с.}$$

#### 2.4.9 Определение гидравлического сопротивления теплообменника

Гидравлическое сопротивление трубного пространства определяется по формуле [6]

$$\Delta P_{\text{тр}} = \left( \frac{\lambda_{\text{тр}} L Z}{d_{\text{вн}}} + \sum \xi_i \right) \frac{\rho_{\text{тр}} \omega_{\text{тр}}^2}{2} \quad (2.4)$$

где  $\lambda_{\text{тр}}$  – коэффициент трения для трубного пространства;

$\sum \xi_i$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений: для входной и выходной камеры  $\xi = 1,5$ ; вход в трубки и выход из них  $\xi = 1$  [6].

Итого  $\sum \xi_i = 2 \times 1,5 + 1 \times 2 = 5$ ;

$\omega_{\text{тр}}$  – скорость среды в трубном пространстве

$$\omega_{\text{тр}} := \frac{4 \cdot G_{\text{тр}} \cdot Z}{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot n \cdot \rho_{\text{тр}}} = \frac{4 \cdot 5,556 \cdot 2}{3,14 \cdot 0,021^2 \cdot 100 \cdot 1125} = 0,285 \text{ м/с.} \quad (2.5)$$

Коэффициент трения рассчитываем по формуле

										Лист
Изм.	Лист	N докum.	Подп.	Дата						



## 2.5 Расчет насосной установки для подачи запирающей жидкости

Объемный расход воды

$$Q = V_{1в} = 5,561 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Принимаем расположение установки на одном уровне с точкой ввода воды в аппарат, длина трубопровода 20 м. Принимаем скорость воды в трубопроводе 3 м/с. Тогда диаметр трубопровода

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5,561 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 3}} = 0,048 \text{ м}.$$

Примем трубопровод  $d \times s = 50 \times 1,2$  мм. Скорость воды в трубопроводе [6]

$$\omega = \frac{Q}{s}$$

где  $s$  – площадь поперечного сечения потока воды:

$$s = \frac{\pi (d - 2s)^2}{4} = \frac{3,14 (0,050 - 2 \cdot 0,0012)^2}{4} = 0,00178 \text{ м}^2.$$

Соответственно

$$\omega = \frac{5,561 \cdot 10^{-3}}{0,00178} = 3,12 \text{ м/с}.$$

Определим критерий Рейнольдса для среды в трубопроводе

$$Re = \frac{\omega d}{\nu},$$

где  $\nu = 0,001 \text{ с}^{-1}$  – динамический коэффициент вязкости для воды при  $20^\circ \text{ C}$  [4, табл. V]. Соответственно

$$Re = \frac{3,12 \cdot (0,050 - 2 \cdot 0,0012)}{0,001} = 149 < 2300.$$

Режим движения ламинарный. Коэффициент трения трубы

$$\lambda = \frac{A}{Re},$$

где  $A = 64$  – коэффициент для круглого сечения потока [7]. Тогда

$$\lambda = \frac{64}{149} = 0,43.$$

Скоростной напор насоса [6]

										Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата						

## 2.6 Расчет буферной емкости

Выполним расчет емкости для временного хранения запирающей жидкости. Схема к расчету приведена на рисунке 2.11.

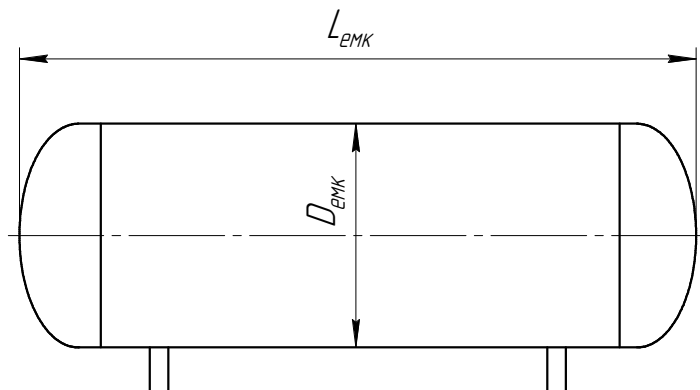


Рисунок 2.11 – Схема к расчету емкости для хранения плава карбамида  
Согласно технологическому расчету, массовый расход дистиллята составляет

$$G = 20000 \text{ кг/ч.}$$

Объемный расход

$$V = G/\rho, \quad (2.9)$$

где  $\rho = 1020$  – плотность плава при температуре хранения

$$V = 20000/1020 = 19,6 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Принимаем запас в емкости для хранения  $\tau = 10$  мин. Тогда объем жидкости, подлежащего хранению

$$V_{\text{хр}} = \tau V = (10/60) \cdot 19,6 = 3,2 \text{ м}^3. \quad (2.10)$$

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

$$V_{\text{емк}} = V_{\text{хр}} / \psi = 3,2 / 0,8 = 4,0 \text{ м}^3. \quad (2.11)$$

Принимаем отношение диаметра емкости к ее длине  $\alpha = 5$ . Соответственно диаметр емкости

$$D_{\text{емк}} = \sqrt[3]{\frac{4 V_{\text{емк}}}{\pi \alpha}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 30,6}{3,14 \cdot 5}} = 1,01 \text{ м.} \quad (2.12)$$

Принимаем стандартный диаметр

$$D_{\text{емк}} = 1,0 \text{ м.}$$

Тогда длина емкости

$$L_{\text{емк}} = \alpha D_{\text{емк}} = 5 \cdot 1,0 = 5,0 \text{ м.} \quad (2.13)$$

									Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата					

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

где  $\eta$  – поправочный коэффициент, учитывающий вид заготовки, для листового проката  $\eta = 1,0$  [9, с. 10]. Подставляя числовые значения, получим

$$[\sigma] = 1,0 \cdot 207 = 207 \text{ МПа};$$

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

Допускаемое напряжение при гидроиспытаниях

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

### 3.2 Расчет обечайки

Выполним расчет обечайки. Схема к расчету приведена на рисунке 3.1.

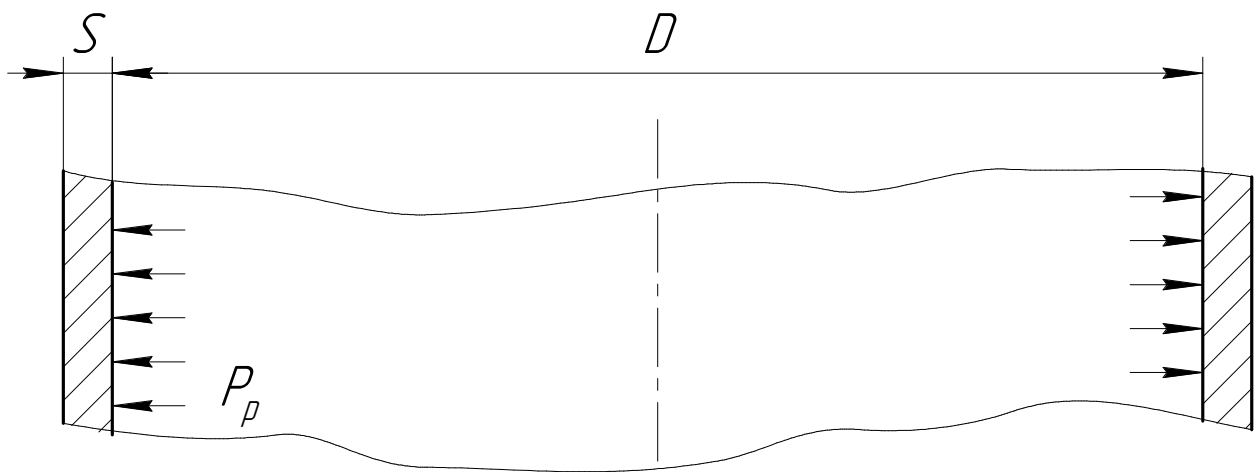


Рисунок 3.1 – Схема к расчету обечайки

Исполнительную толщину стенки  $s$  цилиндрической обечайки определяют по формуле

$$s_p = \max \left( \frac{p_p D}{2\varphi[\sigma] - p_p}; \frac{p_{\text{и}} D}{2\varphi[\sigma]_{\text{и}} - p_{\text{и}}} \right); \quad (3.7)$$

$$s = s_p + c + c_0, \quad (3.8)$$

где  $p_p$  – расчетное давление в аппарате, МПа;

$p_{\text{и}}$  – давление при гидроиспытаниях, МПа;

$D$  – внутренний диаметр аппарата,  $D = 400$  мм;

$\varphi$  – коэффициент прочности сварных швов стальных аппаратов, для автоматической сварки под слоем флюса  $\varphi = 1,00$  [8, т. 1.7];

										Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата						

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

При листовом прокате и сварной обечайке  $c_2 = 0$  мм и  $c_3 = 0$  мм [8, с. 16]. Поэтому

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

Соответственно исполнительная толщина стенки цилиндрической обечайки составит

$$s_{об} = 0,18 + 0,75 = 0,93 \text{ мм.}$$

Из соображений жесткости обечайки примем исполнительную толщину стенки цилиндрической обечайки

$$s = 3,0 \text{ мм.}$$

Допускаемое давление в рабочем состоянии и при испытаниях

$$[p] = \frac{2 \varphi [\sigma](s - c)}{D + s - c} = \frac{2 \cdot 1,00 \cdot 207 \cdot (3,0 - 0,75)}{400 + 3,0 - 0,75} = 0,466 \text{ МПа}; \quad (3.14)$$

$$[p]_{и} = \frac{2 \varphi [\sigma]_{и}(s - c)}{D + s - c} = \frac{2 \cdot 1,00 \cdot 327 \cdot (3,0 - 0,75)}{400 + 3,0 - 0,75} = 0,736 \text{ МПа.} \quad (3.15)$$

### 3.3 Расчет эллиптического днища

Выполним расчет эллиптического днища аппарата. Схема к расчету приведена на рисунке 3.2

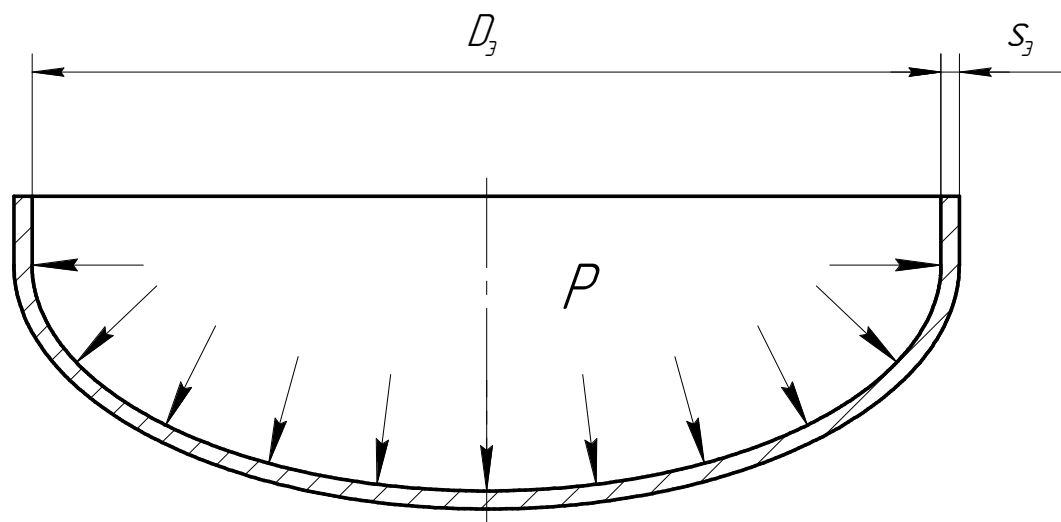


Рисунок 3.2 – Схема к расчету эллиптического днища

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						

Площадь поперечного сечения труб

$$F_T := z \cdot \frac{\pi \cdot [d_H^2 - (d_H - 2\delta)^2]}{4} =$$
$$= 100 \cdot \frac{3,14 \cdot [0,025^2 - (0,025 - 2 \cdot 0,002)^2]}{4} = 1,445 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2.$$

Площадь поперечного сечения обечайки корпуса

$$F_K := \frac{\pi \cdot [(D_B + 2s_{об})^2 - (D_B + c_K)^2]}{4} =$$
$$= \frac{3,14 \cdot [(0,400 + 2 \cdot 0,003)^2 - (0,400 - 2 \cdot 0,00075)^2]}{4} = 1,041 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Модуль упругости для материалов корпуса и труб [8]

$$E_K = 2,05 \cdot 10^5 \text{ МПа}; E_T = 2,05 \cdot 10^5 \text{ МПа}.$$

Сила взаимодействия между жестко соединенными частями аппарата (между корпусом и трубами) за счет температурных напряжений

$$P_t := \frac{\alpha_K \cdot (t_K - t_0) - \alpha_T \cdot (t_T - t_0)}{\frac{1}{E_K \cdot F_K} + \frac{1}{E_T \cdot F_T}} =$$
$$= \frac{0,11 \cdot 10^{-4} \cdot (100 - 20) - 0,11 \cdot 10^{-4} \cdot (30 - 20)}{\frac{1}{2,05 \cdot 10^5 \cdot 1,041 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2,05 \cdot 10^5 \cdot 1,445 \cdot 10^{-2}}} = 0,197 \text{ МН}.$$

Сила от давления среды

$$P := \frac{\pi \cdot [(D_B^2 - d_H^2 \cdot z) \cdot (p_{МТР} - p_0) + (d_H - 2\delta)^2 \cdot z \cdot (p_{ТР} - p_0)]}{4} =$$
$$= \frac{3,14 \cdot [(0,400^2 - 0,025 \cdot 100) \cdot (0,1 - 0,1) + (0,025 - 0,002)^2 \cdot 100 \cdot (0,1 - 0,1)]}{4} = 0 \text{ МН}.$$

Напряжение материала корпуса

$$\sigma_K := \frac{P_t}{F_K} - \frac{P \cdot E_K}{E_K \cdot F_K + E_T \cdot F_T} =$$
$$= \frac{0,197}{1,041 \cdot 10^{-3}} - \frac{0 \cdot 2,05 \cdot 10^5}{2,05 \cdot 10^5 \cdot 1,041 \cdot 10^{-3} + 2,05 \cdot 10^5 \cdot 1,445 \cdot 10^{-2}} = 189 \text{ МПа};$$

$$189 < 343;$$

										Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата						

$$n_D = 2 \operatorname{floor}\left(\frac{D_{\max}}{2t}\right) + 1 = 2 \cdot \operatorname{floor}\left(\frac{375}{2 \cdot 34}\right) + 1 = 11.$$

Фактическое минимальное расстояние между обечайкой и центрами труб

$$\frac{D - (n_D - 1)t}{2} = \frac{400 - (11 - 1) \cdot 34}{2} = 30 \text{ мм};$$

$$30 > 25 \text{ мм.}$$

Условие истинно, следовательно, количество труб на диаметре подобрано правильно. Общее число труб при размещении по шестиугольникам

$$z = 100.$$

Условие устойчивости труб при осевом сжатии, исходя из усредненной нагрузки на них от давления в трубном пространстве

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{(D^2 - d_B^2 z) p_{\text{ТР}}}{(d_H^2 - d_B^2) z} = \frac{(400^2 - 19^2 \cdot 100) \cdot 0,1013}{(25^2 - 19^2) \cdot 100} = 0,638 \text{ МПа.}$$

Радиус инерции поперечного сечения трубы

$$r = \frac{\sqrt{d_H^2 + d_B^2}}{4} = \frac{\sqrt{25^2 + 19^2}}{4} = 8,16 \text{ мм.}$$

Гибкость трубы

$$\lambda = \frac{L}{r} = 3000 / 8,8 = 368.$$

Коэффициент уменьшения допускаемого напряжения при осевом сжатии по графику [8, рис. 15.9] в зависимости от гибкости  $\lambda$

$$\varphi = 0,1.$$

Проверка условия устойчивости труб

$$\sigma_{\text{сж}} < \varphi [\sigma_T]_{\text{сж}};$$

$$0,638 < 0,1 \cdot 140 \text{ МПа.}$$

Условие соблюдается, поэтому устойчивость труб обеспечена. Номинальная расчетная толщина трубной решетки для размещения труб по вершинам шестиугольника

$$h = 0,525 t \sqrt{\frac{p_{\text{МТР}}}{\left(1 - 0,7 \frac{d_H}{t}\right) [\sigma_{\text{и}}]}} = 0,525 \cdot 34 \cdot \sqrt{\frac{0,1013}{\left(1 - 0,7 \frac{25}{34}\right) \cdot 140}} = 0,685 \text{ мм.}$$

									Лист
Изм.	Лист	N докum.	Подп.	Дата					

где  $s_{об} = 3,0$  мм – исполнительная толщина стенки обечайки;

$c_k = 0,75$  мм – прибавка на коррозию;

$s_{об}^{\cdot} = 0,18$  мм – расчетная толщина стенки без учета прибавок;

$D_B = 400$  мм – внутренний диаметр укрепляемого элемента.

Соответственно

$$d_d = 2 \left( \left( \frac{3,0 - 0,75}{0,18} - 0,8 \right) \sqrt{400 \cdot (3,0 - 0,75)} - 0,75 \right) = 43 \text{ мм.}$$

Следовательно, отверстия для штуцеров ввода и вывода воды укреплять не требуется.

### 3.7 Расчет укрепления отверстий в эллиптическом днище

Выполним расчет укрепления отверстий в эллиптическом днище распределительной камеры теплообменника [8]. Укреплению подлежат два близко расположенных нецентральных отверстия под штуцера ввода и вывода воды. Методика [6] применима при расчете укрепления овальных отверстий, отношение длин осей которых удовлетворяет условию

$$\frac{d_2}{d_1} \leq 1 + 2 \frac{\sqrt{D_B (s - c_k)}}{d_1},$$

где  $d_2$  – большая ось овального отверстия, из чертежа получаем  $d_2 = 60$  мм;

$d_1$  – меньшая ось овального отверстия,  $d_1 = d_{ш} = 57$  мм;

$D_B$  – расчетный диаметр укрепляемого элемента, для эллиптического днища

$$D_B = 2 \cdot 400 = 800 \text{ мм;}$$

$s$  – исполнительная толщина стенки днища,  $s = 1,2$  мм.

Соответственно

$$\frac{60}{57} \leq 1 + 2 \frac{\sqrt{800 \cdot (3,0 - 0,75)}}{57},$$

$$1,053 \leq 1,666.$$

Условие выполняется. Следовательно, методика [8] в данном случае применима. Принимаем в качестве диаметра отверстия

$$d = d_2 = 60 \text{ мм.}$$

										Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата						

$$= 7850 \cdot \frac{3,14 \cdot [0,020^2 - (0,025 - 2 \cdot 0,002)^2]}{4} \cdot 3,0 = 3,4 \text{ кг.}$$

Масса всех трубок в аппарате

$$m_{\text{тр}} := n \cdot m_1 = 3,4 \cdot 100 = 340 \text{ кг.}$$

Масса трубной доски

$$m_{\text{д}} := \left( \pi \cdot \frac{D_{\text{об}}^2}{4} - n \cdot \pi \cdot \frac{d_{\text{н}}^2}{4} \right) \cdot \delta_{\text{д}} \cdot \rho_{\text{м}} =$$

$$= \left( 3,14 \cdot \frac{0,426^2}{4} - 100 \cdot 3,14 \cdot \frac{0,025^2}{4} \right) \cdot 0,015 \cdot 7850 = 11 \text{ кг.}$$

Массу других внутренних устройств и штуцеров аппарата учтем 5% надбавкой к массе обечайки. Соответственно ориентировочная масса аппарата

$$m_{\text{а}} := 1,05m_{\text{об}} + 2m_{\text{дн}} + 2m_{\text{д}} + m_{\text{тр}} = 1,05 \cdot 94 + 2 \cdot 11 + 2 \cdot 46 + 340 = 552 \text{ кг.}$$

### 3.9 Расчет устойчивости обечайки под опорами

Примерный внутренний объем аппарата

$$V_{\text{ап}} := \frac{\pi \cdot D_{\text{об}}^2}{4} \cdot 1,3 \cdot L_{\text{об}} = \frac{3,14 \cdot 0,426^2}{4} \cdot 1,3 \cdot 3,0 = 0,556 \text{ м}^3.$$

Масса воды в аппарате при полном заполнении

$$G_{\text{в}} := \rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{ап}} = 1000 \cdot 0,556 = 556 \text{ кг.}$$

Вес аппарата в работе, воспринимаемый опорами

$$P := g \cdot (m_{\text{а}} + G_{\text{в}}) = 9,81 \cdot (552 + 556) = 10,9 \text{ кН.}$$

Реакция каждой опоры

$$R_{\text{оп}} := \frac{P}{2} = 10,9 / 2 = 5,4 \text{ кН.}$$

Горизонтальная реакция с учетом максимальных температурных напряжений

$$R_{\text{п}} := 0,15R_{\text{оп}} = 1,05 \cdot 5,4 = 0,815 \text{ кН.}$$

Размеры балки

$$a := 3200\text{мм}; l := 2200\text{мм}; c := 500\text{мм.}$$

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						



Напряжение изгиба

$$\sigma_{из} := \frac{M_{из}}{W} = 0,070 / 6,000 \cdot 10^{-7} = 117 \text{ МПа.}$$

Проверка условий прочности

$$[\sigma] > \sigma_{из}; 207 \text{ МПа} > 117 \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_{20/1,2} > \sigma_{из}; 218 / 1,2 > 117 \text{ МПа}; 182 \text{ МПа} > 117 \text{ МПа.}$$

Обечайка удовлетворяет условию прочности.

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

Таблица 4.1 – Исходные данные и результаты расчетов

Наименование оборудования	Тип, марка	Кол., шт.	Стоимость, тыс. руб.		Амортизационные отчисления		
			ед.	общая	норма %	Сумма, тыс. руб.	
1	2	3	4	5	6	7	
1. Вновь устанавливаемое оборудование							
1) Теплообменник		1	17 600	17 600			
2) Насос		1	12 500	12 500			
3) Электродвигатель		1	9 800	9 800			
4) Емкость		2	7 800	15 600			
5) Фильтр		2	16 200	32 400			
6) Задвижки		13	1 200	15 600			
7) Труба металлическая		80	70	5 600			
2. Неучтенное оборудование (50% от п. 1)					54 500	10	5 450
3. Инструмент, инвентарь (2% от п. 1)					2 100	10	210
Итого: (п. 1 + п. 2 + п. 3)					165 700	10	16 570

## 4.2 Расчет инвестиционных издержек (капиталовложений)

Расчет инвестиционных издержек приведен в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Расчет инвестиционных издержек

Вид капиталовложений	Сумма, тыс. руб.	Источник данных
1. Стоимость оборудования, инструмента, инвентаря	165 700	Табл. 4.1 (п. 1, п. 2, п. 3 гр.5)
2. Монтаж оборудования	38 900	Заказ на работы
3. Пуско-наладочные работы	16 570	Табл. 4.1 (10% от п. 1, п. 2, п. 3 гр. 5)
4. Прочие инвестиционные издержки, в т. ч. стоимость объектов производственной инфраструктуры	16 400	Табл. 4.1 (15% от суммы п. 1 гр. 5)
Итого общих инвестиционных издержек:	237 600	

В проекте вопрос финансирования не рассматривался.

## 4.3 Расчет затрат на оплату труда

Затраты на оплату труда определяем по формуле [11]:

$$\text{ФОТ}_i = 12 \text{ Зпл}_{\text{срм}} \text{ Ч}_i,$$

где  $\text{ФОТ}_i$  – годовой фонд оплаты труда  $i$ -ой категории работников, руб.;

Изм.	Лист	№ докцм.	Подп.	Дата	Лист

Производственная мощность – это максимально возможный выпуск продукции за единицу времени при заданной номенклатуре и ассортименте при полном использовании производственного оборудования и площадей, с учетом применения передовой технологии, улучшения организации производства и труда, обеспечение высокого качества продукции [10].

Производственная мощность предприятия может быть определена по формуле [11]:

$$M = n \cdot T_m \cdot П,$$

где  $n$  – количество однотипного оборудования (машин, агрегатов, установок, станков);

$T_m$  – максимально возможный годовой фонд времени работы единицы оборудования (машины, агрегата, установки, станка), час.;

$П$  – производительность одной единицы оборудования за час. в натуральном выражении.

Если в проекте последовательная технологическая цепь, то определяется мощность ведущего участка, а если параллельные технологические цепи, то мощность цепи определяется как сумма мощностей участков.

Уровень использования мощностей (проектируемый и фактический, или аналоговый), за определенный промежуток времени:

$$K_{\text{ПР}} = \frac{Q_{\text{ПР год(кварт)}}}{M_{\text{ПР год(кварт)}};$$

$$K_{\text{ФАКТ}} = \frac{Q_{\text{Ф год(кварт)}}}{M_{\text{Ф год(кварт)}}}$$

где  $Q$  – объем производства;  $M$  – мощность.

Задача расчетов – проанализировать потребность в данной мощности, определить требуемую, достижимую нормальную производственную мощность и возможную экономию.

При расчете заработной платы необходимо оценить влияние проведенного усовершенствования на повышение производительности труда, экономии труда и заработной платы и в конечном итоге на снижении трудозатрат, являющихся эле-

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						

где  $E_n$  – общая эффективность капитальных вложений;

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

$K$  – капитальные вложения.

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

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

или

$$E_n = \frac{(C_1 - C_2) \cdot V_2}{K};$$

$$T_n = \frac{K}{(C_1 - C_2) \cdot V_2},$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – себестоимость продукции до и после вложения инвестиций;

$V_2$  – объем производства после использования капитальных вложений.

Расчетные показатели необходимо сравнить с фактическими данными (аналога) и сделать соответствующие выводы.

В том случае когда по проекту производственные мощности агрегата установки, участка, цеха и соответствующие мощности аналога различны, имеет смысл определить и сравнить удельные капитальные вложения по проекту и по аналогу, в лучшем варианте удельные капитальные вложения должны быть меньшими.

Расчет капитальных затрат и амортизационных отчислений в условиях инфляции производят на определенную дату, ту же на которую считается себестоимость и рентабельность. Для расчета используют формулы [11]:

$$K_{\text{затр}} = K_{\text{затр}}^{\text{пр}} - K_{\text{затр}}^{\text{а}};$$

$$K_{\text{затр}}^{\text{пр}} = K_{\text{затр.зд.}}^{\text{пр}} + K_{\text{затр.об.}}^{\text{пр}};$$

$$K_{\text{затр}}^{\text{а}} = K_{\text{затр.зд.}}^{\text{а}} + K_{\text{затр.об.}}^{\text{а}},$$

где  $K_{\text{затр}}$  – расчетные капитальные затраты;

$K_{\text{затр}}^{\text{пр}}$  – проектные капитальные затраты;

$K_{\text{затр}}^{\text{а}}$  – капитальные затраты аналога.

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						

да, фондоотдачи и фондоемкости, рассчитывая их и сравнивая с ныне существующими.

Фондовооруженность труда ( $W$ ) определяется [11]:

$$W = \frac{\Phi}{N},$$

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

$N$  – среднегодовая численность ППП, чел.

Техническая вооруженность труда ( $W_T$ ):

$$W_T = \frac{\Phi_T}{N},$$

где  $\Phi_T$  – среднегодовая стоимость активной части основных фондов, руб.

Фондоотдача ( $\Phi_o$ ):

$$\Phi_o = \frac{V}{\Phi},$$

где  $V$  – стоимость произведенной за год продукции в натуральном или стоимостном выражении.

Если числитель и знаменатель данной формулы разделить на среднесписочную численность, то фондоотдача будет иметь вид:

$$\Phi_o = \frac{ПТ}{W},$$

где ПТ – производительность труда (выработка);

$W$  – фондовооруженность труда.

Идеальным вариантом считается вариант, когда выработка на предприятии (в цехе, на участке) растет более быстрыми темпами, чем фондовооруженность труда, тогда достигается максимальная эффективность производства.

Среднегодовая стоимость основных производственных фондов, необходимая для расчетов определяется по формуле:

$$\Phi_{cr} = \left( \frac{\Phi_1 + \Phi_{13}}{2} + \sum_{i=2}^{12} \Phi_i \right) : 12,$$

где  $\Phi_1$  и  $\Phi_{13}$  – стоимость основных фондов на начало расчетного и на начало следующего года, руб.;  $\Phi_i$  – стоимость основных фондов на начало каждого месяца с февраля по декабрь.

									Лист
Изм.	Лист	N докм.	Подп.	Дата					

удельные производственные издержки (производственная себестоимость единицы продукции), удельные инвестиционные издержки по реализации проекта (удельные капитальные вложения).

Простая норма прибыли (ПНП) оценивает ту часть инвестиционных затрат, которая возмещается (возвращается) в виде прибыли в течение установленного периода времени и рассчитывается, исходя из формулы (7), как отношение чистой прибыли (ЧП), полученной за год, к общему объему инвестиционных затрат (ИЗ):

$$\text{ПНП} = \frac{\text{ЧП}}{\text{ИЗ}}.$$

Срок окупаемости (СО) определяет теоретически необходимое время, в течение которого инвестиционный проект будет работать как бы на себя, т. е. компенсировать чистыми доходами (суммой чистой прибыли (ЧП) и амортизационных отчислений (А)) первоначально инвестированные затраты.

Простой метод расчета срока окупаемости без учета фактора времени:

$$\text{СО} = \frac{\text{ЧП} + \text{А}}{\text{ИЗ}}$$

Точка безубыточности (ТБ) – это минимальный объем производства продукции, при котором обеспечивается нулевая прибыль, т. е. доход от продаж равен издержкам производства. Она определяется по формуле:

$$\text{ТБ} = \frac{\text{ПИ}}{\text{Ц}_y - \text{ПИ}_y}$$

где ПИ – постоянные издержки;

$\text{Ц}_y$  – удельная цена;

$\text{ПИ}_y$  – удельные переменные издержки.

К переменным издержкам относят те, общая сумма которых на годовой выпуск продукции изменяется, тогда как в себестоимости единицы продукции они остаются неизменными.

Постоянными (точнее условно–постоянными) называются расходы, общая сумма которых на годовой выпуск продукции не изменяется, в себестоимости единицы продукции они изменяются в обратной зависимости от изменения объема производства.

										Лист
Изм.	Лист	№ докц.	Подп.	Дата						

большими дозами облучения, обыкновенно проявляются в течение нескольких часов или дней. Раковые заболевания проявляются спустя много лет после облучения, как правило, не ранее чем через одно-два десятилетия. А врожденные пороки развития и другие наследственные болезни, вызываемые повреждением генетического аппарата, проявляются лишь в следующем или последующих поколениях: это дети, внуки и более отдаленные потомки индивидуума, подвергнутого облучению.

Чтобы вызвать острое поражение организма, дозы облучения должны превышать определенный уровень. Однако, даже при относительно больших дозах облучения далеко не все люди обречены на эти болезни: действующие в организме человека репарационные механизмы обычно ликвидируют все повреждения. Точно так же любой человек, подвергшийся действию радиации, совсем не обязательно должен заболеть раком или стать носителем наследственных болезней; однако вероятность, или риск, наступления таких последствий у него больше, чем у человека, который не был облучен. И риск этот тем больше, чем больше доза облучения.

### 5.1.2 Водяной пар

Водяной пар высокого давления опасен в основном тем, что при воздействии на незащищенные участки тела вызывает термические ожоги. Ожог – это повреждение тканей, возникающее от местного теплового, химического, электрического или радиационного воздействия.

Тяжесть ожогов определяется глубиной повреждения тканей; различают следующие степени ожогов: I – покраснение и отечность пострадавшей кожи; II – отслойка эпидермиса с образованием пузырей; III А – омертвление поверхностных слоев кожи; III Б – омертвление всех слоев кожи; IV – омертвление глубже лежащих мягких тканей, костей, суставов. Ожоги I и II степени называют поверхностными, все остальные – глубокими. Ожоги 10% всей кожи и более принято считать обширными, менее 10% – ограниченными. Ограниченные ожоги III и IV степени опасны для жизни в случае тяжелых осложнений и могут повлечь за собой обез-

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						

#### 5.1.4 Электрический ток

Характер и глубина воздействия электрического тока на организм человека зависит от силы и рода тока и времени его действия, пути прохождения через тело человека, физического и психологического состояния последнего. Так, сопротивление человека в нормальных условиях при сухой неповрежденной коже составляет сотни кОм, но при неблагоприятных условиях может упасть до 1 кОм.

Пороговым(ощутимым) является ток около 1 мА. При большем токе человек начинает ощущать неприятные болезненные сокращения мышц, а при токе 12-15 мА уже не в состоянии управлять своей мышечной системой и не может самостоятельно оторваться от источника тока. Такой ток называется неотпускающим.

Действие тока свыше 25 мА на мышечные ткани ведет к параличу дыхательных мышц и остановке дыхания. При дальнейшем увеличении тока может наступить фибрилляция (судорожное сокращение) сердца. Ток 100 мА считают смертельным.

Переменный ток более опасен, чем постоянный. Имеет значение то, какими участками тела человек касается токоведущей части. Наиболее опасны те пути, при которых поражается головной или спинной мозг (голова-руки, голова-ноги), сердце и легкие (руки-ноги).

#### 5.1.5 Гидроксид натрия

Для России в производственных помещениях согласно ГОСТ 2263-79 ПДК рабочей зоны составляет  $0,5\text{мг/м}^3$ . Согласно ГОСТ12.1.007 гидроксид относят к веществам 2 класса опасности.

Кратковременное воздействие концентраций, превышающих ПДК, оказывает разъедающее действие на глаза кожу и дыхательные пути. Разъедающее действие при проглатывании.

Вдыхание аэрозоля вещества может вызвать отек легких. В концентрированном виде может пожечь кожу вызывать экземы. Величина пределов профессионального воздействия не должна превышать в течение какого-либо периода ра-

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						



## 5.2 Мероприятия по предотвращению воздействия опасных 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 обеспечения безопасной эксплуатации электрооборудования необходимо заземлять. Линия заземления представляет собой вертикально забитые в 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 [12]

$$R_{СТО} = \frac{0.16 \cdot \rho}{L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L}{0.95 \cdot b} + 0.5 \cdot \ln \frac{4 \cdot b + L}{4 \cdot h - L}, \quad (5.1)$$

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

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

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

$$n_{СТ} = \frac{R_{СТО}}{R_{СТ} \cdot \eta_{СТ}}, \quad (5.2)$$

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						

### 5.3 Защита персонала и территории в чрезвычайных ситуациях

В соответствии с законами Российской Федерации: «О гражданской обороне», «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», Постановлением Правительства Российской Федерации «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» необходимо: создание системы подготовки персонала к адекватным действиям в чрезвычайной ситуации, а также материальных и финансовых резервов.

Подготовка персонала в действиях чрезвычайной ситуации в мирное время производят через систему гражданской обороны.

Основные задачи гражданской обороны:

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

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

3. Проведение спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ в очагах поражения и зонах затопления.

Наиболее полное и организационное выполнение мероприятий ГО на предприятии достигается заблаговременной разработкой плана мероприятий. Он представляет собой заранее разработанный перечень мероприятий. В нём определяется объём, организация и порядок выполнения возложенных на неё задач. План разрабатывается текстурно с предложением в виде графиков и таблиц.

В случае объявления воздушной тревоги (сигнал по радио, сирены, прерывистые гудки) персонал должен действовать в соответствии с предусмотренным планом: выключить оборудование и покинуть производство в специально отведённые места для укрытия.

Мероприятия, предлагаемые в дипломном проекте, позволяют считать его безопасным и экологичным.

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						

## Список использованных источников

1. Пленочные испарители. Удыма П.Г. / Под.ред. А.М.Бакластова. – М.: Моск. энерг. ин-т, 1985.-88с.
2. Ф.Стренк Перемешивание и аппараты с мешалками Польша, 1971. Пер.с польск. Под ред. Шупляка И.А. -Химия, 1975. – 384с.
3. Э. Майер Торцовые уплотнения: Пер. с нем. – М: Машиностроение, 1978. – 288 с., ил.
4. Скобло А. И., Молоканов Ю. К., Владимиров А. И., Щелкунов В. А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. Учебник для вузов. – 3-е изд., переаб. и доп. – М.: ООО «Недрабизнесцентр», 2000. – 677 с. ил.
5. Плановский А. Н., Рамм В. М., Соломон З. К. Процессы и аппараты химической технологии, М.: Химия, 1967. – 848 с.
6. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / под ред. Ю. И. Дытнерского. – М.: Химия, 1983. – 272 с.
7. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии, М.: Химия, 1970. – 624 с.
8. Лацинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры.– М.: Машиностроение, 1970. – 752 с.
9. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи / под ред. М.Ф. Михалева.– Л.: Машиностроение, 1984. – 301 с.
10. Васильев А.В. Методические указания по технико-экономическому обоснованию дипломных проектов (работ): Метод, указания. - СПб.: Изд-во СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 2002. - 32 с.
11. Технико-экономическое обоснование дипломных проектов: Учеб. пособие для вузов / Под ред. В.К.Беклешова. - М.: Высшая школа, 1991.
12. Кукин П.П., Лапин В.Л., Пономарев Н.Л. Безопасность технологических процессов производств (Охрана труда). – М.: Высш. шк., 2001. – 319 с.

Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата		Лист