

В дипломном проекте рассчитывается теплоутилизационный теплообменник, работающий в составе установки производства аммиака и предназначенный для утилизации тепла продуктов реакции после колонны синтеза аммиака за счет нагревания воды.

В проект вошли следующие разделы:

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

Дипломный проект включает

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

7 Организационно-экономический раздел	91
7.1 Обоснование производственной мощности	91
7.2 Организация труда и расчета заработной платы	92
7.3 Себестоимость продукции	93
7.4 Расчет капитальных затрат и амортизационных отчислений.....	95
7.5 Прибыль	96
7.6 Расчет эффективности использования основных средств	97
7.7 Сводные показатели эффективности проектного решения	98
7.8 Точка безубыточности	99
7.9 Заключение об экономической эффективности.....	100
Заключение	101
Список использованных источников	102

										Лист
Изм.	Лист	№ докum.	Подп.	Дата						

теза аммиака не требуется выделять азот из воздуха в чистом виде; воздух дозируют в газовую смесь для достижения стехиометрического соотношения $N_2:H_2 = 1:3$. В других схемах используют и чистый жидкий азот для тонкой очистки синтез-газа от вредных примесей, и газообразный, вводя его в строго корректируемом соотношении в конвертированный газ. В последнем случае воздух подвергают разделению методом глубокого охлаждения.

Аммиак – ключевой продукт различных азотсодержащих веществ, применяемых в промышленности и сельском хозяйстве. Д. Н. Прянишников назвал аммиак «альфой и омегой» в обмене азотистых веществ у растений [1].

Состав аммиака был установлен К. Бертолле в 1784 г. Аммиак NH_3 – основание, умеренно сильный восстановительный агент и эффективный комплексообразователь по отношению к катионам, обладающим вакантными связывающими орбитальными.

Синтез аммиака идет при температуре около $500\text{ }^{\circ}C$. Для дальнейших процессов выполняется охлаждение продуктов реакции, частично в утилизационном теплообменнике за счет нагревания воды. Использование тепла реакционного газа позволят снизить расходы на образование греющего пара для вспомогательных процессов и снизить расходы на его охлаждение.

Расчет теплообменника для утилизации тепла продуктов реакции синтеза аммиака (NH_3 + азотоводородная смесь) является целью данного дипломного проекта.

									Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата					

ник АХ2, в котором при температуре – 23⁰С аммиак продувочного газа конденсируется (вымораживается).

Жидкий аммиак после конденсатора АВО4 поступает в сборник аммиака С4 откуда выдается в расширительный сосуд РС1. Танковые газы из ресивера Р1 поступают во вторичный аммиачный холодильник АХ5А, где охлаждаются до – 4⁰С. Сконденсировавшийся аммиак сливается в ресивер Р1 а газ подается на гомогенное восстановление. Жидкий аммиак выдается потребителю.

1.2 Аппаратурное оформление процесса

С целью наиболее полного использования теплоты реакции в энерготехнологических системах широко применяются теплообменники различных типов. Ниже дана краткая характеристика некоторых из них [2].

1.2.1 Выносной теплообменник синтез-газа

Аппарат предназначен для предварительного подогрева газа, поступающего в колонну синтеза аммиака. Схема аппарата показана на рисунке 1.2 [2].

Теплообменник устанавливается вертикально; он состоит из корпуса высокого давления и внутренней насадки.

Насадка набрана из труб диаметром 12×1,5 мм, трубные решетки которых подвешены к верхнему и нижнему днищам. Температурные изменения длины труб компенсируются сильфонным компенсатором, установленным в крышке аппарата.

Вход газа в аппарат (после подогревателя воды) осуществляется снизу через штуцер I, выход газа в воздушный конденсатор — через штуцер II, вход газа в теплообменник после циркуляционного компрессора — через штуцер III, выход газа в колонну синтеза — через штуцер IV.

Рабочее давление в трубах составляет 29,6 МПа, в межтрубном пространстве 32,8 МПа. Рабочая температура в трубах равна 220 – 80 °С, в межтрубном пространстве 45 – 200 °С Вместимость аппарата 28 м³.

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

1.2.2 Низкотемпературный выносной теплообменник

Схема низкотемпературного выносного теплообменника с рабочим давлением в трубах 32,6 МПа и в межтрубном пространстве — 31,4 МПа изображена на рисунке 1.3 [2]

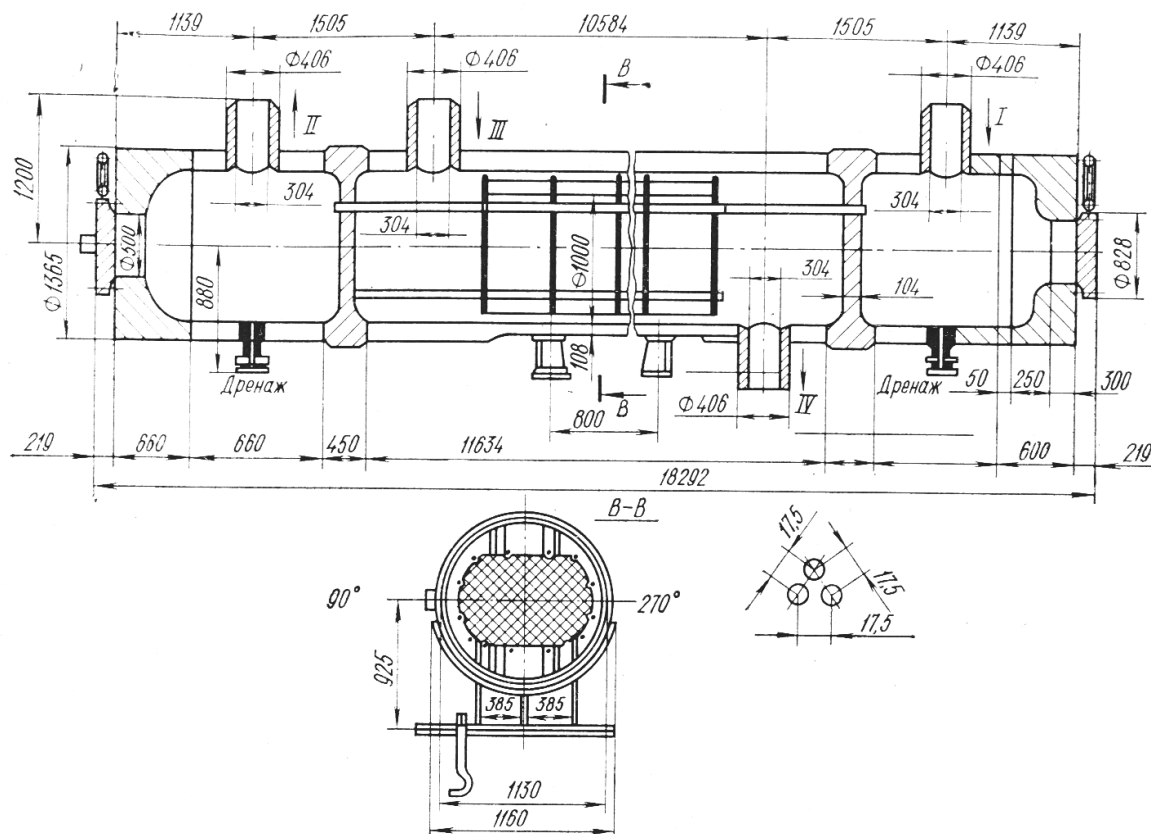


Рисунок 1.3 – Выносной теплообменник

Средняя рабочая температура в трубах составляет 112°C , в межтрубном пространстве — 157°C . Общая поверхность теплообмена — $1093,3\text{ м}^2$. Аппарат предназначен для более полного использования теплоты конвертированных газов и устанавливается после «горячего» теплообменника.

Корпус аппарата изготовлен в виде многослойного цилиндра, концевые части — днище и крышка — штампованные, приварены к корпусу. Общая длина теплообменника — 16292 мм, внешний диаметр корпуса — 1365 мм, масса — 85 т. Вход газовой смеси осуществляется через штуцер *I*, выход — через штуцер *II*. Вход горячего газа в межтрубное пространство — через штуцер *III*, выход — через штуцер *IV*.

										Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата						

Для проектирования в качестве аналога принята схема производства аммиака из природного газа производительностью 1360 т/сут по готовому продукту (см. рисунок 2.1). Утилизация тепла продуктов реакции после колонны синтеза аммиака выполняется в вертикальном аппарате с конструкцией, аналогичной приведенной на рисунке 1.2.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

Свежий газ барботирует через слой сконденсировавшегося жидкого аммиака, освобождается при этом от водяных паров и следов CO_2 и масла, насыщается аммиаком до 3–5% и смешивается с циркуляционным газом. Полученная смесь проходит по трубкам теплообменника конденсационной колонны и направляется в межтрубное пространство выносного теплообменника 4, где нагревается до 185 – 195 °С за счет теплоты газа, выходящего из колонны синтеза. Затем циркуляционный газ поступает в колонну синтеза 2.

В колонне синтеза газ проходит снизу вверх по кольцевой щели между корпусом колонны и кожухом насадки и поступает в межтрубное пространство внутреннего теплообменника, размещенного в горловине корпуса колонны синтеза. В теплообменнике циркуляционный газ нагревается до температуры начала реакции 400–440 °С за счет теплоты конвертированного газа и затем последовательно проходит четыре слоя катализатора, в результате чего концентрация аммиака в газе повышается до 15%. Пройдя через центральную трубу, при температуре 500–515 °С азотоводородоаммиачная смесь направляется во внутренний теплообменник, где охлаждается до 330°С. Дальнейшее охлаждение газовой смеси до 200-215 °С осуществляется в трубном пространстве утилизационного теплообменника 3, в трубном пространстве выносного теплообменника 4 до 65 °С за счет холодного циркулирующего газа, идущего по межтрубному пространству, и затем в аппаратах воздушного охлаждения 7 до 40 °С, при этом часть аммиака конденсируется. Жидкий аммиак, сконденсировавшийся при охлаждении, отделяется в сепараторе 6, а затем смесь, содержащая 10–12% NH_3 , идет на циркуляционное колесо компрессора 5 азотоводородной смеси, где сжимается до 32 МПа.

Циркуляционный газ при температуре 50 °С поступает в систему вторичной конденсации, включающую конденсационную колонну 8 и испарители жидкого аммиака 15. В конденсационной колонне газ охлаждается до 18 °С и в испарителях за счет кипения аммиака в межтрубном пространстве до –5 °С. Из трубного пространства испарителей смесь охлажденного циркуляционного газа и сконденсировавшегося аммиака поступает в сепарационную часть конденсационной колонны, где происходит отделение жидкого аммиака от газа и смешение свежей

										Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подп.	Дата						

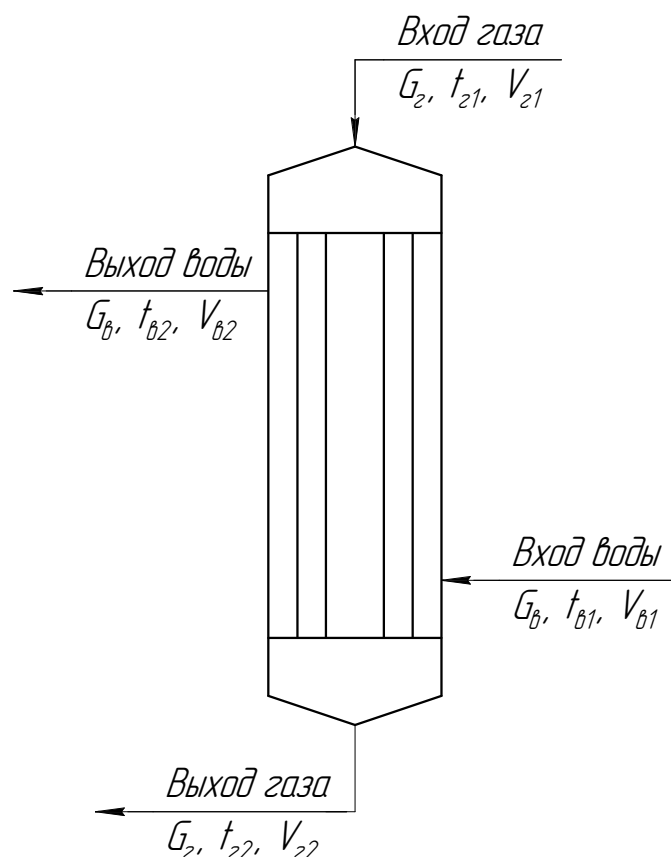


Рисунок 2.3 – Схема к технологическому расчету теплообменника

2.2.2 Тепловая нагрузка теплообменника

Плотности компонентов, считая как идеальный газ

$$\rho_{г0} = M / V_m, \quad (2.1)$$

где M – молярная масса компонента, в соответствии со справочными данными

$$M_{NH_3} = 17 \text{ кг/кмоль}; M_{H_2} = 2 \text{ кг/кмоль};$$

$$M_{N_2} = 28 \text{ кг/кмоль}; M_{Ar} = 40 \text{ кг/кмоль};$$

V_m – молярный объем, $V_m = 22,4$ л/моль.

$$\rho_{г0_NH_3} = 17 / 22,4 = 0,759 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{г0_H_2} = 2 / 22,4 = 0,089 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{г0_N_2} = 28 / 22,4 = 1,250 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{г0_Ar} = 40 / 22,4 = 1,786 \text{ кг/м}^3.$$

Средняя температура газа в трубах теплообменника

$$t_{г} := \frac{t_{г1} + t_{г2}}{2} = \frac{330 + 210}{2} = 270 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (2.2)$$

Объемный расход компонентов газа определяем исходя из состава

										Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата						

• $t_{r1} = 330 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$c_{x1_NH3} = c_{x300_NH3} + (t_3 - t_{r1}) \frac{c_{x400_NH3} - c_{x300_NH3}}{t_3 - t_2} = \quad (2.6)$$

$$2,577 + (400 - 330) \frac{2,740 - 2,577}{400 - 300} = 2,626 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}};$$

$$c_{x1_H2} = c_{x300_H2} + (t_3 - t_{r1}) \frac{c_{x400_N2} - c_{x300_N2}}{t_3 - t_2} = \quad (2.7)$$

$$14,539 + (400 - 330) \frac{15,581 - 14,539}{400 - 300} = 14,552 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}};$$

$$c_{x1_N2} = c_{x300_N2} + (t_3 - t_{r1}) \frac{c_{x400_N2} - c_{x300_N2}}{t_3 - t_2} = \quad (2.8)$$

$$1,068 + (400 - 330) \frac{1,094 - 1,068}{400 - 300} = 1,076 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}};$$

$$c_{x1_NH3} = c_{x300_Ar} + (t_3 - t_{r1}) \frac{c_{x400_Ar} - c_{x300_Ar}}{t_3 - t_2} = \quad (2.9)$$

$$0,729 + (400 - 330) \frac{0,742 - 0,729}{400 - 300} = 0,733 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}};$$

• $t_{r2} = 210 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$c_{x2_NH3} = c_{x200_NH3} + (t_2 - t_{r2}) \frac{c_{x300_NH3} - c_{x200_NH3}}{t_2 - t_1} = \quad (2.10)$$

$$2,392 + (300 - 210) \frac{2,577 - 2,392}{300 - 200} = 2,411 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}};$$

$$c_{x2_H2} = c_{x200_H2} + (t_2 - t_{r2}) \frac{c_{x300_N2} - c_{x200_N2}}{t_2 - t_1} = \quad (2.11)$$

$$14,497 + (300 - 210) \frac{14,539 - 14,497}{300 - 200} = 14,502 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}};$$

$$c_{x2_N2} = c_{x200_N2} + (t_2 - t_{r2}) \frac{c_{x300_N2} - c_{x200_N2}}{t_2 - t_1} = \quad (2.12)$$

$$1,052 + (300 - 210) \frac{1,068 - 1,052}{300 - 200} = 1,053 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}};$$

$$c_{x2_NH3} = c_{x200_Ar} + (t_2 - t_{r2}) \frac{c_{x300_Ar} - c_{x200_Ar}}{t_2 - t_1} = \quad (2.13)$$

$$0,716 + (300 - 210) \frac{0,729 - 0,716}{300 - 200} = 0,718 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}};$$

Удельная теплоемкость газа на входе и на выходе

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

Молярная газовая постоянная

$$R_f := 8314 \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}$$

Средняя плотность газа при действительных режимных параметрах

$$\rho_{\Gamma} := \frac{M_{\Gamma} \cdot P_{\Gamma}}{R_f (t_{\Gamma} + T_0)} = \frac{23,530 \cdot 27,4}{8314 \cdot (270 + 273)} = 142,8 \text{ кг/м}^3. \quad (2.22)$$

Средний объемный расход газа

$$V_{\Gamma} := V_{\Gamma 0} \cdot \frac{P_0 (t_{\Gamma} + T_0)}{P_{\Gamma} \cdot T_0} = 200 \cdot \frac{0,1013 \cdot (270 + 273)}{27,4 \cdot 273} = 1,471 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2.23)$$

Средняя плотность воды

$$\rho_{\text{В}} := 877 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Средний объемный расход

$$V_{\text{В}} := \frac{G_{\text{В}}}{\rho_{\text{В}}} = 40,727 / 877 = 0,0464 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2.2.5 Ориентировочный расчет трубной части

Средняя разность температур

$$\Delta t_{\text{Г}} := t_{\Gamma 2} - t_{\text{В}1} = 210 - 102 = 108 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (2.24)$$

$$\Delta t_{\text{М}} := t_{\Gamma 1} - t_{\text{В}2} = 330 - 285 = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (2.25)$$

$$\Delta t_{\text{ср}} := \frac{\Delta t_{\text{Г}} - \Delta t_{\text{М}}}{\ln \left(\frac{\Delta t_{\text{Г}}}{\Delta t_{\text{М}}} \right)} = \frac{108 - 45}{\ln (108/45)} = 72,0 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (2.26)$$

Вязкость компонентов при рабочих режимных параметрах определяем по формуле

$$\mu_{\text{хг}} = \mu_{\Gamma 0i} \frac{T_0 + C_{\mu}}{t_{\Gamma} + T_0 + C_{\mu}} \left(\frac{t_{\Gamma} + T_0}{T_0} \right)^{2/3}, \quad (2.27)$$

где $\mu_{\Gamma 0i}$ – вязкость чистых компонентов;

C_{μ} – поправочный коэффициент для учета влияния температуры.

									Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата					

Таблица 2.2 – Теплопроводность компонентов при различной температуре

Температура, °С	Теплоемкость, Вт / (м · К)			
	NH ₃	H ₂	N ₂	Ar
t ₁ = 200	0,0371	0,2575	0,0384	0,0326
t ₂ = 300	0,0444	0,2993	0,0448	0,0374
t ₃ = 400	0,0515	0,3410	0,0506	0,0421

Интерполяция справочных данных

$$\lambda_{x_NH3} = \lambda_{x200_NH3} + (t_2 - t_{r2}) \frac{\lambda_{x300_NH3} - \lambda_{x200_NH3}}{t_2 - t_1} = \quad (2.30)$$

$$0,0371 + (300 - 270) \frac{0,0444 - 0,0371}{300 - 200} = 0,0422 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}};$$

$$\lambda_{x_H2} = \lambda_{x200_H2} + (t_2 - t_{r2}) \frac{\lambda_{x300_N2} - \lambda_{x200_N2}}{t_2 - t_1} = \quad (2.31)$$

$$0,2575 + (300 - 270) \frac{0,2993 - 0,2575}{300 - 200} = 0,2868 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}};$$

$$\lambda_{x_N2} = \lambda_{x200_N2} + (t_2 - t_{r2}) \frac{\lambda_{x300_N2} - \lambda_{x200_N2}}{t_2 - t_1} = \quad (2.32)$$

$$0,0384 + (300 - 270) \frac{0,0448 - 0,0384}{300 - 200} = 0,0429 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}};$$

$$\lambda_{x_NH3} = \lambda_{x200_Ar} + (t_2 - t_{r2}) \frac{\lambda_{x300_Ar} - \lambda_{x200_Ar}}{t_2 - t_{21}} = \quad (2.33)$$

$$0,0326 + (300 - 270) \frac{0,0374 - 0,0326}{300 - 200} = 0,0359 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}.$$

Теплопроводность смеси газов определяем по принципу аддитивности

$$\lambda_{\text{тр}} = \lambda_{\text{r}} = \Sigma(\lambda_{xi} X_{gi}) = \quad (2.34)$$

$$= 0,0422 \cdot 0,2299 + 0,2868 \cdot 0,1190 + 0,0429 \cdot 0,5552 + 0,0359 \cdot 0,0960 =$$

$$= 0,0711 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}.$$

Теплоемкость газа при средней температуре определяется аналогично теплоемкости газа на входе и на выходе

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата		Лист

Критерий Прандтля

$$\text{Pr}_{\text{мтр}} := \frac{c_{\text{мтр}} \cdot \mu_{\text{мтр}}}{\lambda_{\text{мтр}}} = \frac{4,48 \cdot 1,430 \cdot 10^{-4}}{0,6780} = 0,945. \quad (2.39)$$

Критерий Нуссельта для межтрубного пространства

$$\text{Nu}_{\text{мтр}} := 0,24 \cdot \text{Re}_{\text{мтр}}^{0,6} \cdot \text{Pr}_{\text{мтр}}^{0,36} = 0,24 \cdot 4875^{0,6} \cdot 0,945^{0,36} = 38,4. \quad (2.40)$$

Коэффициент теплоотдачи для воды

$$\alpha_{\text{мтр}} = \frac{\lambda_{\text{в}}}{d_{\text{н}}} \text{Nu}_{\text{мтр}} = \frac{0,6780}{0,022} \cdot 38,4 = 1183 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Принимаем теплопроводность материала стенки для легированной стали

$$\lambda_{\text{ст}} := 25 \cdot \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}.$$

Тогда расчетное значение коэффициента теплопередачи

$$K := \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{тр}}} + \frac{s}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{мтр}}}} = \frac{1}{\frac{1}{2264} + \frac{0,035}{25} + \frac{1}{1183}} = 701 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}. \quad (2.41)$$

Тогда расчетное значение поверхности теплообмена

$$F := \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{3,515 \cdot 10^4}{0,701 \cdot 72,0} = 697 \text{ м}^2. \quad (2.42)$$

Запас поверхности составляет

$$F = \frac{950 - 697}{950} = 0,267.$$

2.2.6 Определение гидравлического сопротивления

Скорость движения газа в трубах

$$\omega_{\text{тр}} = \frac{4G_{\text{тр}}}{\pi d_{\text{вн}}^2 \rho_{\text{г}}} = \frac{4 \cdot 93,757}{3,14 \cdot 0,015^2 \cdot 1722 \cdot 142,8} = 1,079 \text{ м/с}. \quad (2.43)$$

Принимаем абсолютную шероховатость труб $\Delta = 0,2$ мм. Тогда относительная шероховатость

$$e := \frac{\Delta}{d_{\text{вн}}} = 0,2 / 15 = 0,013.$$

Коэффициент трения

									Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата					

$$V_{Г2} := \frac{G_{Г}}{\rho_{Г2}} = 93,757 / 160,5 = 0,584 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2.50)$$

Принимаем скорость движения газа

$$\omega_{Г1} := 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}; \quad \omega_{Г2} := 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Расчетные диаметры штуцеров ввода и вывода газа

$$D_{Г1} := \sqrt{\frac{4V_{Г1}}{\pi \cdot \omega_{Г1}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,729}{3,14 \cdot 15,0}} = 0,249 \text{ м}; \quad (2.51)$$

$$D_{Г2} := \sqrt{\frac{4V_{Г2}}{\pi \cdot \omega_{Г2}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,584}{3,14 \cdot 15,0}} = 0,223 \text{ м}. \quad (2.52)$$

Аппарат работает под большим давлением, поэтому желательно использовать штуцера с возможно меньшим диаметром для снижения влияния отверстий на обечайку. Принимаем диаметры штуцеров с использованием значений из второго ряда [6, табл. 21.9]

$$D_{Г1} = 250 \text{ мм}; \quad D_{Г2} = 225 \text{ мм}.$$

Плотность воды при рабочих условиях из справочных данных

$$\rho_{В1} = 958 \text{ кг/м}^3; \quad \rho_{В2} = 832 \text{ кг/м}^3.$$

Объемные расходы воды

$$V_{В1} := \frac{G_{В}}{\rho_{В1}} = 40,727 / 958 = 4,251 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}; \quad (2.53)$$

$$V_{В2} := \frac{G_{В}}{\rho_{В2}} = 40,727 / 832 = 4,895 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2.54)$$

Принимаем скорость движения воды

$$\omega_{В1} := 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}; \quad \omega_{В2} := 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Из конструктивных соображений принимаем по два штуцера входа-выхода воды для уменьшения диаметра штуцеров, чтобы избежать укрепления отверстий в обечайке трубной решетки. Диаметры штуцеров воды

$$V'_{В1} := \frac{V_{В1}}{2} = 4,251 \cdot 10^{-2} / 2 = 2,126 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}; \quad (2.55)$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

где s – площадь поперечного сечения потока воды:

$$s = \frac{\pi (d - 2s)^2}{4} = \frac{3,14 (0,055 - 2 \cdot 0,0045)^2}{4} = 0,00166 \text{ м}^2.$$

Соответственно

$$\omega = \frac{4,895 \cdot 10^{-3}}{0,00166} = 2,94 \text{ м/с.}$$

Определим критерий Рейнольдса для среды в трубопроводе

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

где $\nu = 2,82 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ – динамический коэффициент вязкости для воды на входе в теплообменник при 100° С [4, табл. V]. Соответственно

$$Re = \frac{2,94 \cdot (0,055 - 2 \cdot 0,0045)}{2,82 \cdot 10^{-4}} = 479 < 2300.$$

Режим движения ламинарный. Коэффициент трения трубы

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

где $A = 64$ – коэффициент для круглого сечения потока [4, табл. XIII]. Тогда

$$\lambda = \frac{64}{479} = 0,133.$$

Скоростной напор насоса

$$h_{ск} = \frac{\omega^2}{2g} = 2,94^2 / (2 \cdot 9,81) = 0,44 \text{ м.}$$

Потеря напора на трение и местные сопротивления

$$h_{тр+мс} = \frac{\lambda (L + L_{эКВ})}{d - 2s} h_{ск},$$

где $L_{эКВ}$ – суммарная эквивалентная длина местных сопротивлений.

Для проектируемого трубопровода на пути следования жидкости от насоса до точки ввода в аппарат встречаются два местных сопротивления: поворот трубопровода на 90° . Эквивалентная длина такого сопротивления для трубопровода круглого сечения [3]

$$L_{пов}^{90} = 1,65 d_{вн},$$

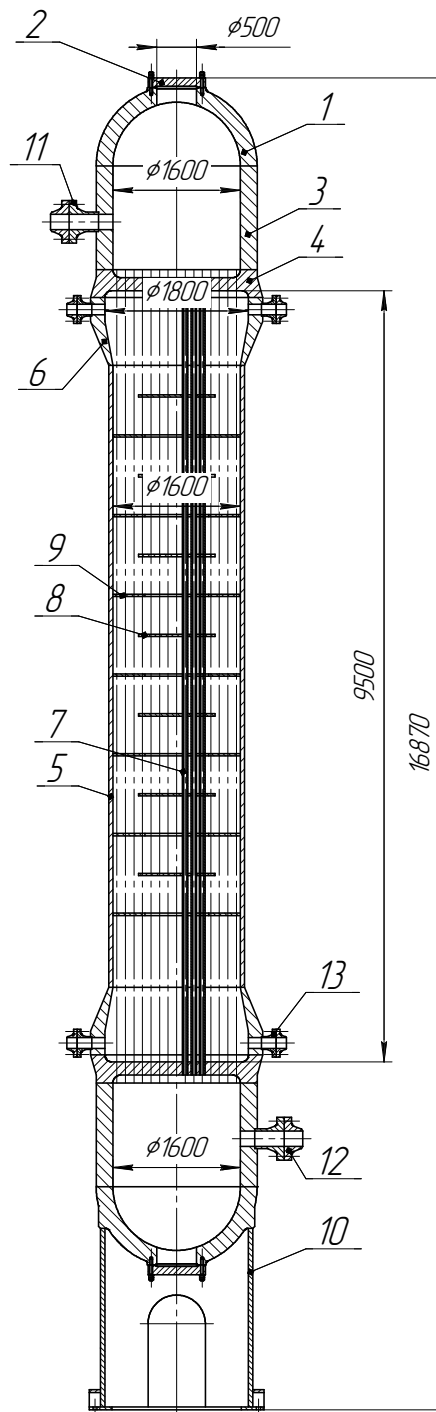
где $d_{вн} = d - 2s = 0,055 - 2 \cdot 0,0045 = 0,046 \text{ м}$ – внутренний диаметр трубопровода. Соответственно

										Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата						

3 Расчетно-конструкторский раздел

3.1 Разработка и описание конструкции проектируемого оборудования

Проектируемый аппарат приведен на рисунке 3.1.



1 – днище; 2 – крышка; 3 – камера; 4 – трубная решетка; 5 – обечайка; 6 – переход; 7 – труба теплообменная; 8, 9 – перегородка; 10 – опора; 11-13 – штуцер.

Рисунок 3.1 – Конструкция утилизационного теплообменника

										Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата						

Обечайка 5 с двух сторон закрыта трубными решетками 4, между которыми установлены теплообменные трубы 7. Трубные решетки 4 и обечайка теплообменника 5 соединяются через конические переходы 6.

Для интенсификации теплообмена внутри корпуса установлены перегородки 8 и 9. Обслуживание внутренних устройств аппарата выполняется через плоские крышки 2 в сферических днищах 1.

Давление в распределительных камерах 27,4 МПа, в межтрубном пространстве 10,6 МПа. Максимальная температура в аппарате 330 °С.

Аппарат изготовлен из стали 12Х18Н10Т.

3.2 Расчет элементов оборудования на прочность

3.2.1 Расчет обечайки корпуса

Исходные данные к расчету:

- рабочее избыточное давление среды в аппарате $p_c = 10,6$ МПа;
- внутренний диаметр обечайки $D_B = 1600$ мм;
- максимальная температура корпуса $t_k = 330$ °С.

Определим допускаемые напряжения материала корпуса при максимальной температуре. Справочные данные для материала при $t_1 = 20$ °С и $t_2 = 300$ °С

$$\sigma_{B20} := 570 \text{ МПа}; \sigma_{B300} := 460 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{T20} := 360 \text{ МПа}; \sigma_{T300} := 300 \text{ МПа}.$$

Допускаемые напряжения для выбранного материала при расчетной температуре определяем интерполяцией

$$\begin{aligned} \sigma_B &:= \sigma_{B20} + (t_k - t_1) \cdot \frac{\sigma_{B300} - \sigma_{B20}}{t_2 - t_1} = \\ &= 570 + (300 - 330) \cdot \frac{460 - 570}{300 - 20} = 448 \text{ МПа}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_T &:= \sigma_{T20} + (t_k - t_1) \cdot \frac{\sigma_{T300} - \sigma_{T20}}{t_2 - t_1} = \\ &= 360 + (300 - 330) \cdot \frac{300 - 360}{300 - 20} = 294 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

										Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата						

$$s_p := \max\left(\frac{D_B \cdot p}{2 \cdot \sigma_D \cdot \Phi - p}, \frac{D_B \cdot p_{\text{и}}}{2 \cdot \sigma_{\text{и}} \cdot \Phi - p_{\text{и}}}\right) = \left(\frac{1600 \cdot 10,6}{2 \cdot 172 \cdot 1,0 - 10,6} \right) = 50,75 \text{ мм.}$$

Прибавка для компенсации коррозии

$$c_K := \Pi \cdot \tau = 0,050 \cdot 15 = 0,75 \text{ мм.}$$

Прибавка для компенсации эрозии

$$c_э = 0 \text{ мм.}$$

Минимальная толщина стенки цилиндрической обечайки

$$s_{\text{об}} := s_p + c_K + c_э = 50,75 + 0,75 + 0,0 = 51,5 \text{ мм.}$$

Принимаем исполнительную толщину стенки обечайки трубной решетки

$$s_{\text{об}} := 52 \text{ мм.}$$

Проверка условия применимости формулы

$$\frac{s_{\text{об}} - c_K}{D_B} = \frac{52 - 0,75}{1600} = 0,032 < 0,1.$$

Следовательно, использованный алгоритм можно использовать для расчета толщины стенки обечайки корпуса. Допускаемое давление в обечайке в рабочих условиях

$$p_{\text{д}} := \frac{2\sigma_D \cdot \Phi \cdot (s_{\text{об}} - c_K)}{D_B + (s_{\text{об}} - c_K)} = \frac{2 \cdot 172 \cdot 1,0 \cdot (52,00 - 0,75)}{1600 + (52,00 - 0,75)} = 10,7 \text{ МПа.}$$

Допускаемое давление в обечайке при испытании

$$p_{\text{ид}} := \frac{2\sigma_{\text{и}} \cdot \Phi \cdot (s_{\text{об}} - c_K)}{D_B + (s_{\text{об}} - c_K)} = \frac{2 \cdot 327 \cdot 1,0 \cdot (52,00 - 0,75)}{1600 + (52,00 - 0,75)} = 20,3 \text{ МПа.}$$

В месте крепления обечайки корпуса к трубной решетке для снижения напряжения сделан переход по радиусу (см. сборочный чертеж), поэтому требуется также определить толщину стенки для диаметра $D_B = 1800$ мм. Эта часть обечайки ослаблена двумя отверстиями для ввода/вывода воды. Укрепление отверстий в толстостенных аппаратах выполняется увеличением толщины стенки.

Расчетная толщина стенки цилиндрической обечайки, работающей под внутренним давлением, при базовом внутреннем диаметре определяется по формуле

									Лист
Изм.	Лист	N док.	Подп.	Дата					

Допускаемые напряжения материала распределительных камер при максимальной температуре определяются так же, как и в случае трубной решетки. Допускаемое напряжение при статических нагрузках

$$\sigma_{\text{д}} := \eta \cdot \sigma_{\text{x}} = 1 \cdot 172 = 172 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{д}20} := \eta \cdot \sigma_{\text{x}20} = 1 \cdot 218 = 218 \text{ МПа.}$$

Допускаемое давление при испытании

$$\sigma_{\text{и}} := \frac{\sigma_{\text{T}20}}{1.1} = 360 / 1.1 = 327 \text{ МПа.}$$

Расчетное давление для аппарата

$$p = p_{\text{с}} = 27,4 \text{ МПа.}$$

Давление при испытании для сварных аппаратов

$$p_{\text{и}} := \max\left(\frac{1.25 \cdot p \cdot \sigma_{\text{д}20}}{\sigma_{\text{д}}}, p + 0.3 \text{ МПа}\right) = \left(\frac{1.25 \cdot 27,4 \cdot 218}{172}\right) = 43,4 \text{ МПа.}$$

Обечайки ослаблены отверстиями для ввода/вывода газа диаметром 192 мм. Минимальная толщина стенки из условия максимально допустимого отверстия в толстостенной обечайке

$$s_1 = \frac{d_{\text{ш}}}{0,95} = 192 / 0,95 = 202 \text{ мм.}$$

Проверка условия применимости формулы для тонкостенных аппаратов

$$\frac{s_1 - c_{\text{к}}}{D_{\text{в}}} = 0.159 \frac{202 - 0,75}{1600} = 0,126 > 0,1.$$

Следовательно, расчет толщины стенки камеры выполняем по формулам, предназначенным для толстостенных аппаратов. Номинальная расчетная толщина стенки цилиндрической обечайки, работающей под внутренним давлением при базовом внутреннем диаметре с учетом коэффициента $\beta = 1,2$ [5]

$$s_{\text{р}} := (0,5 \cdot D_{\text{в}} + c_{\text{к}}) \cdot (\beta - 1) = (0,5 \cdot 1600 + 0,75) \cdot (1,2 - 1) = 160,15 \text{ мм.}$$

Минимальная толщина стенки цилиндрической обечайки

$$s_{\text{об}} := s_{\text{р}} + c_{\text{к}} + c_{\text{э}} = 160,15 + 0,75 = 160,9 \text{ мм.}$$

										Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата						

Расчетная толщина крышки

$$h_k := K_1 \cdot \sqrt{\frac{p}{\sigma_{\text{н}}}} = 0,32 \cdot \sqrt{27,4 / 327} = 0,092 \text{ м.}$$

Принимаем исполнительную толщину крышки

$$h_k = 95 \text{ мм.}$$

3.2.4 Расчет фланцевого соединения

Выполним расчет фланцевого соединения для ввода/вывода газа, используется линзовая obtюрация. Исходные данные для расчета:

- давление среды $p = 27 \text{ МПа}$;
- внутренний диаметр штуцера $d_{\text{шт}} = 192 \text{ мм}$;
- угол трения материала [5] $\rho_{\text{T}} = 9^{\text{д}}$;
- угол линзовой прокладки [5] $\alpha = 60^{\text{д}}$;
- допускаемая нагрузка на прокладку $q_{\text{л}} = 0,55 \text{ МН/м}$.

Наружный диаметр прокладки (конструктивно)

$$D_k = d_{\text{шт}} + 20 = 212 \text{ мм.}$$

Расчетная нагрузка на линзовую прокладку

$$P_{\text{н}} := \pi \cdot D_k \cdot q_{\text{л}} \cdot \frac{\sin(\alpha + \rho_{\text{T}})}{\cos(\rho_{\text{T}})} = 3,14 \cdot 212 \cdot 0,55 \cdot \frac{\sin(60^{\text{д}} + 9^{\text{д}})}{\cos(9^{\text{д}})} = 0,35 \text{ МН.}$$

Расчет нагрузки на шпилечное соединение. Расчетная сила от давления среды

$$P_{\text{с}} := \frac{\pi \cdot D_k^2}{4} p = \frac{3,14 \cdot 212^2}{4} \cdot 27,4 = 0,953 \text{ МН.}$$

Принимаем изгибающий момент от действия внешних нагрузок

$$M_{\text{и}} = 0 \text{ МН}\cdot\text{м.}$$

Константа жесткости соединения при металлической прокладке в металлической оболочке

$$\alpha := 1.1.$$

Расчетное растягивающее усилие в шпильках при затяжке соединения

										Лист
Изм.	Лист	N док.	Подп.	Дата						

$$t = \psi d_6 = 2,5 \cdot 52 = 130 \text{ мм};$$

$$z := \frac{\pi \cdot D_6}{t} = 3,14 \cdot 440 / 130 = 15,5 \text{ шт.}$$

Принимаем число шпилек

$$z = 12.$$

Тогда фактическое напряжение в шпильках

$$\sigma_{61} := \frac{P_{61}}{z \cdot F_6} = \frac{1,39}{12 \cdot 2,12 \cdot 10^3} = 280 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{61} := \frac{P_{62}}{z \cdot F_6} = \frac{1,30}{12 \cdot 2,12 \cdot 10^3} = 258 \text{ МПа.}$$

Соединение шпильками удовлетворяет условию прочности.

3.2.5 Расчет трубной решетки

Исходные данные к расчету:

- давление в трубном пространстве $p_{\text{тр}} = 27,4 \text{ МПа}$;
- теплообменные трубы $d_H \times s = 22 \times 3,5 \text{ мм}$;
- внутренний диаметр обечайки $D = 1600 \text{ мм}$;
- давление в межтрубном пространстве $p_{\text{мтр}} = 10,6 \text{ МПа}$;
- расстояние между трубными решетками $L = 9500 \text{ мм}$;
- допускаемое напряжение на сжатие для материала труб $\sigma_{\text{трд_сж}} = 140 \text{ МПа}$;
- допускаемое напряжение на изгиб для материала решетки $\sigma_{\text{ид}} = 140 \text{ МПа}$.

Внутренний диаметр греющих труб

$$d_B := d_H - 2s = 27,4 - 2 \cdot 3,5 = 15,0 \text{ мм.}$$

Минимальный шаг труб

$$t_{\text{мин}} := 1,25d_H = 1,25 \cdot 22 = 27,5 \text{ мм.}$$

Принимаем шаг труб

$$t = 28 \text{ мм.}$$

Максимальный диаметр расположения центров труб

										Лист
Изм.	Лист	N докum.	Подп.	Дата						

Условие устойчивости выполняется. Номинальная расчетная толщина трубной решетки для размещения труб по вершинам шестиугольника

$$P_{\text{тр}} = 10.600 \text{ МПа}$$

$$h := 0.525 \cdot t \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{тр}}}{\left(1 - 0.7 \cdot \frac{d_{\text{н}}}{t}\right) \cdot \sigma_{\text{ид}}}} = 0.525 \cdot 28 \cdot \sqrt{\frac{10.6}{\left(1 - 0.7 \cdot \frac{22}{28}\right) \cdot 140}} = 6.03 \text{ мм.}$$

В данном случае толщина трубной решетки должна быть принята исходя из условий крепления труб и из конструктивных соображений. Расчетная осевая сила, действующая в месте закрепления трубы в решетке для выбранной схемы закрепления труб и нежесткой конструкции

$$P_{\text{тр}} := \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{D^2}{z} - d_{\text{н}}^2 \right) p_{\text{тр}} = \frac{3.14}{4} \left(\frac{1600^2}{1722} - 22^2 \right) \cdot 27.4 = 0.069 \text{ МН.}$$

Допускаемая нагрузка, приходящаяся на единицу условной поверхности развальцовки [7, табл. 25.4]

$$q := 20 \text{ МПа.}$$

Расчетная высота трубной решетки исходя из закрепления труб развальцовкой

$$h := \frac{P_{\text{тр}}}{d_{\text{н}} \cdot q} = \frac{0.069 \cdot 10^3}{22 \cdot 20} = 0.1569 \text{ м.}$$

Принимаем исполнительную толщину трубной решетки

$$h = 165 \text{ мм.}$$

										Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата						

4. Термические:

- предварительная термическая обработка до сварки и в процессе ее (подогрев);
- термическая обработка после обработки давлением и сварки (отжиг, высокий отпуск и др.).

5. Сборочные: узлов; аппаратов;

6. Операции контроля:

- контроль качества материалов; межоперационный контроль;
- контроль качества аппаратов.

Применение данной схемы производства объясняется проектированием и организацией аппаратурных цехов заводов. Схема технологического процесса является единой независимо от габаритности аппаратуры.

4.1 Разработка технологического процесса изготовления базовой детали

Технологический процесс – это часть производственного процесса, в результате которого изменяется форма или физические свойства заготовок или отдельные детали соединяются в сварочные единицы. В качестве базовой детали принимаем центральную обечайку.

4.1.1 Выбор заготовки

Основной вид проката, применяемый для изготовления корпусов колонной и трубчатой аппаратуры, листовой. Из проката этого вида изготавливают также большинство деталей внутренних устройств аппаратов: тарелки, днища, решетки. Согласно сортаменту на толстолистовую сталь листы выполняют толщиной 4-160 мм.

Длина развертки обечайки

$$L = \pi (D + s) = 3,14 \cdot (1600 + 52) = 5187 \text{ мм.}$$

Для изготовления обечайки выбираем лист толщиной 52 мм с размерами [9, табл. 4.2]

$$B \times H = 5500 \times 2600 \text{ мм.}$$

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						

4.1.6 Обработка кромок

Кромки свариваемых элементов обрабатывают для получения заданной геометрической формы и обеспечения операционных допусков, а также для удаления слоя металла с измененными структурой и свойствами.

Кромки обрабатывают на металлорежущих станках и на машинах для кислородной резки. Обработку после резки кислородной или на листовых ножницах производят на металлорежущих станках. Обработку с целью формоизменения кромок совмещают с операцией раскроя, если последующая механическая обработка не обязательна.

Обработка кромок с прямолинейной поверхностью мало отличается от операций разделительной резки при раскрое металла. Операцию выполняют по намеченной линии разреза за один проход; при этом число совмещенных переходов зависит от количества отрезков ломаной линии, определяющей профиль кромки. Так, для V-образных швов с притуплением и X-образных швов без притупления в операции совмещают два перехода, а для X-образных швов с притуплением — три перехода.

Для заготовки обечайки выбираем кислородную обработку.

4.1.7 Гибка заготовки

Гибка – процесс, при котором происходит изменение форм заготовок. Операция выполняется в холодном состоянии.

Для гибки заготовок обечаек толстостенной сварной аппаратуры применяют гидравлические прессы и валки. Данный метод гибки заготовок с последующим применением электрошлаковой сварки позволяет изготавливать сварные корпуса аппаратуры взамен цельнокованных. На прессах изгибу подвергаются, как правило, поперечные волокна листа в соответствии с общепринятой картой раскроя.

Для гибки заготовки обечайки выбираем вертикальные валки с гидроприводом мощностью 35 кН. Характеристика прессы определяется максимальной толщиной изгибаемого листа в холодном состоянии 90 мм и длиной до 5000 мм [15].

										Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата						

4.3 Разработка технологической схемы сборки

Технологическая схема сборки является основной для проведения процесса сборки аппарата.

В первую очередь составляют схему общей сборки, затем - схему узловой сборки. Эти схемы являются наглядным отображением процесса сборки изделия и его составных частей. Технологическая схема сборки составляется на основе сборочного чертежа изделия.

На последовательность сборки влияют: функциональная взаимосвязь элементов изделия, конструкция базовых элементов, степень взаимозаменяемости элементов изделия.

Детали поступают на сборку согласно нумерации на схеме сборки.

Сборочным группам присваиваются обозначения Сб 1, Сб 2... Подгруппы первого порядка обозначают Сб 1.1, Сб 1.2.....Подгруппы второго порядка обозначают Сб 1.1.1, Сб 1.1.2... Индексы деталей входящих в каждую группу или подгруппу обозначают 1-1, 1-2, 1-3...

При проектировании процесса сборки аппарата составляют технологическую схему сборки. Её оформляют в планово-операционных и операционных карт, а также графически в виде технологической схемы сборки. В такой схеме показывают последовательность процесса сборки аппарата.

Аппараты, группы, подгруппы и отдельные детали на схеме вычерчиваются в виде прямоугольников. Прямоугольник, обозначающий аппарат, рекомендуется размещать вверху листа, а прямоугольник обозначающий базовую деталь у противоположной стороны листа. Эти прямоугольник соединяют жирной линией сборки и присоединяются все остальные части аппарата.

Детали монтируемые при помощи разъёмного соединения присоединяются на схеме тонкой линией, неразъёмную- двумя параллельными линиями.

Схема сборки аппарата приведена на листах графического приложения.

										Лист
Изм.	Лист	№ докц.	Подп.	Дата						

5 Автоматизация оборудования

Управление производственным процессом подразумевает целенаправленное воздействие на процесс, которое обеспечивает оптимальный или заданный режим работы оборудования.

Наибольшее распространение в современных системах централизованного контроля получили электрическая и пневматическая дистанционная передачи. Электрическая система передачи – система, устройства которой обладают высокой точностью, быстродействием, обеспечивают большую дальность и емкость каналов передачи информации. Устройства пневматической системы характеризуются безопасностью работы в легковоспламеняющихся и взрывоопасных средах и производствах, где применение электрических передач затруднено.

При выборе средств автоматизации следует также стремиться к применению однотипных технических средств, предпочтительно унифицированных комплексов, характеризующихся простой сочетания, взаимозаменяемостью и удобством компоновки на щитах автоматики. Использование однотипных средств дает значительные эксплуатационные преимущества как с точки зрения их настройки, так и при техническом обслуживании, ремонте.

Для автоматизации процесса утилизации тепла АВС выбираем электрическую систему передачи сигнала с приборами в безопасном исполнении.

5.1 Выбор и обоснование параметров контроля и управления

Объектами управления при автоматизации процесса утилизации тепла АВС являются утилизационный теплообменник ТУ, емкость для хранения воды Е, выносной теплообменник ВТ и насос Н.

Утилизационный теплообменник ТУ предназначен для утилизации тепла газа, выходящего из колонны синтеза аммиака (330 °С) за счет нагревания воды (от 102 °С до 300 С), поступающей из емкости. Эффективность работы аппарата определяется температурой АВС на выходе из трубного пространства теплообменника (215 °С). При увеличении температуры выше допустимой выдается сиг-

										Лист
Изм.	Лист	№ докц.	Подп.	Дата						

Таблица 5.1 – Заказная спецификация приборов и средств автоматизации

Заказная спецификация приборов и средств автоматизации						
СевКавГТУ НТИ		Производство аммиака Отделение синтеза			Дипломный проект	
					Позиция	Наименование параметра, среда, место отбора импульса
1	2	3	4	5	6	7
2-1	Температура воды на входе в утилизатор	102 °С	На трубопроводе	Термопреобразователь микропроцессорный ТХАУ Метран-271 Р _y 10 МПа D _y 150 мм с пределом измерения -40...800 °С и унифицированным токовым выходным сигналом 4-20 мА	Метран-271 МП-100.15	ПГ «МЕТРАН, г. Челябинск
3-1	Температура воды на выходе из утилизатора	300 °С	На трубопроводе	См. поз. 2-1		
4-1	Температура газа на выходе из утилизатора	215 °С	На трубопроводе	Термопреобразователь микропроцессорный ТХАУ Метран-271 Р _y 32 МПа D _y 200 мм с пределом измерения -40...800 °С и унифицированным токовым выходным сигналом 4-20 мА	Метран-271 МП-320.20	ПГ «МЕТРАН, г. Челябинск
6-1	Температура газа на входе в утилизатора	330 °С	На трубопроводе	См. поз. 2-1		
12-1	Температура газа после выносного теплообменника	120 °С	На трубопроводе	См. поз. 2-1		

Изм. Лист

№ докум.

Подп.

Дата

ДПН-МАХ-СЗ-091 00.00.00 ПЗ

Лист

Продолжение таблицы 5.1.

1	2	3	4	5	6	7
7-1	Давление в межтрубном пространстве утилизационного теплообменника	27,4 МПа	В аппарате	Интеллектуальный датчик давления МЕТРАН 150 с пределом измерений 0..53 МПа со стандартным аналоговым выходным сигналом 4...20 мА	МЕТРАН 150-Е8	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
9-1	Давление в трубном пространстве утилизационного теплообменника	10,6 МПа	В аппарате	Интеллектуальный датчик давления МЕТРАН 150 с пределом измерений 0..12 МПа со стандартным аналоговым выходным сигналом 4...20 мА	МЕТРАН 150-Е6	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
10-1	Давление в межтрубном пространстве выносного теплообменника	27,4 МПа	В аппарате	См. поз. 7-1		
11-1	Давление в межтрубном пространстве холодильника газа	31,8 МПа	В аппарате	См. поз. 7-1		
1-1	Уровень в емкости	1,4 м	В аппарате	Ультразвуковой уровнемер для измерения уровня NUS-R-4 с аналоговым выходом 4...20 мА. Калибровка уровня на 2,5 м.	Kobold NUS-R-4	НПО «Ризур», г. Рязань

Изм. Лист

№ докум.

Подп.

Дата

ДПН-МАХ-СЗ-091 00.00.00 ПЗ

Лист

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

Для эффективности реализации результатов проектирования необходимо выполнение следующих требований [13]:

- СНиП 11-89-80*. Генеральные планы промышленных предприятий.
- СНиП 2.01.01-99. Строительная климатология.
- СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
- СНиП 2.01.15-90. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов.
- СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
- СНиП 2.2.4/2.1.8562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
- законов Российской Федерации: а) «Об экологической экспертизе»; б) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»; в) «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»

6.1 Анализ опасных и вредных факторов производства

При нештатных ситуациях на персонал могут воздействовать [14]:

- аммиак;
- пар давлением 2,9 : 1,4 : 0,4 МПа температурой до 350°C;
- повышенный уровень шума, что приводит к увеличению кровяного давления, учащению пульса, дыхания, снижению остроты слуха, ослабления внимания, снижению работоспособности, некоторым нарушениям координации движения;
- поражение электрическим током вследствие действия высокого напряжения 6000, 380, для электрического освещения – 220В;

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

Тогда сопротивление заземления составит

$$R_{\text{СТО}} = \frac{0,16 \cdot 100}{2,5} \cdot \ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,95 \cdot 0,05} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,95 + 2,5}{4 \cdot 1,95 - 2,5} = 31,94 \text{ Ом}.$$

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

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

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

$\eta_{\text{СТ}} = 0,86$ – коэффициент использования стержневых электродов, при расстоянии между ними 5 м и длине $L = 2,5 \text{ м}$.

Тогда

$$n_{\text{СТ}} = \frac{31,94}{30 \cdot 0,86} = 1,2.$$

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.

6.3 Защита персонала и территории в чрезвычайных ситуациях

В соответствии с законами Российской Федерации: «О гражданской обороне», «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», Постановлением Правительства Российской Федерации «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» необходимо: создание системы подготовки персонала к адекватным действиям в чрезвычайной ситуации, а также материальных и финансовых резервов [13].

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

Расчет численности ИТР сведен в таблицу 7.3.

Таблица 7.3 – Разработочная таблица для расчета заработной платы ИТР

Должность	Число смен в сутки	Количество работающих в 1 смену	Количество работающих с учетом подмены	Списочное количество работников
Руководители	1	4	4	4
Специалисты	3	1	4	4
Служащие	1	2	2	2
Всего		7	10	10

Расчет заработной платы рабочих сведен в таблицу 7.4.

Таблица 7.4 – Расчет заработной платы 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	37	120,7	188	839 589,20р.	35	293 856,22р.	146 928,11р.	1 280 373,53р.	15 364 482,36р.
Ремонтный персонал	5	9	104,2	166	155 674,80р.	35	54 486,18р.	27 243,09р.	237 404,07р.	2 848 848,84р.
Вспомогательные рабочие	4	6	89,8	166	89 440,80р.	35	31 304,28р.	15 652,14р.	136 397,22р.	1 636 766,64р.
Итого		52			1 084 704,80р.		379 646,68р.	189 823,34р.	1 654 174,82р.	19 850 097,84р.

Средняя заработная плата рабочих в месяц

$$СЗ_{\text{раб}} = \frac{\text{ФОТ}_{\text{раб}}}{12Ч_{\text{раб}}} = \frac{19\,850\,097,84}{12 \cdot 52} = 31811,05 \text{ руб/мес.}$$

Расчет заработной платы ИТР сведен в таблицу 7.5.

Таблица 7.5 – Расчет заработной платы ИТР

Наименование	Оклад	Количество работников	Баланс рабочего времени	Средний оклад в месяц	ФОТ за месяц	Процент премии	Сумма премии	Фонд оплаты труда за месяц	Фонд оплаты труда за год
Руководители	4	4	12	32 470,00р.	129 880,00р.	35	45 458,00р.	175 338,00р.	2 104 056,00р.
Специалисты	5	4	12	29 780,00р.	119 120,00р.	35	41 692,00р.	160 812,00р.	1 929 744,00р.
Служащие	4	2	12	24 120,00р.	48 240,00р.	35	16 884,00р.	65 124,00р.	781 488,00р.
Итого		10			297 240,00р.		104 034,00р.	401 274,00р.	4 815 288,00р.

Средняя заработная плата ИТР в месяц

$$СЗ_{\text{ИТР}} = \frac{\text{ФОТ}_{\text{ИТР}}}{12Ч_{\text{ИТР}}} = \frac{4\,815\,288,00}{12 \cdot 10} = 40\,127,40 \text{ руб/мес.}$$

7.3 Себестоимость продукции

При расчете себестоимости определяется полная себестоимость (для продукции, предназначенной к реализации) и цеховая (если продукция поставляется на дальнейшую переработку). Для выявления резервов снижения себестоимости

7.8 Точка безубыточности

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

$$ТБ = \frac{ПИ}{Ц_y - ПИ_y} = 1\,908\,278\,760,00 / (9\,610,00 - 3650,17) = 320190,$$

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

К переменным издержкам относят те, общая сумма которых на годовой выпуск продукции изменяется. К ним относятся затраты на материальные и топливно–энергетические ресурсы, заработную плату основных рабочих – сдельщиков с отчислениями в соцстрах.

Постоянными (точнее условно–постоянными) называются расходы, общая сумма которых на годовой выпуск продукции не изменяется. К этим расходам относят все накладные расходы (не обусловленные технологическим процессом производства), расходы на подготовку и освоение производства, заработная плата.

Результаты расчета по определению точки безубыточности представлены на рисунке 7.1.

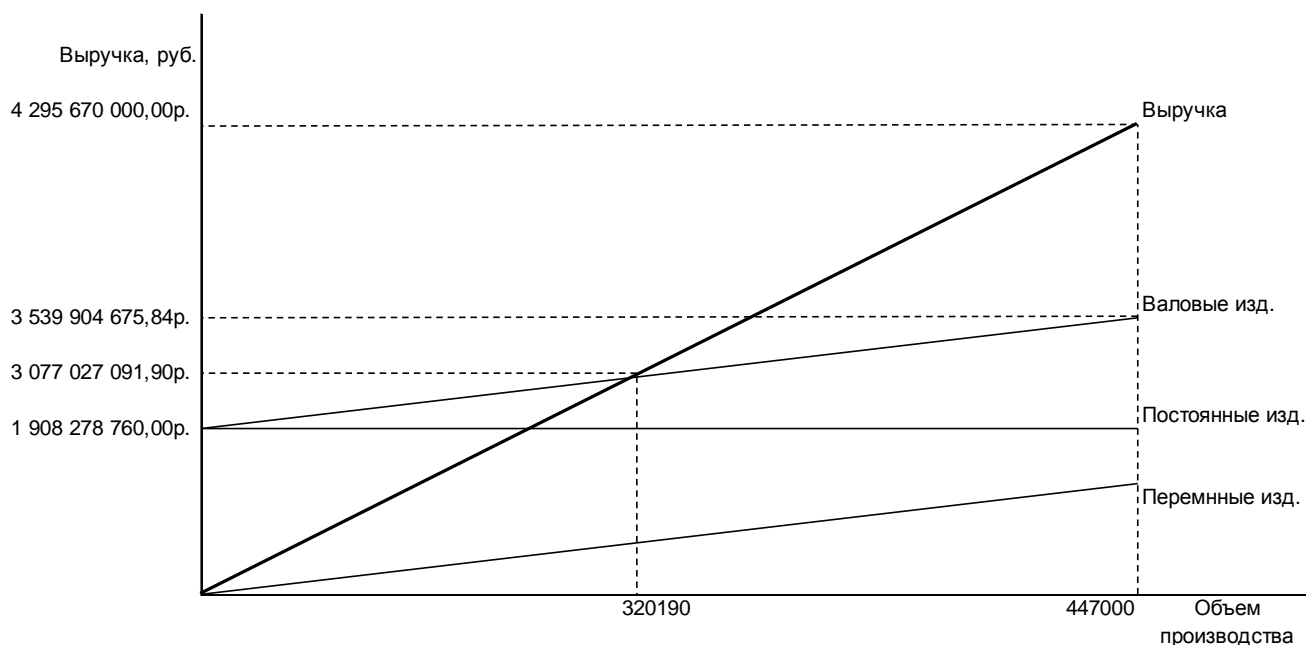


Рисунок 7.1 – Определение точки безубыточности

