

Содержание

Введение.....	8
1 Обзор состояния вопроса.....	10
1.1 Способы получения карбамида	10
1.2 Технологические схемы производства карбамида	12
1.3 Обзор конструкций проектируемого оборудования	17
2 Технологический раздел.....	20
2.1 Описание технологической схемы и проектируемого оборудования	20
2.2 Технологический расчет.....	25
2.3 Материальный баланс.....	26
2.4 Тепловой баланс аппарата.....	30
2.5 Расчет диаметров основных штуцеров аппарата.....	31
2.6 Расчет поверхности теплообмена.....	33
2.7 Расчет тепловой изоляции аппарата	36
2.8 Расчет вспомогательного оборудования	37
3 Расчетно-конструкторский раздел.....	40
3.1 Конструирование аппарата	40
3.2 Выбор материала для изготовления аппарата.....	41
3.3 Определение характеристик материала.....	41
3.4 Расчет толщины стенки обечайки трубной камеры	43
3.5 Расчет толщины стенки обечайки крышек.....	45
3.6 Расчет эллиптического днища	46
3.7 Расчет трубной решетки.....	47
3.8 Расчет необходимости использования компенсатора.....	48
3.9 Расчет штуцера	50

					vector-study.ru					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Стриппер-дистиллятор в производстве карбамида. Пояснительная записка			Лит.	Лист	Листов
Разраб.										
Проверил										
Н.контр.										
Утв.										

Введение

Карбамид (мочевина) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ – белое кристаллическое вещество, содержащее 46,6% азота; температура плавления 132,7 °С, плотность 1335 кг/м³. Карбамид выпускают в гранулированном или кристаллическом виде. Карбамид хорошо растворим в воде и в жидком аммиаке. Растворение карбамида в воде сопровождается поглощением тепла, а кристаллизация из раствора – выделением тепла [1].

Карбамид выпускают двух марок: марки А – для промышленности и животноводства и марки Б – для сельского хозяйства в качестве удобрения.

Карбамид среди азотных удобрений занимает второе место по объему производства после аммиачной селитры. Рост производства карбамида обусловлен широкой сферой его применения в сельском хозяйстве. Он обладает большей устойчивостью к выщелачиванию по сравнению с другими азотными удобрениями, то есть менее подвержен вымыванию из почвы, менее гигроскопичен, может применяться не только как удобрение, но и в качестве добавки к корму крупного рогатого скота. Карбамид, кроме того, широко используется для получения сложных удобрений, удобрений с регулируемым сроком действия, а также для получения пластмасс, клеев, лаков и покрытий [1].

По своим физическим свойствам карбамид, как удобрение, также имеет преимущества перед аммиачной селитрой: не взрывоопасен, менее гигроскопичен и менее слеживается. Гигроскопическая точка для карбамида при 20 °С равна 80%.

Попадая в почву, на кислых почвах карбамид вначале оказывает нейтрализующее действие, а затем начинает действовать аналогично аммиачной селитре, то есть подкисляет почву. При внекорневой подкормке растений карбамид безопасен, т. к. не вызывает ожогов листьев. В животноводстве карбамид применяют для откормки скота – в качестве добавки к корму, содержащему мало белков и много углеводов. В сычуге жвачных животных микроорганизмы превращают карбамид в белковые соединения.

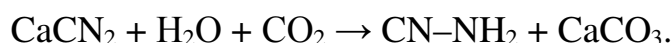
1 Обзор состояния вопроса

1.1 Способы получения карбамида

В 1828 г. немецкий химик Ф. Вёлер осуществил первый синтез карбамида из сульфата аммония и цианата калия. Это было первое органическое вещество, полученное синтетическим путем. Практического значения данные реакции не имели, однако работа Ф. Вёлера положила начало развитию органической химии вообще и синтеза карбамида в частности [1].

В дальнейшем для получения синтетического карбамида было предложено несколько способов. Большинство из них не нашло практического применения в промышленности из-за серьезных трудностей их реализации.

Один из этих способов – цианамидный заключается во взаимодействии цианамиды кальция с водой в присутствии двуокиси углерода или серной кислоты:

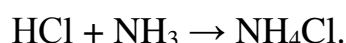
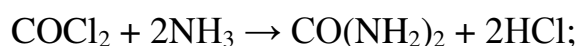


После отфильтровывания карбоната кальция раствор цианамиды подкисляют серной кислотой и нагревают до 50-70 °С под давлением 0,1-0,5 МПа. В этих условиях цианамид превращается в карбамид:



Этот процесс, протекающий в освинцованном автоклаве в атмосфере инертного газа, сопровождается образованием побочных продуктов, загрязняющих карбамид. Из-за дороговизны и нерентабельности он не нашел промышленного применения.

Более совершенны и рентабельны способы, по которым в качестве дешевого азотсодержащего сырья используется аммиак (стоимость азота в аммиаке в несколько раз ниже стоимости азота в цианамиде). По одному из них карбамид можно синтезировать из фосгена и аммиака:



При этом карбамид получается в смеси с хлористым аммонием. Промышленного применения способ также не нашел вследствие трудности разделения смеси.

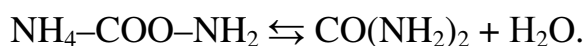
Синтез карбамида из аммиака и двуокиси углерода протекает по суммарной реакции



и состоит из стадии образования карбамата аммония



и дегидратации карбамата аммония



Обе последние реакции обратимы, состояние их равновесия и выход карбамида зависят от условия процесса синтеза – температуры, давления, соотношения аммиака и двуокиси углерода, качества исходного сырья, продолжительности реакции и др. В результате многочисленных исследований установлено влияние различных факторов на процесс синтеза и выбраны его оптимальные условия [1].

Исходные компоненты превращаются в карбамид не полностью, вследствие чего продукты реакции содержат кроме карбамида и воды еще карбамат аммония и аммиак. В промышленном масштабе процесс синтеза карбамида проводится при давлении 13–28 МПа, 170–200 °С и избытке аммиака сверх стехиометрически необходимого количества.

1.2 Технологические схемы производства карбамида

В настоящее время в промышленности широко применяются различные варианты замкнутых схем с полным возвратом в процесс непрореагировавших NH_3 и CO_2 , так называемые схемы с полным жидкостным рециклом.

1.2.1 Схема с полным жидкостным рециклом

Схема с полным жидкостным рециклом приведена на рисунке 1.1. [1]

Диоксид углерода, не содержащий сернистых соединений и механических примесей, сжимают до давления 19,6 МПа в пятиступенчатом компрессоре. Перед первой ступенью сжатия к CO_2 добавляют кислород (0,5% от объема CO_2), в присутствии которого образуется пассивирующая пленка и уменьшается коррозия оборудования.

Наверх промывной колонны подается жидкий аммиак и аммиачная вода. Температура в верхней части промывной колонны равна 45 °С. Водный раствор углеаммонийных солей, выходящий из нижней части промывной колонны, плунжерным насосом высокого давления 21 направляют в смеситель 22, а затем в колонну синтеза карбамида 2.

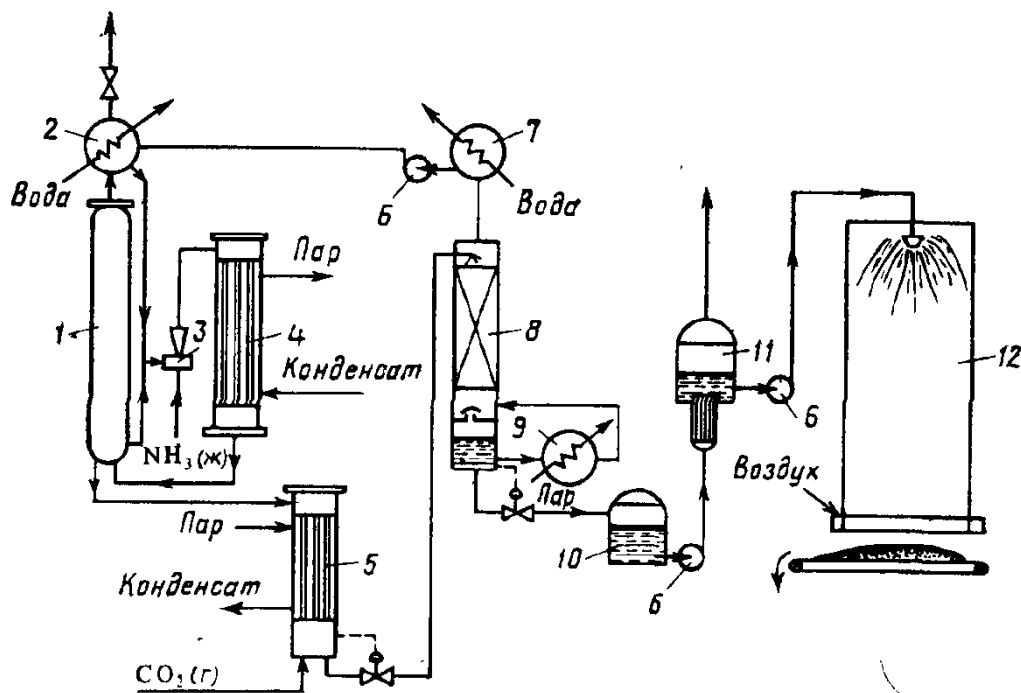
Раствор карбамида после сепаратора первой ступени 6 для окончательного разложения карбамата аммония и отгонки NH_3 и CO_2 дросселируют до 0,3 МПа, а затем он проходит последовательно ректификационную колонну второй ступени 7, подогреватель 8 и сепаратор 9.

Раствор карбамида из сепаратора второй ступени поступает в вакуум-испаритель 11, где при давлении 40 кПа он концентрируется до 74% и подается на упаривание. Водяные пары, образующиеся вследствие самовскипания раствора при создании вакуума, конденсируются в аппарате 10 при охлаждении водой. Вакуум в системе создается путем конденсации паров и при отсасывании несконденсировавшихся газов вакуум-насосом.

Раствор последовательно упаривают в выпарных аппаратах первой и второй ступени 12 и 14 соответственно при температуре 120-125 °С и давлении 30-40 кПа и 130-140 °С и давлении около 3-5 кПа. Полученный плав карбамида концентрацией 99,7-99,8 масс. % поступает в грануляционную башню 16 и распыляется в ней. Образующиеся мелкие частицы при падении вниз охлаждаются в полном объеме башни потоком воздуха, идущим снизу вверх, и превращаются в гранулы. Диаметр грануляционной башни 16 м, высота 40 м.

Охлажденный карбамид при температуре 60-70 °С транспортером 17 подается на рассев, обеспыливание, дополнительное охлаждение и на упаковку или на склад (эти стадии на схеме не показаны). Товарный карбамид в виде гранул размером 1-4 мм применяют в сельском хозяйстве. Кристаллический карбамид получают в кристаллизаторах.

На современных установках поток воздуха из грануляционных башен промывается для удаления мелких частиц карбамида и затем выбрасывается в атмосферу.



1 – колонна синтеза карбамида; 2 – скруббер высокого давления; 3 – инжектор; 4 – карбаматный конденсатор высокого давления; 5 – отдувочная колонна; 6 – насосы; 7 – конденсатор низкого давления; 8 – ректификационная колонна низкого давления; 9 – подогреватель; 10 – сборник; 11 – выпарной аппарат; 12 – грануляционная башня

Рисунок 1.2 – Схема получения карбамида с применением стриппинга

Водный раствор карбамида, выходящий из отдувочной колонны 5, содержит 4–5% карбамата. Для окончательного его разложения раствор дросселируют до давления 0,3–0,6 МПа и затем направляют в верхнюю часть ректификационной колонны 8. Жидкая фаза стекает в колонне вниз по насадке противотоком к парогазовой смеси, поднимающейся снизу вверх; из верхней части колонны выходят NH_3 , CO_2 и водяные пары.

Водяные пары конденсируются в конденсаторе низкого давления 7, при этом растворяется основная часть аммиака и диоксида углерода. Полученный раствор направляют в скруббер 2. Окончательная очистка газов, выбрасываемых в атмосферу, производится абсорбционными методами (на схеме не показана).

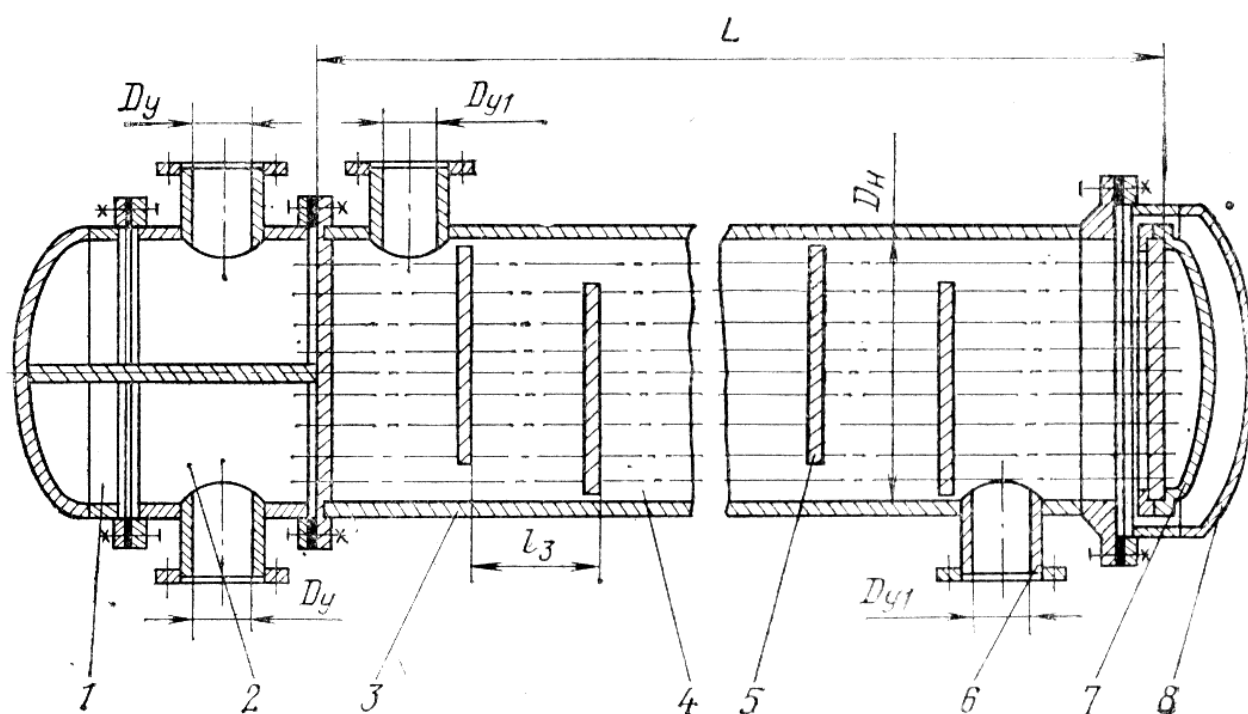
70%-ный водный раствор карбамида, выходящий из нижней части ректификационной колонны 8, отделяют от парогазовой смеси и направляют после снижения давления до атмосферного сначала на выпарку, а затем на грануляцию.

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

холодильников типа Н может составлять от 20 до 60 град, в зависимости от материала труб и кожуха, от давления в кожухе и от диаметра аппарата.

Холодильники могут устанавливаться горизонтально или вертикально, быть одно-, двух-, четырех- и шестиходовыми по трубному пространству. Трубы могут быть изготовлены из углеродистой или нержавеющей стали, а по ГОСТ 15120—79 — также из латуни. Кожух, распределительные камеры и крышки изготовляют из углеродистой или нержавеющей стали.

На рисунке 1.4 изображен кожухотрубчатый холодильник с плавающей головкой, предназначенный для охлаждения (нагрева) жидких или газообразных сред без изменения их агрегатного состояния.



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.

Рисунок 1.4 – Кожухотрубчатый холодильник с плавающей головкой

Не закрепленная на кожухе вторая трубная решетка вместе с внутренней крышкой, отделяющей трубное пространство от межтрубного, образуют так называемую плавающую головку. Такая конструкция исключает температурные напряжения в кожухе и трубах. Эти теплообменники, нормализованные в соот-

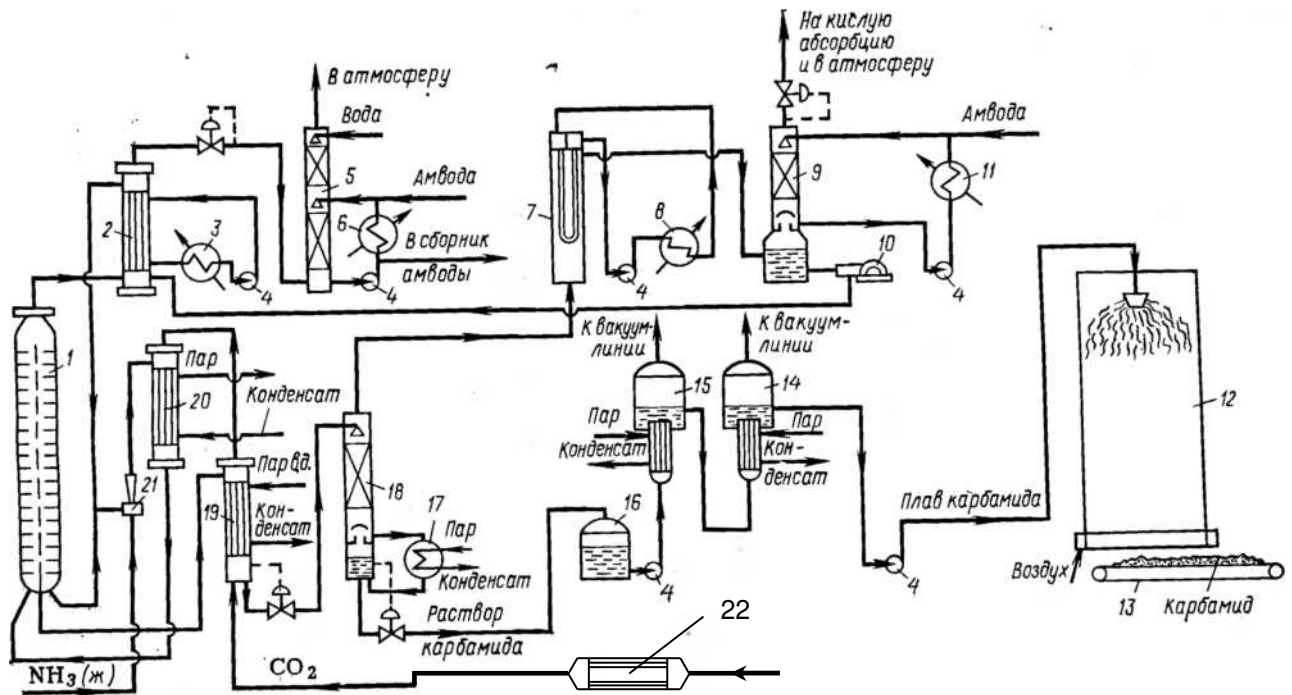
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

2 Технологический раздел

2.1 Описание технологической схемы и проектируемого оборудования

2.1.1 Технологическая схема производства карбамида

На рисунке 2.1 приведена технологическая схема агрегата мощностью 1500 т/сут. [1]



1 – колонна синтеза; 2 – скруббер высокого давления; 3, 6, 8, 11 – холодильники; 4, 10 – насосы; 5 – абсорбер низкого давления; 7 – конденсатор низкого давления; 9 – скруббер; 12 – грануляционная башня; 13 – конвейер; 14, 15 – выпарные аппараты; 16 – сборник; 17 – подогреватель; 18 – ректификационная колонна; 19 – стриппер; 20 – конденсатор высокого давления; 21 – инжектор; 22 – подогреватель CO_2 .

Рисунок 2.1 – Технологическая схема производства карбамида с полным жидкостным рециклом и применением процесса стриппинга

Водный раствор карбамата аммония и углеаммонийных солей, газообразные CO_2 и NH_3 из конденсатора высокого давления 20 поступают под давлением 14-14,5 МПа в нижнюю часть колонны синтеза карбамида 1, где при 180-185 °С и

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

18 поддерживается температура 130-140°C. Из верхней части ее выходят NH₃, CO₂ и водяные пары. В конденсаторе низкого давления 7, охлаждаемом водой, водяные пары сжижаются, в них почти полностью растворяются аммиак и диоксид углерода. Полное поглощение аммиака завершается в скруббере 9, орошаемом аммиачной водой, и в системе кислой абсорбции, на схеме не показанной. Полученный раствор углеаммонийных солей насосом высокого давления 10 возвращают в скруббер 2 для последующей переработки в карбамид.

Из нижней части колонны 18 при 130-135°C выходит 70%-ный водный раствор карбамида. После снижения давления до атмосферного раствор насосом 4 подают в выпарные аппараты первой и второй ступени 15 и 14, где он упаривается до концентрации 99,8%. Температура на первой ступени выпарки 125-135 °C и давление 33-40 кПа, температура на второй ступени 135-140 °C и давление 3 кПа.

Плав карбамида насосом 4 подают в грануляционную башню 12. Перед распылением к плаву добавляют карбамидоформ-альдегидную смолу (5 кг/т), что позволяет получить неслеживающийся гранулированный карбамид, который можно транспортировать к потребителю навалом, не упаковывая в мешки. Для охлаждения и кристаллизации гранул карбамида в нижнюю часть башни поступает воздух, идущий противотоком частицам карбамида. Воздух, уходящий из башни, тщательно промывается в верхней ее части от пыли циркулирующим раствором карбамида.

В целях защиты окружающей среды большое внимание уделяется глубокой очистке газов, выбрасываемых в атмосферу, от диоксида углерода и особенно от аммиака в абсорбере низкого давления 5, скруббере 5 и в аппаратуре кислой абсорбции, а также очистке воздуха, выходящего из грануляционной башни, от пыли. Предусмотрена также очистка сточных вод до санитарных норм перед их сбросом.

Карбамид, хранящийся на складе, перед отправкой потребителю подают на классификаторы для отсева некондиционного карбамида (размером менее 1 мм и более 4 мм), который растворяется и в виде 50%-ного раствора возвращается на упаривание и грануляцию.

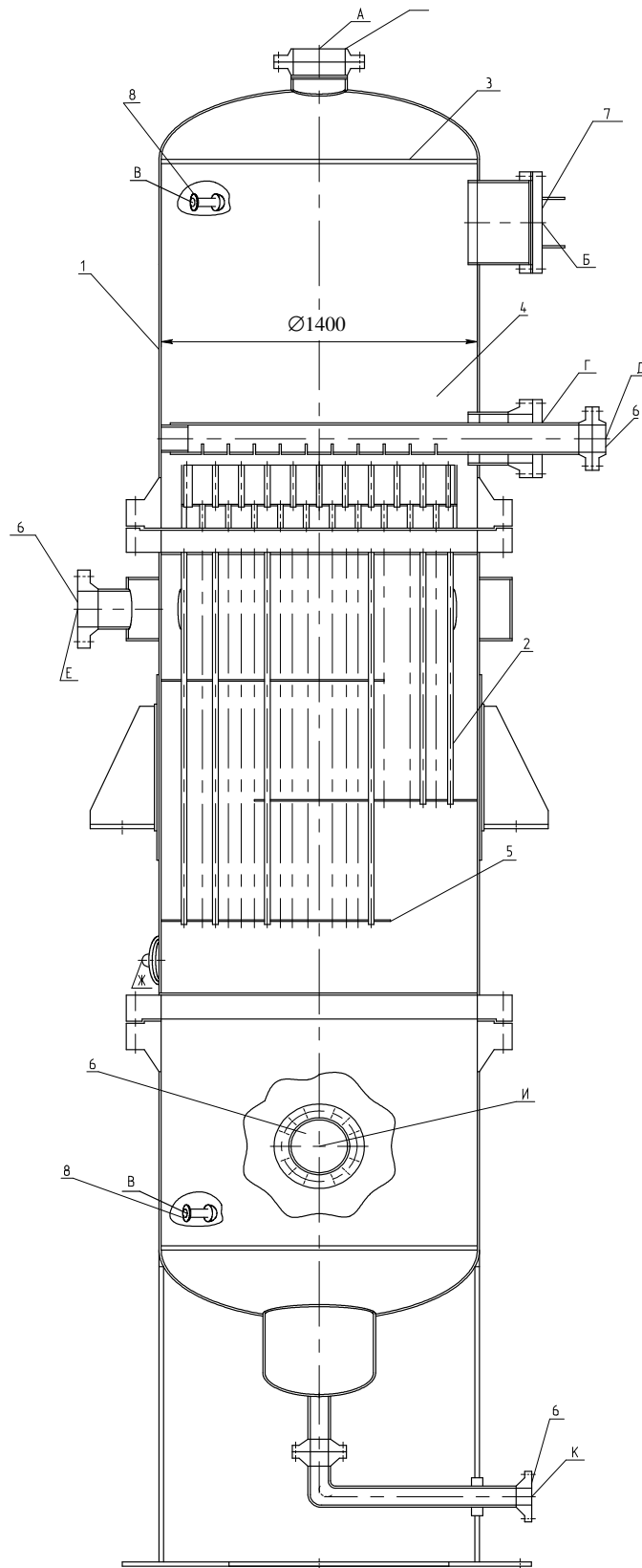


Рисунок 2.2 – Стриппер-дистиллятор:

1-кожух, 2-теплообменные трубы, 3-крышка распределительной камеры, 4-распределительная камера, 5-перегородка с сегментным вырезом, 6-штуцер, 7-люк для монтажа, 8-бобышки для подсоединения фланцевых разделителей.

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

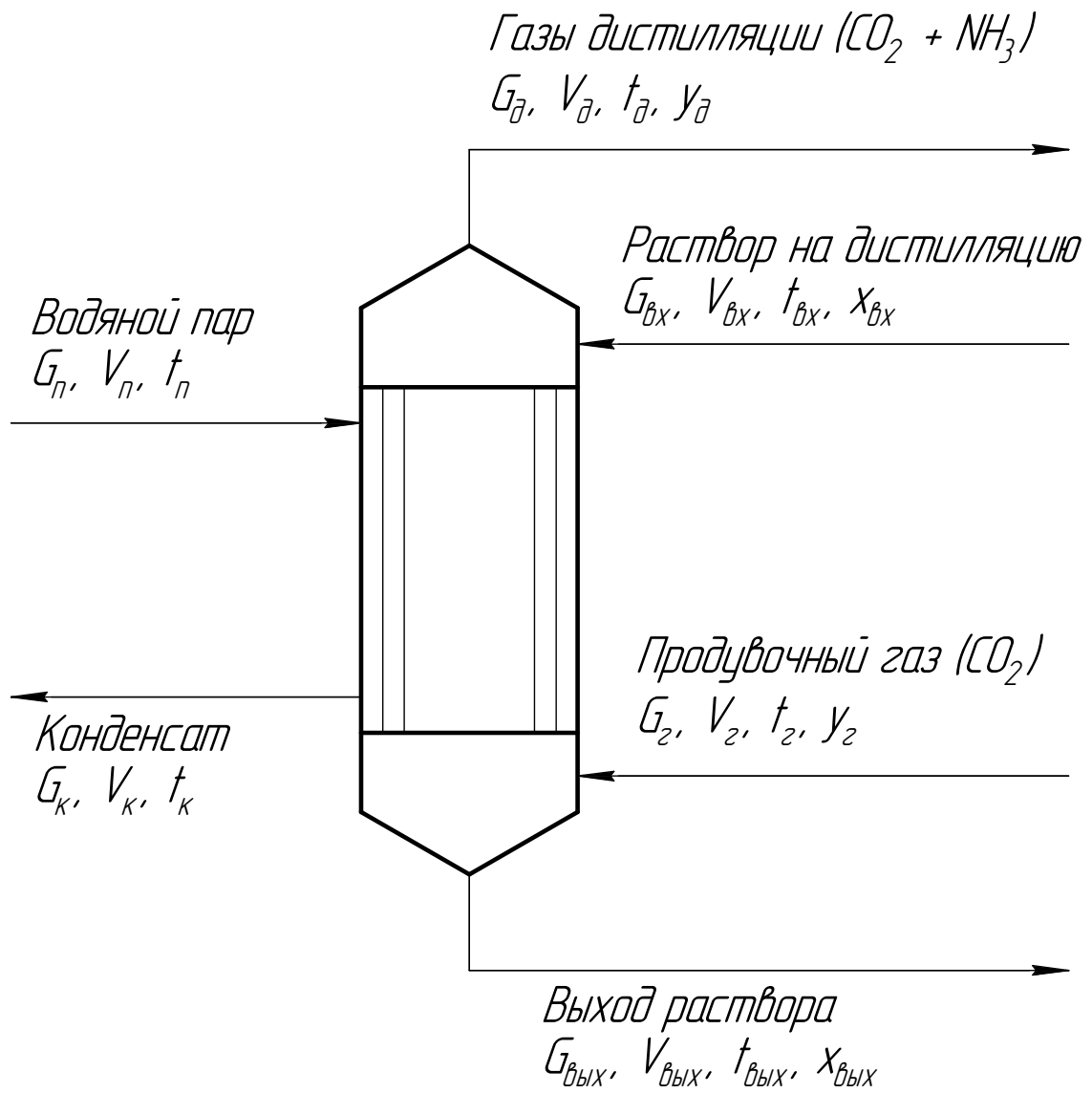


Рисунок 2.3 – Схема к расчету материального баланса

2.3 Материальный баланс

Массовая доля воды в растворе на входе в аппарат

$$x_B = 1 - (x_K + x_{KM}) - x_a - x_{ду} = 1,0000 - 0,5500 - 0,1130 - 0,0250 = 0,3120. \quad (2.1)$$

Расход каждого компонента раствора на входе в аппарат

$$G_K = x_K G_{ВХ} = 0,4300 \cdot 35170 = 15123 \text{ кг/ч}; \quad (2.2)$$

$$G_{KM} = x_{KM} G_{ВХ} = 0,1200 \cdot 35170 = 4220 \text{ кг/ч}; \quad (2.3)$$

$$G_a = x_a G_{ВХ} = 0,1130 \cdot 35170 = 3974 \text{ кг/ч}; \quad (2.4)$$

$$G_{ду} = x_{ду} G_{ВХ} = 0,0250 \cdot 35170 = 879 \text{ кг/ч}; \quad (2.5)$$

$$G_B = x_B G_{ВХ} = 0,3120 \cdot 35170 = 10973 \text{ кг/ч}. \quad (2.6)$$

Принимаем степень ухода CO_2 в газовую фазу $\omega_{\text{ду}} = 92\%$, аммиака $\omega_{\text{а}} = 35\%$.

Тогда расход газов в смеси на выходе из аппарата

$$G_{\text{а}} = G_{\text{а}} (1 - \omega_{\text{а}}) = 9374 \cdot (1 - 0,35) = 2583 \text{ кг/ч}; \quad (2.23)$$

$$G_{\text{ду}} = G_{\text{ду}} (1 - \omega_{\text{ду}}) = 879 \cdot (1 - 0,92) = 70 \text{ кг/ч}. \quad (2.24)$$

Расход жидкости на выходе из аппарата

$$\begin{aligned} G_{\text{вых}} &= G_{\text{к}} + G_{\text{км}} + G_{\text{а}} + G_{\text{ду}} + G_{\text{в}} = \\ &= 18207 + 211 + 2583 + 70 + 11898 = 32970 \text{ кг/ч}. \end{aligned} \quad (2.25)$$

Состав жидкости на выходе из аппарата

$$x_{\text{к}} = G_{\text{к}} / G_{\text{вых}} = 18207 / 32970 = 0,5522; \quad (2.26)$$

$$x_{\text{км}} = G_{\text{км}} / G_{\text{вых}} = 211 / 32970 = 0,0064; \quad (2.27)$$

$$x_{\text{а}} = G_{\text{а}} / G_{\text{вых}} = 2583 / 32970 = 0,0784; \quad (2.28)$$

$$x_{\text{ду}} = G_{\text{ду}} / G_{\text{вых}} = 70 / 32970 = 0,0021; \quad (2.29)$$

$$x_{\text{в}} = G_{\text{в}} / G_{\text{вых}} = 11898 / 32970 = 0,3609. \quad (2.30)$$

Определим расход продувочного газа CO_2 на входе в аппарат. Плотность CO_2 при $P_0 = 0,1013$ МПа и $T_0 = 273\text{К}$ определяем по справочным данным [3]

$$\rho_{\text{г0}} = 1,98 \text{ кг/м}^3.$$

Абсолютное давление и температура продувочного газа на входе в аппарат

$$P_{\text{г}} = P_{\text{иг}} + P_{\text{атм}} = 1,8500 + 0,1013 = 1,9513 \text{ МПа}; \quad (2.31)$$

$$T_{\text{г}} = t_{\text{г}} + 273 = 100 + 273 = 373 \text{ К}. \quad (2.32)$$

Плотность двуокиси углерода при рабочих условиях

$$\rho_{\text{г}} = \rho_{\text{г0}} \frac{P_{\text{г}} T_0}{T_{\text{г}} P_0} = 1,98 \frac{1,9513 \cdot 273}{373 \cdot 0,1013} = 27,91 \text{ кг/м}^3. \quad (2.33)$$

Массовый расход двуокиси углерода на входе в аппарат

$$G_{\text{г}} = V_{\text{г}} \rho_{\text{г}} = 300 \cdot 27,91 = 8372 \text{ кг/ч}. \quad (2.34)$$

Массовый расход двуокиси углерода на выходе из аппарата в газах дистилляции

$$G_{\text{д2}} = G_{\text{г}} + G_{\text{ду}} \omega_{\text{ду}} = 8372 + 879 \cdot 0,92 = 9181 \text{ кг/ч}. \quad (2.35)$$

Расход аммиака на выходе из аппарата

$$G_{\text{д1}} = G_{\text{а}} w_{\text{а}} = 9374 \cdot 0,35 = 1391 \text{ кг/ч}. \quad (2.36)$$

2.4 Тепловой баланс аппарата

Теплоемкость компонентов в жидкой фазе определяем по справочным данным [3]

$$c_k = 1,875 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}; c_{\text{км}} = 1,950 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}; c_a = 2,220 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}; c_{\text{ду}} = 0,838 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}; c_b = 4,200 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}.$$

Приход теплоты с раствором карбамида

$$Q_{\text{вх}} = \sum(c_{\text{жи}} G_{\text{вхи}}) t_{\text{вх}}, \quad (2.42)$$

где $c_{\text{жи}}$ – теплоемкость соответствующего компонента;

$G_{\text{вхи}}$ – массовый расход компонента.

$$Q_{\text{вх}} = (1,875 \cdot 15123 + 1,950 \cdot 4220 + 2,220 \cdot 3974 + 0,838 \cdot 879 + 4,200 \cdot 10973) \cdot 150 = 13835 \text{ МДж/ч.}$$

Расход теплоты с раствором карбамида считается аналогично

$$Q_{\text{вых}} = \sum(c_{\text{жи}} G_{\text{выхи}}) t_{\text{вых}} = 14451 \text{ МДж/ч.} \quad (2.43)$$

Приход и расход теплоты с продувочным газом

$$Q_{\text{вх}} = c_{\text{г}} G_{\text{г}} t_{\text{г}}; Q_{\text{вых}} = (c_a G_{\text{д1}} + c_{\text{ду}} G_{\text{д2}}) t_{\text{д}}, \quad (2.44)$$

где $c_{\text{г}}$ – теплоемкость продувочного газа на входе, в данном случае равна теплоемкости двуокиси углерода, $c_{\text{г}} = c_{\text{ду}} = 0,838 \text{ кДж / (кг К)}$;

c_a – теплоемкость газообразного аммиака, $c_a = 2,220 \text{ кДж / (кг К)}$;

$t_{\text{д}}$ – температура продувочных газов на выходе из аппарата, принимаем

$$t_{\text{д}} = (t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}}) / 2 = (150 + 160) / 2 = 155 \text{ }^\circ\text{C.} \quad (2.45)$$

Подставляя, получаем

$$Q_{\text{вх}} = 838 \cdot 8372 \cdot 100 = 702 \text{ МДж/ч.}$$

$$Q_{\text{вых}} = (2220 \cdot 1391 + 838 \cdot 9181) \cdot 155 = 1671 \text{ МДж/ч.}$$

Суммарный приход тепла

$$Q_1 = Q_{\text{вх}} + Q_{\text{вх}} = 13835 + 1671 = 14536 \text{ МДж/ч.} \quad (2.46)$$

Принимаем тепловые потери 5% от прихода тепла

$$Q_{\text{пот}} = 0,05Q_1 = 0,05 \cdot 14536 = 727 \text{ МДж/ч.} \quad (2.47)$$

Суммарный расход тепла

$$Q_2 = Q_{\text{вых}} + Q_{\text{вых}} + Q_{\text{пот}} + Q_p = 14451 + 1671 + 727 + 797 = 16052 \text{ МДж/ч.} \quad (2.48)$$

Объемный расход раствора карбамида на входе в аппарат

$$V_{\text{вх}} = 35170 / 82,76 = 425 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,1180 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расчетный диаметр штуцера для ввода исходного раствора

$$D_{\text{вх}} = \sqrt{\frac{4 V_{\text{вх}}}{\pi \omega_{\text{вх}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1180}{3,14 \cdot 4}} = 0,193 \text{ м}, \quad (2.55)$$

где $\omega_{\text{вх}}$ – скорость среды в штуцере, принимаем $\omega_{\text{вх}} = 4 \text{ м/с}$.

Принимаем стандартный диаметр штуцера ввода исходной смеси

$$D_{\text{вх}} = 200 \text{ мм}.$$

Тогда фактическая скорость движения среды в штуцере

$$\omega_{\text{вх}} = \frac{4V_{\text{вх}}}{\pi D_{\text{вх}}^2} = \frac{4 \cdot 0,1180}{3,14 \cdot 0,200^2} = 3,76 \text{ м/с}. \quad (2.56)$$

Плотность раствора на выходе из аппарата

$$\rho_{\text{вых}} = \frac{1}{\frac{0,5520}{1320} + \frac{0,0064}{1480} + \frac{0,0784}{10,80} + \frac{0,0021}{27,75} + \frac{0,3609}{1000}} = 123,18 \text{ кг/м}^3.$$

Объемный расход раствора карбамида на выходе из аппарата

$$V_{\text{вых}} = 32970 / 123,18 = 267 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,0743 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расчетный диаметр штуцера для вывода раствора из аппарата

$$D_{\text{вых}} = \sqrt{\frac{4 V_{\text{вых}}}{\pi \omega_{\text{вых}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0743}{3,14 \cdot 2}} = 0,217 \text{ м}, \quad (2.57)$$

где $\omega_{\text{вых}}$ – скорость среды в штуцере, принимаем $\omega_{\text{вх}} = 2 \text{ м/с}$

Принимаем стандартный диаметр штуцера вывода раствора из аппарата

$$D_{\text{вых}} = 200 \text{ мм}.$$

Тогда фактическая скорость движения среды в штуцере

$$\omega_{\text{вых}} = \frac{4V_{\text{вых}}}{\pi D_{\text{вых}}^2} = \frac{4 \cdot 0,0743}{3,14 \cdot 0,200^2} = 2,36 \text{ м/с}. \quad (2.58)$$

Для штуцера ввода продувочного газа

$$D_{\text{г}} = \sqrt{\frac{4 V_{\text{г}}}{\pi \omega_{\text{г}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (300/3600)}{3,14 \cdot 15}} = 0,085 \text{ м}; D_{\text{г}} = 100 \text{ мм};$$
$$\omega_{\text{г}} = \frac{4V_{\text{г}}}{\pi D_{\text{г}}^2} = \frac{4 \cdot (300/3600)}{3,14 \cdot 0,100^2} = 10,6 \text{ м/с}. \quad (2.59)$$

Изм.	Лист	№ докum.	Подп.	Дата

Тогда ориентировочная поверхность теплообмена аппарата

$$F = \frac{Q}{K \Delta t_{cp}} = \frac{421}{0,10 \cdot 44,9} = 93,8 \text{ м}^2. \quad (2.67)$$

По справочным данным выбираем кожухотрубчатый теплообменник, по аналогии которого будет спроектирован стриппер-дистиллятор:

- поверхность теплообмена $F = 109 \text{ м}^2$;
- диаметр кожуха $D = 800 \text{ мм}$;
- трубы $25 \times 2 \text{ мм}$, длина 3000 мм , количество 465 .

Скорость газовой фазы в трубках

$$\omega_r = \frac{4V_r}{n \pi d_r^2} = \frac{4 \cdot (300/3600)}{465 \cdot 3,14 \cdot 0,025^2} = 0,365 \text{ м/с}. \quad (2.68)$$

Площадь поверхности, необходимая для диффузии диоксида углерода из жидкой фазы в газообразную

$$F_d = \frac{V_{ду}}{\omega_r \alpha_{ду}}, \quad (2.69)$$

где $V_{ду}$ – объемный расход диоксида углерода, переходящего из жидкой фазы в газообразную

$$V_{ду} = G_{ду} / \rho_{ду} = 879 \cdot 0,92 / 27,91 = 28,97 \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (2.70)$$

$\alpha_{ду}$ – объемный коэффициент диффузии, принимаем по аналогии со справочным производством $\alpha_{ду} = 1,21$.

Соответственно, минимальная площадь контакта между газом и поверхностью раствора карбамида

$$F_d = \frac{28,97}{0,365 \cdot 1,21} = 65,6 \text{ м}^2. \quad (2.71)$$

В выбранной конфигурации аппарата процесс диффузии будет идти с запасом по поверхности межфазного обмена.

Коэффициент теплоотдачи от конденсирующегося водяного пара к вертикальной стенке рассчитывается по формуле

$$\alpha_1 = \frac{Nu_{пл} \lambda_{пл}}{\delta_{пл}}, \quad (2.72)$$

Действительная поверхность теплопередачи

$$F = \frac{421}{0,117 \cdot 44,9} = 80,1 \text{ м}^2.$$

Запас по поверхности

$$\frac{109 - 80,1}{109} = 26\%.$$

2.7 Расчет тепловой изоляции аппарата

Схема к расчету показана на рисунке 2.4.

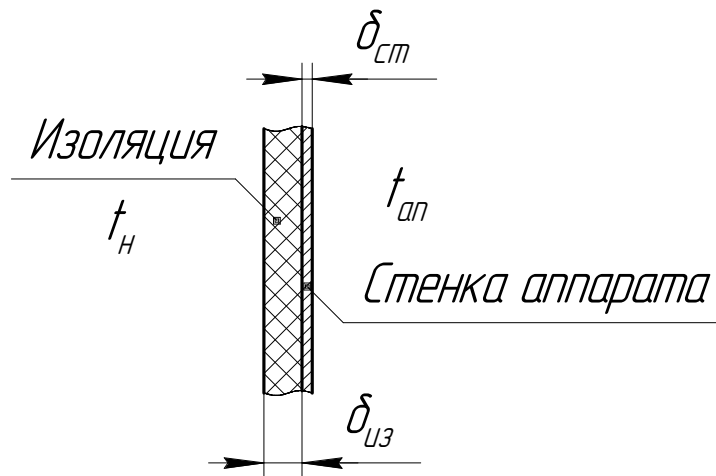


Рисунок 2.4 – Схема к расчету толщины слоя изоляции.

Наружная температура аппарата при работе может достигать 200 °С, поэтому аппарат необходимо теплоизолировать. Принимаем рабочую температуру стенки аппарата

$$t_{ст1} = 200 \text{ °С}.$$

Толщину тепловой изоляции δ находят из равенства удельных тепловых потоков через слой изоляции, от поверхности изоляции в окружающую среду по формуле

$$\alpha_{в}(t_{ст2}-t_{в})=(\lambda_{и}/\delta_{и})(t_{ст1}-t_{ст2}), \quad (2.77)$$

где $\alpha_{в}$ – коэффициент теплоотдачи от внешней поверхности изоляционного материала в окружающую среду, Вт/(м²·К);

Объемный расход

$$V = \frac{G}{\rho}, \quad (2.80)$$

где ρ – плотность плава при температуре хранения

$$\rho = 1195 \text{ кг/м}^3;$$

$$V = \frac{35170}{1195} = 29,4 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Принимаем запас в емкости для хранения $\tau = 50$ мин. Тогда объем плава, подлежащего хранению

$$V_{\text{хр}} = \tau V = (50/60) \cdot 29,4 = 24,5 \text{ м}^3. \quad (2.81)$$

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

$$V_{\text{емк}} = V_{\text{хр}} / \psi = 24,5 / 0,8 = 30,6 \text{ м}^3. \quad (2.82)$$

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

$$D_{\text{емк}} = \sqrt[3]{\frac{4 V_{\text{емк}}}{\pi \alpha}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 30,6}{3,14 \cdot 5}} = 2,76 \text{ м}. \quad (2.83)$$

Принимаем стандартный диаметр

$$D_{\text{емк}} = 2,8 \text{ м}.$$

Тогда длина емкости

$$L_{\text{емк}} = \alpha D_{\text{емк}} = 5 \cdot 2,2 = 11,0 \text{ м}. \quad (2.84)$$

Выполним расчет теплообменника для нагревания двуокиси углерода перед подачей в стриппер-дистиллятор. Согласно технологическому режиму, нагревание выполняется от $t_{r1} = 28$ °С до $t_{r2} = 150$ °С. В качестве греющего агента используется насыщенный водяной пар с температурой 160 °С.

Схема к расчету теплообменника приведена на рисунке 2.6. Тепловая нагрузка аппарата

$$Q = G_{\text{ду}} c_{\text{ду}} (t_{r2} - t_{r1}) = 879 \cdot 0,838 \cdot (150 - 28) = 89865 \text{ кДж/ч} = 24,96 \text{ кВт}.$$

Теплота конденсации греющего пара $t_{\text{гп}} = 160$ °С из справочных данных [4]

$$r_{\text{гп}} = 2087 \text{ кДж/кг}.$$

3 Расчетно-конструкторский раздел

3.1 Конструирование аппарата

Проектируемый стриппер-дистиллятор изображен на рисунке 3.1.

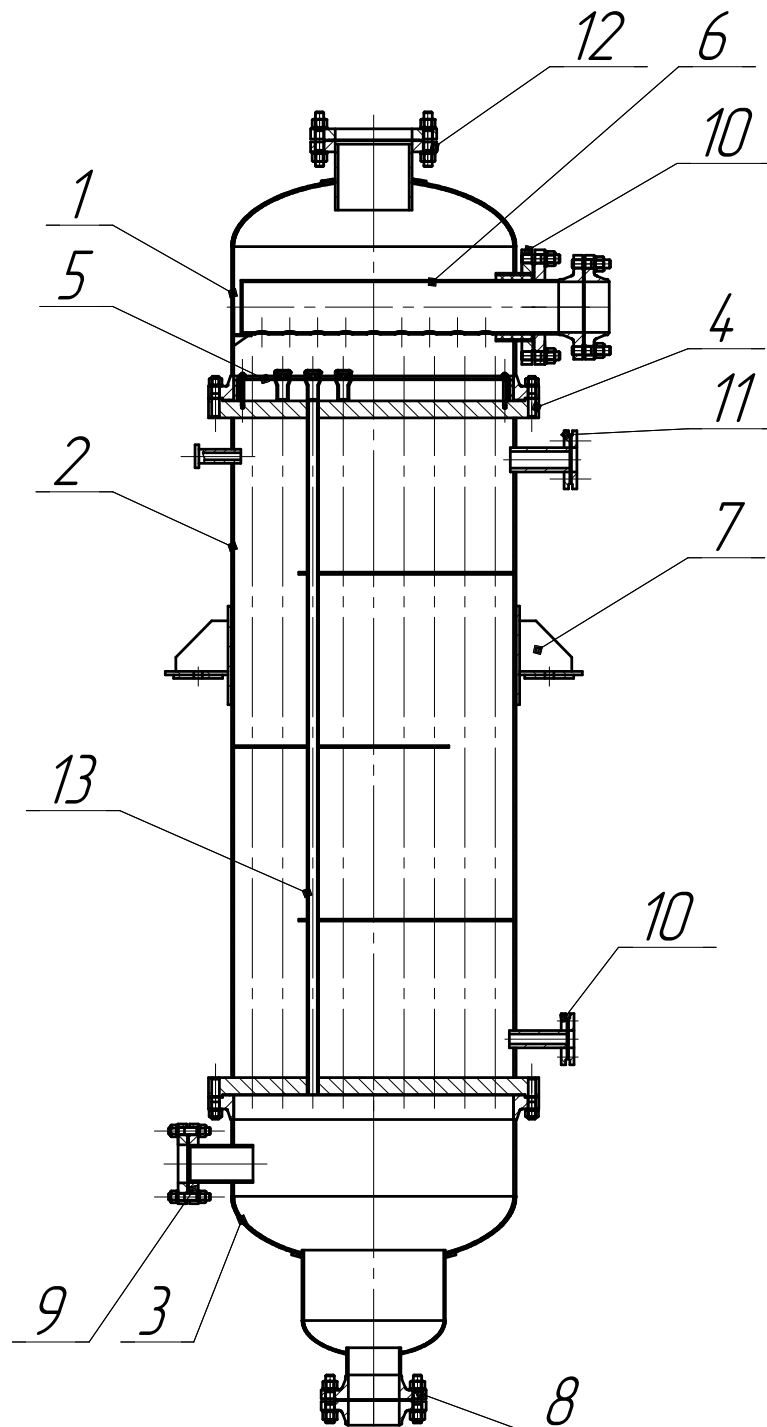


Рисунок 3.1 – Конструкция стриппер-дистиллятора:

1 – камера; 2 – обечайка; 3 – днище; 4 – трубная доска; 5 – тарелка; 6 – коллектор; 7 – опора; 8, 9, 10, 11, 12 – штуцер; 13 – труба; 14 – крышка.

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата

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

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

$$\sigma_B = \sigma_{B20} + (200 - 20) \frac{\sigma_{B300} - \sigma_{B20}}{300 - 20} = 570 + 180 \cdot \frac{460 - 570}{280} = 523 \text{ МПа}; \quad (3.1)$$

$$\sigma_T = \sigma_{T20} + (200 - 20) \frac{\sigma_{T300} - \sigma_{T20}}{300 - 20} = 360 + 180 \cdot \frac{300 - 360}{280} = 334 \text{ МПа}. \quad (3.2)$$

Определим номинальное допускаемое напряжение. Расчет для легированной стали при рабочей температуре менее 525 °С необходимо вести по формулам

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

где n_B – запас прочности по пределу прочности, для стального проката из легированной стали $n_B = 2,6$ [7, табл. 14.6];

n_T – запас прочности по пределу текучести, для стального проката из легированной стали при давлении в аппарате не более 2,5 МПа $n_T = 1,65$ [7, табл. 14.6].

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

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

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

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

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

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

где η – поправочный коэффициент, учитывающий вид заготовки, для листового проката $\eta = 1,0$ [7, с. 10]. Подставляя числовые значения, получим

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

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

Допускаемое напряжение при гидроиспытаниях

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

Поэтому

$$p_p = 1,40 + 0,000 = 1,40 \text{ МПа.} \quad (3.10)$$

Давление при испытаниях

$$p_{и} = \max \left(\frac{1,25 p_{\tau} [\sigma]_{20} / [\sigma]}{p_{\tau} + 0,3} \right) = \quad (3.11)$$
$$= \max \left(\frac{1,25 \cdot 1,40 \cdot 218 / 201}{1,40 + 0,3} \right) = \max \left(\frac{1,90}{1,70} \right) = 1,90 \text{ МПа.}$$

Соответствующая расчетная толщина стенки

$$s_p = \max \left(\frac{\frac{1,40 \cdot 800}{2 \cdot 1,00 \cdot 201 - 1,40}}{\frac{1,90 \cdot 800}{2 \cdot 1,00 \cdot 327 - 1,90}} \right) = \max \left(\frac{2,80}{2,33} \right) = 2,80 \text{ мм.}$$

Прибавка к расчетной толщине обечайки определяется по формуле

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

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

c_2 – прибавка для компенсации минусового допуска, мм;

c_3 – технологическая прибавка, мм.

Прибавка для компенсации коррозии и эрозии

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

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

τ – срок службы аппарата, $\tau = 15$ лет;

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

Соответственно

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

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

$$s = 2,80 + 0,75 = 3,55 \text{ мм.}$$

Из соображений жесткости обечайки примем исполнительную толщину стенки камеры

$$s = 5,0 \text{ мм.}$$

Допускаемое давление в рабочем состоянии и при испытаниях

$$[p] = \frac{2 \varphi [\sigma](s - c)}{D + s - c} = \frac{2 \cdot 1,00 \cdot 201 \cdot (5,0 - 0,75)}{800 + 5,0 - 0,75} = 2,12 \text{ МПа;} \quad (3.19)$$

$$[p]_{\text{и}} = \frac{2 \varphi [\sigma]_{\text{и}}(s - c)}{D + s - c} = \frac{2 \cdot 1,00 \cdot 327 \cdot (5,0 - 0,75)}{800 + 5,0 - 0,75} = 3,46 \text{ МПа.} \quad (3.20)$$

3.6 Расчет эллиптического днища

Выполним расчет днища. Схема к расчету приведена на рисунке 3.3.

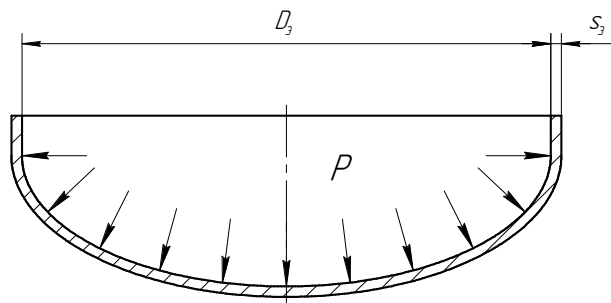


Рисунок 3.3 – Схема к расчету эллиптического днища

Исполнительную толщину стенки стандартного эллиптического днища рассчитывают по формуле

$$s_{\text{эп}} = \max \left(\frac{\frac{p_p D}{2\varphi[\sigma] - 0,5p_p}}{\frac{p_{\text{и}} D}{2\varphi[\sigma]_{\text{и}} - 0,5p_{\text{и}}}} \right) = \quad (3.21)$$

$$= \max \left(\frac{\frac{1,85 \cdot 800}{2 \cdot 1,00 \cdot 201 - 0,5 \cdot 1,85}}{\frac{2,64 \cdot 800}{2 \cdot 1,00 \cdot 327 - 0,5 \cdot 2,64}} \right) = \max \left(\frac{3,89}{3,23} \right) = 3,89 \text{ мм;}$$

$$s_э = s_{\text{эп}} + c + c_0 = 3,89 + 0,75 = 4,64 \text{ мм.} \quad (3.22)$$

Толщина стенки эллиптического днища не должна быть меньше толщины стенки обечайки. Поэтому

$$s_э = 5,0 \text{ мм.}$$

Допускаемое давление в рабочем состоянии и при испытаниях

Изм.	Лист	N докum.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

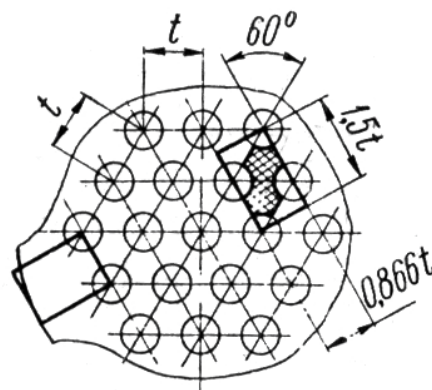


Рисунок 3.4 – Схема расположения отверстий в трубной решетке

n – максимальное число отверстий, расположенных в ряд по диаметру трубной решетки, $n = 16$;

d – наружный диаметр отверстий, $d = 27$ мм;

K – коэффициент, $K = 0,45$.

Соответственно

$$\varphi_0 = \frac{802 - 16 \cdot 27}{802} = 0,461;$$

$$h_2 = 0,47 \cdot 802 \cdot \sqrt{\frac{1,4}{0,461 \cdot 140}} = 8,17 \text{ мм.}$$

Общая толщина трубной решетки

$$h_T = h_1 + h_2 = 28,9 + 8,17 = 37,1.$$

Принимаем толщину трубной решетки

$$h_T = 38 \text{ мм.}$$

3.8 Расчет необходимости использования компенсатора

Максимальная температура корпуса и минимальная для труб (при таких условиях наиболее неблагоприятная ситуация)

$$t_K = 200 \text{ °C}; t_T = 100 \text{ °C.}$$

Справочные данные о коэффициентах линейного расширения материалов корпуса и труб (сталь легированная)

$$\alpha_K = 0,11 \cdot 10^{-4} \text{ 1/°C}; \alpha_T = 0,11 \cdot 10^{-4} \text{ 1/°C.}$$

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата

Напряжение материала корпуса

$$\sigma_K := \frac{P_t}{F_K} - \frac{P \cdot E_K}{E_K \cdot F_K + E_T \cdot F_T} =$$
$$= \frac{0,197}{1,041 \cdot 10^{-3}} - \frac{0,12 \cdot 2,05 \cdot 10^5}{2,05 \cdot 10^5 \cdot 1,041 \cdot 10^{-3} + 2,05 \cdot 10^5 \cdot 1,445 \cdot 10^{-2}} = 189 \text{ МПа};$$
$$189 < 343;$$

$$\frac{P_t}{F_K} = 189 \text{ МПа}; 189 \text{ МПа} < 343 \text{ МПа}.$$

По условию прочности корпуса использование компенсатора не требуется.

Напряжение материала труб

$$\sigma_T := \frac{P_t}{F_T} + \frac{P \cdot E_T}{E_K \cdot F_K + E_T \cdot F_T} =$$
$$= \frac{0,357}{1,445 \cdot 10^{-2}} + \frac{0 \cdot 2,05 \cdot 10^5}{2,05 \cdot 10^5 \cdot 1,041 \cdot 10^{-3} + 2,05 \cdot 10^5 \cdot 1,445 \cdot 10^{-2}} = 14 \text{ МПа};$$
$$14 < 362.$$

Установка компенсатора по условию прочности труб также не требуется.

Расчетная осевая сила для закрепления труб

$$P_T := \frac{\pi \cdot [d_H^2 - (d_H - 2\delta)^2]}{4} \cdot \sigma_T =$$
$$= \frac{3,14 \cdot [0,025^2 - (0,025 - 2 \cdot 0,002)^2]}{4} \cdot 14 = 1,970 \cdot 10^{-3} \text{ МН}.$$

3.9 Расчет штуцера

Выполним расчет уплотнения для штуцера вывода CO₂. Ширина прокладки для d_{шт} = 200 мм

$$b = 14 \text{ мм}.$$

Средний диаметр уплотнения

$$D_n = D_2 - b = 213 - 14 = 199 \text{ мм}.$$

Эффективная ширина уплотнения для b < 15 мм

$$b_3 = b = 14 \text{ мм}.$$

Площадь поперечного сечения шпилек

$$F_6 = \frac{\pi d_6^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 24^2}{4} = 804 \text{ мм}^2.$$

Принимаем материал шпилек - сталь 15ХМ с характеристиками при $t = 350$ °С [10]

$$[\sigma]_{620} = 450 \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_{6T} = 370 \text{ МПа}.$$

Напряжение в шпильках при затяжке и в рабочих условиях соответственно

$$\sigma_{61} = \frac{P_{61}}{z F_6} = \frac{2,93}{16 \cdot 804 \cdot 10^{-6}} = 182 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{62} = \frac{P_{62}}{z F_6} = \frac{2,66}{16 \cdot 452 \cdot 10^{-6}} = 165 \text{ МПа}.$$

Результаты расчетов позволяют сделать вывод, что принятое фланцевое соединение обеспечит герметичность стыка.

Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

Периметр L цилиндрической обечайки внутренним диаметром D_B из стали толщиной s определяется по диаметру нейтральной поверхности. Расчёт производится по следующей формуле:

$$L_0 = \pi (D_B + s) = 3,14 \cdot (800 + 4) = 2425 \text{ мм.} \quad (4.1)$$

Выбираем стальной лист $2500 \times 1000 \times 4$ мм. Расчетное количество листов по вертикали

$$n = H / h = 2900 / 1000 = 2,9.$$

Для изготовления обечайки требуется 3 листа.

4.1.1 Правка

Прокатная сталь, поступающая с металлургических заводов, требует правки, так как при остывании после прокатки возможны деформации, также и при погрузке и разгрузке возможны дефекты. Правка листовой стали осуществляется на листопрямильных вальцах или прессах. Важным параметром вальцов является количество валков. Для правки стали толщиной до 25 мм применяются семивалковые машины. Так как толщина выбранного листа $s = 4$ мм входит в вышеописанный предел, то используется семивалковая машина. Схема ее работы представлена на рисунке 4.1.

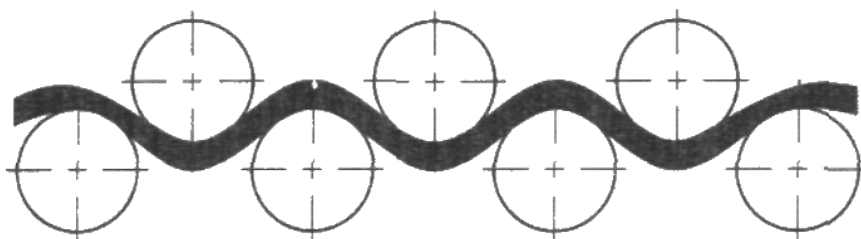


Рисунок 4.1 – Схема работы семивалковой машины

Деформированный лист закладывают в зазор между верхними и нижними цилиндрическими валками, расположенными в шахматном порядке. При движении лист многократно изгибается и в нем появляются упруго пластические деформации, которые растягивают лист и устраняют неровности. При правке на листопрямильных вальцах обычно используют подающие и приемные рольганги.

Изм.	Лист	№ докцм.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

4.1.2 Очистка листа

При изготовлении сварных конструкций очистку применяют для удаления с поверхности металла средств консервации, загрязнений смазочно-охлаждающих жидкостей, ржавчины, окалины, заусенцев и грата, затрудняющих процесс сварки, вызывающих дефекты сварных швов и препятствующие нанесению защитных покрытий.

Для очистки проката применяют механические и химические методы. К механическим методам очистки относится дробеметная и дробеструйная обработка. Дробеметная обработка значительно дешевле, более производительна, обеспечивает полную механизацию и улучшает условия труда.

При толщине металла до 30 мм применяют дробь размером 0,6-1,6 мм. виды дробы: чугунная литая (ДЧЛ), чугунная колотая (ДЧК), стальная литая (ДСЛ), стальная колотая (ДСК).

Дробь с большей скоростью выбрасывается на очищаемую поверхность и, ударяясь о металл, удаляет имеющееся на нем загрязнение и ржавчину. В данной работе для очистки листов используется дробеметная установка, схема которой представлена на рисунке 4.3.

Очищенный лист 6 устанавливают вертикально на тележку и подают в дробеметную камеру, на поверхность листа и дробеметного аппарата 2 под действием центробежной силы выбрасывается с большой скоростью чугунная круглая дробь размером 0,6-0,8 мм.

Лист очищается одновременно с двух сторон. Дробь, отраженная от поверхности очищаемого листа, скатывается по стенкам и наклонному полу в загрузочный бункер элеватора 8, поднимается элеватором и проходит воздушный сепаратор 4, который очищает её от осколков и частиц окалины. Далее дробь снова поступает в расходный бункер 5 и в дробеметный аппарат.

Пыль отсасывается вентилятором; для очистки пыли воздух перед выходом в атмосферу пропускается через циклон с водяной пленкой 11.

Величина припусков на изготовление обечаек составляет на сторону $\pm 3,0$ мм. Регламентируется величина сварочного зазора (ГОСТ 8713-70). Маркировке подлежат: основной лист, вставки, отходы, контрольные пластины.

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

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

Разметчики применяют следующий мерительный и разметочный инструмент: металлические рулетки 2-го разряда точности, чертилки, циркули, кернер, стальные струны и молотки.

В данной работе применяется рулетка со шкалой номинальной длины 10 м, лентой из легированной стали, 2-го класса точности, кольцом на вытяжном конце ленты, с допускаемым отклонением от номинальной длины ± 15 мм: Р10Н2К ГОСТ 7502-98. Чертилки изготовлены из инструментальной стали диаметром 7 мм. Слесарный кернер служит для набивки небольших конических углублений на линиях реза, а также для набивки центров отверстий.

4.1.4 Резка

Операция резки необходима для раскроя заготовок согласно заданной развертке. Раскрой осуществляется методами механической и термической резки. Одним из методов термической резки является плазменная резка.

Плазма – это четвертое состояние вещества, представляющее собой сильно ионизированный газ, содержащий примерно одинаковые количества положительно заряженных частиц.

Резаковый суппорт имеет автоматическое устройство для поддержания заданного расстояния между резаком и поверхностью металла.

Технические характеристики машины ЮГ-2,5 Плб.

Наибольшая ширина разрезаемых листов, мм	2500
Наибольшая длина разрезаемых листов, мм	8000
Толщина разрезаемого материала, мм	до 60
Скорость резки, мм/мин	100-6000
Потребляемая мощность, кВт	93
Масса ходовой части машины, кг	1900

4.1.5 Гибка (вальцевание)

Процесс гибки заключается в пластическом изгибе заготовки, при котором внутренние слои металла сжимаются и укорачиваются, а наружные- растягиваются и удлиняются. Гибку выполняют при деформациях, исключающих образование трещин.

По принципу действия оборудование для гибки делится на две группы- на ротационные машины и прессы [12].

К ротационным машинам относятся листогибочные трех и четырехвалковые машины, листогибочные машины с поворотной траверсой и др. Прессы, применяемые для гибки разделяются на специализированные и универсальные.

Для проката толщиной до 40 мм используют листогибочные трех и четырехвалковые машины (рисунок 4.5).

Листогибочные трех и четырехвалковые машины предназначены для гибки цилиндрических и конических обечаек из листового материала в холодном и горячем состоянии. При гибке на трехвалковых машинах верхний валок нажимает на заготовку, лежащую на нижних боковых валках и изгибает её. Боковые валки- приводные, вращаясь, перемещают заготовку, поэтому изгиб происходит равномерно по всей длине заготовки.

При гибке на этих машинах концы заготовки получаются плоскими. Длина плоского концевой участка равна половине расстояния между нижними валками.

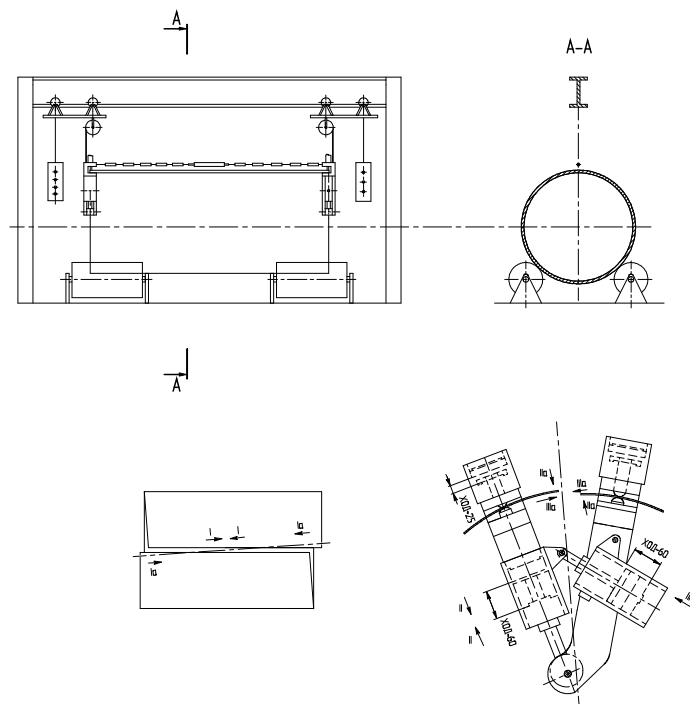


Рисунок 4.6 – Стенд для сборки продольных стыков обечаяек

На этих же тележках закреплены и панели управления. Струбцина по схеме аналогична винтовой, состоящей из двух винтовых стяжек с правой и левой резьбой. Винты заменены гидроцилиндрами - двумя нажимными, одним выравнивающим и одним стягивающим. Стяжка для торцевых кромок представляет собой гидроцилиндр с двумя цепями, на концах которых имеются крючки, зацепляющиеся за кромки обечайки. Во время сборки обечайка находится на опорах [12].

Перед сборкой обечайку поворачивают на роликоопорах стыком вверх и стяжкой выравнивают торцевые кромки в плоскости, перпендикулярной продольной оси обечайки. После этого кромки обечайки соединяют струбцинами и прихватывают дуговой сваркой (РДС), начиная с середины стыка.

Технические данные стенда:

Размеры собираемых обечаяек, мм

диаметр	500-1600
ширина	до 2100
толщина	до 16

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Велосипедная тележка ВТ-2Б предназначена для перемещения сварочного аппарата ТС-35 (рисунок 4.8).

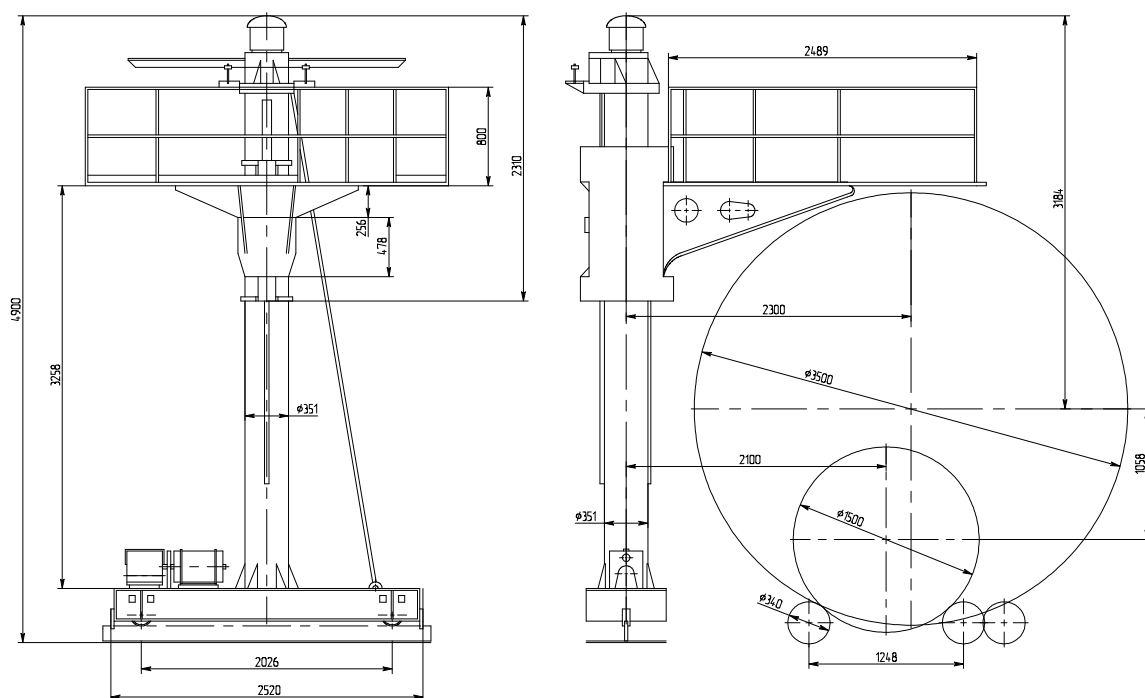


Рисунок 4.8 – Тележка велосипедная ВТ-2Б

Велосипедная тележка предназначена для перемещения сварочного аппарата ТС-35. Велосипедная тележка состоит из платформы 8, стойки 7, консоли 4, каретки 6 и двух электроприводов передвижения тележки и вертикального перемещения консоли. Передвижение тележки на катках 11 осуществляется электродвигателем 9 через редуктор 10, зубчатую 12 и червячную 13 передачи установленные на платформе. Тележка перемещается по нижнему рельсу и верхним направляющим, укрепленных на колонне.

Прямолинейные швы свариваются при перемещении тележки с рабочей сварочной скоростью.

Трактор ТС-35 (рисунок 4.9) позволят выполнять сварку стыковых швов с разделкой и без разделки кромок, угловых и нахлесточных швов вертикальным и наклонным электродом, а также сварку угловых швов «в лодочку». Трактор может выполнять сварку как закрытой (под флюсом), так и открытой (в защитных тазах) дугой. С этой целью он комплектуется дополнительным мунштуком для сварки в углекислом газе.

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

Марка машины для калибровки ИА 2224.

Техническая характеристика машины ИА 2224:

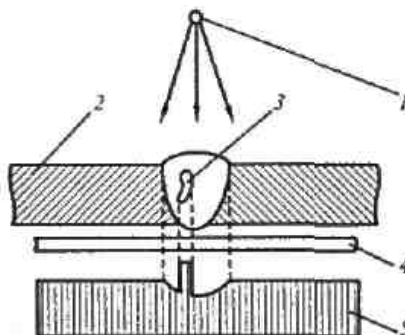
наибольшая толщина листа, мм	25
наибольшая ширина листа, мм	3150
наименьший радиус изгиба, мм	340
скорость калибровки, м/мин	7,0

4.1.9 Контроль качества

Контролю подлежат все операции по изготовлению обечайки, в том числе и сварочные. При сварке возможно образование трещин, пор, непроваров, шлаковых и газовых включений.

Контроль сварных швов рентгеновскими лучами основан на регенерации и анализе ионизирующего излучения при его взаимодействии с контролируемым изделием.

Интенсивность прошедшего излучения будет больше на участках меньшей плотности, в частности в местах дефектов.



1 – источник излучения; 2 – изделие; 3 – дефект; 4 – детектор (пленка); 5 – плотность излучения

Рисунок 4.11 – Схема просвечивания сварного соединения

Существуют различные схемы и большое количество марок рентгеновских аппаратов, как стационарных, так и передвижных [4]. Контроль сварных швов производится рентгеновским аппаратом РУП 100-10.

Изм.	Лист	№ докцм.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

4.3 Технологическая схема сборки аппарата

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.

4.4 Технические условия на эксплуатацию и ремонт

Для химической промышленности установлены следующие системы технического обслуживания и ремонта оборудования: система планово-предупредительного ремонта (ППР); система послеосмотрового ремонта (ПОР).

					vector-study.ru	Лист
Изм.	Лист	№ докм.	Подп.	Дата		68

- разборку узлов с последующей заменой и ремонтом деталей, срок службы которых соответствует длительности одного межремонтного периода;
- сборку и проверку отремонтированных сборочных единиц;
- ремонт изоляции;
- проведение работ, общих для периодических осмотров.

Капитальный ремонт представляет собой работы, осуществляемые с целью восстановления, утраченных в процессе эксплуатации технических параметров оборудования. Объем капитального ремонта определяется на основе типового перечня работ в зависимости от технического состояния оборудования и включает обычно:

- полную разборку аппарата;
- замену или реставрацию всех изношенных деталей и узлов с доведением размеров до номинальных;
- проверку, восстановление или замену несущих конструкций, базовых деталей и узлов, фундаментов;
- отладку и регулирование всех узлов аппарата, контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации;
- испытание и сдачу оборудования.

Планово-предупредительный ремонт оборудования осуществляется на основе ремонтных нормативов. Нормативы устанавливаются для каждого оборудования, функционирующего на предприятиях химической промышленности.

При изготовлении, испытании и поставке аппарата должны выполняться требования:

- а) ГОСТ 12.2.003-74 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;
- б) ОСТ 26.291-94 «Сосуды и аппараты стальные сварные. Технические требования».

Эффективность процесса определяется температурой плава карбамида (160 °С) после теплообменных труб и соблюдения расчетного расхода двуокиси углерода (210 м³/ч). Основными возмущающими воздействиями для проектируемого аппарата являются температура (150 °С) и расход плава карбамида на входе в стриппер-дистиллятор (425 м³/ч).

Поддержание температуры плава карбамида в нижней части аппарата (160 °С) выполняется регулированием расхода греющего пара (0,215 кг/с). Необходимая движущая сила процесса удаления растворенного СО₂ из плава обеспечивается регулированием расхода двуокиси углерода (210 м³/ч).

В конденсаторе высокого давления идет конденсация газов дистилляции. Показателем эффективности работы аппарата является температура плава карбамата (150 °С) выходе из аппарата, которая поддерживается регулированием расхода конденсата для образования греющего пара (0,078 кг/с).

Дополнительно выполняется контроль температуры на трубопроводах конденсата из стриппер-дистиллятора (190 °С), на трубопроводе подачи двуокиси углерода (150 °С), на трубопроводе пара из конденсатора (135 °С).

Стриппер-дистиллятор и конденсатор высокого давления работают под давлением (2,2 МПа), поэтому для предупреждения о потенциально аварийных ситуациях предусмотрен контроль и сигнализация давления в аппарате.

5.2 Описание выбранной системы сбора сигналов и управления

5.2.1 Описание контуров схемы

Контур стабилизации расхода пара в межтрубное пространство стриппер-дистиллятора предназначен для стабилизации заданного расхода пара. Датчик расхода поз. 2-1 снимает текущее значение расхода, сигнал с него поступает на контроллер, который в соответствии с программой выдает сигнал на исполнительное устройство поз. 2-2 для управления задвижкой поз. 2-3 на трубопроводе водяного пара.

Контур стабилизации температуры процесса дистилляции газов является каскадно-связанным с контуром стабилизации расхода пара. Датчик температуры

					vector-study.ru	Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата		72

- различный размер системы, от небольших систем, управляющих локальным оборудованием, и до крупных и мощных систем, использующих локальные и широкомасштабные вычислительные сети;
- модульный принцип объединения различного оборудования и программного обеспечения в соответствии с задачами и расположением; система является распределенной как на функциональном уровне, так и на физическом;
- устойчиво работающий, надежный и удобный интерфейс пользователя, использующий графические дисплеи высокого разрешения и многооконный режим работы;
- интеграция с другим оборудованием с помощью стандартных сетей связи и объектно-ориентированного телекоммуникационного программного обеспечения; совместимость с уже эксплуатируемым оборудованием, обеспечивающая защиту уже сделанных вложений в системную интеграцию и прикладные программы.

Центральным управляющим модулем системы I/A Series является полевой управляющий процессор 270 (FCP270), предназначенный для автоматического регулирования, синхронизации, логического и последовательного управления вместе с подключенными модулями Fieldbus (FBM) и другими устройствами интерфейса с технологическим процессом. Он также выполняет сбор данных (с помощью модулей FBM и/или других устройств), обнаружение и уведомление об аварийных сигналах.

Функции и возможности FCP270 обеспечивает следующие новые и улучшенные функции по сравнению с традиционными системами;

- прямое соединение через волоконно-оптический кабель 100 Мб/сек Ethernet с сетью управления Mesh для высокоскоростной передачи данных, которая невосприимчива к электромагнитным помехам на участках волоконно-оптических кабелей;
- опция отказоустойчивой работы, которая позволяет получить улучшенный коэффициент готовности и безопасность, используя уникальное сравнение двойных контроллеров для всех исходящих сообщений;

FBM237	8 аналоговых выходов, 4-20 мА	Аналоговый выход	от 1 до 8
	16 дискретных выходов	Дискретный выход	от 1 до 16

Модули аналогового вывода FBM в соответствии с управляющими цифровыми кодами, поступающими от платы центрального процессора, осуществляют выдачу управляющего сигнала 4-20 мА, осуществляющие управление исполнительными механизмами.

5.3 Выбор и обоснование технических средств и систем автоматизации

Все приборы были выбраны на основании справочных данных, приведенных в [10]. Использованные приборы являются унифицированными, что позволяет легко заменить их в случае необходимости. Все использованные приборы занесены в спецификацию (таблица 5.1).

5.3.1 Датчики температуры

Для измерения температуры в межтрубном пространстве стриппер-дистиллятора (поз. 1-1, 160 °С) используется термопреобразователь микропроцессорный ТХАУ Метран-271 МП-Е4 с пределом измерения -40...800 °С и унифицированным токовым выходным сигналом 4-20 мА. Термопреобразователи ТХАУ Метран могут применяться во взрывоопасных зонах, в которых возможно образование взрывоопасных смесей газов, паров, горючих жидкостей с воздухом категорий ПА, ПВ и ПС групп Т1/Т6 по ГОСТ Р51330.11/99. Приборы предназначены для измерения температуры жидких и газообразных сред, по отношению к которым материал защитной арматуры является коррозионностойким.

Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика микропроцессорный преобразователь преобразуют измеряемую температуру в унифицированный выходной сигнал постоянного тока, что дает возможность построения АСУТП без применения дополнительных нормирующих преобразователей.

Для измерения расхода плава карбамида на входе в дистиллятор (поз. 5-1, 425 м³/ч, P_y 2,5 МПа, D_y 150 мм) и расхода плава карбамида на выходе из дистиллятора (поз. 14-1, 267 м³/ч, P_y 2,5 МПа, D_y 150 мм) выбираем расходомеры на базе осредняющей напорной трубки (ОНТ) Annubar Метран-350-025.15. Сигнал с расходомера поступает на ЦПУ для контроля и регистрации. Расходомеры на базе ОНТ предназначены для измерения расхода жидкости, газа, пара в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности, а также в системах технологического и коммерческого учета.

Основными преимуществами выбранных расходомеров являются: 1) интегральная конструкция расходомера исключает потребность в импульсных линиях и дополнительных устройствах, сокращается количество потенциальных мест утечек среды; 2) многопараметрический преобразователь 3095MV в составе расходомеров обеспечивает вычисление мгновенного массового расхода жидкости, пара, газа, или объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям;

Расходомеры Метран-350 на базе ОНТ Annubar предназначены для измерения расходов газа, пара и жидкости, допускают работу при избыточных давлениях до 25 МПа, поставляются на трубопроводы с диаметром условного прохода Ду 12,5...2400 мм. Выходной сигнал – электрический, 4-20 мА/HART. Программирование предела измерений 0...520 м³/ч.

5.3.3 Датчик давления

Давление в трубном пространстве стриппер-дистиллятора (поз. 13-1, 2,2 МПа) и давление в трубном пространстве конденсатора высокого давления (поз. 18-1, 2,2 МПа) контролируется при помощи интеллектуальных датчиков давления МЕТРАН-150-Е4, запрограммированным на измерения 0..4 МПа. Интеллектуальные датчики давления серии Метран-150 предназначены для непрерывного преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал и цифровой сигнал в стандарте протокола HART входных измеряемых величин: 1) избыточного

D_y250, предназначенная для регулирования расхода жидкостей, газов, взвесей в трубопроводах. Электропривод предназначен для перемещения регулирующего органа в соответствии с командными сигналами, поступающими от регулирующих и управляющих устройств.

Управление задвижкой как бесконтактное, с помощью пускателя бесконтактного ПБР-ЗИ (поз 2-2), так и контактное.

Электропривод допускает работу во взрывоопасных средах, предназначен для работы в следующих условиях:

- температура окружающего воздуха – от –30 до +50 о С;
- относительная влажность воздуха – до 95 % при температуре 35 °С;
- вибрация с частотой до 30 Гц и амплитудой до 0,1 мм;
- наличие пыли и брызг воды;
- отсутствие прямого воздействия солнечной радиации и дождя.

Напряжение питания – 220-240 В частотой 50 Гц, допустимое отклонение напряжения питания – от +10 до –15 %

Для управления расходом двуокиси углерода в стриппер-дистиллятор (поз. 6-3, P_y 2,5 МПа, D_y 100 мм) используется задвижка с электроприводом ЗН 1125-10 P_y2,5 D_y100. Управление электроприводом задвижки осуществляется пускателем ПБР-ЗИ (поз. 6-2).

Для управления расходом воды в конденсатор (поз. 9-3, P_y 0,6 МПа, D_y 80 мм) используется задвижка с электроприводом ЗН 1125-08 P_y0,6 D_y80. Управление электроприводом задвижки осуществляется пускателем ПБР-ЗИ (поз. 9-2).

Продолжение таблицы 5.1.

1	2	3	4	5	6	7
12-1	Температура пара на выходе из конденсатора	135 °С	На трубопроводе	См. поз. 3-1		
12-1	Температура плава карбамида перед дистиллятором	150 °С	На трубопроводе	См. поз. 3-1		
17-1	Температура УАС на входе в конденсатор	160 °С	На трубопроводе	См. поз. 3-1		
2-1	Расход пара 1,4 МПа	0,215 кг/с	На трубопроводе	Кориолисовый расходомер Micro Motion серии CMFH, предназначенный для прямого измерения массового расхода, вычисления объемного расхода жидкостей, газов и взвесей. Размеры D _y 100 мм P _y 1,6 МПа. Выходной сигнал 4..20 мА.	CMFH C2-016.10	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
2-2			По месту	Пускатель бесконтактный реверсивный с для дистанционного пуска и остановки электродвигателей.	ПБР-ЗИ	ОАО «АБС Автоматизация» г. Чебоксары
2-3			На трубопроводе	Задвижка с электроприводом D _y 250 мм P _y 1,6 МПа	ЗН 1116-25	ПЗТА Пензенский завод трубопроводной арматуры
4-1	Расход газов дистилляции	340 м ³ /ч	На трубопроводе	Кориолисовый расходомер Micro Motion серии CMFH. Размеры D _y 200 мм P _y 2,5 МПа. Выходной сигнал 4..20 мА.	CMFH B2-025.20	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
5-1	Расход плава карбамида на входе в дистиллятор	425 м ³ /ч	На трубопроводе	Расходомер на базе ОНТ Annubar Метран-350 P _y 2,5 МПа D _y 150 мм, предназначен для измерения расхода жидкости, газа, пара. Выходной сигнал электрический 4..20 мА. Предел 0..520 м ³ /ч	Метран 350-025.15	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск

Изм. Листм
 N докум.
 Подп.
 Дата

vector-study.ru

Листм

6 Безопасность и экологичность проекта

Цель дипломного проекта – спроектировать тепловой аппарат для выделения из плава карбамида растворенного CO_2 , работающего в составе установки производства карбамида, что позволит увеличить выход плава карбамида по сравнению с существующим оборудованием-аналогом. Для достижения этой цели в дипломном проекте представлены решения задач:

- 1) проанализированы существующие схемы производства карбамида, выявлены достоинства и недостатки (см. раздел 1);
- 2) выполнены расчеты, определяющие оптимальные параметры для процесса синтеза карбамида (см. раздел 2);
- 3) для предотвращения разрушения аппарата в рабочих условиях выполнены соответствующие расчеты на прочность (см. раздел 3);
- 4) для изготовления аппарата составлена схема сборки, технологическая, маршрутная и операционная карты (см. раздел 4);
- 5) выбрана система контроля и автоматизации оборудования, что обеспечивает безопасность обслуживающего персонала и достижение заданной степени очистки при изменяющихся условиях работы аппарата (см. раздел 5);
- 6) результаты экономических расчетов подтверждают эффективность принятых решений (см. раздел 7).

Результаты дипломного проекта будут реализованы в природно-климатических условиях города Невинномысска, где климатические факторы, влияющие на рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере, приняты согласно данным Ставропольского краевого центра по гидрометеорологии: средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца $T_{\text{л}} = 29,1^\circ \text{C}$; средняя максимальная температура наиболее холодного $T_3 = -0,4^\circ \text{C}$.

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

горячего водоснабжения» ПБ 10-573-03 [16]: 1) правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением ПБ 10-115-96, ПБ 09-170-97 «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств»

Для предотвращения поражения электрическим током необходимо соблюдение межотраслевых правил по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ-016-2001.

Для предотвращения шума необходимо выполнение санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.562 -96, утвержденные постановлением Госсантехнадзора РФ от 31 октября 1996 г. №36 [16].

Для защиты персонала от воздействия опасных и вредных факторов предусмотрены средства индивидуальной защиты ГОСТ 12.4.011-94 «Средства защиты работающих. Классификация» [16].

Для защиты от удара молнией рекомендуется устанавливать молниеотводы на высоком оборудовании. Поскольку высота выпарного аппарата значительно меньше, чем другого цехового оборудования, то молниеотвод устанавливаем на грануляционной башне $h = 23$ м с наружным диаметром 10 м.

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

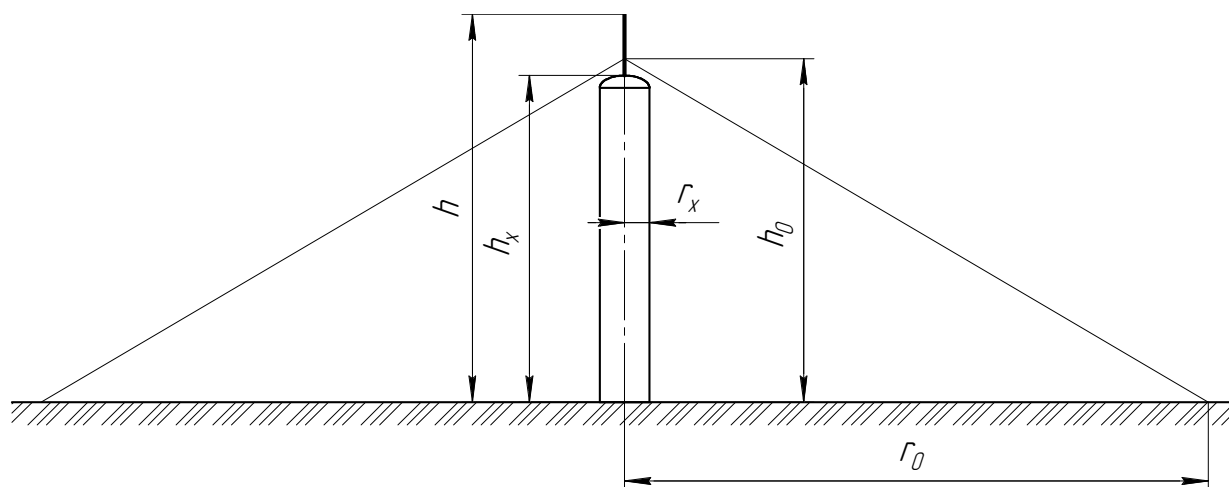


Рисунок 6.1 Схема к расчёту молниеотвода

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

$L = 2,5$ м – длина электрода;

$h = 1,95$ м – расстояние от поверхности земли до середины электрода;

$b = 0,05$ м – ширина полки.

Тогда сопротивление заземления составит

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

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

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

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

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

Тогда

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

Выбираем ближайшее целое число – 2, то есть заземляющее устройство состоит из двух электродов длиной 2,5 м, зарытых вертикально в грунт на расстоянии друг от друга – 5 метров на глубину 1,95 м от поверхности земли до середины электрода.

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 адек-

7 Организационно-экономический раздел

7.1 Обоснование производственной мощности

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.

Производственная мощность предприятия может быть определена по формуле:

$$M_{\text{пр}} = T_m \cdot \Pi = 345 \cdot 1050 = 362250 \text{ т/год},$$

где $T_m = 345$ сут/год – максимально возможный годовой фонд времени работы единицы оборудования (машины, агрегата, установки, станка), суток;

$\Pi = 1050$ т/сут – производительность одной единицы оборудования в сутки в натуральном выражении.

Фактический годовой выпуск продукции составляет $Q_{\text{пр}} = 351000$ т/год. Уровень использования мощностей (проектируемый и фактический, или аналоговый), за определенный промежуток времени:

$$K_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{пр}}}{M_{\text{пр}}} = 351000 / 362250 = 0,969.$$

Результаты расчета производственной мощности сведены в таблицу 7.1. Производимый продукт – аммиак.

Таблица 7.1 – Расчет производственной мощности

Показатель	Значение
Максимально возможный фонд рабочего времени, сут	345
Производительность оборудования, т/сут	1050
Производственная мощность предприятия, т/год	362250
Фактический объем производства, т/год	351000
Коэффициент использования производственной мощности	96,9%

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	6	6	6
Специалисты	3	2	7	7
Служащие	1	3	3	3
Всего		11	16	16

Расчет заработной платы рабочих сведен в таблицу 7.4, ИТР – в таблицу 7.5.

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	25	118,7	188	557 890,00р.	40	223 156,00р.	111 578,00р.	892 624,00р.	10 711 488,00р.
Ремонтный персонал	5	6	109,2	166	108 763,20р.	40	43 505,28р.	21 752,64р.	174 021,12р.	2 088 253,44р.
Вспомогательные рабочие	4	6	95,1	166	94 719,60р.	40	37 887,84р.	18 943,92р.	151 551,36р.	1 818 616,32р.
Итого		37			761 372,80р.		304 549,12р.	152 274,56р.	1 218 196,48р.	14 618 357,76р.

Средняя заработная плата рабочих в месяц

$$СЗ_{\text{раб}} = \frac{\text{ФОТ}_{\text{раб}}}{12Ч_{\text{раб}}} = \frac{14\,618\,357,76}{12 \cdot 37} = 32\,924,23 \text{ руб/мес.}$$

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	6	12	37 120,00р.	222 720,00р.	40	89 088,00р.	311 808,00р.	3 741 696,00р.
Специалисты	5	7	12	32 670,00р.	228 690,00р.	40	91 476,00р.	320 166,00р.	3 841 992,00р.
Служащие	4	3	12	30 010,00р.	90 030,00р.	40	36 012,00р.	126 042,00р.	1 512 504,00р.
Итого		16			541 440,00р.		216 576,00р.	758 016,00р.	9 096 192,00р.

Средняя заработная плата ИТР в месяц

$$СЗ_{\text{ИТР}} = \frac{\text{ФОТ}_{\text{ИТР}}}{12Ч_{\text{ИТР}}} = \frac{9\,096\,192,00}{12 \cdot 16} = 47\,376,00 \text{ руб/мес.}$$

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 необходимо знать общую сумму и состав затрат по аналогу (в лучшем варианте удельные капитальные вложения должны быть меньшими).

После расчета калькуляции затрат по проектному варианту выполним сравнение с плановой по аналогу, определяя экономию затрат по основным статьям расходов и в целом по себестоимости.

Результаты расчета экономии по калькуляционным статьям как абсолютной, так и относительной, представлены в таблице 7.6.

Таблица 7.6 – Результаты расчета экономии по калькуляционным статьям

Наименование статей расхода	Данные аналога		Проектные данные		Отклонение	
	на единицу	на весь выпуск	на единицу	на весь выпуск	абс	%
Переменные расходы						
1. Материальные расходы	13 991,80р.	4 911 121 800,00р.	13 987,30р.	4 909 542 300,00р.	- 1 579 500,00р.	-0,0322
2. Расходы энергоресурсов	9 430,95р.	3 310 263 450,00р.	9 430,81р.	3 310 214 310,00р.	- 49 140,00р.	-0,0015
3. Расходы на оплату труда	67,56р.	23 714 549,76р.	67,56р.	23 714 549,76р.	- р.	0,0000
Итого переменные расходы	23 490,31р.	8 245 099 799,76р.	23 485,67р.	8 243 471 159,76р.	- 1 628 640,00р.	-0,0198
Постоянные расходы						
4. Амортизационные расходы	592,07р.	207 816 570,00р.	591,91р.	207 760 410,00р.	- 56 160,00р.	-0,0270
5. Расходы на обязательное и добровольное страхование имущества	152,72р.	53 604 720,00р.	152,72р.	53 604 720,00р.	- р.	0,0000
6. Расходы на содержание и ремонт основных средств	229,14р.	80 428 140,00р.	227,19р.	79 743 690,00р.	- 684 450,00р.	-0,8510
7. Расходы на освоение природных ресурсов	44,45р.	15 601 950,00р.	44,45р.	15 601 950,00р.	- р.	0,0000
8. Расходы на НИР и ОКР	103,55р.	36 346 050,00р.	107,37р.	37 686 870,00р.	1 340 820,00р.	3,6890
9. Цеховые расходы	1 259,22р.	441 986 220,00р.	1 259,22р.	441 986 220,00р.	- р.	0,0000
10. Общепроизводственные расходы	455,93р.	160 031 430,00р.	455,93р.	160 031 430,00р.	- р.	0,0000
11. Прочие расходы	122,03р.	42 832 530,00р.	122,03р.	42 832 530,00р.	- р.	0,0000
12. Внереализационные расходы	36,77р.	12 906 270,00р.	36,77р.	12 906 270,00р.	- р.	0,0000
Итого постоянные расходы	2 995,88р.	1 051 553 880,00р.	2 997,59р.	1 052 154 090,00р.	600 210,00р.	0,0571
13. Полная себестоимость	26 486,19р.	9 296 653 679,76р.	26 483,26р.	9 295 625 249,76р.	- 1 028 430,00р.	-0,0111

7.4 Расчет капитальных затрат и амортизационных отчислений

В данной дипломной работе мы производим увеличение поверхности теплообмена стриппер-дистиллятора, поэтому капитальные затраты аналога и проектируемого цеха составляют

$$K_{ан} = 1\,050\,812\,000,00 \text{ руб.};$$

$$K_{пр} = 1\,052\,153\,000,00 \text{ руб.}$$

Расчет капитальных затрат и амортизационных отчислений в условиях инфляции производят на определенную дату, ту же на которую считается себестоимость и рентабельность.

7.6 Расчет эффективности использования основных средств

Основные средства – это средства труда, которые неоднократно участвуют в производственном процессе, сохраняя при этом свою натуральную форму, а их стоимость переносится на производимую продукцию частями по мере снашивания. По принципу вещественно–натурального состава они подразделяются на: здания, сооружения, передаточные устройства, машины и оборудование (рабочие и силовые машины и оборудование, измерительные и регулирующие устройства), транспортные средства, инструмент. К основным средствам относят средства труда со сроком службы более 1 года и стоимостью более 100 МРОТ.

Фондовооруженность труда (W) определяется:

$$W = \frac{\Phi}{N} = 1\,052\,153\,000,00 / 53 = 19\,851\,943,40 \text{ руб/чел,}$$

где Φ – среднегодовая стоимость основных фондов, руб.;

N – среднегодовая численность ППП, чел.

Фондоотдача (Φ_o):

$$\Phi_o = \frac{V}{\Phi} = 10\,238\,670\,000,00 / 1\,052\,153\,000,00 = 9,731 \text{ руб/руб,}$$

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

Рентабельность производства продукции:

$$РПП = \frac{\Pi}{C_{\Pi}}, = 943\,044\,750,24 / 9\,295\,625\,249,76 = 10,15\%,$$

где Π – чистая или валовая прибыль;

C_{Π} – себестоимость продукции.

Общая рентабельность производственных фондов:

$$РПФ = \frac{\Pi}{\Pi\Phi_{\text{ср}}} = 943\,044\,750,24 / 1\,052\,153\,000,00 = 89,63\%,$$

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

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата

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:

$$ТБ = \frac{ПИ}{Ц_y - ПИ_y} = 1\,052\,154\,090,00 / (29\,170,00 - 23485,67) = 185097,$$

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.

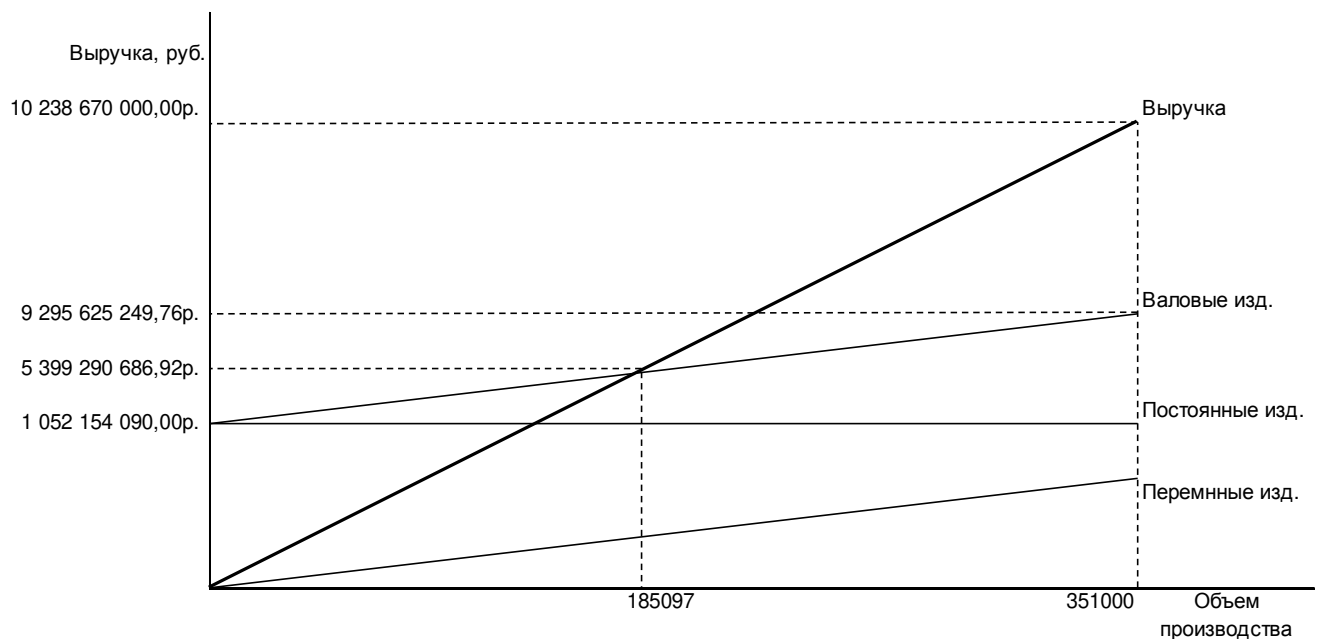


Рисунок 7.1 – Определение точки безубыточности

Заключение

В данном дипломном проекте был спроектирован тепловой аппарат для концентрирования плава карбамида, используемый в установке производства карбамида мощностью 120 тыс. т/год. В разделе, посвященном обзору и анализу состояния вопроса, выполнен краткий анализ существующих схем производства карбамида и приведены конструкции типовых аппаратов, используемых при производстве. На основании анализа выбрана технологическая схема и аппарат, в котором выполняется выпаривание.

Технологический раздел посвящен детальному описанию выбранной схемы производства и теплового аппарата. Раздел содержит технологические расчеты по проектируемому аппарату и вспомогательному оборудованию (барометрический конденсатор и емкость для хранения раствора карбамида перед упариванием). Определены геометрические размеры аппарата и его составных частей.

Расчетно-конструкторский раздел содержит описание конструкции аппарата и прочностной расчет его основных элементов: обечайки, фланцевого соединения, опор, днищ, укрепления отверстия.

В специальном разделе описана технология изготовления обечайки греющей камеры, выполнен подбор необходимых материалов и оборудования, сделан расчет режимных параметров процессов. Составлены технологическая, маршрутная и технологическая карты для изготовления обечайки. Проработана технология сборки аппарата.

Раздел, посвященный автоматизации оборудования, описывает используемые средства регулирования и контроля, применяемые в производстве для обеспечения эффективности процесса и его технологичности.

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

Организационно-экономический раздел содержит расчет величин, показывающих экономическую эффективность проекта.

Спроектированный тепловой аппарат карбамида удовлетворяет техническому заданию и может быть использован в составе установки производства карбамида мощностью 120 тыс. т/год.

					vector-study.ru	Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата		100

автоматизации: Учебное пособие / А.М. Афонин, Ю.Н. Царегородцев, А.М. Петрова, Ю.Е. Ефремова. - М.: Форум, 2010. - 192 с.

15. Кангин, В.В. Промышленные контроллеры в системах автоматизации технологических процессов: Учебное пособие / В.В. Кангин. - Ст. Оскол: ТНТ, 2012. - 408 с.

16. Сборник законодательных и других нормативных правовых актов по охране труда./Под ред. В.С. Шевцова. – Пятигорск: «Спецпечать», 2002.

17. Кукин П.П., Лапин В.Л., Пономарев Н.Л. Безопасность технологических процессов производств. Учеб. пособие для вузов, 4-е изд., перераб. М.: Высш. шк., 2007. — 335 с.: ил.

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

Изм.	Лист	№ докцм.	Подп.	Дата