

ВВЕДЕНИЕ

Карбамид (мочевина) 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.

Карбамид $\text{Co}(\text{NH}_2)_2$ (мочевина) или амид карбаминовой кислоты – кристаллическое вещество без запаха. Технический продукт имеет белый или слегка желтоватый цвет. Чистый карбамид содержит 46,67% азота в амидной форме.

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.

В промышленности карбамид применяют для приготовления карбамидо – формальдегидных смол, пластических масс, клеев, фармацевтических препаратов, для депарафинизации смазочных масел, для полимеров, перерабатываемых в волокна, в текстильной и бумажной промышленности, в производстве красителей и моющих средств. Его применяют также в деревообрабатывающей и кожевенной промышленности.

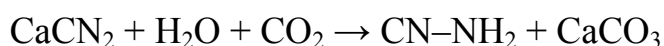
		N				4

1 ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

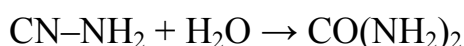
1.1 Способы получения карбамида

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 и позволила разрушить господствовавшее в то время виталистическое представление о жизненных процессах, объяснявшее их наличием в живом организме особой «жизненной силы».

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 цианамид кальция с водой в присутствии двуокиси углерода или серной кислоты:

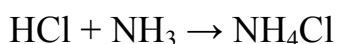
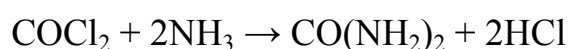


После отфильтровывания карбоната кальция раствор цианамид подкисляют серной кислотой и нагревают до 50—70 °С под давлением 0,1–0,5 МПа. В этих условиях цианамид превращается в карбамид:



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.

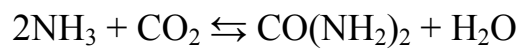
Более совершенны и рентабельны способы, по которым в качестве дешевого азотсодержащего сырья используется аммиак (стоимость азота в аммиаке в несколько раз ниже стоимости азота в цианамиде). По одному из них карбамид можно синтезировать из фосгена и аммиака:



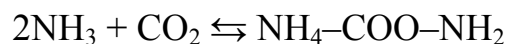
		N				6

- 3) обработка плава;
- 4) концентрирование раствора карбамида;
- 5) кристаллизация (гранулирование) карбамида;
- 6) расфасовка и складирование товарного продукта;
- 7) очистка сточных вод и отходящих газов.

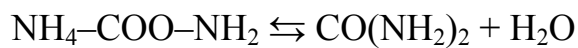
Синтез карбамида из аммиака и двуокиси углерода протекает по суммарной реакции



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 Схемы получения карбамида

В мировой практике производства карбамида применяются разнообразные процессы с полной рециркуляцией непрореагировавших аммиака и двуокиси углерода. Эти процессы можно классифицировать примерно следующим образом: с рециркуляцией растворенных NH_3 и CO_2 ; с рециркуляцией суспензии карбамата аммония; процессы, основанные на разделении непрореагировавших NH_3 и CO_2 с возвратом их в цикл; с рециркуляцией горячих газов; стриппинг - процесс синтеза и дистилляции [1].

		N				8

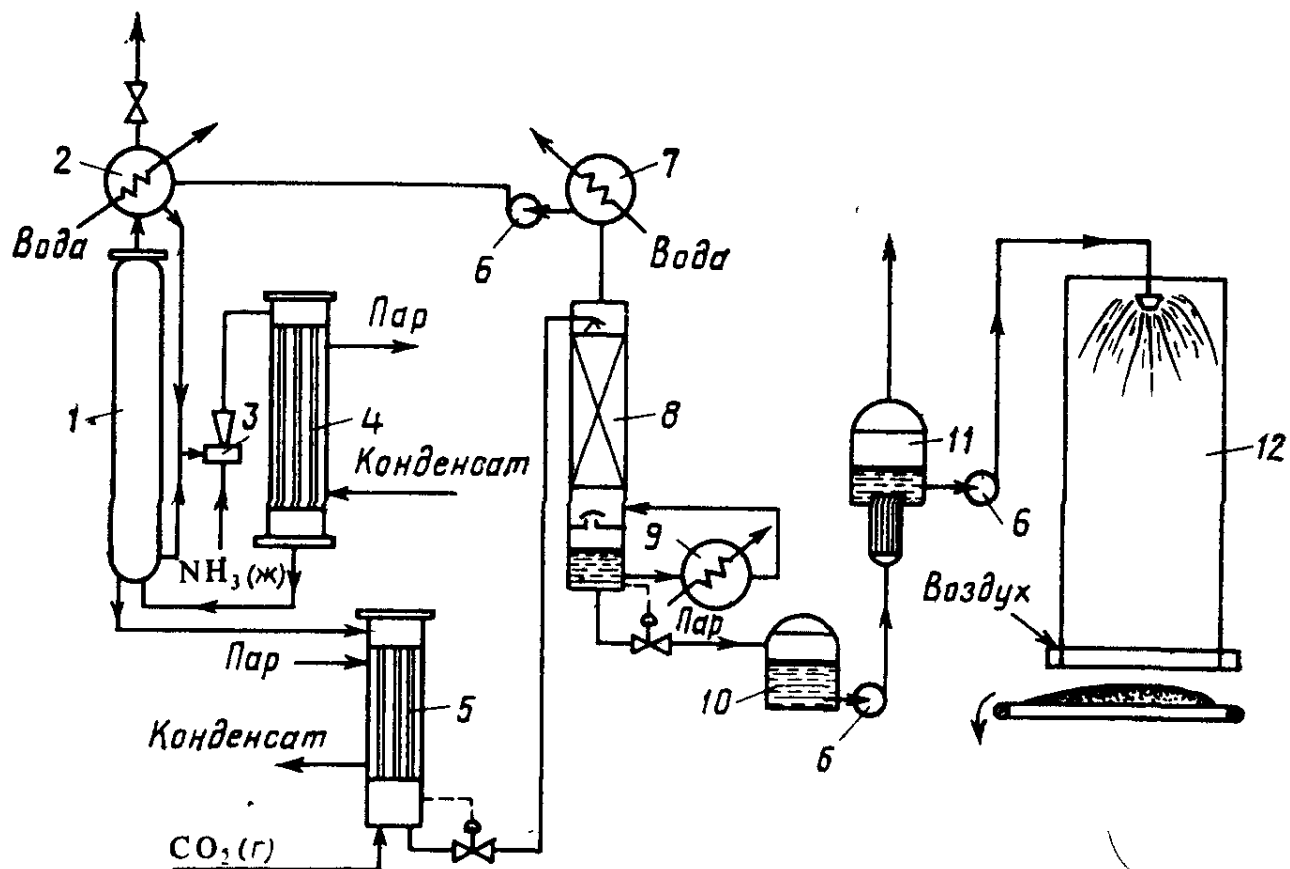


Рисунок 1.1 – Упрощенная технологическая схема получения карбамида с полным жидкостным рециклом и применением процесса стриппинга:

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

В схеме выделяют узел высокого давления, узел низкого давления и систему грануляции. Водный раствор карбамата аммония и углеаммонийных солей, а также аммиак и диоксид углерода поступают в нижнюю часть колонны синтеза 1 из конденсатора высокого давления 4. В колонне синтеза при температуре 170–190 °С и давлении 13–15 МПа заканчивается образование карбамата и протекает реакция синтеза карбамида. Расход реагентов подбирают таким образом, чтобы в реакторе молярное отношение $\text{NH}_3 : \text{CO}_2$ составляло 2,8–2,9.

Жидкая реакционная смесь (плав) из колонны синтеза карбамида поступает в отдувочную колонну 5, где стекает по трубкам вниз. Противотоком к плаву пода-

1.3 Колонны синтеза карбамида

Основным аппаратом, конструкция которого в значительной степени определяет количество остальной аппаратуры и схему узла синтеза, является реактор (колонна синтеза). В промышленности применяют два типа колонн синтеза - с защитными стаканами и футерованные [1].

Колонна синтеза карбамида с защитным стаканом. Конструкция колонны синтеза с защитным стаканом показана на рисунке 1.2.

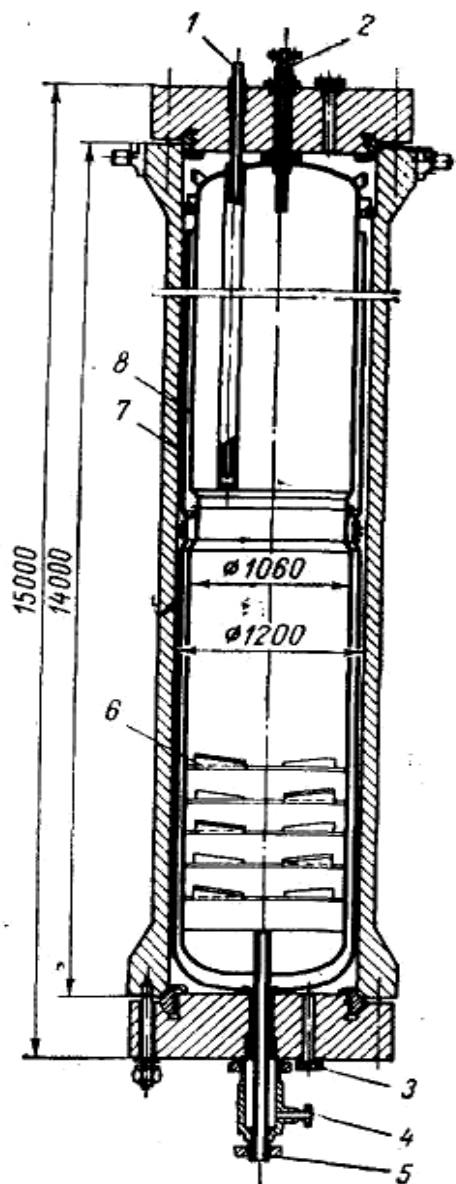


Рисунок 1.2 – Колонна синтеза карбамида с защитным стаканом:

1 — карман для термопары; 2 — штуцер для выхода плава; 3 — штуцер для подачи свежего аммиака; 4 —штуцер для подачи возвратного аммиака; 5 — штуцер для подачи CO_2 ; 6 — перегородки с прорезями; 7 — наружный стакан; 8— внутренний стакан.

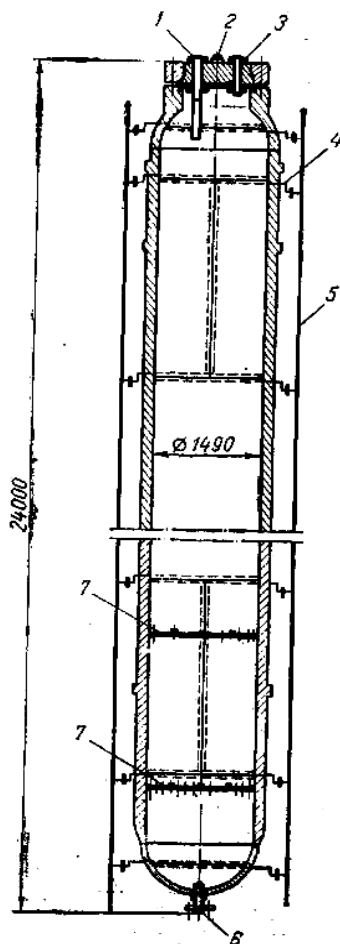


Рисунок 1.3 – Футерованная колонна синтеза карбамида:

1 — штуцер для выхода плава; 2 — штуцер для подачи пара или азота; 3 — карман для термометра; 4 — контрольные отверстия; 5 — коллектор; 6 — штуцер для ввода парожидкостной смеси; 7 — перегородки.

К крышке колонны снизу прикреплена толстая защитная пластина, по периферии также проточенная под прокладку. К пластине приварены пропущенные через крышку штуцера для вывода плава 1 и установки термопар 2, к первому снизу приварена трубка длиной 600 мм для создания газового пространства под крышкой колонны.

Листы футеровки свариваются встык с зазором 5 мм. Под стыками швов в корпусе и днище колонны имеются, пазы (кольцевые или продольные) шириной 120 мм и глубиной 5 мм в, которые заложены подкладки в виде полос из легированной стали сечением 110×5 мм. При сварке стыка подкладка приваривается к футеровке.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Описание технологической схемы и проектируемого оборудования

2.1.1 Описание технологической схемы

Технологическая схема производства карбамида изображена на рисунке 2.1.

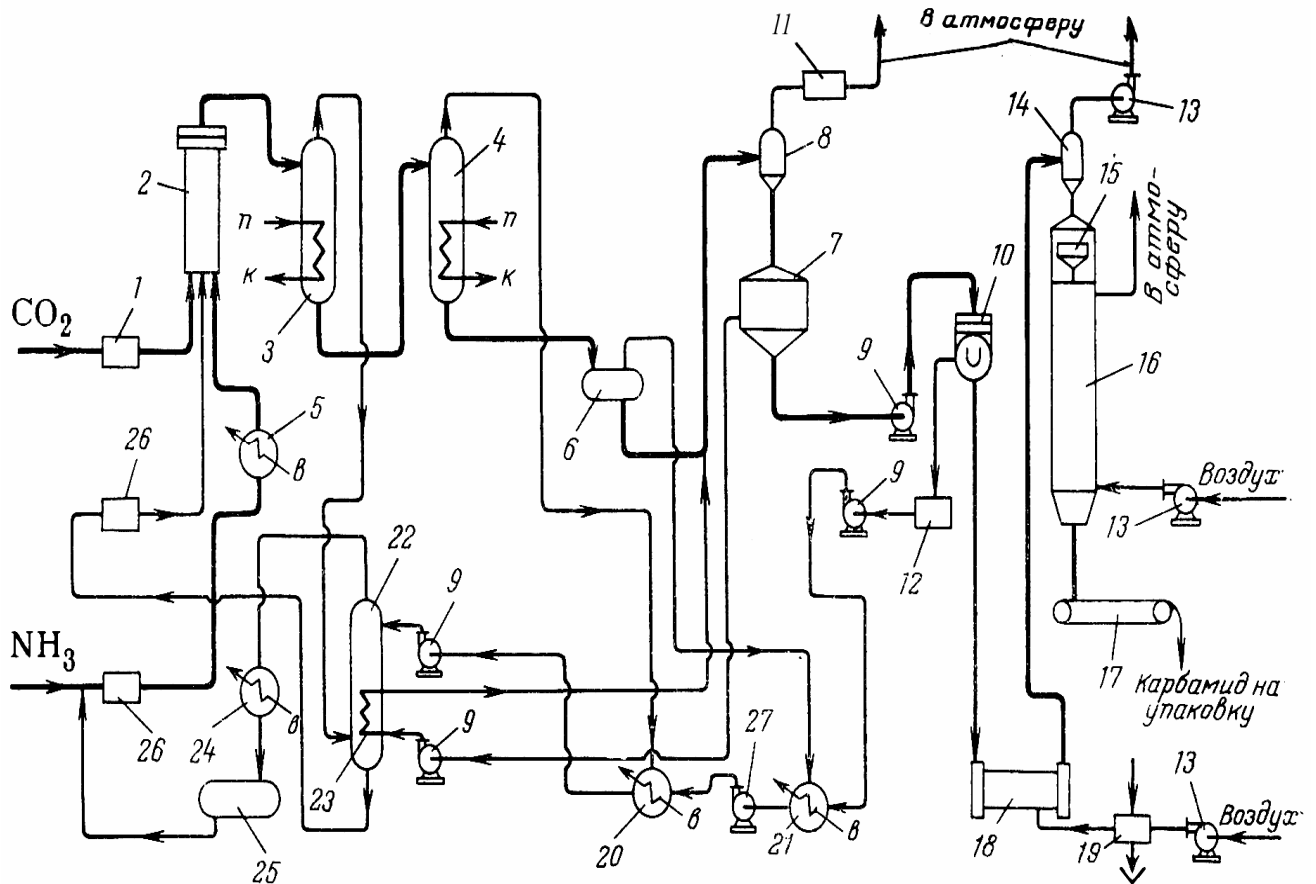


Рисунок 2.1 – Технологическая схема производства карбамида:

1 – углекислотный компрессор; 2 – колонна синтеза; 3 – разлагатель первой ступени; 4 – разлагатель второй ступени; 5 – подогреватель; 6 – газосепаратор; 7, 8 – вакуум-кристаллизаторы; 9, 27 – центробежные насосы; 10 – центрифуга; 11 – эжектор; 12 – сборник; 13 – вентиляторы; 14 – циклон; 15 – плавитель; 16 – грануляционная башня; 17 – конвейер; 18 – сушилка; 19 – калорифер; 20, 21 – конденсаторы-абсорберы аммиака и CO_2 ; 22 – промывная колонна; 23 – теплообменник к промывной колонне; 24 – конденсатор; 25 – буферная емкость; 26 – плунжерные насосы.

2.1.2 Описание проектируемого оборудования

Проектируемая колонна показана на рисунке 2.2

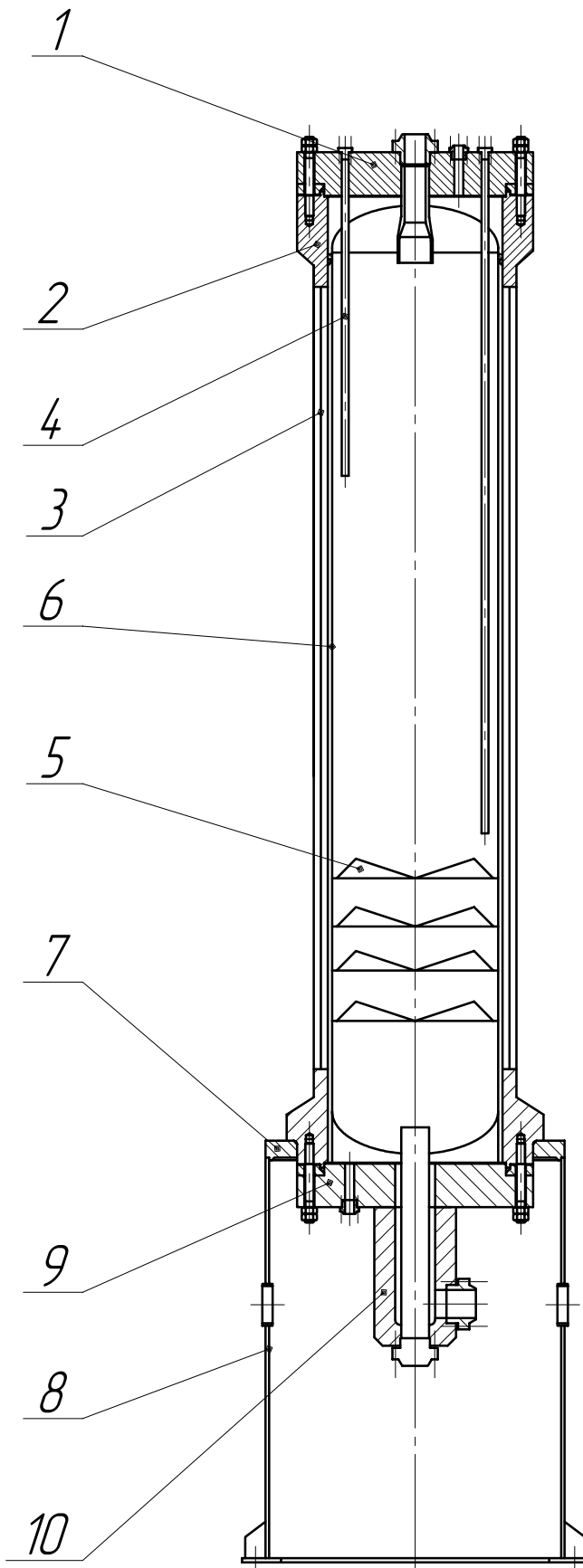


Рисунок 2.2 – Проектируемая колонна синтеза карбамида

	N			

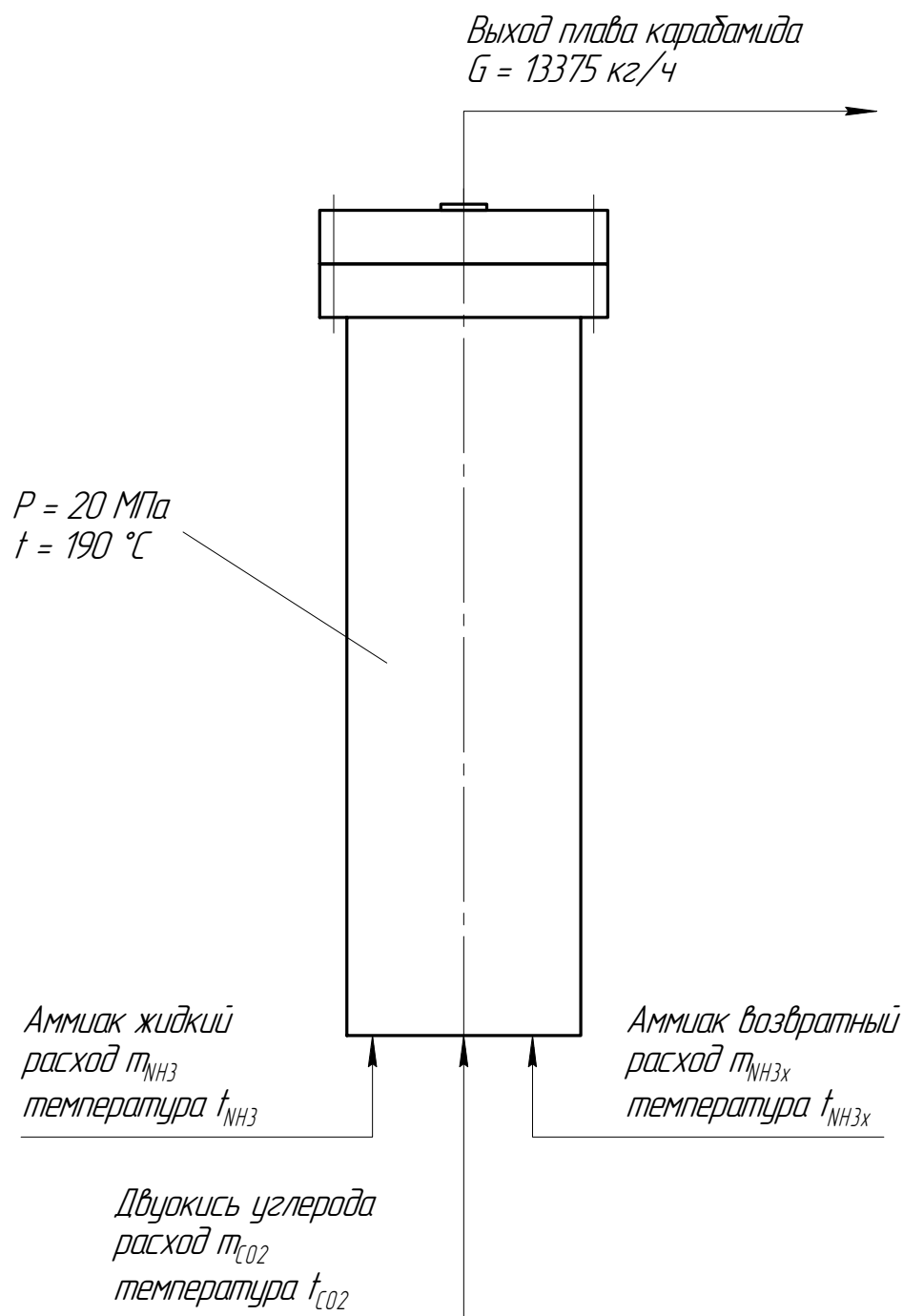


Рисунок 2.3 – Схема к расчету колонны синтеза карбамида

Так, синтез карбамида по различным схемам осуществляется при давлениях 18–40 МПа, температурах 180–210° С, мольном соотношении $\text{NH}_3:\text{CO}_2$ в исходной смеси $L = 2,5\text{--}6,0$ и времени пребывания реагентов в зоне реакции 30–60 мин [2].

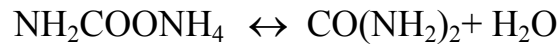
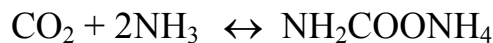
Принимаем давление синтеза $P = 20$ МПа, $L = 4.5$, мольное соотношение $\text{H}_2\text{O}:\text{CO}_2$ $W = 0.5$, температура синтеза уточняется расчетом, интервал варьирования $t = 170 \div 215$ °С.

		N				20

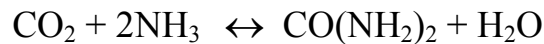
2.2.3 Расчет материального баланса колонны синтеза

Для упрощения выполним расчет необходимых количеств веществ, необходимых для образования 1 т карбамида с последующим определением их расхода.

Основные реакции синтеза карбамида:



Стехиометрический расход аммиака и углекислого газа на 1000 кг карбамида определяется по суммарной реакции:



Количество аммиака находим по формуле:

$$m_{\text{NH}_3} = \frac{n M_{\text{NH}_3} m_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2}}{M_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2}}$$

где n – стехеометрический коэффициент;

M_{NH_3} – молярная масса аммиака, $M_{\text{NH}_3} = 17$ кг/кмоль;

$M_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2}$ – молярная масса карбамида, $M_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2} = 60$ кг/кмоль;

$m_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2}$ – масса карбамида, $m_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2} = 1000$ кг.

Следовательно

$$m_{\text{NH}_3} = \frac{2 \times 17 \times 1000}{60} = 566.7 \text{ кг}$$

Количество углекислого газа определим по формуле:

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{M_{\text{CO}_2} m_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2}}{M_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2}}$$

где M_{CO_2} – молярная масса углекислого газа, $M_{\text{CO}_2} = 44$ кг/кмоль.

$$m_{\text{NH}_3} = \frac{44 \times 1000}{60} = 733,3 \text{ кг}$$

Количество реагентов, которое необходимо ввести в цикл для выработки $G = 13375$ кг/ч карбамида находим по формулам:

$$m'_{\text{NH}_3} = \frac{G m_{\text{NH}_3}}{1000} = \frac{13375 \times 566.7}{1000} = 7579.6 \text{ кг/ч}$$

$$m'_{\text{CO}_2} = \frac{G m_{\text{CO}_2}}{1000} = \frac{13375 \times 733.3}{1000} = 9807.9 \text{ кг/ч}$$

		N				22

Количество выделившейся воды при превращении карбамата аммония в карбамид

$$m_{H_2O} = \eta m_{NH_2COONH_4} \frac{M_{H_2O}}{M_{NH_2COONH_4}} = 0.645 \times 26957,3 \times \frac{18}{78} = 3493,3 \text{ кг/ч}$$

Непрореагировавший аммиак возвращается в колонну синтеза из следующих аппаратов технологической схемы. Принимаем возврат 90% аммиака, тогда количество возвратного аммиака

$$m_{NH_3x} = 0.9 m_{NH_3ост} = 0,9 \times 15206,7 = 13686,0 \text{ кг/ч}$$

Расход свежего аммиака

$$m_{NH_3} = m_{NH_3пр} - m_{NH_3x} = 26439,0 - 13686,0 = 12753,0 \text{ кг/ч}$$

Поскольку принята технологическая схема с жидкостным рециклом, то двуокись углерода в колонну не возвращается, поэтому расход свежего CO₂

$$m_{CO_2} = m_{CO_2пр} = 15206,7 \text{ кг/ч}$$

Суммарный приход вещества в колонну синтеза

$$m_{пр} = m_{NH_3} + m_{NH_3x} + m_{CO_2} = 12753,0 + 13686,0 + 15206,7 = 41645,7 \text{ кг/ч}$$

Суммарный расход вещества из колонны синтеза

$$m_{расх} = m_{NH_2COONH_4ост} + m_{CO(NH_2)_2} + m_{H_2O} + m_{NH_3ост} = 9569,8 + 13375,0 + 3493,3 + 15206,7 = 41644,8 \text{ кг/ч}$$

Расхождение находится в пределах погрешности расчетов. Результаты расчета материального баланса колонны синтеза карбамида сведены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Материальный баланс колонны синтеза карбамида

Приход, кг/ч		Расход, кг/ч	
Аммиак свежий	12753,0	Карбамат аммония	9569,8
Аммиак возвратный	13686,0	Карбамид	13375,0
Двуокись углерода	15206,7	Вода	3493,3
		Остаток аммиака	15206,7
ВСЕГО	41645,7	ВСЕГО	41644,8

Q_{p2} – приведенная теплота образования карбамида из аммиака и двуокиси углерода, кДж/ч;

q_1 – тепловой эффект реакции образования карбамата аммония, $q_1 = 1903$ кДж/кг [2];

q_1 – приведенный тепловой эффект реакции образования карбамида из аммиака и двуокиси углерода, $q_2 = 1720$ кДж/кг [2];

Соответственно тепловой эффект реакций

$$Q_{p1} = 9569,8 \times 1903 = 18211329 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{p2} = 13375,0 \times 1720 = 23005000 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_p = 18211329 + 23005000 = 41216329 \text{ кДж/ч}$$

Тогда расход тепла из уравнения теплового баланса

$$Q_{\text{расх}} = 1626946 + 41216329 = 42843275 \text{ кДж/ч}$$

Определим действительную температуру в колонне синтеза карбамида на основании теплового баланса. Действительный расход теплоты

$$Q_{\text{расх}} = m_{\text{расх}} c_{\text{пл}} t_{\text{пл}}$$

где $c_{\text{пл}}$ – теплоемкость 65% плава карбамида, $c_{\text{пл}} = 5,87$ кДж/(кг × К) [2].

Соответственно температура плава

$$t_{\text{пл}} = \frac{Q_{\text{расх}}}{m_{\text{расх}} c_{\text{пл}}} = \frac{42843275}{41644,8 \times 5,87} = 175 \text{ }^\circ\text{C}$$

Принятая температура в ректоре составляет

$$t_p = 190 \text{ }^\circ\text{C}$$

Отличие температуры уходящего плава от локальной температуры в реакторе обусловлено тем, что в реакционном стакане идут химические реакции с тепловым эффектом.

2.2.5 Расчет основных размеров реактора

Объемный расход образующегося плава карбамида будет равен:

$$V_{\text{пл}} = \frac{G}{\rho_{\text{пл}}}$$

где $\rho_{\text{пл}} = 900$ кг/м³ – плотность плава карбамида [3].

$$V_{\text{пл}} = \frac{13375}{900} = 14,86 \text{ м}^3/\text{ч}$$

		N				26

$$D_{\text{пл}} = \sqrt{\frac{4V_{\text{расх}}}{\pi\omega}}$$

где ω – скорость движения среды в штуцере, принимаем $\omega = 0.5$ м/с.

$V_{\text{расх}}$ – объемный расход среды в штуцере

$$V_{\text{расх}} = \frac{m_{\text{расх}}}{\rho_{\text{пл}}} = 41644,8/900 = 46.27 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,0129 \text{ м}^3/\text{с}$$

Соответственно

$$D_{\text{пл}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0129}{3.14 \times 0.5}} = 0.181 \text{ м}$$

Принимаем стандартное значение

$$D_{\text{пл}} = 0,200 \text{ мм}$$

Определим диаметр штуцера ввода аммиака. Согласно расчета материально-го баланса, расход жидкого аммиака

$$m_{\text{NH}_3} = 26439,0 \text{ кг/ч} = 7,34 \text{ кг/с}$$

Объемный расход аммиака

$$V_{\text{NH}_3} = \frac{m_{\text{NH}_3}}{\rho_{\text{NH}_3}}$$

где ρ_{NH_3} – плотность жидкого аммиака, $\rho_{\text{NH}_3} = 910$ кг/м³ [3, табл. III]

$$V_{\text{NH}_3} = \frac{7.34}{910} = 8.07 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

Аммиак подается насосом, поэтому принимаем скорость среды

$$\omega = 1,5 \text{ м/с}$$

Соответственно

$$D_{\text{ам}} = \sqrt{\frac{4 \times 8,07 \times 10^{-3}}{3.14 \times 1.5}} = 0.082 \text{ м}$$

Принимаем стандартное значение

$$D_{\text{ам}} = 0,100 \text{ мм}$$

2.2.7 Расчет вспомогательного оборудования

Выполним расчет установки пневмотранспорта карбамида. Согласно выбранной технологической схеме, после центрифуги и барабанной сушилки кристаллы карбамида подаются в плавитель на высоту 25 м при помощи установки пневмотранспорта. Схема к расчету пневмопровода показана на рисунке 2.6.

		N				28

Расход карбамида, подлежащего транспортировке, примем равным выходу плава из колонны синтеза

$$G_M = G = 13375 \text{ кг/ч} = 3.71 \text{ кг/с}$$

Принимаем диаметр гранул карбамида [2]

$$d_3 = 3,5 \text{ мм}$$

Рассчитаем режимные параметры на выходе из трубопровода. Все расчетные формулы и зависимости взяты из [5]. Для определения скорости витания частиц определим критерий Архимеда

$$Ar := \frac{gd_3^3(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{Г}}) \cdot \rho_{\text{Г}}}{\mu_{\text{Г}}^2}$$

где $g = 9.81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения;

$d_3 = 0,0035 \text{ м}$ – эквивалентный диаметр частиц;

$\rho_{\text{ч}} = 760 \text{ кг/м}^3$ – плотность карбамида;

$\rho_{\text{Г}}$ = плотность газа при условиях транспортирования.

Плотность транспортирующего агента

$$\rho_{\text{Г}} = \rho_0 \frac{P T_0}{P_0 T_1} = 1.293 \times \frac{0.12 \times 273}{0.1013 \times 333} = 1.252 \text{ кг/м}^3$$

Тогда критерий Архимеда

$$Ar = \frac{9.81 \times 0.0035^3 \times (760 - 1.252) \times 1.252}{(2.024 \times 10^{-5})^2} = 6.8281 \times 10^{-5}$$

Значение критерия Рейнольдса

$$Re_{\text{ВИТ}} := \frac{Ar}{18 + 0.61 \cdot \sqrt{Ar}} = \frac{6.8281 \times 10^{-5}}{18 + 0.61 \times \sqrt{6.8281 \times 10^{-5}}} = 1308$$

Скорость витания частиц будет равна

$$\omega_{\text{ВИТ}} := \psi \cdot \frac{Re_{\text{ВИТ}} \cdot \mu_{\text{Г}}}{\rho_{\text{Г}} \cdot d_3} = 0.9 \frac{1308 \times 5.4286 \times 10^{-5}}{1.252 \times 0.006} = 8.51 \text{ м/с}$$

Принимаем скорость движения частиц

$$\omega_{\text{ч}} := 0.1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Тогда скорость газа в трубопроводе

$$\omega_{\text{Г}} = \omega_{\text{ВИТ}} + \omega_{\text{ч}} = 8,51 + 0,1 = 8,61 \text{ м/с}$$

		N				30

3 РАСЧЕТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Конструирование колонны синтеза

Выполним конструирование колонны синтеза карбамида. Колонна показана на рисунке 3.1.

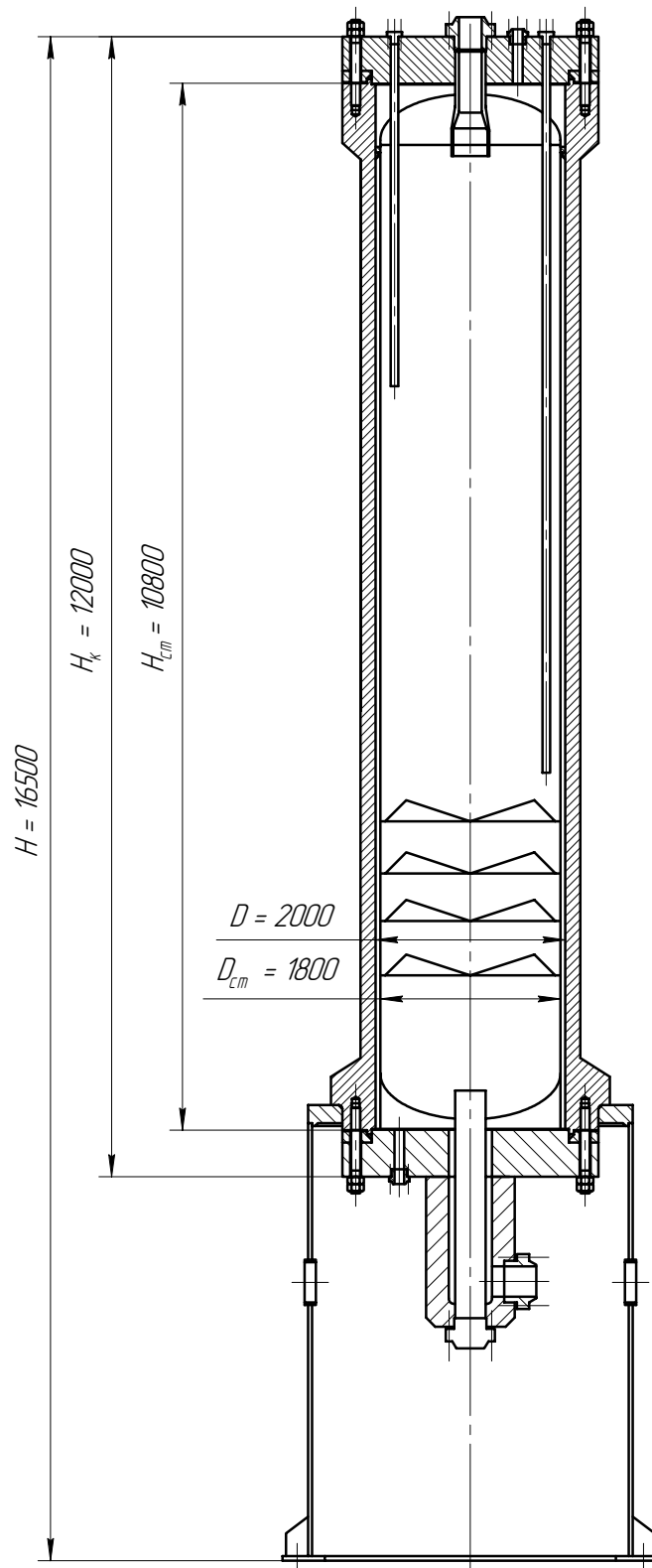


Рисунок 3.1 – Колонна синтеза карбамида

	N			

°С и допускающий изготовление деталей литьем. Характеристики выбранного материала при 190 °С определяем по справочным данным [7, стр. 84]

$$\sigma_B = 540 \text{ МПа}$$

$$\sigma_T = 240 \text{ МПа}$$

Определим номинальное допускаемое напряжение. Согласно [7, табл. 14.5] расчет для легированной стали при рабочей температуре не более 420 °С необходимо вести по формулам

$$\sigma^* = \min \left\{ \frac{\sigma_B}{n_B}; \frac{\sigma_T}{n_T} \right\}$$

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 0,5 МПа $n_T = 1,65$ [7, табл. 14.6].

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

$$\sigma^* = \min \left\{ \frac{540}{2,6}; \frac{240}{1,65} \right\} = \min \{207; 145\} = 145 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{20}^* = 172 \text{ МПа}$$

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

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

где η – поправочный коэффициент, учитывающий вид заготовки $\eta = 1,0$ [8].

Подставляя числовые значения, получим

$$[\sigma] = 1,0 \times 145 = 145 \text{ МПа}, [\sigma]_{20} = 1,0 \times 172 = 172 \text{ МПа}.$$

Допускаемое напряжение при гидроиспытаниях

$$[\sigma]_{и} = \sigma_{T20} / 1,1 = 240 / 1,1 = 218 \text{ МПа}$$

3.3 Расчет цилиндрической обечайки

Схема к расчету обечайки на прочность приведена ниже на рисунке 3.2

		N				36

3.4 Расчет фланцевого соединения

Выполним расчет фланцевого соединения корпуса аппарата и верхнего днища. Схема к расчету приведена на рисунке

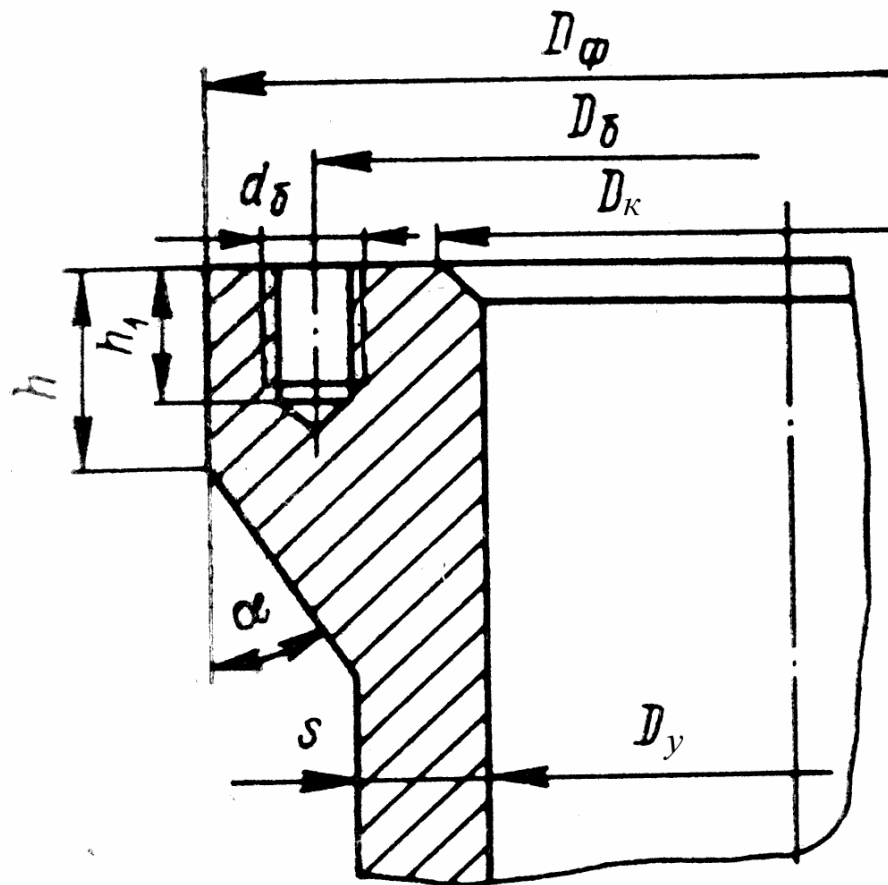


Рисунок 3.3 – Схема к расчету фланцевого соединения

Согласно принятой конструкции аппарата для трапециидальной прокладки в замке сила осевого сжатия будет [7]

$$P_n = \pi D k b_3 P$$

где D – условный диаметр уплотнения, $D = 2020$ мм;

k – коэффициент, зависящий от материала прокладки, принимаем материал стальной прокладки X18H10T, для которой $k = 6.5$ МН/м² [7, табл. 20.28];

b_3 – эффективная ширина уплотнения

$$b_3 = \frac{D}{2} \left(\sqrt{1 - \frac{1.1P}{[\sigma] - 1.1P}} - 1 \right) = \frac{2000}{2} \left(\sqrt{1 - \frac{1.1 \times 20}{145 - 1.1 \times 20}} - 1 \right) = 0,028 \text{ м}$$

Тогда

$$P_n = 3.14 \times 2.0 \times 0,028 \times 20 = 3.51 \text{ МН}$$

Диаметр болтовой окружности

$$D_6 = \varphi D_y^{0,933}$$

$$d_{62} = 0,25 \left(\sqrt{\frac{10 \times 66.3}{537} + 2,00^2} - 2,00 \right) = 0.064 \text{ мм}$$

Принимаем

$$d_6 = 70 \text{ мм}$$

Площадь поперечного сечения шпильки

$$F_6 = \frac{\pi d_6^2}{4} = \frac{3.14 \times 70^2}{4} = 3848 \text{ мм}^2$$

Расчетное число шпилек при затяжке соединения

$$z_1 = \frac{P_{61}}{F_6 [\sigma]_6} = \frac{72.6}{3848 \times 10^{-4} \times 537} = 42.6$$

Расчетное число шпилек в рабочих условиях

$$z_2 = \frac{P_{62}}{F_6 \sigma_{T20}} = \frac{66.3}{3848 \times 10^{-4} \times 805} = 38.4$$

Расчетное число шпилек, исходя из оптимального шага расположения

$$z_t = \frac{\pi D_6}{t}$$

где t – оптимальный шаг расположения шпилек

$$t = \psi d_6$$

где ψ – относительное расстояние t/d_6 между центрами шпилек, для $p_y > 6.4$ МПа $\psi = 2.5$

Тогда

$$t = 2.5 \times 70 = 175 \text{ мм}$$

$$z_t = \frac{3,14 \times 2530}{175} = 42.1 \text{ мм}$$

Принимаем число шпилек, не меньшее из трех расчетных значений и кратное четырем

$$z = 44$$

Тогда нагрузка в стержне шпильки при затяжке соединения

$$\sigma_{61} = \frac{P_{61}}{F_6 z} = \frac{72.6}{3848 \times 10^{-4} \times 44} = 228 \text{ МПа}$$

Нагрузка в стержне рабочих условиях

$$\sigma_{62} = \frac{P_{62}}{F_6 z} = \frac{66.3}{3848 \times 10^{-4} \times 44} = 214 \text{ МПа}$$

		N				40

Вспомогательная величина при затяжке соединения

$$\Phi_1 = \frac{P_1}{[\sigma]_{20}} \psi_1$$

где ψ_1 – вспомогательный коэффициент, для $D_\phi/D_y = 2700 / 2000 = 1.32$

$$\psi_1 = 1,18 [7, \text{рис. 21.8}]$$

Соответственно

$$\Phi_1 = \frac{52,6}{172} \times 1,18 = 0,361$$

Вспомогательная величина при рабочих условиях

$$\Phi_2 = \frac{P_2}{[\sigma]} \psi_1 = \frac{51,8}{142} \times 1,18 = 0,430$$

Вспомогательная величина А

$$A = 2\psi_2 s^2 = 2$$

где ψ_2 – вспомогательный коэффициент, для $D_\phi/D_y = 2700 / 2000 = 1.32$

$$\psi_2 = 3.0 [7, \text{рис. 21.9}]$$

$$A = 2 \times 3.0 \times 0.16^2 = 0.1536$$

Расчетная глубина резьбы

$$h_1 = 0.45 \times \sqrt[3]{D_y (\Phi - 0,85A)}$$

где Φ – максимальная величина из Φ_1 и Φ_2

$$\Phi = 0,430$$

Соответственно

$$h_1 = 0.45 \times \sqrt[3]{2.0 \times (0.430 - 0,85 \times 0.1536)} = 0.128 \text{ м}$$

Расчетная высота фланца

$$h = 1.85 h_1 = 1.85 \times 0.128 = 0.235 \text{ мм}$$

3.5 Расчет крышки

Выполним расчет плоской крышки, закрывающей аппарат сверху. Схема к расчету показана на рисунке 3.3.

Расчетная толщина крышки [7]

$$h = 0.5 \sqrt{\frac{3.8P_0 (D_0 - D) + D^3 P}{(D_k - 2d_0 - \Sigma d_i) [\sigma]}}$$

		N				42

зоподъемности и размеры платформ, то оно перевозится на двух и более прицепах [8].

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

Транспортировка колонны от завода-изготовителя к месту работы производится собранном виде и установленными днищами. Стакан перевозится отдельно.

Предварительно принимаем для транспортирования аппарата – пневмоколёсный прицеп-тяжеловоз ЧМЗАП-5530, при транспортировании по сухой грунтовой дороге с максимальным подъёмом 3% и скоростью $v=2,6$ км/ч; для буксировки прицепа с аппаратом – трактор марки ДЭТ-250 мощностью двигателя $N = 184$ кВт и скоростью $v=2...20,5$ км/ч.

Суммарное сопротивление движению всего транспорта определяется по формуле:

$$F = 10 \cdot G_T \cdot f_T + 10 \cdot (G_{\Pi} + G_0) \cdot f_{\Pi} \mp 10 \cdot (G_T + G_{\Pi} + G_0) \cdot f_y$$

где $G_T = 25$ т – масса тягача;

$f_T = 0,075$ – удельное сопротивление движению тягача; [9, Таблица 30]

$G_{\Pi} = 47$ т – масса выбранного для транспортирования оборудования прицепа, т; [9, Таблица 31]

$G_0 = 95$ т – масса транспортируемого оборудования;

$f_{\Pi} = 0,05$ – удельное сопротивление движению прицепа; [9, Таблица 32]

$f_y = 0,03$ – сопротивление движению от уклона дороги, равное показателю уклона, соответствующему 0,01 на каждый процент уклона (с плюсом при подъёме дороги, с минусом – при спуске).

$$F = 10 \cdot 25 \cdot 0,075 + 10 \cdot (47 + 95) \cdot 0,05 + 10 \cdot (25 + 47 + 95) \cdot 0,03 = 50 \text{ кН.}$$

Необходимое тяговое усилие для страгивания автопоезда с места с учетом увеличения тяговой нагрузки примерно на 50 % определяется по формуле:

		N				46

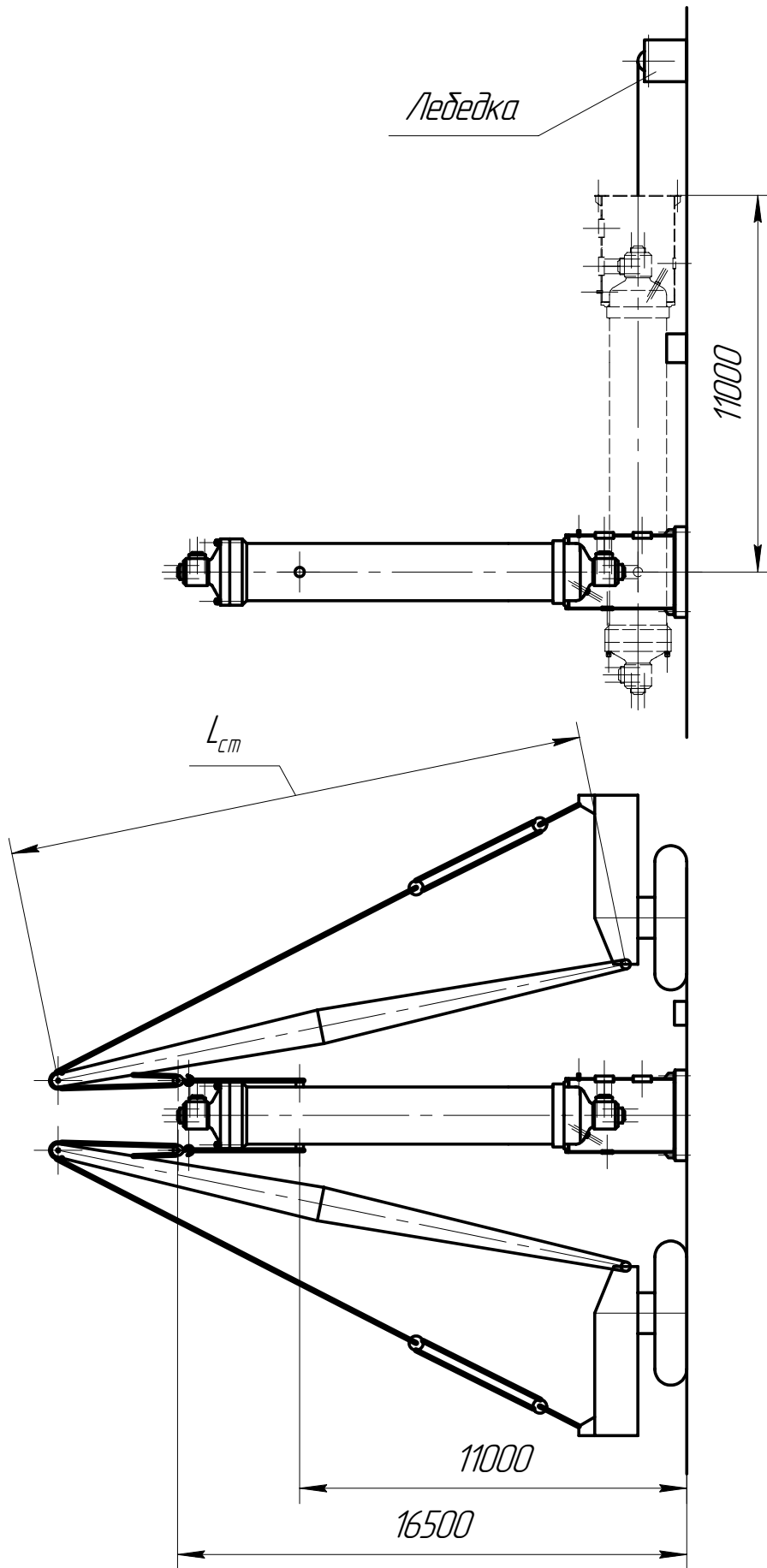


Рисунок 4.2 – Схема монтажа колонны синтеза карбамида

		N				

Выбираем для лебёдки гибкий канат типа ЛК-РО по ГОСТ 7668-80 конструкции 6 х 36 (1 + 7 + 7/7 + 14) + 1. По усилию F_T выбираем электролебёдку типа МЭЛ-1,5 с тяговым усилием 15 кН. [9, Приложение VII]

4.4.3 Расчёт монтажных штуцеров

Монтажные штуцера представляют собой стальные патрубки различного сечения, привариваемые к корпусу аппарата, предназначенные для строповки аппарата при его подъёме и установке на фундамент. Для предотвращения стропы от соскальзывания к внешнему торцу штуцера приваривают ограничительный фланец.

Схема к расчёту монтажных штуцеров приведена на рисунке 4.3

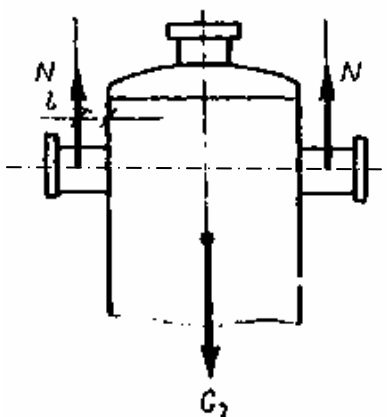


Рисунок 4.3 – Схема к расчёту монтажных штуцеров

Усилие от стропы, действующее на каждый монтажный штуцер определяется по формуле:

$$N = \frac{10 \cdot G_0 \cdot k_n \cdot k_d \cdot k_n}{2}$$

где $k_n = 1,2$ – коэффициент неравномерности нагрузки на такелажные элементы при отсутствии балансирных устройств;

$k_n = k_d = 1,1$ – коэффициент прочности и коэффициент динамичности, учитывающие возможность перегрузки и возможность повышения нагрузки за счёт изменения скорости подъёма груза соответственно.

$$N = \frac{10 \cdot 95,0 \cdot 10^3 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,2}{2} = 312 \text{ кН.}$$

		N			50

4.4.4 Выбор и расчёт траверсы

Траверса представляет собой жёсткое грузозахватное приспособление, предназначенное для подъёма крупногабаритного оборудования при необходимости строповки его за несколько точек. Выбираем траверсу, работающую на изгиб, расчётная схема которой приведена на рисунке 4.4

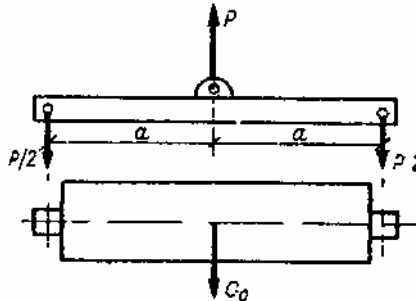


Рисунок 4.4 – Расчётная схема траверсы, работающей на изгиб

Масса траверсы незначительна по сравнению с массой поднимаемого груза, поэтому в расчётах её можно не учитывать. Определяем нагрузку, действующую на траверсу по формуле (для каждого крана):

$$P = 10 \cdot G_0 \cdot k_n \cdot k_d$$

$$P = 10 \cdot 47,5 \cdot 10^3 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 520 \text{ кН.}$$

Определяем изгибающий момент в траверсе по формуле:

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

где $a = \frac{D_n}{2} + 0,12 = \frac{2,0}{2} + 0,12 = 1,12$ м – длина плеча траверсы.

$$M = \frac{520 \cdot 1,12}{2} = 187 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Вычисляем требуемый момент сопротивления по формуле:

$$W = \frac{187 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 210 \cdot 10^6} = 1,01 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

По моменту сопротивления $W = 1,01 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ (1010 см^3) выбираем с запасом сечение патрубка для монтажного штуцера размером 377/10 мм с моментом сопротивления $W_T = 1031 \text{ см}^3 > W_{\text{мин}} = 1010 \text{ см}^3$. Условие прочности траверсы выполняется.

		N				52

где $k_3 = 5$ – коэффициент запаса прочности. [9, Приложение XI]

$$R_H = 19 \cdot 5 = 95 \text{ кН.}$$

Выбираем для канатного витого стропа стальной канат типа ЛК-РО по ГОСТ 7668-80 конструкции 6 x 36 (1 + 7 + 7/7 + 14). Расчётный диаметр поперечного сечения ветви стропа определяется по формуле:

$$d_c = 3 \cdot d$$

где $d = 0,0165$ м – диаметр каната для витков стропа.

$$d_c = 3 \cdot 0,015 = 0,045 \text{ м.}$$

Минимальный диаметр захватного устройства определяется по формуле:

$$D_c = k_c \cdot d_c$$

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

$$D_c = 0,045 \cdot 4 = 0,18 \text{ м.}$$

Длина каната для изготовления стропа определяется по формуле:

$$L_k = 2,2 \cdot n \cdot l + 2 \cdot t$$

где $l = 4$ м – требуемая длина стропа по центральному витку, принимается по конструктивным соображениям;

$t = 30 \cdot d = 0,5$ м – шаг свивки стропа.

$$L_k = 2,2 \cdot 7 \cdot 4 + 2 \cdot 0,45 = 62,5 \text{ м.}$$

4.5 Выверка и испытание оборудования

Процесс установки оборудования в положение, предусмотренной проектом, с помощью специальных выверочных опорных элементов, центровочных приспособлений и грузоподъёмных средств, включая операции измерения и контроля в плане, по высоте и по горизонтали (вертикали), а также относительно ранее установленного оборудования с контролем отклонения от соосности, перпендикулярности и параллельности.

Положение оборудования при выверке контролируют оптико-геодезическими способами, а также с помощью специальных инструментов, приборов, шаблонов, центровочных и других приспособлений, обеспечивающих из-

		N				54

4.6 Технические условия на эксплуатацию и ремонт

4.6.1 Организация производственной эксплуатации оборудования

Техническая эксплуатация оборудования – это совокупность всех фаз существования и использования оборудования с момента взятия его на балансовый учет до списания, включая периоды хранения, транспортирования потребителям, использования по назначению и проведения всех видов технического обслуживания и ремонта. Производственная эксплуатация – это одна из фаз технической эксплуатации, заключающаяся в использовании оборудования по назначению [10].

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

Эксплуатация оборудования должна проводиться в строгом соответствии с требованиями технической документации заводов-изготовителей. При отсутствии заводской техдокументации (паспорта, правила технической эксплуатации, руководства по эксплуатации и др.) последняя разрабатывается непосредственно в цехе для на предприятии. Кроме того, должны разрабатываться и вводиться в действие приказом по предприятию инструкции по эксплуатации, регламентирующие безотказную работу оборудования на данном предприятии.

Мастер цеха обязан помогать эксплуатационному персоналу совершенствовать производственные навыки по эксплуатации оборудования, предотвращению аварий и предупреждению преждевременного износа [10].

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

		N				56

струкциях и правилах, а также в других руководящих документах, относящихся к ремонту сложного оборудования и действующих на предприятии, в частности: а) по технике безопасности, промышленной санитарии и пожарной безопасности цеха, в котором проводятся работы; б) по организации и ведению работ в газоопасных местах и порядку оформления разрешений на право выполнения этих работ на предприятии; в) о порядке проведения огневых работ; г) о порядке работы сторонних цехов и служб предприятия в технологических цехах [10].

Оборудование останавливают на ремонт в соответствии с действующей инструкцией по эксплуатации (пуску, обслуживанию и остановке) этого оборудования.

При подготовке оборудования к ремонту необходимо выполнить следующие работы:

а) отключить электроэнергию, снять напряжение на сборках и щитах, отсоединить ремонтируемый объект от всех подходящих к объекту и отходящих от него коммуникаций с помощью заглушек;

б) освободить оборудование и коммуникации от остатков технологических материалов, грязи и шлама с соответствующей уборкой от них помещения, освободить оборудование от вредных, ядовитых и горючих газов и продуктов (промыть, пропарить, продуть и проветрить);

в) очистить прямки, каналы, лотки, промыть канализационные трубопроводы, очистить оборудование от осадка, накипи и твердых отложений;

г) проверить содержание инертных, горючих, ядовитых газов и кислорода в ремонтируемом оборудовании, коммуникациях, колодцах и прямках путем проведения соответствующих анализов;

д) подготовить места для установки заглушек и установить их.

Подготовка оборудования к ремонту производится эксплуатационным и дежурным ремонтным персоналом технологического цеха. Ответственность за подготовку мест установки заглушек, за их установку и снятие, а также за своевременную запись об этом в журнале несет лицо, ответственное за вывод оборудования в ремонт. После установки заглушек ответственное лицо должно указать их номера на схеме установки заглушек и сделать об этом запись в журнале учета ус-

		N				58

5 АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Автоматизация – применение методов и средств автоматизации для управления производственными процессами [11].

Управление технологическими процессами с использованием автоматических устройств включает в себя решение следующих основных задач: контроль параметров процессов, регулирование параметров, сигнализацию об отклонениях значений за допускаемые пределы, защиту оборудования в аварийных ситуациях.

Автоматическое регулирование позволяет получить высокую производительность при наименьших производственных затратах и высоком качестве продуктов.

В химической промышленности комплексной механизации и автоматизации уделяется большое внимание. Это объясняется высокой скоростью протекания технологических процессов, их сложностью, а также чувствительностью их к нарушению режима, вредностью условий работы.

5.1 Выбор и обоснование параметров контроля и управления

Управлению и контролю подлежит следующий фрагмент технологической схемы производства карбамида.

Жидкий аммиак NH_3 при температуре $5\text{ }^\circ\text{C}$ поступает в колонну синтеза карбамида вместе с двуокисью углерода CO_2 . В пространство между реакционным стаканом и корпусом аппарата подается аммиак для выравнивания давлений и защиты корпуса аппарата от соприкосновения с карбамидом. Из верха колонны отбирается плав карбамида, температура потока $175\text{ }^\circ\text{C}$.

Давление в колонне 20 МПа, температура $190\text{ }^\circ\text{C}$.

В качестве объекта управления при автоматизации процесса синтеза карбамида примем колонну синтеза, состоящую из собственно колонны, теплообменника для подогрева жидкого аммиака до $5\text{ }^\circ\text{C}$ и сборника плава карбамида.

Показателем эффективности данного процесса является выход карбамида. Непрореагировавшие газы удаляются через другой поток. Степень превращения исходных компонентов в карбамид зависит от температуры в колонне.

		N				60

ления в стандартный унифицированный пневматический сигнал с давлением сжатого воздуха 0,02-0,1 МПа, который передается на показывающий и регистрирующий пневматический прибор со станцией управления ПВ10.1Э. Регулирование осуществляется при помощи регулятора системы «СТАРТ» ПР 3.26.

Для измерения концентрации карбамида в плаве выбран датчик ИС-4М, работающий с агрессивными средами. Пневматический выходной сигнал воспринимается прибором ПВ2.2.

Датчиком для измерения расхода пара в теплообменник выбрана камерная диафрагма ДК6-150, создающая перепад давления на трубопроводе. Диафрагма работает в комплекте с дифманометром ДМ-П1, который преобразует перепад давления в стандартный унифицированный пневматический сигнал с давлением сжатого воздуха 0,02-0,1 МПа, который передается на показывающий и регистрирующий пневматический прибор со станцией управления ПВ10.1Э. Регулирование осуществляется при помощи регулятора системы «СТАРТ» ПР 3.26.

Температура потока плава карбамида осуществляется с помощью хромель копелевой термопары ТХК. С помощью преобразующего прибора ЭПП – 63 осуществляется подача сигнала на регулирование расхода пара в теплообменник.

Температура в колонне измеряется в двух точках по высоте аппарата. Контроль осуществляется с помощью хромель копелевых термопар ТХК, установленных в аппарате; сигнал передается на многоточечный потенциометр типа КСП4.

Контроль температуры сырья ведется с помощью хромель копелевой термопары ТХК, установленном на трубопроводе. Индикация и регистрация осуществляется с помощью милливольтметра М64.

Уровень жидкости в колонне не регулируется. Плав карбамида отбирается самотеком из верха колонны.

Датчиками для измерения расхода CO_2 , плава карбамида выбрана камерная диафрагма ДК250-150, создающие перепад давления на трубопроводе. Диафрагма работает в комплекте с дифманометром ДМ-П1, который преобразует перепад давления в стандартный унифицированный пневматический сигнал с давлением сжатого воздуха 0,02-0,1 МПа, который передается на показывающий и регистрирующий пневматический прибор ПВ2.2-У2.

		N				62

Таблица 5.1 – Заказная спецификация приборов и средств автоматизации

Заказная спецификация приборов и средств автоматизации						
СевКавГТУ НТИ		Производство карбамида Отделение синтеза			Дипломный проект	
					Лист 1	Листов 5
Позиция	Наименование параметра, среда, место отбора импульса	Предельное значения параметра	Место установки	Наименование и характеристика	Тип, модель	Завод- изготовитель
1	2	3	4	5	6	7
1-1	Расход аммиака	20,5 м ³ /ч	На трубопроводе	Диафрагма камерная, условное давление 40 МПа	ДК250 – 150	«Монометр», г. Москва
1-2			По месту	Дифманометр преобразует перепад давления и расхода газа в пневматический унифицированный сигнал с дистанционной передачей 0,02 – 0,1 МПа	ДМ – П1	«Теплоприбор» г. Рязань

Продолжение таблицы 5.1.

1	2	3	4	5	6	7
3-2				см. пункт 1-2		
3-3				см. пункт 1-3		
3-4				см. пункт 1-4		
3-5				см. пункт 1-5		
4-1	Температура плава карбамида	175 °С	На трубопроводе	Термопара хромель копельная с пределом измерения 600 °С, сталь 12Х18Н10Т	ТХК-60	Приборостроительный завод г. Луцк
4-2			Щит оператора	Милливольтметр, предел измерения 64 мВ	М64	Завод измерительных приборов г. Ереван
4-3			Щит преобразователей	Электропневматический преобразователь с выходным сигналом 0,02 – 0,1 МПа	ЭПП – 63	«Энергоприбор» г. Москва

Продолжение таблицы 5.1.

1	2	3	4	5	6	7
7-2				см. пункт 6-2		
7-3				см. пункт 6-3		
9-1	Давление CO ₂	20 МПа	На трубо- проводе	Манометр сильфонный с унифицированным пневма- тическим сигналом 0,02 – 0,1 МПа, класс точности 1	МС – П2	«Манометр» г. Москва
9-2			Щит опе- ратора	Вторичный прибор, пока- зывающий, регистрирую- щий, сигнализирующий значение одного параметра	ПВ 10- А2	«Тизприбор» г. Москва
10-1	Давление в колонне	20 МПа		см. пункт 9-1		
10-2				см. пункт 9-2		
11-1	Температура исходного газа	140 °С		см. пункт 4-1		
11-2			Щит опе- ратора	Милливольтметр, предел измерения 640 мВ	М64-А2	Завод измерительных приборов г. Ереван

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:

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

И законов Российской Федерации:

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

6.1 Анализ опасных и вредных факторов производства

При нештатных ситуациях на персонал могут воздействовать:

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

		N				70

7. С целью обеспечения безотказности производства, для создания азотных подушек, для приборов КИПиА и других целей используется чистый азот с содержанием кислорода 0,02% объемных.
8. С целью уменьшения вероятности попадания карбамида в систему сбора конденсата конденсат водяного пара через нейтрализатор сбрасывается в химзащищенную канализацию.
9. Для предотвращения коррозии аппаратов и трубопроводов они изготовлены из материалов, стойких в средах, содержащих карбамид.

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

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

Для защиты от удара молнией рекомендуется устанавливать молниеотводы на высоком оборудовании. Поскольку высота реактора 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.

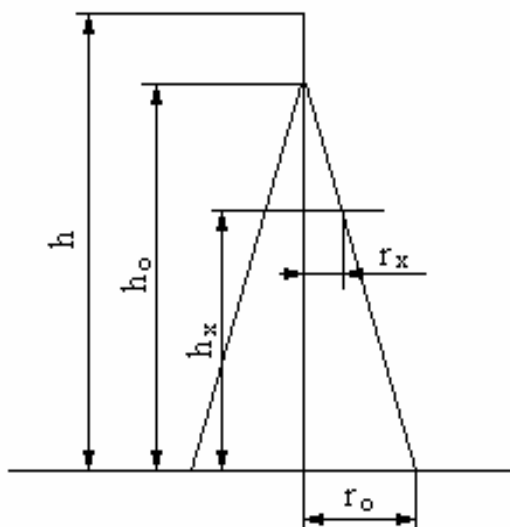


Рисунок 6.1 Схема к расчёту молниеотвода

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

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

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

$b = 0.05 \text{ м}$. – ширина полки.

Тогда сопротивление заземления составит

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

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

$$n_{\text{СТ}} = \frac{R_{\text{СТО}}}{R_{\text{СТ}} \cdot \eta_{\text{СТ}}}$$

где $R_{\text{СТ}} = 30 \text{ Ом}$ – 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.

		N				74

7.1 Технико-экономическая характеристика

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

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

7.2 Себестоимость продукции

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

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

		N				76

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

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

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

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

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

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

Данные сведены в таблицу 7.1 и таблицу 7.2.

Таблица 7.1 – Расчет годового фонда оплаты труда рабочих

Наименование	Средний разряд	Кол-во рабочих	Средняя часовая тарифная ставка	Баланс рабочего времени	Тарифная заработная плата в месяц	Процент премии	Сумма премии	Оплата за работу в ночное время	Фонд оплаты труда за месяц	Фонд оплаты труда за год
Основные рабочие	4	168	15,1	188	476918	75	357689	178844	1013452	12161419
Ремонтный персонал	5	23	18,2	166	69488	75	52116	26058	147661	1771934
Вспомогательные рабочие	4	28	6,2	166	28818	75	21613	10807	61237	734849
Итого		219			575224		431418	215709	1222350	14668202

Таблица 7.2 – Расчет годового ФОТ руководителей и специалистов

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	22	12	5500	121000	75	90750	211750	2541000
Специалисты	5	6	12	4200	25200	75	18900	44100	529200
Служащие	4	5	12	1700	8500	75	6375	14875	178500
Итого		31			154700		116025	270725	3248700

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

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

$$B = 4900 \times 277400 = 1359260000 \text{ руб.}$$

$$C = 4382,8 \times 277400 = 1215777417 \text{ руб.}$$

$$\Pi = 1359260000 - 1215777417 = 143482583 \text{ руб.}$$

7.6 Расчет эффективности использования основных средств

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

Фондовооруженность труда (W) определяется:

$$W = \frac{\Phi}{N} = 660299777/250 = 2641199 \text{ руб/ч}$$

где Φ – среднегодовая стоимость основных фондов, руб.;

N - среднегодовая численность ППП, чел.

Фондоотдача:

$$W = \frac{V}{\Phi} = 1359260000/660299777 = 2,06 \text{ руб/руб}$$

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

7.7 Сводные показатели эффективности проектного решения

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

		N				80

Наименование показателя	Ед. изм.	По аналогу	Проектное	Отклонения
Годовой выпуск продукции	т	257982	277400	19418
Капитальные вложения	руб.	94328540	94328540	0
Удельные капитальные вложения	руб./т	365,64	340,05	-25,59
Численность персонала	чел.	250	250	0
Средняя заработная плата	руб./чел.	5972	5972	0
Производительность труда	т/чел.	1032	1110	78
	руб/чел.	377314,1585	377314	0
Себестоимость на единицу	руб.	4501,8	4382,8	-119,0
Себестоимость на весь выпуск	руб.	1161372856	1215777417	54404561
Оптовая цена реализации на единицу	руб.	4900	4900	0
Оптовая цена реализации на весь выпуск	руб.	1264111800	1359260000	95148200
Прибыль на единицу	руб.	398,2	517,2	119
Прибыль на весь выпуск	руб.	102738944	143482583	40743639
Рентабельность		33%	35,0%	2%
Срок окупаемости капитальных вложений	год	3,01	2,86	-0,15
Фондоотдача		1,997	2,059	0,062
Фондовооруженность		2561963	2641199	79236
Годовой экономический эффект	руб.	31690176	33010600	1320424

7.8 Построение графика

К переменным издержкам относят те, общая сумма которых на годовой выпуск продукции изменяется, тогда как в себестоимости единицы продукции они остаются неизменными. К ним относятся затраты на материальные и топливно-энергетические ресурсы, заработную плату основных рабочих-сдельщиков с отчислениями в соцстрах по проекту 362051177 руб. Удельные переменные издержки

$$ПИ_y = ПИ / ОП = 362051177 / 277400 = 1305$$

Постоянными (точнее условно-постоянными) называются расходы, общая сумма которых на годовой выпуск продукции не изменяется, тогда как в себестоимости единицы продукции они изменяются в обратной зависимости от изменения объема производства. К этим расходам относят все накладные расходы (не обусловленные технологическим процессом производства), расходы на подготовку и освоение производства, заработная плата с начислениями основных рабочих-повременщиков. Они равны 853726240 руб.

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:

$$ТБ = \frac{ПИ}{Ц_y - ПИ_y} = \frac{853726240}{4900 - 1305} = 237487 \text{ т}$$

		N			82

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте была спроектирована колонна синтеза карбамида, используемая 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 синтез. Принята конструкция колонны с защитным стаканом.

Технологический раздел посвящен детальному описанию выбранной схемы производства и колонны синтеза. Раздел содержит технологические расчеты по проектируемому аппарату и вспомогательному оборудованию. Определены геометрические размеры аппарата и его составных частей. Выполнен расчет установки пневмотранспорта карбамида и буферной емкости для хранения аммиака.

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

Специальный раздел описывает выбранный способ монтажа и необходимые расчеты для безопасной установки оборудования на фундамент. Также приведены указания по безопасной эксплуатации оборудования и организации его ремонта.

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.

Спроектированная колонна синтеза карбамида удовлетворяет техническому заданию и может быть использована в составе установки производства карбамида мощностью 120 тыс. т/год.

		N				84

12. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы. Справочное пособие./Под ред. Б.Д. Кошарского. – Л.: Машиностроение, 1976. – 488 с.
13. Сборник законодательных и других нормативных правовых актов по охране труда./Под ред. В.С. Шевцова. – Пятигорск: «Спецпечать», 2002.
14. Кукин П.П., Лапин В.Л., Пономарев Н.Л. Безопасность технологических процессов производств (Охрана труда). – М.: Высш. шк., 2001. – 319 с.
15. 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.