

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

18.03.02 «Энерго- ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии»

(код и наименование направления подготовки)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: **Реконструкция узла выпарки второй ступени производства
карбамида**

Студент

К.В. Самсонов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

З.А. Шамугия

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

зав. кафедрой

«Рациональное

природопользование

и ресурсосбережение»

к.п.н., М.В.Кравцова _____

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2016

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «РПиР»

М.В.Кравцова

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« ____ » ____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ

на бакалаврскую работу

Студент: Самсонов Константин Владимирович

1. Тема: «Реконструкция узла выпарки второй ступени производство карбамида
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы
15.05.2016
3. Замена и установка оборудования для увеличения выработки карбамида и снижения энергозатрат.
4. Содержания выпускной бакалаврской работы:
 - 4.1 Анализ технологического процесса производства карбамида на базовом предприятии «КуйбышевАзот»
 - 4.2 Разработка технологии производства карбамида согласно предложению и подбора оборудования реконструкция узла «КуйбышевАзот»
5. Дата выдачи задания «16» марта 2016

Руководитель бакалаврской работы

З.А. Шамугия

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

К.В.Самсонов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ
зав. Кафедрой «РПиР»
М.В Кравцова
(подпись) (И.О.
Фамилия)

«____» _____ 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

выполнения выпускной бакалаврской работы ²

Студента: Самсонова. К.В

по теме Реконструкция узла выпарки второй ступени производства карбамида .

Наименование раздела работы	Плановые сроки выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководи теля
Введение	15.05.2016			
Анализ технологии производства карбамида на базовом предприятии	17.05.2016			
Разработка технологии производства карбамида согласно предложению и подбора оборудовании реконструкция узла	20.05.2016			

Заключения	02.06.2016			
------------	------------	--	--	--

Руководитель бакалаврской работы

З.А.Шамугия

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

К.В Самсонов

АННОТАЦИЯ

Бакалаврскую работу выполнил: Самсонов. К.В

Тема работы: Реконструкция узла выпарки второй ступени производства карбамида

Научный руководитель: Шамугия З.А

Цель бакалаврской работы – является замена и установка оборудования для увеличения выработки карбамида снижения энергозатрат.

Краткие выводы по бакалаврской работе: Целью реконструкции является замена и установка оборудования для увеличения выработки и снижения энергозатрат. Для увеличения производительности узла выпарки предусматривается: замена испарителя второй ступени и конденсатора на аппараты с большей поверхностью теплообмена; установка нового сепаратора большего объема, замена существующих насосов на насосы большей производительности.

Бакалаврская работа состоит из введения, двух глав, заключения, списка использованных источников.

Во введении обосновывается актуальность проводимого исследования, описывается цель, задачи, объект и предмет исследования. В первой главе анализ технологического процесса производства карбамида на базовом предприятии. Во второй главе разработано разработка технологии производства карбамида согласно предложениям подбор оборудования реконструкция узла.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, 2-х разделов, заключения, списка литературы из 60 источников. Общий объем работы, без приложений 44 страниц машинописного текста, в том числе таблиц -7, к пояснительной записке прилагается 7 чертежей формата. А 1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КАРБАМИДА НА БАЗОВОМ ПРЕДПРИЯТИИ	8
1.1. Характеристика производимой продукции	10
1.2. Описание технологического процесса производства карбамида	15
1.2.1 Материальный и тепловой баланс	19
1.3 Предложения совершенствования технологи по результатам анализа применяемой технологии	21
ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КАРБАМИДА СОГЛАСНО ПРЕДЛОЖЕНИИ И ПОДБОР И ОБОРУДОВАНИИ РЕКОНСТРУКЦИЯ УЗЛА	24
2.1. Методика контроль и управление технологическим процессом	25
2.2 Расчет технологического оборудования	27
2.2.1 Расчет конденсатора выпарки 2 ступени	31
2.2.2 Расчет подогревателя 2 ступени выпарки	33
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	42
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	43

ВВЕДЕНИЕ

Наименование производства производство гранулированного карбамида по технологической схеме с полным жидкостным рециклом.

Год ввода в эксплуатацию: 1 агрегат – мощностью 90 тыс. тонн в год - 1968 г.

2 агрегат – мощностью 90 тыс. тонн в год - 1969 г.

Производство состоит из двух технологических ниток. Метод производства основан на прямом синтезе из аммиака и двуокиси углерода с полным жидкостным рециклом.

Генеральный проектировщик – Государственный научно-исследовательский и проектный институт азотной промышленности и продуктов органического синтеза, г. Москва.

Проектировщик технологической части – Дзержинский филиал ГИАП, г. Дзержинск, Нижегородская обл. проект - 1965 г.

Технологический процесс разработан Дзержинским филиалом ГИАП.

Производство карбамида интенсифицировано за счет использования резервов и расшивки «узких мест» путем установки дополнительного технологического и насосно-компрессорного оборудования. В 1970 г. на 40 тыс. тонн в год товарного карбамида по проектам, разработанным в 1969 г. Дзержинским филиалом ГИАП и Ростовским институтом Промстройинии проект.

В 1971 г. на 50 тыс. тонн по проектам, разработанным в 1969 г. теми же организациями.

В 1979 г. по проекту Дзержинского филиала ГИАП включены водоструйные эжекторы в узле вакуум концентрирования с целью снижения расхода пара.

В 1979 г. по проекту Тольяттинского филиала ГИАП «СТ/Т 26321-Т-СХ-13.7.138» и проекта ПКО № Т-8268-00 в производстве карбамида начато

использование углекислого газа из крупнотоннажного агрегата аммиака (цех № 11).

После проведенной реконструкции проектная мощность производства карбамида 270 тыс. тонн в год.

В 1986 г. исключена из технологической схемы действующая гранбашня и введена в эксплуатацию гранбашня с высотой полета гранул 70 метров (по проекту, выполненному Дзержинским филиалом ГИАП).

В 1990 г. по проекту Дзержинского филиала ГИАП включена в работу установка гидролиза сточных вод.

В 1996 г. по проекту ПКО произведена замена компрессора 4М16-100/200 на 4ГМ16-100/200 с объемной подачей углекислого газа 5880 м³/час.

В 1999 г. по проекту ПКО (черт. № 400.7.4.652-ТХ) произведена замена насосов поз. 11/4, 12/4, 26/2,3, 56/1 на насосы фирмы «Урака».

В 1999 – 2000 г.г. произведена частичная реконструкция стадии дистилляции на 2-ом агрегате синтеза с заменой конденсатора поз.29 и установкой дополнительного конденсатора поз.27а (проект ПКО № 384.8.04-652-ТХ).

В 2000 г. на 1-ом агрегате синтеза произведена замена конденсатора поз.29, смонтирован газовый эжектор на стадии форвыпарки агрегата Сид от конденсаторов поз.14.

В 2002 г. произведена реконструкция компрессора М-Меер поз.3(2) фирмой «NEAK» для увеличения производительности до 5300 м³/час.

В 2003 г. по проекту ПКО (№ 100.01.04-652-ТХ) произведена модернизация узла десорбции 1 ступени.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КАРБАМИДА НА БАЗОВОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Готовым продуктом цеха является: карбамид гранулированный.
Карбамид представляет собой амидкарбаминовой кислоты H_2NCOOH

Химическая формула: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (1)

/ NH_2

Структурная формула: $\text{O} = \text{C}$

\ NH_2

Чистый карбамид- бесцветное кристаллическое вещество, без запаха.
Технический продукт имеет белый или слегка желтоватый цвет. Карбамид содержит 46,2 % азота в амидной форме.

В зависимости от назначения карбамид согласно ГОСТ 2081-92 производится марки Б – для использования в сельском хозяйстве в качестве минерального азотного удобрения и в животноводстве в качестве кормовой добавки и марки А - для промышленности в качестве сырья при приготовлении смол, клеев и т.д. По физико-химическим показателям карбамид должен соответствовать нормам.

Таблица 1 – Физико-химические показатели карбамида

№ № п п	Наименование показателя	Норма для марки и сорта				
		А Выс- ший сорт	1-ый сорт	Б Выс- ший сорт	1-ый сорт	2-ой сорт
1	2	3	4	5	6	7
1.	Массовая доля азота в пересчете на сухое вещество, %, не менее	46,3	46,2	46,2	46,2	46,2

Продолжение таблицы 1

2.	Массовая доля биурета, не более	0,6	1,4	1,4	1,4	1,4
3.	Массовая доля свободного аммиака, %, не более: - для кристаллического карбамида (приллированного) Карбамида	0,01 0,02	0,01 0,03	- -	- -	- -
4.	Массовая доля воды, %, не более: метод высушивания методом Фишера	0,3 0,6	0,3 0,6	0,3 0,5	0,3 0,5	0,3 0,6
5.	Рассыпчатость, %	-	-	100	100	100
6.	Гранулометрический состав: массовая доля гранул размером от 1 до 4 мм, %, не менее от 2 до 4 мм, %, не менее остаток на сите, 6 мм менее 1 мм, %, не более	- - - -	- - - -	94 70 отс 3	94 50 отс 5	94 - отс 5
7.	Статическая прочность гранул, кгс/гран, не менее	не опред.	не опред.	0,7	0,5	0,3

Примечание:

1. Массовую долю воды определяют только одним из методов.
2. Рассыпчатость определяет потребитель.
3. Допускается обработка карбамида кондиционирующими добавками.

В качестве добавок могут быть использованы карбамидоформальдегидная смола, сульфат аммония или согласованные с потребителем другие вещества, обеспечивающие сохранность товарных свойств продукта при транспортировании и хранении. При использовании сульфата аммония и новых согласованных добавок допускается массовая доля азота в пересчете на сухое вещество не менее 45,5 %.

Обработка кондиционирующими добавками карбамида, предназначенного для промышленности и животноводства, допускается только по согласованию с потребителем.

4. Требования к качеству карбамида, предназначенного для экспорта, должны соответствовать требованиям договора (контракта) с иностранным покупателем.

5. В продукте, предназначенном для животноводства, определяют массовую долю азота в пересчете на сухое вещество с нормой не менее 46,0 %, массовую долю биурета не более 3 %, массовую долю свободного аммиака не более 0,03 %, массовую долю воды с нормой не более 0,3 % (методом высушивания).

6. В продукте, предназначенном для розничной торговли, определяют массовую долю азота в пересчете на сухое вещество с нормой не менее 46,2 %, массовую долю биурета с нормой не более 1,5 %, массовую долю воды с нормой не более 0,3 % (методом высушивания).

7. При отгрузке карбамида марки Б по требованию потребителей для промышленности в продукте определяют показатели, предусмотренные для карбамида марки А 1-ого сорта с соответствующими нормами

1.1 Характеристика производства продукции

Раствор карбамида, выдаваемый в цех №3 для получения карбамидо-аммиачной селитры должен соответствовать следующим требованиям.

1. Массовая доля карбамида в растворе не менее 72%.
2. Массовая доля аммиака не более 0,35%.
3. Массовая доля биурета не более 0,35%

Основные физико-химические свойства и константы карбамида

Карбамид по ГОСТ 2081-92 выпускается в виде гранул или кристаллов. В данном производстве карбамид выпускается только в виде гранул. По внешнему виду гранулы карбамида белые или слабоокрашенные, слегка желтоватые.

Мочевина или карбамид $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ – содержит 46,2 % азота в амидной форме.

Раствор карбамида в воде обладает слабощелочными свойствами.

Данные, характеризующие некоторые физико-химические свойства карбамида[1.2]

Таблица 2 – Физико-химические свойства карбамида

Молекулярная масса	60,056
Плотность при 25.°С	1,330 т/м³
Удельная теплоемкость при 25.°С	93,198 кДж/моль
Теплота образования из простых Веществ при 25.°С	333,3 кДж/моль
Теплота сгорания при 25.°С	632,5 кДж/моль
Теплота растворения: в воде в жидком аммиаке: при 26,4 - 31,555.°С при 50 - 108,5.°С	242 кДж/кг
	255,4 кДж/кг
	134 кДж/кг

При взаимодействии карбамида с кислотами образуются солеобразные соединения, с азотной кислотой карбамид образует нитрат карбамида – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ – малорастворимые в воде кристаллы, разлагающиеся при нагревании с взрывом.

При обработке карбамида фосфорной кислотой образуется фосфат карбамида, который используется в производстве сложных удобрений.

При смешении в определенных соотношениях с аммиачной селитрой карбамид образует комплексные соединения, более растворимые, чем каждая соль в отдельности.

Карбамид, реагируя с формальдегидом при нагревании в присутствии щелочи, образует различные высокомолекулярные продукты, которые применяются в промышленности для изготовления пластических масс. Продукт, полученный путем конденсации карбамида с формальдегидом в кислой среде, представляет собой карбамидоформальдегидное удобрение, содержащее до 40 % азота, большая часть которого находится в трудно-растворимой, но полностью усвояемой растениями форме. Карбамид с добавками карбамидоформальдегидной смолы – не токсичен, по пожарной

опасности находится на границе, разделяющей горючие и трудно-горючие вещества, хорошо растворяется в воде. Растворимость карбамида

В воде карбамид растворяется хорошо. При повышении температуры его растворимость увеличивается.

Таблица растворимости карбамида в воде в зависимости от температуры [1.2]

Таблица 1.3растворимость карбамида в воде в зависимости от температуры

Температура, °С	Растворимость, % масс.	Температура, °С	Растворимость, % масс.
0	40,00	40	63,8
7	44,00	45	64,72
17	50,00	50	67,23
20	51,83	55	69,58
25	54,58	60	71,88
30	57,18	65	74,11
35	59,87	70	76,28
		75,3	77,56
		84,4	81,4

Значительно труднее растворяется карбамид в метиловом, этиловом и других спиртах. В эфире он мало растворим и нерастворим в хлороформе.

Карбамид легко растворяется в жидком аммиаке, образуя соединения $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{NH}_3$, содержащее 71,9 % карбамида и 22,1 % аммиака и существующее только в растворах. С повышением температуры растворимость карбамида в аммиаке значительно возрастает.

Таблица растворимости карбамида в жидком аммиаке в зависимости от температур [1.2]

Таблица 1.4растворимость карбамида в жидком аммиаке в зависимости от температуры

Температура, °С	Растворимость, вес. %	Температура, °С	Растворимость, вес. %
1	2	3	4
-30	17,9	43,0	72,3
-26,4	20,8	45,0	75,6
-5,0	31,8	50,0	75,9
5,8	38,8	61,8	79,3
14,5	45,1	66,0	80,7
20,5	49,2	78,0	83,6
1	2	3	4
26,0	54,3	81,0	84,8
31,5	58,1	82,0	85,0
35,9	62,8	101,0	91,1

При температуре 30°С и выше карбамид растворяется в жидком аммиаке лучше, чем в воде. В отличие от жидкого аммиака раствор карбамида в нем более электропроводен. Растворение карбамида в жидком аммиаке связано с понижением давления паров аммиака над насыщенным раствором карбамида по сравнению с давлением паров аммиака над чистым жидким аммиаком.

Таблица давления паров аммиака над насыщенным раствором карбамида в жидком аммиаке[1.2]

Таблица 1.5давления паров аммиака над насыщенными раствором карбамида в жидкой аммиаке

Температура, °С	Давление в МПа	Температура, °С	Давление в МПа
-26,4	0,13	44,9	0,91
5,8	0,47	61,8	1,11

23,9	0,76	81,0	1,34
35,9	0,92	82,0	1,35
40,9	0,94	101,0	1,25
44,7	0,9		

Разложение карбамида

Твердый карбамид, нагретый под вакуумом до 120-130 °С, возгоняется без разложения. При более высоких температурах (160-190°С) карбамид разлагается с образованием цианата аммония. При атмосферном давлении и температуре 180-190°С карбамид распадается с образованием биурета, циануровой кислоты и аммелида.

При температуре выше 200°С карбамид разлагается на аммиак и циануровую кислоту. Карбамид в растворе практически устойчив при температуре не выше 80°С. Присутствие биурета в карбамиде нежелательно, так как он вредно действует на растения. Степень превращения карбамида в биурет при прочих равных условиях зависит только от температуры. Для технического карбамида скорость образования биурета при 100°С составляет 0,1 % в час. В этом случае снижение скорости разложения карбамида является следствием присутствия в нем загрязнений.

В производстве карбамида из аммиака и двуокиси углерода образование биурета наблюдается в разной степени на всех стадиях процесса.

Благоприятными условиями для образования биурета являются:

- удаление аммиака из сферы реакции;
- высокая температура;
- длительное пребывание концентрированных растворов карбамида при высоких температурах.

На стадии синтеза карбамида биурет образуется в небольших количествах, так как в присутствии избытка аммиака степень разложения карбамида уменьшается.

Увеличение количества биурета наблюдается на стадиях дистилляции, так как они связаны с применением теплоносителя- пара, что способствует местным перегревам раствора.

Выпаривание раствора карбамида для переработки его в гранулированный продукт протекает при высоких температурах, что также вызывает значительное разложение карбамида и образование биурета.

1.2 Описание технологического процесса производства карбамида

Процесс получения карбамида непрерывный и состоит из следующих стадий:

- синтез карбамида из аммиака и двуокиси углерода;
- двухступенчатая дистилляция плава, конденсация газообразного аммиака и улавливание газовой фазы с получением раствора углеаммонийных солей;
- абсорбция аммиака из производственных сдувочных газов, десорбция и гидролиз сточных вод;
- выпаривание водного раствора карбамида;
- гранулирование карбамида;
- упаковка , складирование, отгрузка готового продукта.

Сущность технологического процесса получения карбамида

Технологическая схема получения карбамида основана на взаимодействии аммиака и двуокиси углерода в жидкой фазе при мольном соотношении (3,8-4,0:1), избытке аммиака над стехиометрией 75-100 %, давлении 19-20 МПа, температуре 185-195°C, с полным жидкостным рециклом и передачей газовой фазы после дистилляции в цех аммиачной селитры [1.2.3-6].

Описание технологической схемы процесса

Синтез карбамида из аммиака и двуокиси углерода

Жидкий аммиак со складов цеха № 13 с давлением 1,2-1,8 МПа (12-18 кгс/см²) и температурой –20 - + 20 °С поступает в буфер поз.15. При падении

давления жидкого аммиака на входе в цех до 1,2 МПа (12 кгс/см²) на ЦПУ подается светозвуковой сигнал.

В буфере поз.15 автоматически клапаном LIRC-15V поддерживается уровень жидкого аммиака в пределах 20-80 %. При изменении уровня (максимум, предминимум, минимум) на ЦПУ подается светозвуковой сигнал. Давление аммиака в буфере поддерживается автоматически путем сброса сдувок газообразного аммиака через клапан PIRCA-151V в цех аммиачной селитры, а также подачей азота Р-28 через клапан PIRC-15V.

Из буфера поз.15 жидкий аммиак поступает в холодильник аммиака поз.88, где охлаждается до температуры не более 25°С за счет испарения жидкого аммиака в межтрубном пространстве. Холодильник представляет собой кожухотрубный теплообменник с плавающей головкой, по трубному пространству которого проходит охлаждаемый жидкий аммиак. Охлажденный жидкий аммиак поступает на впуск аммиачных насосов высокого давления поз.12.

Газообразный аммиак из межтрубного пространства холодильника поз.88 поступает в общецеховую коллектор газообразного аммиака с давлением не более 0,4 МПа (4,0 кгс/см²).

Схемой предусмотрена работа аммиачных насосов без предварительного охлаждения аммиака в холодильнике поз.88. Насосы жидкого аммиака поз.12 подают жидкий аммиак с давлением 19-20 МПа (190-200 кгс/см²) через подогреватель поз.13 в смеситель поз.5 количество аммиака регулируется клапаном FIRC-6 на общей линии нагнетания насосов. Сброс избыточного количества аммиака производится в линию длинного байпаса в буфер поз.15. На 1-ый агрегат синтеза работают насосы поз.12 (1,2), на 2-ой агрегат – насосы поз.12 (3,4) по агрегатной схеме. При работе насосов по коллекторной схеме все насосы могут работать на 1-ый и 2-ой агрегаты синтеза. Жидкий аммиак, поступающий в подогреватель поз.13, подогревается горячим конденсатом из емкости поз.52. В период пуска агрегата аммиак подогревается подачей пара Р-0,9 МПа до температуры 70-

90°C. Подогреватель поз.13 представляет собой кожухотрубный теплообменник, в трубное пространство которого подается жидкий аммиак.

Углекислый газ из цеха № 11 с температурой 8-12°C с содержанием CO₂ не менее 97,5 % поступает в отделение компрессии по двум вводам с давлением не менее 100 мм вод. ст., проходит сепаратор поз.1, где отделяется часть влаги, затем влагоотделители поз.2, 2а представляющие собой аппараты емкостного типа с вертикальной отбойной перегородкой. Схемой предусмотрена подача углекислого газа во влагоотделители поз.2, 2а, минуя систему сепарации. Далее газ по коллектору поступает на всас газовых компрессоров поз.3 (1-4), которые сжимают углекислый газ до давления 19-20 МПа (190-200 кгс/см²) и с температурой 95-115 °C подают в смеситель поз.5. Схемой предусмотрена как агрегатная, так и коллекторная работа газовых компрессоров. Газовый компрессор пятиступенчатый поршневой. Между ступенями компрессора установлены промежуточные холодильники для охлаждения газа на 1-4 ступенях, масловлагоотделители для отделения масла, уносимого газом из цилиндра, а также буферные емкости для снижения пульсации газа, установленные перед 1 ступенью и после каждой ступени на компрессоре поз.3/4 и после 3 и 4 ступени на компрессоре поз.3(1,2,3). Масло, вода из буферных емкостей и масловлагоотделителей через продувочные вентили поступает в бак продувок. Для регулирования нагрузки на компрессорах установлены вентили для сброса газа с нагнетания 1-ой ступени на всас 1-ой ступени и с нагнетания 5-ой ступени на свечу. При понижении давления углекислого газа после влагоотделителей поз.2, 2а до 100 мм вод.ст. подается светозвуковой сигнал на мнемосхему в ЦПУ и сигнальном щите в отделении компрессии. При дальнейшем падении давления до 50 мм вод.ст. происходит срабатывание блокировки на остановку компрессора поз.3 (1-3) и закрытие отсека QRS-1 на трубопроводе подачи кислорода (воздуха) в углекислый газ. Срабатывание блокировки для компрессора поз.3/4 происходит при падении давления менее 100 мм вод.ст. Для пассивации оборудования предусмотрена

дозировка технологического кислорода в трубопровод углекислого газа. Технологический кислород в цех поступает из общезаводской сети, дросселируется до давления не менее 800 мм вод.ст. и через регуляторы FRC-2-1 и FRC-2-2 подается в оба ввода углекислого газа перед влагоотделителями поз.2 и 2а. Содержание кислорода в углекислом газе автоматически регулируется в пределах 0,5-0,7 % количеством подаваемого кислорода или воздуха. При изменении концентрации нижнего и верхнего предела кислорода срабатывает светозвуковой сигнал на ЦПУ. При повышении содержания кислорода в углекислом газе до 0,9 % автоматически закрывается отсекающий QRS-1 на подаче кислорода в углекислый газ. Кроме кислорода для пассивации оборудования предусмотрена дозировка технологического воздуха в углекислый газ. Воздух в цех поступает из общезаводской сети с давлением не менее 0,2 МПа (2,0 кгс/см²) и через регулирующие клапана FRC-1-1 и FRC-2-1 подается в оба ввода углекислого газа перед влагоотделителями поз.2, 2а. Схемой предусмотрена также подача воздуха воздушным компрессором поз.100. Сжатый воздух после компрессора поз.100 используется также для технологических нужд цеха и для производства ремонтных работ при отсутствии технологического воздуха в сети завода. Атмосферный воздух компрессором поз.100 сжимается до давления 0,6-0,8 МПа (6-8 кгс/см²) и подается в коллектор цеха для использования по назначению. В смеситель поз.5 кроме жидкого аммиака и углекислого газа подаются углеаммонийные соли насосами поз.11 с давлением 19-20 МПа и температурой 90-95°С, которые поступают из выносного барбатёра поз.9а. Количество подаваемых солей в смеситель поз.5 регулируется гидромурфтой в зависимости от значения уровня в промывной колонне поз.9. Насосы поз.11/1,2 работают на 1-ый агрегат, насосы поз.11/3,4 – на 2-ой, насосы поз.11/3,5 могут работать на оба агрегата Сид.

Мольное соотношение компонентов, подаваемых в смеситель поз.5

$$\text{NH}_3: \text{CO}_2: \text{H}_2\text{O} = (3, 8 - 4): 1: (\text{не более } 0, 9) \quad (2)$$

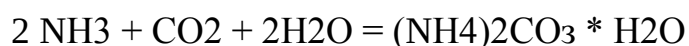
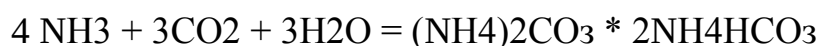
Смеситель представляет собой аппарат емкостного типа. В нем происходит образование карбамата аммония при температуре 170-180.°С и давлении 19-20 МПа (190-200 кгс/см²) по уравнению:



Плав, состоящий из карбамата аммония, избыточного аммиака и воды, из смесителя подается в колонну синтеза поз.6, где при температуре 185-195.°С и давлении 19-20 МПа (190-200 кгс/см²) происходит разложение карбамата аммония по уравнению:



Кроме того, в колонне синтеза происходят и другие реакции:



В данных условиях проведения процесса синтеза карбамида степень превращения CO₂ в мочевины составляет 62-65 %. Суммарная реакция образования карбамида проходит с выделением тепла



Применение избыточного жидкого аммиака создает условия для автотермического проведения процесса. Реакции протекают в колонне синтеза при условиях, позволяющих выводить продукты в виде газожидкостной смеси. Жидкая фаза представляет собой плав карбамида и карбамата аммония в аммиаке и воде, а газовая смесь – паров аммиака, углекислоты, воды и инертных. Степень превращения карбамата в карбамид зависит от следующих факторов:

- температуры, давления;
- избытка аммиака, двуокиси углерода и воды;
- инертных газов и воды в исходном сырье;
- времени пребывания плава в колонне синтеза.

Таблица 3 - Материальный и тепловой баланс[1.2]

№ п/п	Компоненты	Приход		Расход		
		Кг/час	%	Кг/час	Кг/час	%
1	Карбамид	20767	92,1	20662		98,5
2	Аммиак	20,3	0,09	6,3		0,03
3	CO ₂	9,0	0,04	4,2		0,02
4	H ₂ O	6,97	6,97	11936		0,57
5	Биурет	0,8	0,8	184,6		0,89
6	Соковый пар	-	-	-	1571,6	-
	Всего	22548,3	100	20976,7	1571,6	100

1.2.1. Материальный и тепловой баланс 2 ступени выпарки

1. Приход тепла [9-13]

Физическое тепло раствора

$$22548,3 \times 120 \times 0,48 = 1298782 \text{ Вт}$$

0,48 – Дж/кг. К - теплоемкость 92 % раствора карбамида

Тепло греющего пара

$$486,8 \times 1649,3 = 802886 \text{ Вт}$$

486,8 Дж/кг – теплота насыщенного пара 9 ати

1649,3 кг/ час - расход греющего пара

2 Расход тепла [9-13]

Физическое тепло

$$140 \times 0,38 \times 20976,7 = 1115960 \text{ Вт}$$

0,38 Дж / кг. К – теплоемкость 98,5 % раствора карбамида

Физическое тепло сокового пара

$$627,4 \times 1571,6 = 985708 \text{ Вт}$$

627,4 Дж/ кг – теплосодержание пара при вакууме

Таблица 4 - Тепловой баланс узла выпарки 2 ступени

№ п/п	Приход	Вт	Расход	Вт
1	Тепло раствора карбамида из 1 ступени выпарки	1298782	Тепло с плавом карбамида	1115960
2	Тепло пара 9 ати	802886	Тепло с соковым паром	985708
	Всего	2101668		2101668

1.3 Предложения совершенствования технологи по результатам анализа применяемой технологии.

Производство состоит из двух технологических ниток. Метод получения карбамида основан на взаимодействии аммиака и двуокиси углерода в жидкой фазе при мольном соотношении (3,8-4,0:1), давлении 19-20 МПа, температуре 185-195°C, с двухступенчатой дистилляцией, полным жидкостным рециклом и передачей газовой фазы после дистилляции в цех аммиачной селитры.

Краткое описание существующей технологической схемы

Газообразная двуокись углерода, жидкий аммиак и углеаммонийные соли поступают в смеситель поз. 52, где происходит образование карбамата аммония. Затем плав, состоящий из карбамата аммония, избыточного аммиака и воды, подается в колонну синтеза поз. 62, где при температуре 185+195.°C и давлении 19-20 МПа происходит разложение карбамата аммония с образованием карбамида. Плав карбамида, выходящий из колонны синтеза, дросселируется до давления 1,6-1,8 МПа и поступает в верхнюю часть колонны ректификации поз. 72, где из него отгоняется избыточный аммиак. Выделившаяся газовая фаза направляется в теплообменник к

промывной колонне поз. 9а₂. Раствор карбамида после колонны ректификации с температурой 120.°С поступает в подогреватель I ступени дистилляции поз. 8₂. Подогретая паром до температуры 155+160°С парожидкостная смесь поступает в сепаратор поз.4₂, в котором происходит разделение на жидкую и газовую фазы. Газы дистилляции из сепаратора направляются в колонну поз. 72 и далее в теплообменник

поз.9а. Раствор карбамида после сепаратора поз.4₂ дросселируется до давления 0,25 МПа и поступает на II ступень дистилляции в колонну поз.10₂. В ректификационной колонне поз.10₂ происходит выделение из раствора аммиака, двуокиси углерода и воды в противотоке газов дистилляции, выходящих из сепаратора II ступени поз.21₂. Раствор карбамида из колонны поз.10₂ поступает в трубное пространство подогревателя поз.20₂, где подогревается паром 0,9 МПа до температуры не более 135-142 °С, откуда поступает в сепаратор поз. 21₂. Газовая фаза из сепаратора возвращается в нижнюю часть колонны поз. 10₂, а затем поступает в конденсатор II ступени поз.27₂. Раствор карбамида из сепаратора поз. 21₂ поступает в вакуум-испаритель поз.24₂. Соковый пар из вакуум-испарителя поступает в конденсатор поз.29₂, а раствор карбамида с температурой 95-100 °С и концентрацией 68-72% масс. - в сборник раствора карбамида поз.22, откуда направляется в отделение переработки в напорный бак поз. 120. Из напорного бака поз. 120 раствор карбамида самотеком поступает в трубное пространство испарителя поз. 121-2. На I ступени выпарки поддерживается остаточное давление не более 0,0354 МПа и температура 120-130°С, при этом раствор упаривается до концентрации не менее 92 %. Из испарителя поз. 121-2 упаренный раствор карбамида поступает в сепаратор поз. 122-2. Парогазовая смесь из сепаратора поз.122-2 поступает в межтрубное пространство конденсатора поз. 123-2, где происходит конденсация сокового пара. Конденсат через гидрозатвор поз. 130а-2 стекает в сборник конденсата поз. 131-2, откуда насосом поз.132-2 подается в сборник поз.50 отделения синтеза и дистилляции и насосом поз. 161/1 на гранбашню в ванну очистного устройства. Не сконденсировавшаяся

газовая фаза из конденсатора поз. 123-2 эжектируется водоструйным эжектором поз. Н-138, где она окончательно конденсируется в токе рабочей жидкости, поступающей из ёмкости поз. 137-2 через холодильник поз. Т-145 насосами поз. 135/1,2. Из сепаратора поз. 122-2 раствор карбамида самотеком поступает на II ступень выпарки в испаритель поз. 125-2, где при температуре 135-140°C и остаточном давлении не более 0,0068 МПа происходит окончательное упаривание раствора карбамида до концентрации 98-99,8% за счёт нагрева паром с давлением 0,9 МПа. Нагретый в испарителе поз. 125-2 плав поступает в сепаратор поз. 126-2. Соковые пары из верхней части сепаратора поз.126-2 поступают на конденсацию в конденсатор поз. 127-2. Не сконденсировавшийся соковый пар паровым эжектором поз. 127э/2 подаётся в конденсатор поз. 129-2. Конденсат сокового пара со II ступени выпарки из сборника - гидрозатвора поз. 130а по переливу поступает в сборник - гидрозатвор поз. 130, откуда с помощью насоса поз. 161/1 подаётся в сборник поз. 50. Из конденсатора поз. 129-2 не сконденсировавшийся соковый пар и инерты эжектором поз.129э-2 подаются в нижнюю часть «хвостового» конденсатора поз. 123а и далее в атмосферу. Конденсат сокового пара из конденсаторов поз.129-2 и 123а сливается в сборник поз.131. Плав карбамида из сепаратора поз. 126-2 насосами поз. 145/1-4 подаётся на грануляцию.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КАРБАМИДА СОГЛАСНО ПРЕДЛОЖЕНИИ И ПОДБОР И ОБОРУДОВАНИИ РЕКОНСТРУКЦИЯ УЗЛА

Технологическая схема реконструкции отделения выпарки II ступени: из напорного бака поз. 120 раствор карбамида самотеком поступает в трубное пространство испарителя I ступени выпарки поз. 121-2, в межтрубное пространство, которого подаётся пар с давлением 0,7МПа и/или паровой конденсат из испарителя II ступени выпарки поз. Т-125-2. На первой ступени выпарки поддерживается температура 120-130°C и остаточное давление не более 0,0354 МПа водоструйным эжектором поз. Н-138. Упаренный до 92% в испарителе поз.121-2 раствор карбамида поступает в сепаратор поз.122-2 для разделения парогазовой и жидкой фаз. Парогазовая фаза из сепаратора поз.122-2 поступает в конденсатор поз. 123-2, где водяные пары и газообразный аммиак конденсируются в межтрубном пространстве. КСП из конденсатора поз. 123-2 направляется в сборник поз.131 и далее насосом поз.132/1,2 подаётся в сборник поз. 50 и на гранбашню в ванну очистного устройства. Не сконденсировавшаяся газовая фаза из конденсатора поз. 123-2 эжектируется водоструйным эжектором поз. Н-138, где происходит полная конденсация соковых паров в токе циркулирующей рабочей жидкости, поступающей из ёмкости поз.137-2 через холодильник поз.Т-145 с помощью насосов поз.135/1,2. Подпитка цикла водоструйного эжектора поз. Н-138 осуществляется конденсатом сокового пара со второй ступени выпарки из сборника-гидрозатвора поз. 130а. Конденсат сокового пара со второй ступени выпарки из сборника- гидрозатвора поз. 130а по переливу поступает в сборник- гидрозатвор поз.130, откуда с помощью вновь установленных насосов поз.Н-139/1,2 подаётся в ёмкость поз.137-2. Часть жидкости с нагнетания насосов поз. 135/1,2 непрерывно будет отводиться в сборник поз. 50. Раствор карбамида из сепаратора поз. 122-2 самотёком поступает на II ступень выпарки в испаритель с увеличенной поверхностью

теплообмена поз. Т-125-2, устанавливаемый взамен существующего поз. 125-2, где при температуре 135-140.°С и остаточном давлении не более 0,0068 МПа, которое поддерживается системой паровых эжекторов поз.127э-2, 129э-2, происходит окончательное упаривание раствора карбамида до концентрации 98-99,8% за счёт нагрева паром с давлением 0,9 МПа. Нагретый в испарителе поз. Т-125-2 плав поступает в сепаратор увеличенного объема поз. С-126-2, устанавливаемый взамен существующего поз. 126-2. Соковые пары из верхней части сепаратора поз. С-126-2 поступают на конденсацию в конденсатор поз. 127-2. Не сконденсировавшийся соковый пар паровым эжектором поз. 127э-2 подаётся в конденсатор с увеличенной поверхностью теплообмена поз. Т-129-2, устанавливаемый взамен существующего поз. 129-2. Не сконденсировавшийся в конденсаторе поз. Т-129-2 соковый пар и инерты эжектором поз.129э-2 подаются в нижнюю часть «хвостового» конденсатора поз. 123а и далее в атмосферу. Конденсат сокового пара из конденсаторов поз. Т-129-2 и 123а сливается в сборник поз. 131. Плав карбамида из сепаратора поз. С-126-2 насосами поз.Н-145/3,4, устанавливаемыми взамен существующих поз. 145/3,4, подаётся на грануляцию. Проектом предусмотрено регулирование уровня плава карбамида в трубопроводе на всасе насосов.

2.1 Методика контроль и управление технологическим процессом

Контроль параметров и управление исполнительными механизмами узлов реконструкции агрегата №2 выполняется из существующего центрального пункта управления (ЦПУ) цеха карбамида №4 (корпус 652). [6]

Сигналы от датчиков и исполнительных механизмов подключаются к вторичным приборам, устанавливаемым на свободных местах существующих панелей щита КИП в ЦПУ. Туда же выносятся и необходимая сигнализация.

Подключение устанавливаемых на щите приборов на любой свободной панели существующего щита КИП в ЦПУ в зависимости от удобства обслуживания и требований технологии.

Для измерения параметров сред предусматриваются датчики с унифицированным токовым сигналом 4...20 мА российского и зарубежного производства (по необходимости) с учетом возможности подключения их в дальнейшем к контроллерам автоматизированной системы управления (АСУ ТП).

Предусмотрен следующий контроль параметров, сигнализации и блокировки:

По узлу выпарки:

1 Сигнализация и отключение насосов Н-139_{1,2}; Н-145_{3,4}:

- при повышении температуры подшипников;
- понижения давления на нагнетании;
- понижении и повышении давления затворной жидкости только для

Н-145_{3,4}.

1. Местный контроль расхода затворной жидкости в торцевые уплотнения Н-145_{3,4}

2. Регулирование расхода КСП в аппарат поз. 50.

3. Регулирование уровня в сепараторе С-126₂ в трубопроводе всаса насоса поз. Н-145/3,4 выдачей плава карбамида на гранбашню.

Для измерения температуры используются российские преобразователи термоэлектрические типа ТХК.

Датчики давления предусматриваются типа «Метран-100» ПГ «Метран» г. Челябинск, либо ф. «EmersonProcessManagement» по согласованию с Заказчиком.

Для измерения расхода предусматриваются вихревые расходомеры фирмы «EmersonProcessManagement».

Для измерения уровня используются дифманометры-перепадомеры в комплекте с разделителями мембранными фирмы «EmersonProcessManagement».

Основной вид взрывозащиты датчиков Exia.

В качестве регистрирующих и регулирующих приборов, устанавливаемых на щите КИП в ЦПУ, используются станции управления типа CX 2000 и DX 2000 ф. «Yokogawa» Япония. Блоки питания предусмотрены производства ПГ «Метран» г. Челябинск.

В качестве регулирующих клапанов в комплекте с электропневмопозиционерами с входным токовым сигналом 4...20мА предусматриваются клапаны ЗАО «ДС Контролз» г. В. Новгород.

Для подключения датчиков с сигналом 4...20 мА и HART-протоколом предусматривается кабель МКЭШВ с витой экранированной парой в соответствии с требованиями изготовителя.

Для сигнализации предусматривается микропроцессорный контроллер ПАС-01.

Полный объем средств контроля и автоматизации приведен на монтажно-технологических схемах

Электропитание средств контроля и автоматизации осуществляется от существующей системы электропитания. Пневмопитание электропневмопозиционеров предусматривается от существующих коллекторов сжатого воздуха КИП.

Прокладка кабелей осуществляется на конструкциях (стойки, полки, лотки, короба и т. п.) по направлению существующих трасс КИП [6] .

2.2 Расчет технологического оборудования

Поверхности нагрева выпарки 2 ступени в качестве выпарного аппарата 2 ступени принимается вертикальный теплообменник (испаритель поз. 125-2) с выносным сепаратором поз. 126-2.

Расход тепла [9-13]

$$Q = Q_{\text{ур}} + Q_{\text{сп}} - Q_{\text{пр}},$$

где

$Q_{\text{ур}}$ - тепло уходящего раствора

$Q_{\text{сп}}$ - тепло сокового пара

$Q_{\text{пр}}$ - тепло поступающего раствора

$$Q = 1115960 + 985708 - 1298782 = 802886 \text{ Вт}$$

Средний температурный напор

174,5	174,5
120,0	140,0
54,5	34,5

$$t_{\text{ср}} = (54,5 + 34,5) / 2 = 44,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{а) } \alpha_1 = 10000 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

$$\text{б) } \alpha_2 = 3000 \times \varphi = 3000 \times 0,84 = 2520 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

φ – множитель, учитывающий физические свойства жидкости

Средняя концентрация раствора 95,5 %

$$T^0 = 134 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \varphi = 0,84$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{10000} + \frac{1}{2520} + \frac{0,002}{1} + \frac{0,001}{20}} = 775 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

1,5

σ_1 - термическое сопротивление стенки $0,002/20 \text{ м}^3 \text{ час/ккал}$

α_1

σ_2

_____ - термическое сопротивление слоя на трубках $0,001 / 1,5 \text{ м}^3 \text{ час/ккал}$

α_2

$$F = \frac{Q}{t^0 \times K} = \frac{802886}{44,5 \times 775} = 23,3 \text{ м}^2$$

Установлен испаритель 25 м^2 .

Расчет поверхности теплообмена поверхностного конденсатора 2 ступени выпарки

1. Согласно материального баланса в конденсатор поступает $1571,6 \text{ кг/час}$ сокового пара.
2. Разряжение в конденсаторе 500 мм.рт. ст.
3. Температура охлаждающей воды на входе – 22^0C
4. Тепло сокового пара Q - 985708 Вт на выходе – 28^0C

Расчет среднего температурного напора

Температура конденсации пара под вакуумом 500 мм рт. ст. $66,27^0 \text{ C}$

66,27 66, 27

22 28

44,27 38,27

$$t^0_{cp} = (44,27 + 38,27) / 2 = 41,3^0 \text{ C}$$

Коэффициент теплоотдачи от конденсирующего пара к стенке

Так как соковый пар содержит инерты, коэффициент теплоотдачи определяется по формуле Осмера

$$\lg \alpha_1 = \lg (t_n - t_{ст}) (1,442 - 0,0047 t_n) + (1 - 0,31407 \lg (t_n - t_{ст})) (2,6568 + 0,0139 + t_n - \lg (0,505 + V))$$

t_n – температура конденсации пара

$t_{ст}$ – средняя температура стенки

$$t_{ст} = t_n - K/\alpha \times t_{ср}$$

$$\text{Задаем } K/\alpha = 0,53$$

V – объем содержания инертов, принимаем 5 %.

$$t_{ст} = 66,27 - 0,53 \times 41,3 = 44,4^\circ \text{C}$$

$$\lg \alpha_1 = \lg (66,27 - 44,4) (1,442 - 0,0047 \cdot 66,27) + (1 - 0,31407 \lg (66,27 - 44,4))$$

$$(2,6568 + 0,0139 + 66,27 - \lg (0,505 + 5)) = 3,02$$

$$\alpha_1 = 1047 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Расчет коэффициента теплоотдачи от стенки к воде

Сечение труб одного хода

$$f = 0,785 \times 0,021^2 \times 396 = 0,137 \text{ м}^2$$

Скорость воды в трубах

$$W = 386,4 / 0,137 \times 3600 = 0,785 \text{ м/сек}$$

386,4 количество охлаждающей воды м³/час

$$\alpha_2 = 1885 \times 0,785^{0,8} \times 0,021^{-0,2} = 3350 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Коэффициент теплопередачи

$$K = \frac{1}{\frac{1}{1047} + \frac{1}{3350} + \frac{0,002}{40} + \frac{0,001}{2}} = 652 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

σ_1

_____ - термическое сопротивление стенки 0,002/40 м³ час/ккал

α_1

σ_2

_____ - термическое сопротивление слоя на трубках 0,001 / 2 м³ час/ккал

α_2

Необходимая поверхность теплообмена

$$F = \frac{Q}{t^0 \times K} = \frac{985708}{41,3 \times 652} = 36,6 \text{ м}^2$$

Установлен конденсатор с площадью теплообмена 41 м².

2.2.1 Расчет конденсатора выпарки 2 ступени [1.2]

Таблица 5 – Исходные данные для расчета

№ п/п	Исходные данные	обозначение	обечайка	днище
1	Внутренний диаметр аппарата, см	D	600	600
2	Рабочее давление	P	2,5	6
3	Материал	сталь	0X21H8T	0X21H8T
4	Номинальное напряжение	G	1090	1090
5	Коэффициент сварного шва	ϕ	0,7	0,7
6	Расчетная температура	⁰ C	200	200
7	Прибавка на коррозию	c	0,1	0,3

Расчет обечайки:

Расчет толщины стенки обечайки

$$S = \frac{P \times D}{2 \times YG - P} + C = \frac{2,5 \times 60}{2 \times 0,7 \times 1090 - 2,5} + 0,1 = 0,2 \text{ см}$$

Принимаем 4 мм

Расчет наибольшего допустимого диаметра не укрепляемого отверстия в обечайке

$$d_{\text{доп}} = 1,2 (S/S^1 - 1) \sqrt{D (S-C)}$$

$$P \times D \quad 2,5 \times 60$$

$$S^1 = \frac{P}{2G - P} = \frac{2,5}{2 \times 1090 - 2,5} = 0,069 \text{ см}$$

$$d_{\text{доп}} = 1,2 (0,6/0,069 - 1) \sqrt{40 (0,6-0,1)} = 41,1 \text{ см}$$

Расчет геометрических характеристик укрепляющих элементов

$$F \leq F_0 + F_{\text{ш}} + F_{\text{к}} + F_{\text{с}}$$

Расчет площади подлежащей компенсации

$$F = (d + 2c) S^1 = (10 + 2,0) 0,069 = 0,829 \text{ см}^2$$

Расчет площади сечения обечайки, участвующей в укреплении

$$F = 2l_{\text{к}} (S - S^1 - c) = 25 (0,6 + 0,069 - 0,1) = 14,2 \text{ см}^2$$

Расчет площади поперечного сечения штуцера

$$F_{\text{ш}} = 2H (S_{\text{ш}} - S^1_{\text{ш}} - c)$$

$$H_1 = \sqrt{(d + 2c)(S_{\text{ш}} - c)} = \sqrt{(10 + 2 \times 0,1) \times (0,5 - 0,1)} = 2,5$$

$$S_{\text{ш}} = \frac{2H_1^2}{2 \times 1090 - 2,5} = 0,01 \text{ см}$$

$$F_{\text{ш}} = 2 \times 2 (0,5 - 0,01 - 0,1) = 1,56 \text{ см}^2$$

Площадь поперечного сечения сварного шва

$$F \leq 0,21 \text{ см}^2$$

Неравенство $F \leq F_0 + F_{\text{ш}} + F_{\text{к}} + F_{\text{с}}$ соблюдается ($0,829 \leq 14,2 + 1,56 + 0,2$)

Следовательно, отверстие Ø 110 мм укреплению не подлежит

Днище

Расчет толщины эллиптического днища

$$S = \frac{P \times R}{2 YG - P} + C = \frac{6 \times 60}{2 \times 0,7 \times 1090 - 6} + 0,3 = 0,53 \text{ см}$$

$$2 YG - P = 2 \times 0,7 \times 1090 - 6$$

Принимаем $S = 6 \text{ мм}$

2.2.2 Расчет подогревателя 2 ступени выпарки

Таблица 6.1 сводных параметров [1.2]

№ п/п	Исходные данные	Обоз наче ние	Единицы измерения	В трубах	В корпусе
1	Давление расчетное	P	МПа	0,6	1,6
2	Температура расчетная	t	°C	100	100
3	Диаметр аппарата	Ø	мм	400	400
4	Материал обечаек		сталь	12X18H10T	09Г2С
5	Давление испытательное	Pи	МПа	0,9	2,1

Таблица 6.2 сводных параметров [1.2]

№ п/п	Исходные данные	Обозна чение	Единицы измерения	В днище	В обечайке
1	Допускаемое нормативное напряжение для материала	G	МПа	207	160
2	Поправочный коэффициент	η		1	1
3	Коэффициент прочности продольного сварного шва	У		1	1
4	Поправка на компенсацию коррозии	C ₁	мм	0	1
5	Прибавка на минусовой допуск листа	C ₂	мм	0,8	0,8

Таблица 6.3 Расчетные значения [1.2]

№ п/п	Исходные данные	Обо знач ени е	Единицы измерения	В днище	В обеча йке
1	Толщина стенки обечайки	S	мм	10	12
2	Толщина стенки днища	S	мм	8	

Принимаем по стандартам

1. Фланцы аппаратные – по ГОСТ 26-427-79 на Ру 10, сталь 12X18H10T
2. Фланцы штуцеров трубного пространства – оп ГОСТ 12834-67 на Ру 10, межтрубного пространства- по ГОСТ 12858-67
3. Патрубки штуцеров трубного пространства – по СТП 0314-162-80, межтрубного пространства – по СТП 0314-63-80
4. Трубные решетки- по стандарту завода изготовителя толщиной 22 мм, сталь 08X22H6T

Расчет обечайки корпуса Ø 400 мм , материал сталь 16ГС-3 09Г2С-12

Исполнительная толщина обечайки определяется по формуле:

$$P \times D$$

$$S = \frac{P \times D}{2 \times Y [G] - P} + C$$

$$2 \times Y [G] - P$$

$$1,6 \times 400$$

$$S = \frac{1,6 \times 400}{2 \times 0,9 - 1,6} + 1,8 = 3,81 \text{ мм}$$

$$2 \times 1 \times 160 - 1,6$$

Принимаем обечайку толщиной 12 мм.

Расчетная толщина

$$S = \frac{P \times D}{2 \times Y [G] - P} = \frac{1,6 \times 400}{2 \times 160 - 1,6} = 2,01 \text{ мм}$$

Условие применения формулы

$$\frac{S-C}{D} < 0,1$$

$$\frac{8 - 1,8}{400} = 0,015 < 0,1 \text{ - условие выполнимо}$$

400

Расчет обечайки камеры Ø 400 мм, материал сталь 12X18H10T

Исполнительная толщина обечайки определяется по формуле:

$$S = \frac{P \times D}{2 \times Y [G] - P} + C$$

$$2 \times Y [G] - P$$

$$S = \frac{0,6 \times 400}{2 \times 1 \times 207 - 0,6} + 0,8 = 1,4 \text{ мм}$$

$$2 \times 1 \times 207 - 0,6$$

Принимаем обечайку камеры толщиной 8 мм из условия укрепления отверстий

Расчетная толщина [12]

$$S = \frac{P \times D}{2 \times Y [G] - P} = \frac{0,6 \times 400}{2 \times 207 - 0,6} = 0,6 \text{ мм}$$

$$2 \times Y [G] - P$$

$$2 \times 207 - 0,6$$

Условие применения формулы

$$\frac{S-C}{D} < 0,1$$

$$8 - 0,8$$

$$\frac{8 - 0,8}{400} = 0,018 < 0,1 \text{ - условие выполнимо}$$

$$400$$

Расчет днища эллиптического Ø 400 мм материал сталь 12X18Н10Т

Исполнительная толщина стенки днища определяется по формуле:

$$S = \frac{P \times R}{2 \times Y [G] - P \times 0,5} + C$$

где R – радиус кривизны в вершине днища

Для стандартных днищ (при H/D = 0,25) R=D

$$S = \frac{0,6 \times 400}{2 \times 1 \times 207 - 0,6 \times 0,5} + 0,8 = 1,4$$

Принимаем толщину стенки днища верхнего 8 мм из условий штамповки, днища нижнего 8 мм из условия крепления отверстия.

Расчетная толщина стенки днища:

$$S = \frac{P \times R}{2 \times Y [G] - P \times 0,5} + C$$

$$2 \quad Y [G] - P \quad 0,5$$

$$S = \frac{0,6 \times 400}{2 \times 1 \times 207 - 0,6 \times 0,5} = 0,6 \text{ мм}$$

$$2 \times 1 \times 207 - 0,6 \times 0,5$$

Условие применения формулы

$$0,002 < \frac{S-C}{D} < 0,1; 0,2 < H/D < 0,5$$

$$\frac{8 - 0,8}{400} = 0,018 < 0,1 \text{ - условие выполнимо}$$

400

Расчет укрепления отверстий

Наибольший допускаемый диаметр одиночного отверстия, не требующего дополнительного укрепления

а) в обечайке корпуса:

$$d_0 = 2 \left[K \left(\frac{S-C}{S_r} - K \right) \sqrt{D (S - C) - C} \right]$$

$$d_0 = 2 [1 ((12 - 1/5,03) - 0,8) \sqrt{400 (12 - 1) - 1}] = 183,7 \text{ мм}$$

$$K_1 = 1 ; K_2 = 0,8$$

б) в обечайке камеры

$$d_0 = 2 [1 ((8/1,45 - 0,8) \sqrt{400 (8 - 0) - 0}] = 531,7 \text{ мм}$$

в) в днище

$$d_0 = 2 [1 ((8/1,45 - 0,8) \sqrt{800 (8 - 0) - 0}] = 752 \text{ мм}$$

Расчет укрепления отверстия Ду 300 в корпусе с помощью отбортовки.

Условие укрепления:

$$L_{1R} (S_1 - S_{1R} - C_1) \geq 0.5 (d_R - d_0) \times S_R,$$

где L_{1R} – расчетная длина штуцера, мм

$$L_{1R} = 1,25 \sqrt{(d + 2 C_i) (S_1 - C_1)} = 1,25 \sqrt{(309 + 2) (8 - 1)} = 58,3$$

S_1 – толщина патрубка, мм $S_1 = 8 \text{ мм}$

S_{1R} – расчетная толщина патрубка, мм

$$S_{1R} = \frac{P(d + 2C_1)}{2[G]_1 - P} = \frac{1,6 \times 311}{2 \times 125 - 1,6} = 2$$

d_R – расчетный диаметр отверстия, мм

$$d_R = d = 1,5 (z_0 - s_R) = 309 + 1,5 (32 - 5,03) = 349,5$$

z_0 – внутренний радиус отбортовки, мм $z_0 = 32$

Проверяем условие укрепления:

$$58,3 (8-2-1) \geq 0,5 (349,5 - 288,9) \times 5,03$$

$$291,5 > 152,4$$

Условие выполнено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи с увеличением производительности узла синтеза и дистилляции производства карбамида до 450 тонн в сутки реконструкции подвергается узел выпарки II ступени. Целью реконструкции является замена и установка оборудования для увеличения выработки карбамида и снижения энергозатрат.

Сохраняется пуск агрегата по существующему методу. Регулирование технологического процесса остается без существенных изменений. Вновь устанавливаемые аппараты будут обслуживаться имеющимся персоналом. Существующее штатное расписание не пересматривается. Вновь установленное оборудование, согласно расчетам, обеспечивает полную переработку плава карбамида поступающего с отделения синтеза и дистилляции, а также конденсацию сокового пара для дальнейшей переработки.

Экономическая эффективность реконструкции агрегата, рассчитанная по общепринятым методам высока, окупаемость 1,74 года.

Учитывая новизну предлагаемой реконструкции целесообразно первоначально реконструировать один агрегат, который будет носить характер опытного для выявления недоработок, их устранения при реконструкции последующих агрегатов. На опытном агрегате будут получены данные, которые позволят оценить реальное повышение производительности и уточнить технико-экономические показатели реконструкции. Как для опытного, так и для всех последующих агрегатов предварительно необходимо выполнить штатные и дополнительные ремонтные работы, чтобы в полной мере реализовать теоретически возможное повышение производительности агрегатов, снижения расхода электроэнергии и сырья.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Афанасьев, Н.Д. Методические указания к практическим заданиям по курсу «Расчет и конструирование элементов оборудования»
2. Альгушер, Л.Н. Синтез меламина из карбамида под высоким давлением. Л.Н. Альгушер, В.С. Кучерявый // журнал химическая промышленность - 1986,- Т.112.-№- С.899-902
3. Ахметов, Н.С. Общая и неорганическая химия.- М.: Высшая школа 2004
4. Абалонин, Б.Е. Основы химического производств.
5. Атрощенко В.И. Гелперин И.И. Методы расчетов по технологии синтеза связанного аммиака
6. Б.Е. Абалонин, И.М. Кузнецов, Х.Э. Харлампиди. – М.: Химия, 2001.-472с
7. Бесков В. С. Общая химическая технология: Учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. -452с.: ил
8. Борисов Г.С., Брыков В.П., Дытнерский Ю.И.: Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию – М: Химия, 1991 – 496с.
9. Воргафтик, Н.Б. Справочник по тепло-физическим свойствам газов и жидкостей. / Н.Б. Воргафтик .-М. : Химия, 1972.-325 с.
- 10.Васильев, М.Г. Химический комплекс России /М.Г. Васильев.- М.: ОАО НИИТЕХИМ,2002-362 с.
- 11.Волков, В.А, Вонский Е.В , Кузнецов Г.И . Выдающиеся химики мира.- М.: Химия.1991.
- 12.Горловский, Д.М. Технология карбамида / Д.М. Горловский – М.: Госхимиздат 1985-320 с.
- 13.Гуляндинова, В.М. Исторические аспекты развития производства карбамида /В.М.Галяутдиновва-Уфа : Реактив,2002.с.124-128
- 14.ГОСТ 1050-88 «Прокат сортовой, комбинированный со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали»

- 15.ГОСТ 6533-78 « Днища эллиптические отбортованные стальные для аппаратов и котлов»
- 16.ГОСТ Р 51273-99 « Сосуды и аппараты нормы и методы расчета усилий для аппаратов колонного типа от ветровых нагрузок»
- 17.ГОСТ 24755-89 « Сосуды и аппараты нормы и методы расчета на прочность укрепления отверстий»
- 18.ГОСТ 14249-88 « Сосуды и аппараты нормы и методы расчета на прочность»
- 19.Горина, Л.Н. Методические указания к дипломному проектированию « Безопасность и экологичность объекта дипломного проекта» /Л.Н.Горина - Тольятти, 2003.-17с.
- 20.ГОСТ 12.1.005-88 « Системы стандартов безопасности труда .Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
- 21.Глинка, Н.Л. общая химия. - Л.: Химия, 2003.
- 22.Горловский Д.М. «Технология карбамида» Издательство « ХИМИЯ» Ленинград,1981г.с.320
- 23.Дытнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии /Ю.И. Дытнерский.-М.:Химия ,1998.-496с.
- 24.Демонстрационные опыты по общей и неорганической химии./ Под ред. Б.Д.Степина. - М.:Владос,2003.
- 25.Заичко Н.Д., Чернышев А.К. Перспектива развития минеральных удобрений // Журн.ВХО им. Менделеева.-1983.-№4.-с-6-10
- 26.Заграничный, О.С. Исследование синтеза меламина из карбамида/ В.И.Заграничный, О.С. Рукевич //Журнал химическая промышленность.- 1987.-7.9.-№21.- С.772-774
- 27.Кочетков В.Н. Гранулирование минеральных удобрений- М.:Хими\,1985.- 224с.
- 28.Кучерявый В.И. Синтез и применение карбамида / В.И Кучерявый ,-М.: Химия1970-224с.

- 29.Купетов А.М. Общая химическая технология /А.М.Купетов.-
М.Высш.шк.,1985-448с
- 30.Касаткин А.Г.Основные процессы и аппараты химической технологии /
А.Г. Касаткин-М.: Химия ,1971.-784с.
- 31.Курылев, А.Ю. Разработка технологии каталитического синтеза
производных циануровой кислоты из карбамида при атмосферном
давлении/ А.Ю.Курылев, В.С. Бесков //Журн. Катализ в
промышленности.-М.:ЗАО «КАЛВИС», №4,2007.-С.26-30
- 32.Кучерявый, В.И. Синтез и применение карбамида / В.И. Кучерявый, В.В.
Лебедев. - Л.: Химия ,1970.448 с.
- 33.Кузменко Н.Е. , Еремин В.В., Попков В.А. Начала химии: Современный
курс для поступающих в вузы. – М.: Экзамен,2004
- 34.Кузменко Н.Е. Еремин В.В. , Попков В.А. Для школьников и старших
классов и поступающих в вузы.- М.: ОНИКС 21 век: Мир и образование,
2002.
- 35.Казицына Л.А. Применение УФ, ИК и ЯМР спектроскопии в органической
химии. - М.: Изд-во Моск. унта, 1974.
- 36.Коржевский А.Б.,Диссертация.
- 37.Лебедев Н. Н. Химия и технология основного органического и
нефтехимического синтеза. М., Химия .2008-592 с.
- 38.Мельников Е.Я . « Технология неорганических веществ и минеральных
удобрений» Издательство « ХИМИЯ» Москва,1983г., с 432
- 39.Неорганическая химия: в 3т./ Под ред.Ю.Д.Третьякова. Т.2: Химия
непереходных элементов.- М.: Академия,2004.
- 40.Огородников С.К. Справочник инженера химика /С.К. Огородников.-
Ленинград «Химия». Ленинградское отделение 1978года.365 с.
- 41.ОНД-86 «Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе
вредных веществ содержащихся в выбросах предприятий» Ленинград.
Гидрометеиздат. 1987.

42. Постоянные технологический регламент производства карбамида утв. Генеральный директор ОАО «КуйбышевАзот» 17.1.2004.-1969.-444 с.
43. Петров.И.О. Сырье для химической промышленности / И.О. Петров // Химическая промышленность.-1966.-№7. С-387-392 с.
44. Плановский А.Н. Процессы и аппараты химической нефтехимической технологии / А.Н. Плановский.- М.: Химия 1972.
45. Павлов .К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии /К.Ф. Павлов.- Ленинград,: Химия, 1987.-510 с.
46. Позин М.Е. Расчеты по технологии неорганических веществ / М.Е.Позин.- М.: Химия.1966-638 с.
47. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химических производств /К.Ф. Павлов, П.Г. Ромашков .
48. Популярная библиотека химических элементов. В 2кн.- М.: Наука,1983.
49. Перегудов В.А. Конверсия природного газа в кипящем слое катализатора: Автореф. дис. канд. тех. наук.: ЛТИ им. Ленсовета, 1971.-134 с.
50. Рамм, В.М. Абсорбция газов /В.М. Рамм.- М.:Химия .1976.-655 с.
51. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник .-Л.: Химия,1977.
52. Справочник азотчика т.2 /ред. Е.Я. Мельникова.- М.: Химия, 1969.-444с.
53. Сергеев А.В Методические указания по экономической части дипломного проекта для студентов /А.В. Сергеев - Тольятти ,2007.-30с.
54. Соколов, Р.С. Химическая технология /Р.С.Соколов.- М.: ВЛАДОС,2000.- 448с.
- 55.« Технология карбамида» , Горловский Д. М.,Альтшулер Л.Н.,Кучерявый В.Н
56. Тимофеев, В.С. Принципы технологии основного органического и Нефтехимического синтеза/ В.С.Тимофеев, Л.А. Серафимов. –М.: Высшая шк.,2003-536с
57. Химическая энциклопедия: в 5т.-М.: БРЭ,1988-1998.

- 58.Энциклопедический словарь юного химика./ Под .ред. Д.Н. Трифонова. - М.: Педагогика- Пресс,1999
- 59.Эпова Т.И Методические указания по оформлению пояснительной записки к дипломному проекту / Т.И,Эпова.- Тольятти ,2007-20с.
- 60.Эткинс П. Физическая химия. - М.: Мир, 1980. Т.1. 582 с. Т.2. 584 с