

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»

(наименование)

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

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Разработка технологических решений по очистке запыленного воздуха
и шламовой воды в цехе №37 ПАО «КуйбышевАзот»

Студент

В.В. Чернов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

старший преподаватель Ю. Н. Шевченко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Бакалаврскую работу выполнил: Чернов Виталий Владимирович.

Тема работы: Разработка технологических решений по очистке запыленного воздуха и шламовой воды в цехе №37 ПАО «КуйбышевАзот»

Научный руководитель: Шевченко Юлия Николаевна

Бакалаврская работа выполнена на 75 страницах, включены 7 рисунков, 9 таблиц, использовано 26 источников литературы.

Объектом исследования является «Установка получения сульфата аммония на ПАО «КуйбышевАзот»

В теоретической части рассмотрены физико-химические основы процесса синтеза аммиачной селитры и аппарат очистки запылённого воздуха и шламовой воды.

В ходе выполнения работы описана новая схема по очистки запыленного воздуха и шламовой. Проведено внедрение и пусконаладочные работы на установке получения сульфата-нитрата аммония.

Проведены расчеты материального баланса и аппарата для очистки отработанного воздуха.

Бакалаврская работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word и представлена на электронном носителе.

Перечень принятых сокращений

СНА сульфо-нитрат аммония

АС-аммиачная селитра

СА-сульфат аммония

КАС-карбамид аммиачная смесь

КИПиА- контрольно измерительные приборы и автоматика

ЗВ-загрязняющее вещество

ПДК-предельно допустимая концентрация

ПДВ-предельно допустимый вес

ПК-предохранительный клапан

Содержание

Введение.....	5
1. Анализ технологического регламента цеха №37 ПАО «КуйбышевАзот»... 8	
1.1 Характеристика производства удобрения	8
1.2 Технологическая схема производства СНА/аммиачная селитры.....	8
1.3 Объекты вспомогательного назначения.....	10
1.4 Основные стадии технологического процесса.....	11
1.5. Расчет материального баланса.....	12
1.6 Характеристика производимой продукции.....	17
2. Анализ экологических протоколов в цехе №37.....	21
3. Анализ технологических решений применяемых в цехе №37 ПАО «КуйбышевАзот».....	35
3.1 Очистка технологического конденсата.....	35
3.2 Система воздухопроводов с узлом мокрой очистки запылённого воздуха ..	44
4. Разработка технологических решений по очистке запыленного воздуха и шламовой воды в цехе.....	50
4.1 Разработка модернизированной технологической схемы.....	50
4.1.1 Испарение и подогрев аммиака.....	50
4.1.2 Синтез раствора аммиачной селитры	55
4.1.3 Концентрирование раствора аммиачной селитры и получение суспензии сульфо-нитрата аммония.....	61
4.1.4 Охлаждение технологического пара и сбора технологического конденсата	64
4.2. Обоснование аппаратной части.....	68
Заключение.....	72
Список используемых источников.....	73

Введение

Завод «КуйбышевАзот» является одним из ведущих предприятий российской химической промышленности, в частности занимает лидирующие позиции в производстве капролактама, полиамида, текстильных и технических нитей в России, СНГ и странах Восточной Европы. Кроме того, он входит в первую десятку отечественных предприятий азотной промышленности по выпуску аммиака и удобрений.[13]

Свою деятельность предприятие осуществляет по двум основным направлениям:

- капролактамы и продукты его переработки;
- аммиак и азотные удобрения.

На предприятии существуют следующие технологические производства:

- Полиамид-6 -гранулят ПА-6, высокопрочная техническая нить, кордная ткань, инженерные пластики в режиме СП.
- Азотные удобрения - карбамид, аммиачная селитра, сульфат аммония, нитрат-сульфат аммония, удобрения жидкие азотные (КАС).
- Капролактамы - капролактамы, циклогексан, циклогексанон.
- Технологические газы - аргон, азот.
- Аммиак - аммиак, аммиачная вода.

В 2016 г. по итогам рейтинга агентства «Интерфакс-ЭРА» ПАО «КуйбышевАзот» было признано лидером экологической прозрачности в химической промышленности.

Благодаря системному подходу к природоохранной деятельности, за период 2006-2019 гг. при росте товарной продукции в 1,5 раза удельное образование стоков на тонну товарной продукции снизились в 1,6 раза, потребление воды - в 1,7 раза, электро- и теплоэнергии - в 1,4 раза.

В 2019 году по сравнению с 2018 г. при росте объемов товарной продукции на 9% и проведении пуско-наладочных работ на нескольких новых производствах, выбросы в атмосферу уменьшились на 4%, количество стоков на 8%. Валовый объем выбросов составил 47% от разрешенного.

Для достижения этой цели внедряются малоотходные, энерго- и ресурсосберегающие технологии, совершенствуется оборудование и реконструируются действующие производства. Одним из примеров внедрения новых производств является введение в эксплуатацию установки по выпуску удобрения азотного серосодержащего марки N:S (26:13). При этом, для выпуска качественной продукции, была проведена частичная реконструкция производства сульфата аммония в цехе 37. [13]

В связи с вышеописанным актуальность работы обусловлена тем, что:

1. На предприятии ПАО «КуйбышевАзот» в процессе производства сульфата аммония в цехе №37 имеется необходимость в модернизации оборудования для последующего снижения выбросов запыленного воздуха и шламовой воды.

2. При вводе в эксплуатацию установки производства удобрения азотного серосодержащего марки N:S (26:13) в цехе №37 существует вероятность высокой антропогенной нагрузки на окружающую среду в виде запыленного воздуха и большого количества загрязненных стоков.[15]

3. При использовании существующей системы очистки на производстве сульфат-нитрат аммония необходимо строго соблюдать технологический процесс, не выходить за рамки рассчитанного материального баланса. Несоблюдение данного требования может привести к получению некачественной продукции и к значительному загрязнению окружающей среды выбросами. [16]

Цель работы - снижение выбросов запыленного воздуха и шламовой воды в цехе №37 при производстве двух видов продукции: сульфата аммония и удобрения азотного серосодержащего марки N:S (26:13).

Задачи работы:

1. Проведение анализа работы вводящейся в эксплуатацию установки производства сульфат-нитрата аммония цеха №37 по очистки запыленного воздуха и шламовой воды, сравнение показателей с подобными отечественными и зарубежными объектами.

2. Определение основных факторов, вызывающие значительные выбросы запыленного воздуха в атмосферу, а также основные источники загрязнения сточных вод.

3. Предложение технологических решений, направленные на снижение объемов выбросов запыленного воздуха и сточных вод, при требуемом объеме выпускаемой продукции.

4. Проведение расчета материального баланса.

1 Анализ технологического регламента цеха №37 ПАО«КуйбышевАзот»

1.1 Характеристика производства удобрения

Производство удобрения азотного серосодержащего марки N:S (26:13) (Сульфат-нитрат аммония) входит в состав цеха №37 производства капролактама второй очереди.

Удобрение азотное серосодержащее марки N:S (26:13) – простое аммиачно-нитратное удобрение, содержит около 26 % азота N (18 % в аммиачной и 6,65 % в нитратной форме) и около 13 % серы S.

Год ввода в эксплуатацию - 2019.

Проектная мощность производства удобрения азотного серосодержащего марки N:S (26:13) (Сульфат-нитрат аммония) 366,67 тыс.т/год (1100 т/сут) или 150 тыс.т/год (450 т/сут) селитры аммиачной (аммиачная селитра).

Количество технологических линий (потоков) - одна.

Количество технологических установок - три:

- отделение синтеза;
- отделение гранулирования сульфо-нитрата аммония и аммиачной селитры;
- объекты вспомогательного назначения. [15]

1.2 Технологическая схема производства СНА/аммиачная селитры

Технологическая схема производства СНА/аммиачная селитра состоит из следующих технологических участков:

- отделение синтеза;
- испарение и подогрев аммиака;

- синтез раствора нитрата аммония (нейтрализация газообразным аммиаком азотной кислоты в реакторе, при давлении 0,37 МПа и температуре до 180 °С;
- концентрирование раствора нитрата аммония до 97,5 % масс в вертикальном испарителе плёночного типа в вакууме 0,032 МПа ;
- получение суспензии сульфо-нитрата аммония путём смешивания плава аммиачной селитры с мелкокристаллическим сульфатом аммония;
- охлаждение технологического пара, сбор технологического конденсата;
- очистка технологического конденсата на 4-х ступенчатой выпарной установке с получением раствора аммиачной селитры концентрацией 30 % масс и очищенного конденсата с максимальным содержанием нитрата аммония 50 ppm.;
- отделение гранулирования СНА/аммиачная селитра;
- гранулирование и осушка продукта в грануляторе-осушителе барабанного типа;
- сортировка продукта на ситах (грохочение), охлаждение продукта воздухом в холодильнике барабанного типа;
- охлаждение воздуха, используемого для охлаждения гранул в тёплое время года, жидким аммиаком;
- финальная обработка продукта в барабане – нанесение антислѐживающих добавок;
- выдача готового продукта на склад;
- очистка запылённого технологического воздуха;
- подготовка, измельчение сульфата аммония;
- испарение жидкого аммиака в системе кондиционирования воздуха и дополнительно к основному узлу испарения и подогрева аммиака;
- узел получения горячего воздуха с давлением 5 – 15 мм вод. ст. и температурой [16].

1.3 Объекты вспомогательного назначения

Объектами вспомогательного назначения являются:

- узел получения горячего воздуха, сжатого с давлением 0,7 МПа и температурой 160 °С для распыления пульпы в грануляторе-осушителе, а также воздуха сжатого технологического и воздуха КИПиА с давлением 0,7 МПа и температурой до 40 °С;
- узел сбора сточных вод;
- узел приёма и подачи раствора сульфата алюминия в резервуар (при получении аммиачной селитры);
- узел приёма, хранения и подачи доломита в бункер;
- узел приёма наполнителя из автоцементовоза в силосы и хранения в них;
- узел выдачи наполнителя из силосов пневмокамерными насосами в бункер;
- узел получения сжатого осушенного воздуха с давлением 0,7 МПа и температурой до 40 °С.

В состав узла складирования продукции, фасовки, отгрузки потребителям входят следующие сооружения:

- склад хранения сульфата аммония;
- крытая конвейерная галерея, соединяющая склад с производством сульфо-нитрата аммония по сырьевому потоку и по производственному, а также склад и производство с узлом фасовки продукции;
- узел фасовки продукции в биг-беги, грузоподъёмностью 800 – 900 кг и 1250 кг;
- узел отгрузки биг-бегов в ж/д полувагоны н, с площадкой накопления биг-бегов;
- узел отгрузки биг-бегов автотранспортом с возможностью отправки биг-бегов в морских контейнерах [16].

1.4 Основные стадии технологического процесса

Технологический процесс включает следующие основные стадии:

По отделению синтеза:

- фильтрация жидкого аммиака, испарение в основном или дополнительном испарителе, с последующим подогревом газообразного аммиака;

- синтез 78 % масс раствора аммиачной селитры путем нейтрализации газообразным аммиаком азотной кислоты в реакторе, при давлении 0,37 МПа и температуре до 180 °С;

- концентрирование раствора аммиачной селитры до 97,5 % масс в вертикальном испарителе пленочного типа под давлением ниже атмосферного – 0,032 МПа;

- получение суспензии СНА путем двухступенчатого смешивания плава аммиачная селитра с кристаллическим сульфатом аммония, с добавлением наполнителя (доломитовой муки);

- охлаждение технологического пара, сбор технологического конденсата;

- очистка технологического конденсата на 4-х ступенчатой выпарной установке с получением раствора аммиачная селитра концентрацией 30 % масс и очищенного конденсата с максимальным содержанием нитрата аммония 50 мг/кг.

По отделению гранулирования:

- гранулирование и осушка продукта в грануляторе-осушителе барабанного типа;

- сортировка продукта на ситах (грохочение) для выделения целевой фракции готового продукта, измельчение крупной фракции, рецикл нецелевых фракций в гранулятор осушитель, охлаждение продукта воздухом в холодильнике барабанного типа;

- финальная обработка продукта в барабане для нанесения покрытия – обработка тальком и антислеживающим (покрывающим) реагентом;
- очистка аспирационного и технологического запыленного воздуха в циклонах и скруббере, возврат пыли и раствора СНА в процесс;
- сортировка кристаллического сульфата аммония на мелкую и крупную фракцию, измельчение крупной фракции и подача мелкой фракции СА и измельченного СА в отделение синтеза;
- фильтрация и подогрев атмосферного воздуха для подачи в гранулятор-осушитель и в воздуховоды системы аспирации технологического оборудования;
- подогрев сжатого технологического воздуха до температуры 160 °С для подачи в систему распыления суспензии СНА в грануляторе-осушителе.

Все технологическое оборудование по основным стадиям производства размещается во вновь проектируемом корпусе 940А.

Для обеспечения работы производства предусматриваются объекты вспомогательного назначения в составе следующих сооружений. [17]

1.5 Расчет материального баланса

Материальный баланс представлен с учетом производительности сульфат-нитрат аммония 1100 т/сутки и заданного качества получаемого продукта, соответствующего составу 26 % масс. N₂ и 14 % масс. S. [3]

При составлении материального баланса учитываются такие составляющие как сырье, материалы, затраченные на производство 1 тонны сульфо-нитрата аммония (аммиачной селитры). И в дальнейшем определяют нормы расхода сырья, материалов, необходимые для выпуска запланированного количества выпускаемой сульфо-нитрата аммония (аммиачной селитры).

Баланс предоставлен по двум отделениям производства сульфо-нитрата аммония:

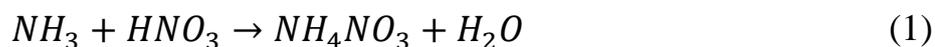
- синтеза аммиачной селитры;
- грануляция сульфат-нитрат аммония.

Данный баланс, определяющий материальный поток по выпуску 1100 тн/сутки сульфат-нитрат аммония, позволяет также определить материальные потоки по выпуску 450 т/сутки аммиачной селитры при расчете расходных коэффициентов на 1 тонну продукции (сульфат-нитрат аммония или аммиачной селитры).

Годовая потребность в ресурсах рассчитана, исходя из времени работы в году 8000 часов.

В таблице 1 предоставлены данные по годовой и часовой потребности в основных видах ресурсов для технологических нужд и расходные коэффициенты в расчете на 1 тонну сульфат-нитрата аммония и аммиачной селитры [2].

Реакция данного процесса:



В таблице 2 приведены значения молекулярных масс основных веществ, участвующих в реакции

Таблица 2- Значения молекулярных масс основных веществ, участвующих в реакции

Вещество	Молярная масса, г/моль
Аммиак (NH ₃)	17
Азотная кислота(HNO ₃) (54%)	63
Аммиачная селитра (NH ₄ NO ₃)	80
Вода (H ₂ O)	18

Производительность сульфат-нитрат аммония: 1100 т/сутки

Время работы оборудования в сутках: 24 часа.

Таблица 1- Годовая и часовая потребность в основных видах ресурсов для технологических нужд и расходные коэффициенты в расчете на 1 тонну сульфат-нитрат аммония и аммиачной селитры

№ п/п	Наименование показателей	Ед. изм	Часовой расход		Годовая потребность		Расход на 1т		Примечание
			АС	СНА	АС	СНА	АС	СНА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Исходное сырье									
1	Аммиак безводный, сжиженный Сорт Ак по ГОСТ 6222190Е (изм.1) Р=1,2МПа (12 бар) t=30 °С	Т	3,69	3,69	29512	29512	0,195	0,08	Из сети предприятия
2	Азотная кислота 54 % масс ТУ предприятия Р=0,9Мпа (9 бар) t=25-50 °С (при пересчете на мг)	Т	13,69	13,69	108480	108480	0,723	0,295	Из сети предприятия
3	Сульфат аммония кристаллический ТУ 113-03-10-18-91	Т	-	28,65	-	229200	-	0,625	Со склада

Расчёт материального баланса:

1) Среднечасовая производительность производства по аммиачной селитре:

$$G_{\text{ср.ч.}} = \frac{G_{\text{пл}} \cdot 1000}{t_r} \quad (2)$$

Где $G_{\text{пл}}$ –плановая выработка т/сутки;

t_r - время работы оборудования в сутки;

$G_{\text{ср.ч.}}$ - среднечасовая выработка.

$$G_{\text{ср.ч.}} = \frac{1100 \cdot 1000}{24} = 4583,3 \text{ кг/ч}$$

2) Рассчитаем массу и молярную массу аммиака на входе в аппарат.

$$m_{\text{NH}_3} = 4583,3 \cdot 0,08 = 366,6 \text{ кг/моль}$$

$$M_{\text{NH}_3} = \frac{366,66}{17} = 21,7 \text{ кмоль/ч}$$

3) Рассчитаем массу кристаллического сульфата аммония

$$m_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = 4583,3 \cdot 0,625 = 2864,6 \text{ кг/моль}$$

4) Рассчитаем массу и молярную массу азотной кислоты (концентрацией 54%) на входе в аппарат.

$$m_{\text{HNO}_3(\text{p-p})} = 4583,3 \cdot 0,295 = 1352 \text{ кг/моль}$$

рассчитаем массу чистой азотной кислоты и содержание воды.

$$m_{\text{HNO}_3(\text{чист})} = 1352 \cdot 0,54 = 730 \text{ кг/моль}$$

$$M_{\text{HNO}_3(\text{чист})} = \frac{730}{63} = 11,5 \text{ кмоль/ч}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 1352 - 730 = 622 \text{ кг/моль}$$

5) Рассчитаем непрореагировавший аммиак на выходе их аппарата.

$$M_{\text{NH}_3(\text{непрореаг})} = 21,7 - 11,5 = 10,2 \text{ кмоль/ч}$$

найдем массу непрореагировавшего аммиака

$$m_{\text{NH}_3(\text{непрореаг})} = 10,2 \cdot 17 = 173,4 \text{ кг/моль}$$

6) Рассчитаем массу нитрата аммония на выходе из аппарата.

$$m_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 11,5 \cdot 80 = 920 \text{ кг/моль}$$

Полученные значения занесли в таблицу 3.

Таблица 3 – Расход-приход

Приход			Расход		
На входе в аппарат			На выходе из аппарата		
NH ₃	366,6	8,00%	NH ₃	173,4	3,79%
HNO ₃	730	15,93%	NH ₄ NO ₃	920	20,09%
H ₂ O	622	13,57%	H ₂ O	622	13,58%
(NH ₄) ₂ SO ₄	2864,6	62,50%	(NH ₄) ₂ SO ₄	2864,6	62,55%
Итого	4583,3	100%	Итого	4580	100%

Проведенный расчет материального баланса представлен в таблице 3. На основании полученных данных можно произвести анализ потерь на входе и выходе из аппарата.

Потери находятся в допустимых пределах и не превышают 15 % [14].

1.6 Характеристика производимой продукции

Готовой продукцией производства удобрения азотного серосодержащего марки N:S (26:13) (Сульфат-нитрат аммония) цеха №37 производства капролактама является:

1. Удобрение азотное серосодержащее марки N:S (26:13);

1.1 Удобрение азотное серосодержащее марки N:S (26:13) должно соответствовать требованиям технических условий ТУ 20.15.39-065-00205311-2016 с изменением №1 (Удобрение азотное серосодержащее марки N : S (26:13),

2. Селитра аммиачная.

2.1 Селитра аммиачная должна соответствовать требованиям ГОСТ 2-2013 марка Б, высший сорт.

Удобрение азотное серосодержащее марки N:S (26:13) должно соответствовать нормам, указанным в таблице 4.

Таблица 4- Нормы для удобрения азотного серосодержание марки N:S (26:13)

Номер	Наименование показателя	Норма по ТУ 20.15.39-065-00205311-2016
1	Внешний вид	гранулы от белого до серого цвета
2	Суммарная массовая доля азота, в пересчете на сухое вещество, %, не менее	26
	В том числе:	
	- массовая доля аммонийного азота, %, не менее	18
	- массовая доля нитратного азота, %	6,65 - 8,0
3	Массовая доля воды, % масс, не более	0,3
4	Рассыпчатость, %	100
5	Массовая доля серы, %, не менее	13
6	Фракционный состав, % - фракция 2,0 - 5,0 мм, не менее	90
7	Статическая прочность гранул, кгс/гранулу (фракция 2,0 - 5,0 мм), не менее	3

Продолжение таблицы 4

Номер	Наименование показателя	Норма по ТУ 20.15.39-065-00205311-2016
8	рН, не менее	5
9	Сумма оксидов кальция и магния в пересчете на MgO, %, не более	0,9
<p>Примечание:</p> <p>1 Требования к качеству удобрения азотного серосодержащего марки N:S (26:13), предназначенной для экспорта, должны соответствовать требованиям договора (контракта) с иностранным покупателем.</p> <p>2 По согласованию с потребителем допускается выпуск удобрения азотного серосодержащего марки N:S (26:13) с другими физико-химическими показателями.</p> <p>3 Технология производства удобрения азотного серосодержащего марки N:S (26:13) исключает содержание техногенных радионуклидов.</p>		

Таблица-5 Физико-химические

Наименование показателя	Норма
Плотность, т/м ³	1,1
Насыпная плотность, т/м ³ (при 20 °С)	1
Температура начала разложения, °С	170
Температура продукта не более, °С	33
Твёрдость	2,5 кг на гранулу размером 3 мм
Температура плавления, °С	180 - 210

Селитра аммиачная должна соответствовать нормам, указанным в таблице 6.

Таблица-6- Нормы для аммиачной селитры

Номер	Наименование показателя	Норма по ГОСТ 2-2013 марка Б, высший сорт
1	Внешний вид	гранулы белого цвета или слегка окрашенные, без механических примесей
2	Суммарная массовая доля нитратного и аммиачного азота в пересчёте на: -NH ₄ NO ₃ в сухом веществе, %, не менее - азот в сухом веществе, %, не менее	не нормируется 34,4

Продолжение таблицы 6

3	Массовая доля воды: методом высушивания, %, не более или методом Фишера, %, не более	0,3 0,6
4	pH 10 %-ого водного раствора, не менее	5,0
5	Гранулометрический состав: Массовая доля гранул размером от 1 до 3 мм, %	не нормируется
6	Массовая доля гранул размером от 1 до 4, %, не менее	95
	Массовая доля гранул размером от 2 до 4 мм, %, не менее	80
	Массовая доля гранул размером менее 1 мм, %, не более	3
	Массовая доля гранул размером более 6 мм, %	0
	Массовая доля веществ не растворимых в 10 % растворе азотной кислоты %, не более	не нормируется
7	Статическая прочность гранул, (кгс/гранулу), не менее	0,8
8	Рассыпчатость, %, не менее	100
Примечание: 1. Массовая доля нитратов Ca и Mg в пересчете на CaO составляет 0,2-0,5 %. 2. Технология производства селитры из аммиака и азотной кислоты исключает содержание токсичных элементов и радионуклидов, поэтому для селитры марки Б регламентация их не требуется.		

Таблица 7- Физико-химические свойства

Наименование показателя	Норма
Молекулярный вес	80,04
Плотность при 25 °С, т/м ³	1,725
Насыпная плотность, т/м ³ (при 20 °С)	0,826 – 1,164
Температура плавления, °С	169,6
Температура кипения, °С	238
Температура начала разложения, °С	210
Температура самовоспламенения, °С	350
Нижний концентрационный предел распространения пламени, г/м ³	175
Теплота плавления, кДж/кг	73,21
Теплопроводность при 20 °С, Вт/м•К	0,419
Гигроскопическая точка (равновесная относительная влажность), при 20 °С, %	66,9
Температура продукта не более, °С	35
Растворимость в воде при 20 °С, кг/кг воды	1,9

Удобрение азотное серосодержащее марки N:S (26:13) предназначено для использования в сельском хозяйстве в качестве азотного аммонийного и серосодержащего минерального удобрения.

Удобрение азотное серосодержащее марки N:S (26:13) простое аммиачно-нитратное удобрение, содержит около 26 % азота N (18% в аммиачной и 6,65 % в нитратной форме) и около 13 % серы S. [2]

Удобрение азотное серосодержащее марки N:S (26:13) обладает относительно высокой подкисляющей способностью.

Селитра аммиачная представляет собой вещество, содержащее азота не менее 34,4 %.

Выводы:

По сравнению со многими другими твердыми азотными удобрениями селитра аммиачная имеет высокое содержание азота и это определяет в основном целесообразность ее использования в сельском хозяйстве в качестве неорганического удобрения.

Сведения о регистрации информационных карт потенциально опасных химических и биологических веществ

Свидетельство № 1361 от 30.01.2017г. о государственной регистрации пестицида или агрохимиката селитра аммиачная марки Б [21].

2. Анализ протоколов очистки шламовой воды

При вводе в эксплуатацию проектируемого производства сульфат-нитрат аммония образуются следующие источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу:

- источник № 0976–Система аспирации (АС1) конвейерной галереи (постоянный выброс);

- источник № 0977–Вытяжная труба вентилятора после скруббера (постоянный выброс);

- источник № 0978–Воздушник на резервуаре сточных вод (постоянный выброс);

- источник № 0979–Воздушник на резервуаре сточных вод (постоянный выброс);

- источник № 0980–Воздушник после вентилятора на фильтре (постоянный выброс);

- источник № 0985–Вытяжная система (постоянный выброс) / Вытяжная система (аварийный выброс);

- источник № 10092–Вытяжная система (постоянный выброс) Вытяжная система) (аварийный выброс);

- источник № 11041–Система аспирации (АС2) конвейерной галереи (постоянный выброс);

- источник № 1105–Воздушник конденсатора паров (постоянный выброс);

- источник № 1113–Воздушник после фильтра на силосе доломита (постоянный выброс);

- источник № 11143–Воздушник после фильтра на силосе доломита (постоянный выброс);

- источник № 1117–Воздушник после фильтра на бункере (постоянный выброс);

- источник № 1118–Вытяжная система узла погрузки биг-бегов в автотранспорт (постоянные выбросы);
- источник № 1013–Свеча на линии ГАП-100 (аварийный сброс от технологического оборудования);
- источник № 1106–Свеча на линии ГС-1 (аварийный сброс от технологического оборудования);
- источник № 1119-Аварийная вентиляция (аварийная вентиляция корпуса) [17].

Постоянные выбросы представлены выбросом таких загрязняющих веществ как сульфат аммония, аммиачной селитрой, аммиаком, пылью доломита и талька.

Для сокращения пылевыведений в рабочую зону помещения установки получения СНА (АС) предусмотрена система аспирации (местные отсосы) во всех местах, где возможно пыление.

В целях сокращения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, на источниках №№ 976, 980, 1104, 1113, 1114, 1117 предусмотрены фильтры для очистки от пыли. На источнике № 977 – предусмотрен скруббер для очистки от аммиака и пыли.

Периодические (аварийные) выбросы представлены сбросами от ПК технологического оборудования на свечи линии ГАП-100 или линии ГС-1; срабатыванием в вытяжных систем В9.1/1,2, В9.2/1,2 (системы В9.1/1, В9.2 работают и в постоянном режиме эксплуатации), аварийной вентиляцией. Рассмотренные 4 вероятных сценария аварийных ситуаций исключают их одновременность [10].

Перечень вредных выбросов представлен в табл. 8 - Выбросы в атмосферу.

2.1 Выбросы в атмосферу

В таблице 8 представлены расчетные данные по количеству выбросов в атмосферу.

Таблица 8-Выбросы в атмосферу

Наименование выброса, отделение, аппарат, диаметр и высота выброса,	Количество источников выделения под одним источником выброса	Номер источника выброса	Суммарный объем отходящих газов, нм ³ /с	Периодичность работы, ч/год	Характеристика выброса			Допустимое количество ЗВ, выбрасываемых в атмосферу, г/с	Примечание
					Температура, °С	Состав выброса (ЗВ)	ПДВ загрязняющих веществ, мг/м ³		
Периодические выбросы (аварийные)									
Стадия синтеза Аварийная вентиляция Высота трубы = 38 м Диаметр трубы = 1,12 м	2	985	9,17	-	31	Аммиак	4,36	0,04	Сценарий 1
Стадия синтеза Аварийная вентиляция Высота трубы = 38 м Диаметр трубы = 1,12 м	2	1009	9,17	-	31	Аммиак	4,36	0,04	
Стадия синтеза ПК технологического оборудования. Свеча на линии ГАП-100 Высота трубы = 41,6 м Диаметр трубы = 0,15 м	1	1013	1,86	-	70	Аммиак	602150,5	1120	Сценарий 2

Продолжение таблицы 8

Наименование выброса, отделение, аппарат, диаметр и высота выброса,	Количество источников выделения под одним источником выброса	Номер источника выброса	Суммарный объем отходящих газов, нм ³ /с	Периодичность работы, ч/год	Характеристика выброса			Допустимое количество ЗВ, выбрасываемых в атмосферу, г/с	Примечание
					Температура, °С	Состав выброса (ЗВ)	ПДВ загрязняющих веществ, мг/м ³		
Стадия синтеза ПК технологического оборудования. Свеча на линии ГС-1 Высота трубы = 41,6 м Диаметр трубы = 0,3 м	1	1106	7,54	-	100	Аммиак	2984,08	22,5	Сценарий 3
						Аммоний нитрат	1790,45	13,5	
Стадия гранулирования Аварийная вентиляция Высота трубы = 38 м Диаметр трубы = 0,8 м	1	1119	3,57	-	31	Аммиак	14,01	0,05	Сценарий 4
Постоянные выбросы									
Стадия гранулирования. Технологическое оборудование. Вытяжная труба (после вентилятора) Высота трубы = 39,2 м Диаметр трубы = 2,2 м	1	977	43,5	8000	40	Аммиак	50	2,175	Выброс после скруббера. Ср. степень очистки: 41,8 % 98,4 % 98,4 %
						Аммония нитрат	20,3	0,88305	
						Аммония сульфат	29,7	1,29195	

Продолжение таблицы 8

Наименование выброса, отделение, аппарат, диаметр и высота выброса,	Количество источников выделения под одним источником выброса	Номер источника выброса	Суммарный объем отходящих газов, $\text{м}^3/\text{с}$	Периодичность работы, ч/год	Характеристика выброса			Допустимое количество ЗВ, выбрасываемых в атмосферу, г/с	Примечание
					Температура, $^{\circ}\text{C}$	Состав выброса (ЗВ)	ПДВ загрязняющих веществ, $\text{мг}/\text{м}^3$		
стадия синтеза (наружная установка). Резервуар Высота трубы = 7,5 м Диаметр трубы = 0,08 м	1	978	0,03	8000	50	Аммиак	41,67	0,00125	
стадия гранулирования (наружная установка). Резервуар Высота трубы = 7,5 м Диаметр трубы = 0,08 м	1	979	0,03	8000	50	Аммиак	41,67	0,00125	
стадия гранулирования. Технологическое оборудование Высота трубы = 19,5 м Диаметр трубы = 0,8 м	1	980	5	8000	65	Аммония сульфат	10	0,05	Выброс после мешочных фильтров AS поз.03-F-001. Ср. степень очистки 99,9 %

Продолжение таблицы 8

Наименование выброса, отделение, аппарат, диаметр и высота выброса,	Количество источников выделения под одним источником выброса	Номер источника выброса	Суммарный объем отходящих газов, $\text{м}^3/\text{с}$	Периодичность работы, ч/год	Характеристика выброса			Допустимое количество ЗВ, выбрасываемых в атмосферу, г/с	Примечание
					Температура, $^{\circ}\text{C}$	Состав выброса (ЗВ)	ПДВ загрязняющих веществ, $\text{мг}/\text{м}^3$		
Стадия синтеза. Воздушник конденсатора паров. Высота трубы = 22,45 м. Диаметр трубы = 0,05 м	1	1105	0,055	10	40	Аммиак	50,91	0,0028	
Наружная установка. Узел приема и подачи наполнителя в бункер наполнителя. Воздушник после фильтров на силосах доломита. Высота трубы = 17,5 м. Диаметр трубы = 0,9 м	1	1113	0,5	730	39	Пыль неорганическая: до 20 % SiO_2	20	0,01	Выброс после рукавного фильтра. Ср. степень очистки 99,98 %

Продолжение таблицы 8

Наименование выброса, отделение, аппарат, диаметр и высота выброса,	Количество источников выделения под одним источником выброса	Номер источника выброса	Суммарный объем отходящих газов, $\text{м}^3/\text{с}$	Периодичность работы, ч/год	Характеристика выброса			Допустимое количество ЗВ, выбрасываемых в атмосферу, г/с	Примечание
					Температура, °C	Состав выброса (ЗВ)	ПДВ загрязняющих веществ, $\text{мг}/\text{м}^3$		
Наружная установка. Узел приема и подачи наполнителя в бункер наполнителя. Воздушник после фильтров на силосах доломита Высота трубы = 17,5 м Диаметр трубы = 0,9 м	1	1114	0,5	730	39	Пыль неорганическая: до 20 % SiO_2	20	0,01	Выброс после рукавного фильтра. Ср. степень очистки 99,98 %
Стадия гранулирования. Воздушник после фильтра к бункеру Высота трубы = 30 м Диаметр трубы = 0,15 м	1	1117	0,27	110	30	Пыль талька	3,96	0,00107	Выброс после рукавного фильтра. Ср. степень очистки 99,98 %

Продолжение таблицы 8

Наименование выброса, отделение, аппарат, диаметр и высота выброса,	Количество источников выделения под одним источником выброса	Номер источника выброса	Суммарный объем отходящих газов, м ³ /с	Периодичность работы, ч/год	Характеристика выброса			Допустимое количество ЗВ, выбрасываемых в атмосферу, г/с	Примечание
					Температура, °С	Состав выброса (ЗВ)	ПДВ загрязняющих веществ, мг/м ³		
Состав сульфат-нитрата-аммония: (NH ₄) ₂ SO ₄ – 59,4 %, NH ₄ NO ₃ – 40,6 %									
Вентиляционные выбросы									
Выброс через систему аспирации (АС1), от конвейерной галереи Высота трубы = 24,6 м Диаметр трубы = 0,45 м	1	976	1,972	8000	40	Аммоний нитрат	0,019147	3,7758 × 10 ⁻⁵ 5,5242 × 10 ⁻⁵	Выброс после рукавного фильтра. Ср. степень очистки 99 %
				760		Аммония сульфат	0,033976		
Выброс через вентоборудование стадии синтеза, от технологического оборудования Высота трубы = 38 м Диаметр трубы = 1,12 м	1	985	9,51	8760	31	Аммиак	2,1	0,02	

Продолжение таблицы 8

Наименование выброса, отделение, аппарат, диаметр и высота выброса,	Количество источников выделения под одним источником выброса	Номер источника выброса	Суммарный объем отходящих газов, м ³ /с	Периодичность работы, ч/год	Характеристика выброса			Допустимое количество ЗВ, выбрасываемых в атмосферу, г/с	Примечание
					Температура, °С	Состав выброса (ЗВ)	ПДВ загрязняющих веществ, мг/м ³		
Выброс через вентоборудование стадии синтеза, от технологического оборудования Высота трубы = 38 м Диаметр трубы = 1,12 м	1	1009	9,51	8760	31	Аммиак	2,1	0,02	
Выброс через систему аспирации (АС2), от узлов погрузки. Узел фасовки продуктов в биг-беги Высота трубы = 26,3 м Диаметр трубы = 0,4 м	1	1104	1,74	8000	40	Аммоний нитрат	0,023333	0,0000406 0,0000594	Выброс после рукавного фильтра. Ср. степень очистки 99 %
				760		Аммония сульфат	0,057471		

Проанализировав данные из таблицы получаем подтверждение снижение влияния на антропогенную обстановку воздушных сред. Показатели в таблице соответствуют нормам предельно допустимым концентрациям выбросов в атмосферу. [10]

Характеристика сточных вод

Постоянные сточные воды, содержащие в своем составе вредные компоненты в нормальном технологическом режиме на установке получения сульфат-нитрата аммония отсутствуют.

Периодически, при остановке (3 раза в год в течение 15-30 часов), на установку нитриденитрификации цеха №39 сточные воды (с массовой концентрацией азота аммонийного до 150 мг/л, твердые взвеси до 2 %) после резервуара сточных вод отводятся погружным насосом.

Постоянно в наружные сети канализации отводится условно чистая вода:

- слив конденсата после блока кондиционирования воздуха;
- слив конденсата после воздушных компрессоров.

Для откачивания сточных вод из резервуара предназначен полупогружной насос. Предусматривается откачка стоков с расходом до 10 м³/ч из резервуара на установку нитриденитрификации цеха №39 для биохимической очистки, если содержание аммонийного иона в стоках не превышает значения 150 мг/л, а содержание нитратного иона 300 мг/л. В противном случае стоки в резервуаре могут быть разбавлены технологическим конденсатом, подаваемым после холодильника до требуемой концентрации. В других случаях стоки (разбавленный раствор СНА) откачиваются на переработку в производство жидких удобрений.

Для поддержания температуры рабочей среды выше температуры кристаллизации в зимнее время года предусмотрена подача острого пара через барботер в резервуар.

В таблице 9 представлены расчетные данные по количеству сточных вод, сбрасываемых в канализацию

Таблица 9- Сточные воды

Наименование сбрасываемых сточных вод и отделение (аппарат)	Место сбрасывания	Количество стоков, м ³ /сутки	Периодичность сброса	Наименование загрязняющего вещества	Норматив допустимого сброса, мг/дм ³	Примечание
Слив конденсата после блока кондиционирования воздуха Состав - Условно-чистая вода Параметры - Свободный слив по трубе Ду 32, t = 8 °С	Погружная ёмкость 01-Т-4 (откачивается)	0,6 - 1,1 м ³ /ч 14,4 - 26,4 м ³ /сутки	В тёплое время года	ЗВ отсутствуют		
Слив конденсата после воздушных компрессоров Состав - Условно-чистая вода Параметры - Свободный слив по трубе Ду 32, t = 8 °С	В наружные сети канализации	0,1 - 0,2 м ³ /ч 2,4 - 4,8 м ³ /сутки	Постоянно	ЗВ отсутствуют		
Сточные воды от склада продукции, конвейерной галереи, узла фасовки биг-бегов в ж/д вагоны отсутствуют						

Продолжение таблицы 9

Наименование сбрасываемых сточных вод и отделение (аппарат)	Место сбрасывания	Количество стоков, м ³ /сутки	Периодичность сброса	Наименование загрязняющего вещества	Норматив допустимого сброса, мг/дм ³	Примечание
Промывочные стоки (с полов, при чистке барабана гранулятора-осушителя собираются в дренажной ёмкости и откачиваются в цех №39)	Линия 1КСП-200	1 - 10 м ³ /ч	Периодически, по уровню в 01-Т-008	СНА/АС	Азот амонийный не более 400 мг/м ³ Азот нитратный не более 100 мг/м ³ Сульфат аммония не более 500 мг/м ³ рН 8 - 10	Промывка 02-D-001 1 раз в три месяца (50 м ³)

Технические решения, принятые при проектировании производства СНА (АС), обеспечивают безопасное ведение процесса в нормальном технологическом режиме с учетом минимального воздействия на окружающую среду. [5]

Перечень мероприятий по безопасному ведению технологического процесса и контролю за минимальным воздействием на окружающую среду.

Технологический процесс установки получения сульфат-нитрат аммония разработан с учетом минимального воздействия на окружающую среду при работе в нормальном регламентном режиме. [19]

Системами КИПиА по контролю и управлению процессом обеспечивается безаварийная работа установки при соблюдении регламентных показателей.

Для обеспечения минимальных воздействии на окружающую среду от обрабатываемых на установке веществ (аммиака, пыли сульфат-нитрат аммония и аммиачной селитры) предусмотрены следующие мероприятия:

- все оборудование установки герметичное, исключающее попадание аммиака в рабочие зоны;

- возможные зоны пыления при пересыпках СНА (АС) или СА оборудованы местными отсосами, позволяющими снизить количество пыли в рабочей зоне помещений.

Очистка воздуха аспирации отделения грануляции предусматривается в скруббере.

- тип и степень защиты электрооборудования и системы КИПиА выбраны в соответствии с характеристикой среды и классом взрывопожароопасной зоны, в которой они устанавливаются: для аммиака (класс В-1б) не ниже IP-44; для СНА, АС (класс П-1) в исполнении также не ниже IP-44 по пылезащите;

- арматура, установленная на трубопроводах с аммиаком и другими токсичными средами выбрана с классом герметичности затвора «А» по ГОСТ Р54808-2011;

- контроль рабочих зон установки с аммиаком предусмотрен автоматическими газоанализаторами, периодический контроль зон на пыль СНА (по аммиачной селитре) и пыль АС, доломита и сульфата алюминия – лабораторным методом;

- в целях минимального воздействия и сокращения выбросов аммиака в аварийных ситуациях, все проливы жидкого аммиака локализуются путем выполнения герметичных железобетонных поддонов под технологическим оборудованием с аммиаком.

Проливы жидкого аммиака из поддонов, как и дренажи жидкого аммиака от оборудования и трубопроводов направляются в бачок продувочного аммиака:

- плановые технические ремонты оборудования и трубопроводных систем обеспечивают их эксплуатационные показатели [4].

Выводы

В разделе проведен анализ протоколов очистки шламовой воды и приведены источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, которые представлены в таблице 8, также описаны характеристики сточных вод на производстве сульфо-нитрата аммония. Рассмотрен перечень по безопасному ведению технологического процесса и контролю за минимальным воздействием на окружающую среду.

3. Анализ технологических решений применяемых в цехе №37 ПАО«КуйбышевАзот»

3.1 Очистка технологического конденсата

Очистка технологического конденсата, образующегося при конденсации технологического пара из нейтрализатора и испарителя осуществляется посредством выпаривания конденсата в 4-х ступенчатой прямоточной выпарной установке. В процессе выпаривания технологического конденсата образуются два потока: слабый раствор аммиачная селитра с концентрацией 30 % масс и очищенный технологический конденсат с содержанием аммиачная селитра до 50 мг/кг, который представляет собой конденсат вторичного пара. На первой ступени установки выпаривание ведется под избыточным давлением, а на второй, третьей и четвертой ступени в условиях вакуума. Для работы установки используется только остаточный технологический пар установки США. [17]

Подлежащий очистке технологический конденсат с температурой 85 °С и концентрацией около 1,6% масс NH_4NO_3 насосами подается в пластинчатый подогреватель, в котором нагревается до температуры 99,4 °С и поступает в верхнюю часть (в трубное пространство) испарителя первой ступени, представляющий собой вертикальный кожухотрубный теплообменник.

В процессе упаривания технологического конденсата в пленочном режиме под давлением 0,017 МПа (0,17 бар) часть воды испаряется, и концентрация аммиачная селитра в растворе увеличивается примерно до 2,1% масс.

Далее слабый раствор аммиачная селитра с концентрацией ~ 2,1% масс и температурой 105 °С насосами упариваемого раствора первой ступени (один–рабочий, другой–резервный) подается в трубное пространство испарителя второй ступени через регулирующий клапан, а также частично

возвращается. Рециркуляция раствора осуществляется с целью обеспечения минимальной степени орошения трубок испарителя. Регулирование расхода слабого раствора аммиачная селитра на рециркуляцию в испаритель осуществляется в пределах 677-915 кг/ч клапаном, установленным на линии рециркуляции потока в аппарат.

В качестве теплоносителя на первой ступени испарительной установки используется технологический пар из нейтрализатора с давлением 0,27-0,39 МПа и температурой 177-182 °С, который в количестве 1350–1800 кг/ч подается в бак пароохладителя через регулирующий клапан. В бак пароохладителя также самотеком поступает технологический конденсат из межтрубного пространства испарителя первой ступени.

Расход технологического пара из нейтрализатора в бак регулируется с помощью клапана каскадным контуром регулирования, в котором расход изменяется в зависимости от уровня технологического конденсата в резервуаре.

В аппарате технологический пар расширяется до давления конденсации в испарителе (0,086 МПа (изб)), за счет интенсивного барботирования через слой конденсата охлаждается до температуры 118 °С и в насыщенном состоянии направляется в межтрубное пространство испарителя. Конденсат технологического пара из бака пароохладителя насосами (один – рабочий, другой – резервный) подается в пластинчатый подогреватель, где используется в качестве теплоносителя для подогрева технологического конденсата, поступающего на очистку, и далее в хвостовую трубу конденсатора узла сбора технологического конденсата.

Уровень технологического конденсата в баке пароохладителя контролируется прибором и регулируется в пределах 25-50%, с помощью клапана, установленного на линии подачи конденсата в конденсатор через подогреватель. Предельные (10% и 60%) и предаварийные (5% и 75%) значения уровня жидкости сигнализируются.

Также, схемой предусмотрен контроль температуры отводимого из пароохладителя конденсата до (118 °С) и после (103 °С) подогревателя по приборам с сигнализацией предельных значений (85 и 130 °С) и (110 и 79 °С), соответственно.

Вторичный пар, образующийся в трубном пространстве испарителя первой ступени, для отделения от потока пара капель раствора поступает в сепаратор по тангенциально расположенному штуцеру. Сепарация капель раствора аммиачная селитра и вторичного пара происходит за счет действия центробежной силы и резкого снижения скорости пара в пространстве сепаратора. Для дополнительного улавливания капель раствора аммиачная селитра сепаратор оборудован каплеуловителем. Из сепаратора вторичный пар вместе с неконденсируемыми инертными газами из межтрубного пространства испарителя направляется в межтрубное пространство испарителя второй ступени в качестве теплоносителя, где конденсируется при давлении 0,117 МПа и температуре 104 °С. Давление вторичного пара в сепараторе контролируется по прибору, минимальное 0,093 МПа и максимальное 0,24 МПа значения давления сигнализируются.

Предусмотрен контроль перепада давления на каплеуловителе по прибору с сигнализацией максимального перепада 0,25 кПа. При достижении максимального перепада каплеуловитель промывается паровым конденсатом. Управление подачей конденсата осуществляется с помощью отсечного клапана.

Процесс последующего упаривания слабого раствора аммиачная селитра на второй ступени протекает аналогично первой ступени.

При упаривании 2,1%-ного раствора аммиачная селитра из первой ступени в испарителе второй ступени под вакуумом 0,065 МПа и температуре 90 °С образуется раствор аммиачная селитра с концентрацией примерно 2,9 % масс, который насосами (один–рабочий, другой–резервный) подается в трубное пространство испарителя третьей ступени, через регулирующий клапан и частично возвращается. Регулирование расхода

слабого раствора аммиачная селитра на рециркуляцию в испаритель осуществляется в пределах 2468-3535 кг/ч клапаном.

Конденсат вторичного пара, образующийся в межтрубном пространстве испарителя второй ступени при давлении 0,016 МПа изб и температуре 104 °С поступает в первый бачок для конденсата через дроссельное устройство. Давление составляет 0,065 МПа. За счет снижения давления часть конденсата испаряется и образующийся пар с температурой 88 °С направляется в межтрубное пространство испарителя. Из бачка конденсат вторичного пара подается во второй бачок конденсата через дроссельное устройство. Давление пара в межтрубном пространстве испарителя контролируется по прибору.

Вторичный пар, образующийся в трубном пространстве испарителя второй ступени, поступает в сепаратор, снабженный каплеуловителем. Из сепаратора вторичный пар вместе с неконденсируемыми инертами из межтрубного пространства испарителя направляется в межтрубное пространство испарителя третьей ступени в качестве теплоносителя, где конденсируются при давлении 0,065 МПа и температуре 88 °С [6].

Контроль перепада давления на каплеуловителе осуществляется по прибору с сигнализацией максимального перепада 0,25 кПа. При достижении максимального перепада каплеуловитель промывается паровым конденсатом. Управление подачей конденсата осуществляется с помощью отсечного клапана.

Очистка технологического конденсата

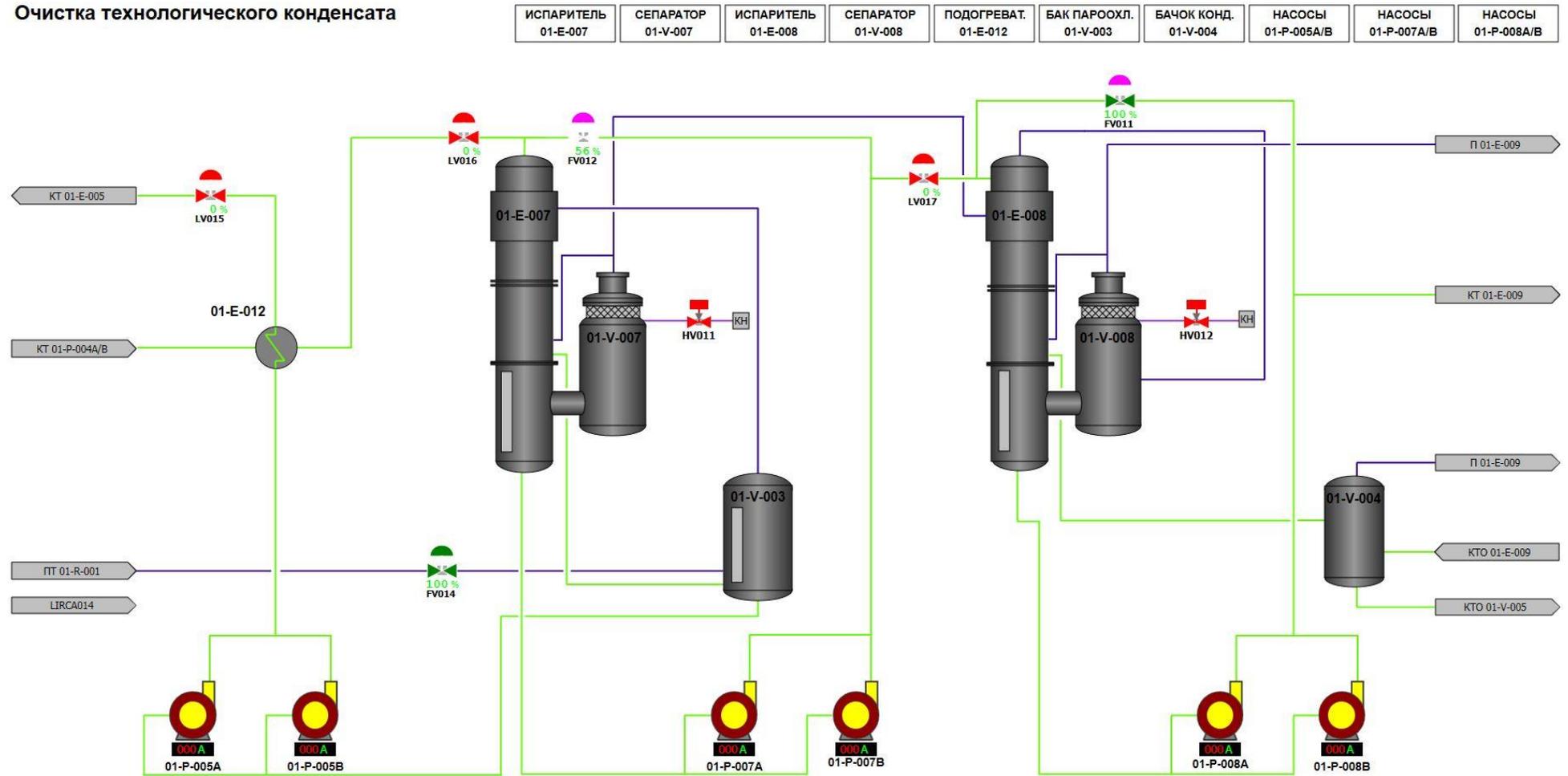


Рисунок 1-Очистка технологического конденсата первая и вторая ступени

В трубном пространстве испарителя третьей ступени под вакуумом 0,03 МПа (абс) и температуре 73 °С 2,9%-ный раствор аммиачная селитра упаривается до концентрации примерно 5% масс и насосами (один–рабочий, другой–резервный) подается через регулирующий клапан в испаритель четвертой ступени, а также частично возвращается. Регулирование расхода слабого раствора аммиачная селитра на рециркуляцию в испаритель осуществляется в пределах 6350-8592 кг/ч клапаном.

Конденсат вторичного пара, образующийся в межтрубном пространстве испарителя третьей ступени при давлении 0,065 МПа (абс) и температуре 88 °С самотеком поступает в первый бачок для конденсата, откуда конденсат подается во второй бачок для конденсата через дроссельное устройство. Давление в составляет 0,03 МПа. За счет снижения давления часть конденсата испаряется и образующийся пар с температурой 69 °С направляется в межтрубное пространство испарителя. Из бачка конденсат вторичного пара самотеком подается в бачок для очищенного конденсата.

Вторичный пар, образующийся в трубном пространстве испарителя третьей ступени поступает в сепаратор, снабженный каплеуловителем. Из сепаратора вторичный пар вместе с неконденсируемыми инертами из межтрубного пространства испарителя направляется в межтрубное пространство испарителя четвертой ступени в качестве теплоносителя, где конденсируются при давлении 0,03 МПа и температуре 69 °С.

Контроль перепада давления на каплеуловителе осуществляется по прибору с сигнализацией максимального перепада 0,25 кПа. При достижении максимального перепада каплеуловитель промывается паровым конденсатом. Управление подачей конденсата осуществляется с помощью отсечного клапана.

В трубном пространстве испарителя четвертой ступени под вакуумом 0,0124 МПа (абс) и температуре 50 °С 5%-ный раствор аммиачная селитра упаривается до концентрации примерно 30% масс и насосами (один–рабочий, другой–резервный) подается на рециркуляцию в испаритель

четвертой ступени через регулирующий клапан и отводится в резервуар скруббера через регулирующий клапан.

Плотность отводимого после четвертой ступени 30%-ного раствора аммиачная селитра (1181 кг/м^3) контролируется прибором и регулируется изменением расхода упаренного раствора аммиачная селитра подаваемого насосами в резервуар с помощью клапана. При снижении расхода раствора аммиачная селитра через клапан плотность раствора аммиачная селитра на выходе из испарителя увеличивается.

Регулирование расхода слабого раствора аммиачная селитра на рециркуляцию в испаритель осуществляется в пределах 19000-22500 кг/ч клапаном.

Конденсат вторичного пара, образующийся в межтрубном пространстве испарителя четвертой ступени при давлении 0,03 МПа и температуре 69 °С самотеком поступает во второй бачок для конденсата, откуда конденсат подается в бачок для очищенного конденсата. Бачок имеет соединение по линии пара с межтрубным пространством испарителя для выравнивания давления в аппаратах. Поэтому давление с межтрубным пространством одинаковое и составляет 0,03 МПа. Из бачка конденсат вторичного пара с содержанием аммиачная селитра до 50 мг/кг поступает на всас насосов очищенного технологического конденсата.

Вторичный пар, образующийся в трубном пространстве испарителя четвертой ступени поступает в сепаратор, снабженный каплеуловителем. Из сепаратора вторичный пар вместе с неконденсируемыми инертными из межтрубного пространства испарителя направляется в межтрубное пространство конденсатора, где конденсируется при давлении 0,0124 МПа за счет охлаждения оборотной водой с температурой до 28 °С из сети промышленной площадки. Конденсат вторичного пара из конденсатора отводится в бак очищенного конденсата по барометрической трубе. Отработанная оборотная вода с температурой до 35 °С возвращается в сеть. Температура прямой и оборотной воды контролируется (мин 11 °С, макс 38

°C), (мин 15 °C, макс 44 °C). Температура вторичного пара на входе в конденсатор контролируется по прибору, предельные значения (45 °C и 105 °C) сигнализируются.

Контроль перепада давления на каплеуловителе осуществляется по прибору с сигнализацией максимального перепада 0,25 кПа. При достижении максимального перепада каплеуловитель промывается паровым конденсатом. Управление подачей конденсата осуществляется с помощью отсечного клапана.

Давление в сепараторе контролируется по прибору и регулируется изменением расхода откачиваемых вакуумной установкой неконденсирующихся паров и инертных примесей из конденсатора. Вакуумная установка состоит из двух пароструйных эжекторов с конденсаторами первой и второй ступени поверхностного типа. Регулирование производительности установки осуществляется с помощью клапана, установленного на линии байпаса паров от нагнетания эжектора второй ступени на всас эжектора первой ступени. Инертные примеси и пары из конденсатора второй ступени установки отводятся в скруббер для очистки перед сбросом в атмосферу. Паровой конденсат из конденсатора первой ступени установки отводится по барометрической трубе в бак очищенного конденсата, а из конденсатора второй ступени в резервуар скруббера. В качестве хладагента в конденсаторы установки подается обратная вода из сети. Для работы в пароструйных эжекторах установки используется пар низкого давления от коллектора пара с давлением 0,7 МПа.

Конденсат вторичного пара с содержанием аммиачная селитра до 50 мг/кг с температурой примерно 60 °C из бака насосами подается в пластинчатый холодильник, где охлаждается до температуры 50 °C обратной водой. Температура очищенного конденсата на выходе из холодильника контролируется по прибору и регулируется автоматически клапаном, установленным на линии байпаса обратной воды от подводящего трубопровода в отводящий трубопровод. [7]

Очистка технологического конденсата

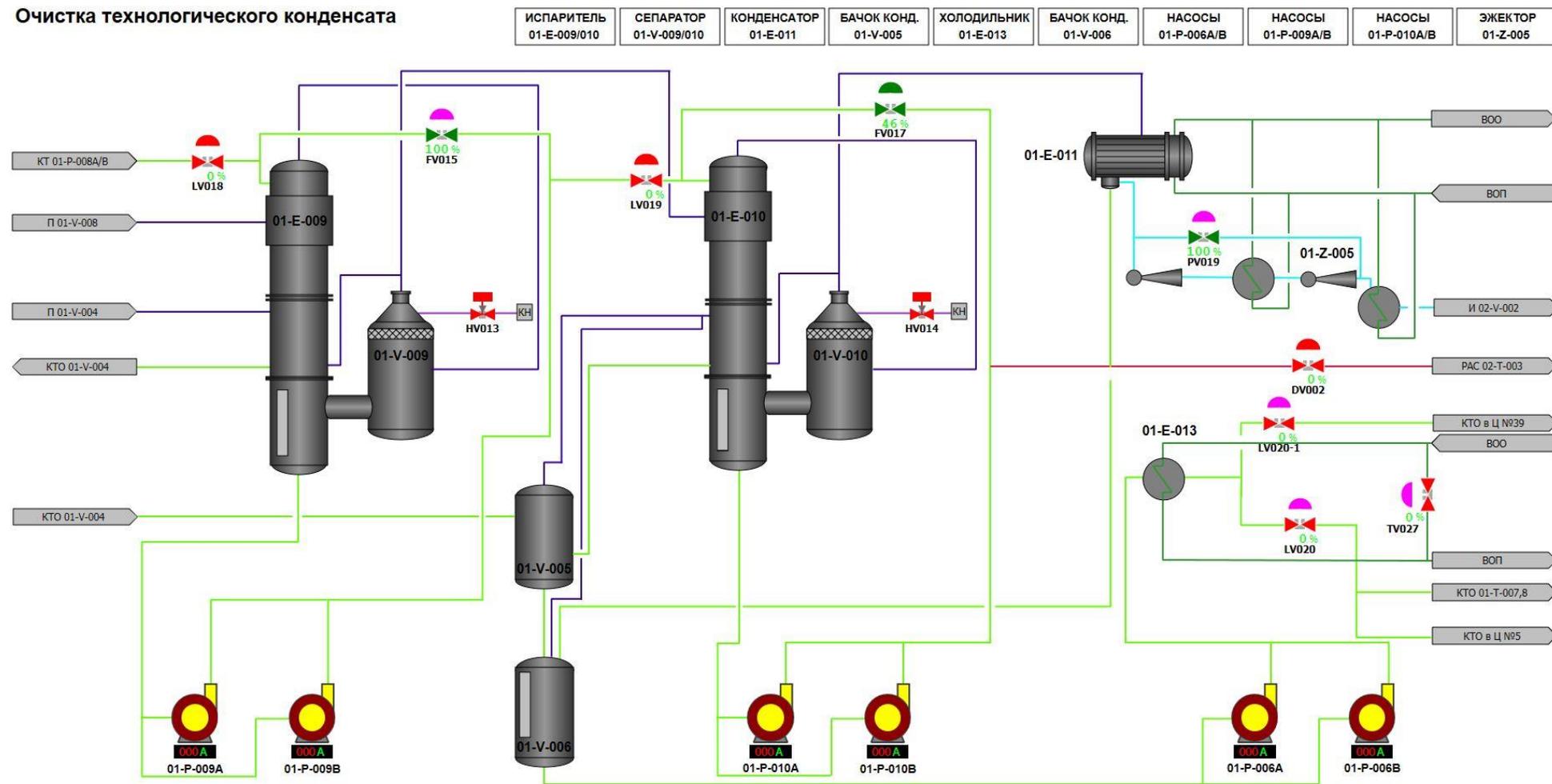


Рисунок 2- Очистка технологического конденсата третья и четвертая ступени

3.2. Система воздухопроводов с узлом мокрой очистки запылённого воздуха

В процессе производства СНА потоки технологического воздуха загрязняются газообразным аммиаком, пылью сульфат-нитрата аммония или сульфата аммония. Очистка загрязнённого пылью воздуха перед сбросом в атмосферу на данной установке осуществляется в две стадии: на первой запыленный воздух предварительно очищается в циклонах, а на второй подвергается окончательной очистке в скруббере.

В циклоны гранулятора-осушителя поступает поток запыленного воздуха из гранулятора-осушителя. А в циклоны скруббера поступают потоки запыленного воздуха от точек аспирации следующего оборудования:

- загрузочного элеватора грохота ;
- ленточного конвейера грохота ;
- первого грохота СНА ;
- второго грохота СНА ;
- дробилки крупной фракции СНА ;
- ленточного конвейера ;
- ленточного конвейера ;
- периодический сброс продувочного воздуха от пневмокамерного насоса [18].

Запыленный воздух от точек аспирации другого оборудования установки очищается в дополнительной комплектной установке очистки воздуха, в состав которой входят рукавный фильтр и вытяжной вентилятор. Загрязненный воздух от других источников непосредственно подается в скруббер [11].

Циклоны оснащены наружным змеевиком, предназначенным для просушивания конусной части циклонов после подачи в циклоны пожарной воды. В качестве теплоносителя используется водяной пар низкого давления. Пыль из циклонов выгружается на ленточный конвейер через специальные

заслонки, открывающиеся при достижении уровня пыли определенного значения. Заслонка после выгрузки пыли поддерживается в закрытом состоянии за счет пониженного давления в циклоне [26].

Для предотвращения распространения пожара в системе при возгорании продукта в грануляторе-осушителе предусмотрена подача пожарной воды в воздуховоды перед циклонами во входной короб гранулятора-осушителя. Цель подачи пожарной воды – отсечение барабана гранулятора-осушителя со стороны входа и выхода от системы воздуховодов при возникновении пожара в нем. При подаче воды создается водяная преграда для распространения пламени, а пожарная вода стекает в циклоны и барабан, растворяя продукты в них, что способствует прекращению пожара. Управление подачей воды в циклоны и в барабан, осуществляется дистанционно из операторных отсечных клапанов, а подача воды в циклоны осуществляется вручную (в качестве дополнительной меры) [20].

Предварительно очищенный от пыли воздух из циклонов поступает на всас вытяжного вентилятора, которым направляется в скруббер для окончательной очистки. Воздух из циклонов поступает на всас вытяжного вентилятора и также направляется в скруббер.

Предусмотрена возможность регулирования производительности вытяжного вентилятора в пределах от 35000 до 65000 м³/ч изменением частоты вращения электропривода частотным преобразователем, для управления которым предназначен прибор. Для регулирования производительности вытяжного вентилятора (17800–40000 м³/ч) предназначена регулируемая заслонка, установленная на всасе вентилятора и управляемая прибором. Заслонка оборудована датчиком для отображения степени открытия заслонки [12].

Воздуховоды после вентиляторов объединяются в общий коллектор, по которому воздух направляется в трубу Вентури скруббера. Кроме этих потоков в скруббер направляются:

- поток запыленного воздуха от вентилятора барабанного холодильника;
- пары из конденсатора технологического пара и резервуара технологического конденсата;
- инертные вещества от вакуумной установки;
- инертные вещества от эжектора;
- инертные вещества от теплообменника испарителя;
- пары от резервуара нейтрализатора, от сборника и от резервуаров перемешивания.

Очистка воздуха в скруббере осуществляется благодаря смачиванию и коагуляции частиц пыли при контакте потока воздуха с диспергированным промывным раствором в трубе Вентури с последующим отделением капель раствора от потока воздуха в сепарационной части скруббера. При контакте воздуха с раствором также происходит абсорбция паров аммиака. В качестве промывного раствора используется водный раствор сульфата аммония и аммиачной селитры. При работе контролируется плотность раствора в пределах. Промывной раствор подается во входной патрубок трубы Вентури с расходом 64779 кг/ч насосами скруббера (1 в работе, 1 в резерве) из резервуара скруббера. После трубы Вентури воздушно-капельный поток поступает в сепарационную часть, в котором скорость потока резко снижается и за счет действия гравитационных сил крупные капли отделяются от потока, затем поток газа последовательно проходит слой насадки из колец Палля и каплеуловитель, где задерживаются более мелкие капли жидкой фазы. Предусмотрена периодическая промывка слоя насадки и каплеотделителя паровым конденсатом. Очищенный воздух с содержанием пыли до 50 мг/м³ и аммиака до 50 мг/м³ из скруббера поступает на всас вытяжного вентилятора скруббера и подается им в вытяжную трубу, из которой очищенный воздух выбрасывается в атмосферу. При мокрой очистке воздуха в скруббере его температура снижается с 70 до 40–45 °С. Температура очищенного воздуха после скруббера и разряжение (от минус

3600 до минус 4200 Па) контролируются приборами. На вытяжной трубе предусмотрены точки отбора проб для лабораторного контроля содержания пыли и аммиака в очищенном воздухе.

Работа вытяжного вентилятора скруббера контролируется по следующим параметрам (по комплектным датчикам):

- температура подшипников электродвигателя по приборам;
- уровень вибрации корпуса вентилятора по прибору.

Промывной раствор, отделенный от потока воздуха из нижней сепарационной части скруббера самотеком стекает в резервуар скруббера. В резервуар также поступают конденсат от вакуумной установки и 30 %-ный раствор аммиачная селитра от насосов, от насоса раствор стоков. Уровень раствора аммиачная селитра в резервуаре контролируется прибором и поддерживается в пределах 60–75%, для чего предусмотрена подача в резервуар технологического конденсата с нагнетания насосов.

Предусмотрена подача в резервуар азотной кислоты для нейтрализации свободного аммиака, накапливающегося в промывном растворе при его поглощении из очищаемого воздуха и поддержания показателя рН раствора в пределах от 2,5 до 5,5. Для контроля за показателем рН раствора в резервуаре предусмотрен автоматический анализатор рН.

Для поддержания концентрации промывного раствора на заданном уровне схемой предусмотрен отвод части раствора из резервуара насосами в первый и второй резервуары перемешивания. Количество отводимого раствора контролируется прибором и регулируется автоматически клапаном, установленным на линии выдачи раствора в резервуары. Для проведения аналитического контроля промывного раствора оборудована точка отбора проб [8].

На ленточный конвейер поступает дробленый сульфат аммония с элеватора, а также пыль из циклонов. Далее сульфат аммония с пылью подается во второй резервуар перемешивания для приготовления суспензии СНА.

Узел очистки запыленного технологического воздуха

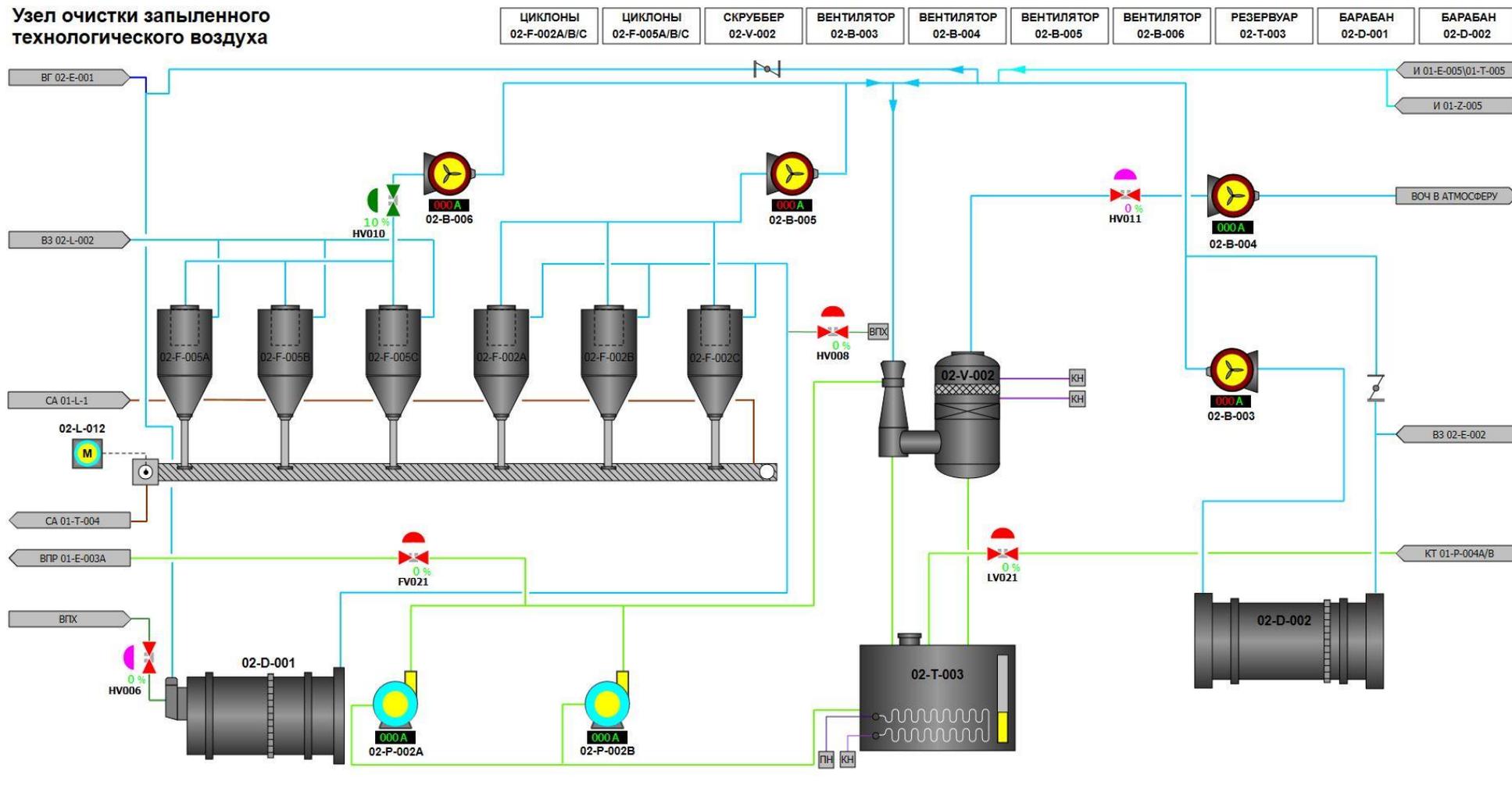


Рисунок 3- Узел очистки запыленного технологического воздуха

Выводы

В разделе анализ технологических решений, применяемых в цехе №37, рассмотрена схема очистки технологического конденсата. Очистка технологического конденсата производится с использованием четырехступенчатой вакуумной выпарной установки. Применение данной схемы позволяет очистить технологический конденсат от содержания аммиачной селитры, путем выпаривания за счет вакуума. Тем самым происходит повышение концентрации аммиачной селитры, что позволяет осуществить возврат раствора в технологический процесс.

Также рассмотрена система воздухопроводов с узлом мокрой очистки запыленного воздуха. Очистка загрязнённого пылью воздуха перед сбросом в атмосферу на данной установке осуществляется в две стадии: на первой запыленный воздух предварительно очищается в циклонах, а на второй подвергается окончательной очистке в скруббере. Применение очистки в циклонах позволило разгрузить подачу запыленного воздуха на скруббер, тем самым существенно снизить нагрузку на сам скруббер.

4.Разработка технологических решений по очистке запыленного воздуха и шламовой воды в цехе

Производство нитрата аммония ведется по следующей химической реакции:



Эта реакция является экзотермической, весьма сильной и приводит к образованию пара.

Концентрация используемой азотной кислоты составляет не менее 57 % (масс). Концентрация раствора нитрата аммония на выходе реактора зависит от концентрации азотной кислоты и температуры технологического процесса.

Такая же реакция протекает в скрубберах, где воздух, загрязненный аммиаком, контактирует с мелкораспыленным разбавленным раствором нитрата аммония, содержащим азотную кислоту.

Для получения суспензии сульфо-нитрата аммония расплав нитрата аммония смешивается с кристаллами сульфата аммония. Если сульфат аммония не обладает высокой кислотностью, свободной вторичной реакции не происходит (за исключением частичного образования двойной соли сульфо-нитрата аммония). [1]

4.1 Разработка модернизированной технологической схемы

4.1.1 Испарение и подогрев аммиака.

Жидкий аммиак на установку СНА поступает из сети предприятия с давлением до 1,2 МПа и температурой 30 °С. На входе на трубопроводе жидкого аммиака предусмотрена электродвигательная задвижка для перекрытия поступления аммиака в аварийных ситуациях. Расход жидкого аммиака, поступающего на установку (от 3026 до 5043 кг/ч) с сигнализацией минимального и максимального значений расхода аммиака. Давление аммиака и температура контролируются соответственно.

Для удаления механических примесей, содержащихся в жидком аммиаке, предусмотрен узел фильтрации, состоящий из двух фильтров (один–рабочий, другой–резервный). Степень загрязнения фильтра жидкого аммиака контролируется по перепаду давления на фильтре. Повышение перепада давления на фильтрах до 0,05 МПа сигнализируется.

Отфильтрованный жидкий аммиак делится на два потока: подается в ресивер циркуляционный узла обработки атмосферного воздуха (только в теплое время года) и через регулирующий клапан и отсечной клапан в сосуд технологического аммиака на слой насадки в верхней части сосуда, где поток разделяется на газообразную и жидкую фазу. Жидкий аммиак распределяется по всей площади насадки и, стекая через насадку на дно сосуда, контактирует с потоком газообразного аммиака, подаваемого из испарителя и компрессора узла обработки атмосферного воздуха, вследствие чего часть аммиака испаряется, а температура жидкого аммиака понижается с 30 °С до 10-17 °С. Это позволяет избежать достижения температуры замерзания в испарителе аммиака. Также с помощью испаренного в аппарате газообразного аммиака стабилизируется давление аммиака в сосуде. [24]

Уровень жидкого аммиака в сосуде контролируется приборами и регулируется автоматически клапаном на линии подачи жидкого аммиака в аппарат.

Трубопровод жидкого аммиака снабжен предохранительным клапаном от превышения давления с давлением открытия 2,3 МПа, сброс производится в сепаратор. Сосуд аммиака снабжен с давлением открытия 2,3 МПа, сброс производится в коллектор сброса аммиака и газов аммиачных продувочных на свечу.

Жидкий аммиак из нижней части сосуда самотеком поступает в межтрубное пространство одного из подключенных в работу испарителей, где испаряется при давлении 0,5-0,6 МПа за счет тепла обратной оборотной воды, подаваемой после оборудования установки сульфо-нитрата аммония в

трубное пространство испарителя, или за счет тепла конденсации пара низкого давления в вспомогательном испарителе .

Вспомогательным испарителем является дополнительным к основному испарителю и предназначен для испарения аммиака в холодное время года, когда температура оборотной воды значительно снижается. Уменьшение температуры оборотной воды на входе в испаритель приводит к снижению эффективной разности температур и тепловой производительности испарителя, в результате чего испаритель не может обеспечивать необходимую производительность в холодное время года.

При работе установки в результате постоянного испарения аммиака происходит повышение концентрации примесей масла и воды в жидком аммиаке, находящемся в сосуде и испарителе. Для того, чтобы избежать чрезмерного накопления примесей в аммиаке предусмотрена периодическая продувка (один раз в смену) системы путем отвода части жидкого аммиака из нижней части сосуда и испарителя в продувочный бачок.

В бачке продувочного аммиака жидкий аммиак после продувки испаряется за счет тепла конденсации пара низкого давления. Газообразный аммиак из продувочного бачка направляется в сосуд технологического аммиака, ниже насадки, а образующаяся смесь слабой аммиачной воды с маслом передавливается в маслосборник, в котором происходит накопление и отстаивание смеси слабой аммиачной воды с маслом. В маслосборник также поступает отработанное масло, загрязненное аммиаком из маслосборника узла кондиционирования и охлаждения воздуха.

Загрязненное масло периодически (по мере накопления) откачивают насосом в привозной бойлер и направляют на утилизацию.

Процесс выпаривания аммиака в продувочном бачке ведется с контролем давления 0,5 - 0,6 МПа, температуры 10-70 °С и уровня 60-75%

Из сосуда технологического аммиака газообразный аммиак поступает в межтрубное пространство пароперегревателя аммиака, в котором аммиак перегревается с 10-17 °С до 60-80 °С, за счет тепла конденсации

технологического (сокового) пара, подаваемого в трубное пространство пароперегревателя из нейтрализатора с давлением 0,26-0,38 МПа и температурой 140-182 °С. Технологический конденсат из пароперегревателя аммиака направляется в конденсатор.

Нагретый газообразный аммиак из пароперегревателя аммиака с температурой 60-80 °С направляется в нейтрализатор для синтеза нитрата аммония. При необходимости нагретый газообразный аммиак может также подаваться в резервуар нейтрализатора, резервуары перемешивания -1 и-2 сборник дренажный раствора.

Для защиты системы оборотной воды и системы сбора конденсата и контроля герметичности трубных пучков аппаратов линиях оборотной воды и парового конденсата после аппаратов предусмотрены автоматические рН-метры.

Трубопроводы жидкого и газообразного аммиака снабжены точками подвода азота и воздуха для проведения продувок во время подготовки к пуску и выводу в ремонт стадии испарения аммиака. Сброс аммиака и продувочных газов осуществляется в коллектор на свечу рассеивания [2].

Также есть линия АМГ с узла обработки атмосферного воздуха (в ходе испарения жидкого аммиака). Данный узел предназначен для охлаждения воздуха перед подачей его в барабанный холодильник и является комплектной поставкой ООО «ЛадаХим». Описание схемы работы узла обработки воздуха.

По схеме испарения жидкого аммиака с учётом кондиционирования воздуха газообразный аммиак, используемый для процесса нейтрализации в реакторе, получается испарением жидкого аммиака в двух испарителях: испарителе за счёт тепла отработанной оборотной воды и в испарителе входящего в состав блока кондиционирования воздуха за счёт тепла отбираемого из атмосферы воздуха.

Испарение и подогрев аммиака

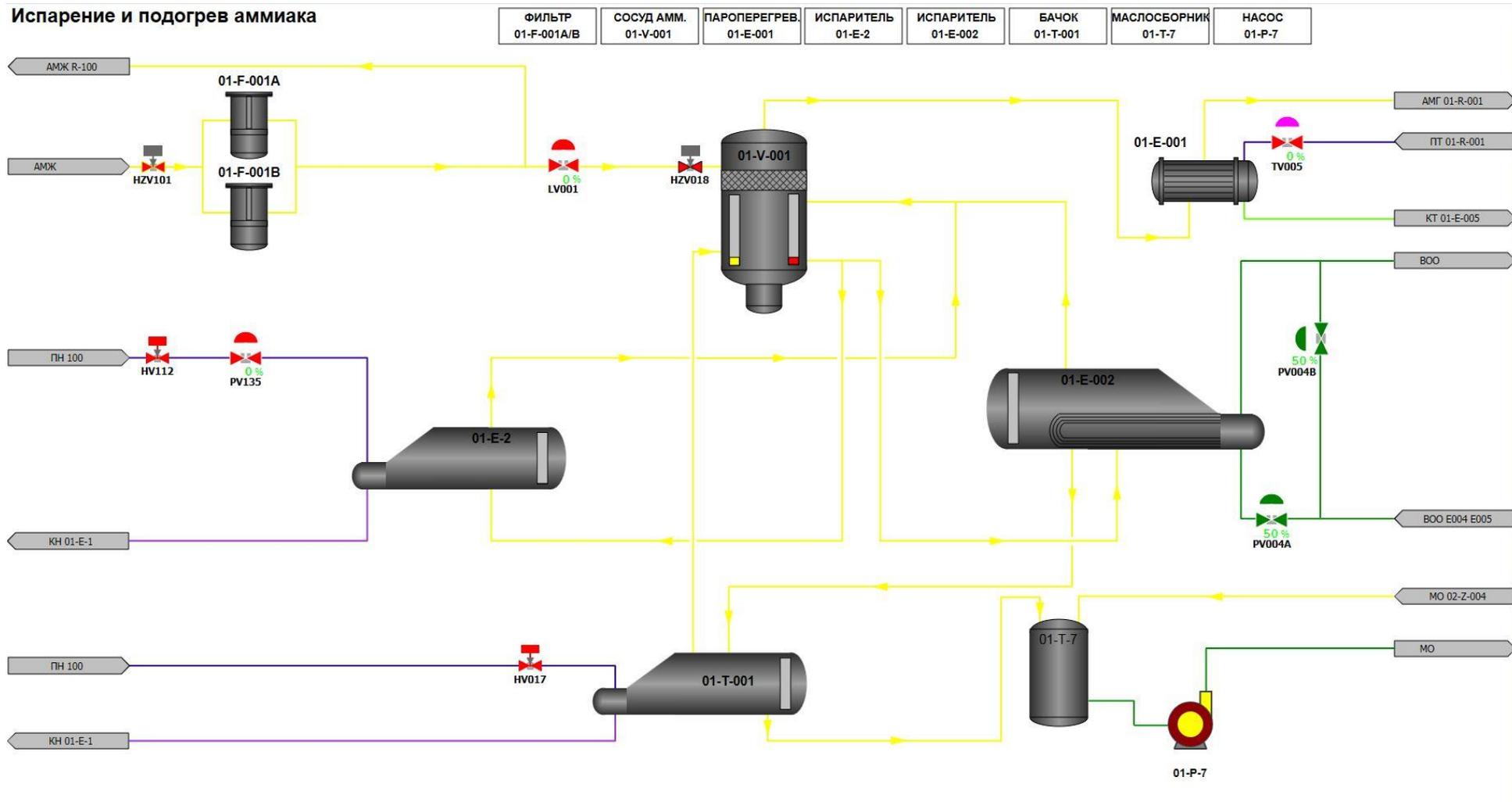
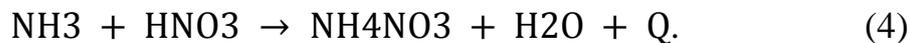


Рисунок 4- Испарение и подогрев аммиака

4.1.2 Синтез раствора аммиачной селитры

Синтез раствора аммиачной селитры осуществляется в нейтрализаторе при температуре 177-182 °С и давлении 0,27-0,39 МПа взаимодействием перегретого газообразного аммиака и азотной кислоты по реакции:



В результате протекания экзотермической реакции нейтрализации образуется 78 % масс раствор аммиачной селитры и технологический пар.

Азотная кислота с концентрацией не менее 57% масс поступает на установку из сети предприятия с давлением 0,6-0,7 МПа и температурой 20-50 °С подается в среднюю часть реакционной зоны нейтрализатора через распылитель.

Газообразный аммиак с давлением 0,5-0,6 МПа и с температурой 60-70°С поступает из пароперегревателя и направляется в нижнюю часть реакционной зоны нейтрализатора также через распылитель.

Определяющим химическим реагентом, поступающим в нейтрализатор является азотная кислота. Расход аммиака, подаваемого в нейтрализатор, регулируется в зависимости от расхода азотной кислоты. Изменением расхода азотной кислоты в нейтрализатор регулируется часовая выработка установки. На входе в нейтрализатор поддерживается определенное соотношение массового расхода азотной кислоты к расходу аммиака.

Расход 57 % масс азотной кислоты на входе в нейтрализатор измеряется с помощью массовых расходомеров, снабженных встроенным плотномером. Контроллером, на основании измеренных значений расхода, плотности и температуры азотной кислоты рассчитывается текущий расход азотной кислоты в нейтрализатор в пересчете на 100%-ную HNO_3 [17].

Заданный расход азотной кислоты поддерживается автоматически и передается в качестве уставки на регулятор соотношения, которым рассчитывается необходимый расход газообразного аммиака, подаваемого на нейтрализацию, которое, в свою очередь, поддерживается также автоматически клапаном. Расчет расхода газообразного аммиака

производится с учетом поправочных коэффициентов по температуре и давлению.

Взаимодействие азотной кислоты и аммиака осуществляется в нейтрализаторе, который состоит из двух частей: верхней-сепарационной и нижней-реакционной.

Реакционная часть представляет собой длинный вертикальный цилиндрический корпус, внутри которого имеется термосифон типа «труба в трубе» и распылители реагентов.

При поступлении в реакционную зону нейтрализатора, работающего под давлением 0,27-0,39 МПа, перегретый газообразный аммиак и азотная кислота немедленно вступают в реакцию нейтрализации с образованием 78% масс раствора нитрата аммония и выделением значительного количества тепла. В результате экзотермического эффекта реакции происходит испарение части реакционной воды с образованием технологического пара.

Интенсивное перемешивание между реагентами в зоне протекания реакции происходит за счет функционирования естественного термосифона. Тепло и пар, вырабатываемые в нижней части трубы термосифона создают тепловую циркуляцию в реакционной части нейтрализатора как по внутреннему, так и по наружному участкам. Такая конструкция позволяет осуществлять интенсивное противоточное перемешивание потоков реагентов и раствора аммиачной селитры, что гарантирует постоянные условия протекания реакции нейтрализации.

Для поддержания температуры в нейтрализаторе на уровне 177-182 °С и обеспечения безопасности процесса синтеза раствора аммиачная селитра предусмотрен контур регулирования температуры в нейтрализаторе путем подачи технологического конденсата с температурой 85 °С в нижнюю часть реакционной зоны аппарата. Подача технологического конденсата в нейтрализатор из резервуара реактора осуществляется насосами.

Регулирование расхода технологического конденсата, подаваемого в нейтрализатор, осуществляется с помощью двух регулирующих клапанов, работающих в противоположном режиме:

Производительность насоса нейтрализатора примерно в 30 раз больше нормального расхода технологического конденсата в нейтрализатор. Это позволяет быстро разбавить раствор аммиачной селитры в нейтрализаторе в случае повышения температуры до аварийного значения, направив весь поток от насоса в нейтрализатор. Для подачи всего потока конденсата от насоса в нейтрализатор отсечной клапан-1 открывается, а отсечной клапан-2 на линии возврата конденсата закрывается.

При повышении температуры раствора аммиачной селитры в нейтрализаторе до 185 °С по одному из приборов активируется защитная блокировка с прекращением подачи аммиака и азотной кислоты в нейтрализатор, осуществлением максимальной подачи технологического конденсата в нейтрализатор и промывки паровым конденсатом трубопровода подачи азотной кислоты в нейтрализатор в течение 15 секунд. Причем прекращение подачи газообразного аммиака происходит с задержкой в 2 минуты для того, чтобы исключить повышение кислотности раствора аммиачная селитра нейтрализаторе.

В случае дальнейшего повышения температуры до 186 °С по одному из приборов активируется защитная блокировка, открывается отсечной клапан на линии подачи парового конденсата от нагнетания насоса в нейтрализатор, происходит автоматический пуск одного из насосов повышения давления парового конденсата и осуществляется заполнение («затопление») нейтрализатора паровым конденсатом, подаваемым из заводской сети с температурой 70-90 °С. Предусмотрен автоматический пуск второго насоса в случае, если первый насос не запустился.

Раствор нитрата аммония с концентрацией 78% масс и температурой 180 из нейтрализатора подается в испаритель для концентрирования.

На линии подачи раствора аммиачной селитры из нейтрализатора в испаритель установлен отсечной клапан и угловой клапан, с помощью которого регулируется количество раствора аммиачной селитры, направляемого в испаритель, и уровень в первом резервуаре перемешивания.

Раствор аммиачной селитры на выходе из нейтрализатора должен иметь небольшой избыток аммиака для обеспечения безопасности процесса синтеза нитрата аммония. Для измерения показателя рН раствор аммиачная селитра непрерывно отбирается из трубопровода и подается в стационарный смеситель, где смешивается с паровым конденсатом и разбавляется до концентрации 30-40% вес, охлаждается в холодильнике до 50-60 °С и поступает в бак измерителя рН, где показатель рН измеряется прибором.

Также осуществляется контроль концентрации раствора аммиачной селитры на выходе из нейтрализатора.

Образующийся в процессе синтеза нитрата аммония технологический (соковый) пар с давлением 0,27-0,39 МПа и температурой до 182 °С, пройдя предварительно каплеуловитель, выводится через верхний штуцер нейтрализатора и направляется внутренним потребителям производства сульфо-нитрата аммония (аммиачной селитры):

- в пароперегреватель для подогрева газообразного аммиака;
- в испаритель для выпаривания раствора аммиачной селитры;
- в бак пароохладителя установки очистки технологического конденсата.

Избыток технологического пара направляется в конденсатор технологического пара.

Для дренирования содержимого нейтрализатора при плановых и аварийных остановках синтеза предусмотрен резервуар нейтрализатора. При нормальном технологическом режиме уровень в резервуаре поддерживается в пределах 20 - 30 % с помощью регулирующего клапана, установленного на линии подачи в резервуар технологического конденсата от насосов. Объем и небольшой коэффициент заполнения резервуара в нормальном режиме

подобраны так, чтобы принять все содержимое нейтрализатора при его дренировании. При дренировании раствора аммиачной селитры из нейтрализатора в резервуар происходит его разбавление до концентрации 40 - 50% вес содержащимся в резервуаре конденсатом. Данный раствор может храниться в резервуаре и использоваться для предварительного заполнения нейтрализатора при последующем пуске или может быть направлен через дренажный коллектор в заглубленный резервуар.

Для предотвращения сильного снижения pH рабочей среды в резервуаре нейтрализатора во время хранения раствора аммиачной селитры в резервуаре предусмотрена подача в него газообразного аммиака через барботёр. Управление подачей аммиака осуществляется дистанционно открытием отсечного клапана. Контроль за pH среды в резервуаре осуществляется путем периодического отбора проб для лабораторного анализа.

Резервуар нейтрализатора снабжен внутренним змеевиком обогрева паром низкого давления для предотвращения кристаллизации раствора нитрата аммония при хранении в резервуаре. Пары из резервуара отводятся в скруббер отделения гранулирования.

В районе возможного выделения аммиака в рабочую зону (возле резервуара нейтрализатора, нейтрализатора) предусмотрены автоматические газоанализаторы, осуществляющие непрерывный контроль содержания аммиака в воздухе. Увеличение содержания аммиака в воздухе до ПДК, ЗПДК и 25ПДК (20, 60 и 500 мг/м³) сигнализируется в операторной и по месту. При увеличении содержания аммиака в воздухе до ЗПДК происходит автоматическое включение аварийной вентиляции, до 25ПДК сигнал об аварии передается в систему оповещения предприятия.

Для исключения образования взрывоопасных смесей и лучшего рассеивания в коллектор с постоянным расходом 20 м³/ч подается азот от линии, расход регулируется клапаном [16].

4.1.3 Концентрирование раствора аммиачной селитры и получение суспензии сульфо-нитрата аммония

Раствор аммиачная селитра с концентрацией 78% масс с давлением 0,27-0,39 МПа и температурой 177-182 °С из нейтрализатора подается в испаритель через регулирующий клапан, при прохождении которого происходит дросселирование потока до давления 0,032 МПа (абс). Образующаяся парожидкостная смесь подается в испарительную емкость испарителя, где за счет образующегося при сбросе давления перегрева раствора аммиачной селитры происходит его частичное упаривание до примерно 84 % масс и сепарирование сокового пара и раствора аммиачная селитра.

Уровень раствора аммиачной селитры в испарительной емкости контролируется прибором .

Частично упаренный раствор нитрата аммония с концентрацией около 84% масс из испарительной емкости испарителя направляется самотеком в теплообменник испарителя с падающей пленкой, представляющий собой вертикальный кожухотрубный теплообменник. Раствор нитрата аммония равномерно распределяется по трубам с помощью распределительного устройства на верхней трубной решетке. Процесс выпаривания раствора аммиачной селитры в теплообменнике испарителя происходит при вакууме (абсолютное давление 0,032 МПа при температуре 130-135 °С до концентрации 97,5% масс.[

В качестве теплоносителя в испаритель подается технологический (соковый) пар с давлением 0,27-0,39 МПа и температурой 177-182 °С, образующийся в нейтрализаторе. Технологический пар поступает в межтрубное пространство теплообменника испарителя.

Образующийся в межтрубном пространстве теплообменника технологический конденсат через конденсатоотводчик отводится в узел сбора технологического конденсата (в хвостовую трубу конденсатора).

Инертные газы, содержащиеся в технологическом паре, отводятся из межтрубного пространства теплообменника в скруббер по двум выходящим сверху и снизу аппарата вентиляционным трубопроводам, на которых установлены ограничительные диафрагмы [22].

Поток сокового пара с каплями раствора аммиачная селитра из нижней части теплообменника направляется через тангенциальный ввод в сепаратор испарителя. В сепараторе за счет действия центробежных и гравитационных сил происходит отделение капель раствора аммиачной селитры от потока сокового пара, который через каплеуловитель направляется в конденсатор испарителя, объединяясь с потоком пара из испарительной емкости.

Днище сепаратора оборудовано наружным подогревателем для предотвращения образования тумана нитрата аммония. В качестве теплоносителя используется водяной пар низкого давления с температурой не менее 170 °С.

Необходимое давление 0,032 МПа в испарителе поддерживается за счет конденсации сокового (технологического) пара в конденсаторе испарителя. Откачивание инертных газов и не сконденсировавшихся паров из конденсатора производится пароструйным эжектором с использованием пара низкого давления.

Концентрированный раствор нитрата аммония (97,5% масс) из теплообменника испарителя и сепаратора направляется самотеком в первый резервуар перемешивания через барометрическую трубу, позволяющую герметизировать испаритель и поддерживать в нем требуемый вакуум. Для предотвращения кристаллизации раствора аммиачной селитры трубопровод от до перемешивания оснащен паровой рубашкой. В качестве теплоносителя для подачи в рубашки используется пар низкого давления давлением 0,7 МПа и температурой 170 °С [25].

На выходе из испарителя контролируется температура (130-135 °С) по прибору концентрация раствора аммиачной селитры (97,5%), пересчет от плотности раствора с поправкой от температуры. [21]

**Концентрирование АС
и получение суспензии СНА**

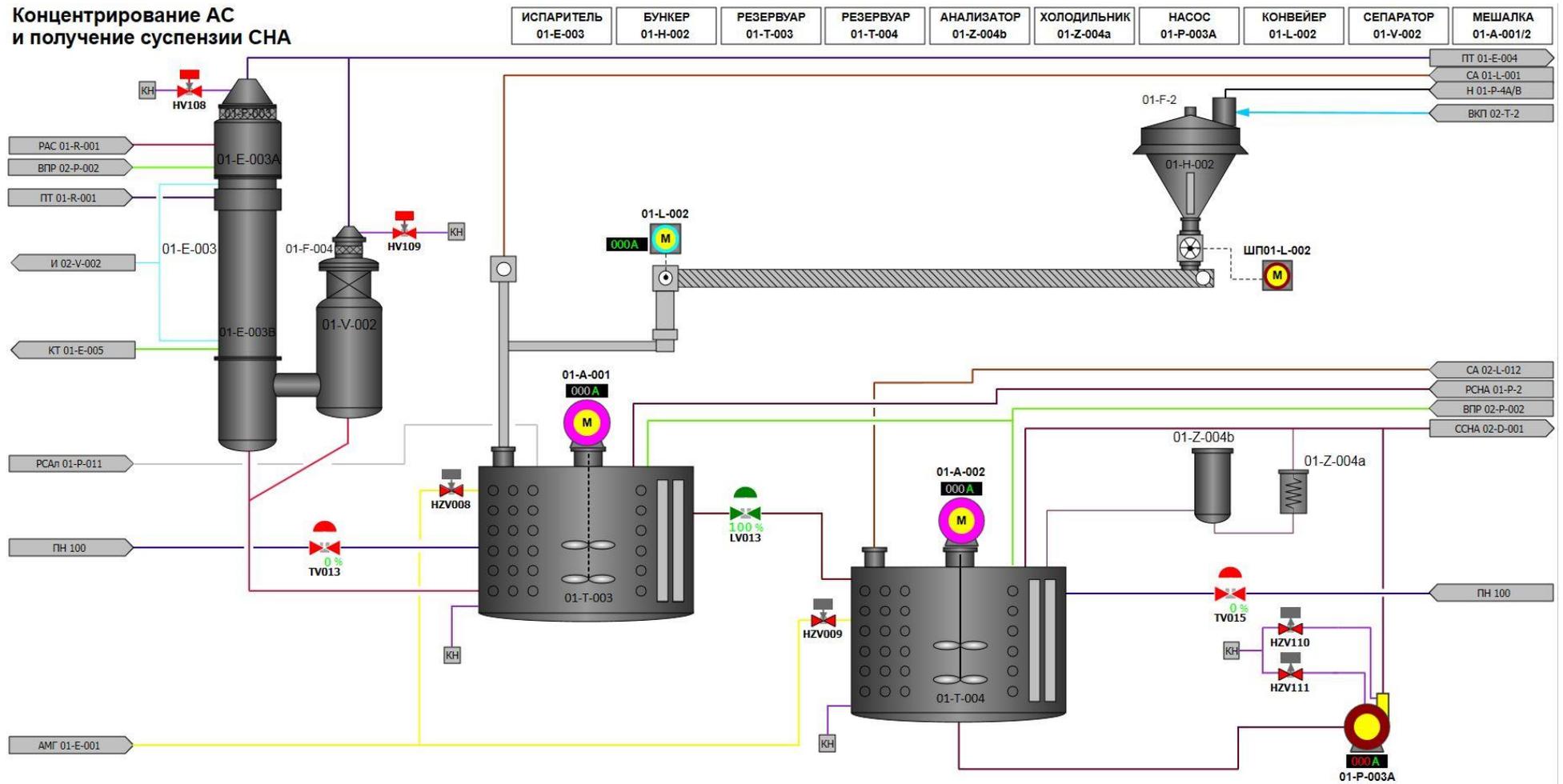


Рисунок 6-Концентрирование АС и получение суспензии СНА

4.1.4 Охлаждение технологического пара и сбора технологического конденсата

Технологический пар, образующийся в аппаратах с давлением 0,024-0,032 МПа и температурой 125-130 °С направляется в межтрубное пространство конденсатора, представляющего собой горизонтальный кожухотрубный теплообменник. В происходит конденсация вторичного пара с образованием технологического конденсата, который отводится в резервуар технологического конденсата через барометрическую трубу, что позволяет герметизировать конденсатор и поддерживать в нем вакуум. За счет конденсации сокового пара в конденсаторе поддерживается вакуум в испарителе. Инертные газы и несконденсировавшиеся пары из конденсатора откачиваются из межтрубного пространства конденсатора эжектором с использованием пара низкого давления и направляются в скруббер для очистки перед сбросом в атмосферу [20].

Избыток технологического пара, образующегося в нейтрализаторе через регулирующийся клапан отводится в конденсатор, работающий под атмосферным давлением, где пар конденсируется. Образующийся технологический конденсат стекает по трубопроводу в резервуар технологического конденсата.

Технологические конденсаты, образующиеся в теплообменнике испарителя, подогревателе технологического конденсата и пароперегревателе аммиака направляются в хвостовую трубу конденсатора, где они расширяются до атмосферного давления. Получающийся в результате расширения вторичный пар направляется непосредственно в конденсатор, где конденсируется вместе с излишком технологического пара.

Резервуар технологического конденсата состоит из 2-х отделений. В первое отделение А, используемое как гидрозатвор, поступает по барометрической трубе технологический конденсат из конденсатора. Конденсат из первого отделения А поступает постоянно во второе В через

перелив. Во второе В, основное отделение, поступает технологический конденсат.

Для нейтрализации остатков свободного аммиака в конденсате и поддержания рН в диапазоне от 3 до 5,5 предусмотрено дозирование азотной кислоты в резервуар с помощью регулирующего клапана. Контроль рН технологического конденсата осуществляется по прибору. Уровень технологического конденсата в резервуаре контролируется по прибору и поддерживается в пределах 40-70 % каскадным контуром регулирования нагрузки узла очистки технологического конденсата. В данном контуре регулятор прибора управляет уставкой регулятора расхода технологического пара из нейтрализатора в бак пароохладителя, регулируя, таким образом, расход пара из нейтрализатора в узел очистки конденсата. При увеличении уровня в резервуаре регулятор прибора увеличивает уставку регулятора, количество технологического пара, поступающего в конденсатор снижается, а количество пара поступающего в испаритель первой ступени возрастает. Увеличение подачи пара приводит к увеличению тепловой мощности испарителя, в результате чего снижается уровень конденсата в кубе испарителя. Регулятор для поддержания уровня в норме увеличивает подачу технологического конденсата из резервуара технологического конденсата (открытием клапана) насосами в трубное пространство испарителя-1, что приводит к снижению конденсата в резервуаре. Таким образом, снижение уровня конденсата в резервуаре достигается увеличением нагрузки узла очистки технологического конденсата, а повышение уровня снижением нагрузки.

Неконденсируемые газы (инерты) из конденсатора совместно с парами из резервуара направляются в скруббер для очистки перед сбросом в атмосферу.

Выдача технологического конденсата из резервуара осуществляется насосами следующим потребителям: в подогреватель узла очистки технологического конденсата, в резервуар скруббера, в резервуар

нейтрализатора и на постоянную промывку дренажного коллектора ДР-100 в отделении синтеза. Расход технологического конденсата, подаваемого в подогреватель контролируется по прибору. Предусмотрена сигнализация минимального (4200 кг/ч) и максимального (11700 кг/ч) значения расхода конденсата.

Для поддержания постоянной температуры выдаваемого потребителям технологического конденсата и обеспечения бескавитационной работы насосов часть технологического конденсата с нагнетания насосов в количестве 1631 кг/ч подается в пластинчатый холодильник, в котором охлаждается до 50 °С и возвращается в резервуар, обеспечивая в нем таким образом постоянный температурный режим.

Для поддержания постоянной температуры выдаваемого потребителям технологического конденсата и обеспечения бескавитационной работы насосов часть технологического конденсата с нагнетания насосов в количестве 1631 кг/ч подается в пластинчатый холодильник, в котором охлаждается до 50 °С и возвращается в резервуар технологического конденсата, обеспечивая в нем таким образом постоянный температурный режим.

В качестве хладагента в теплообменном оборудовании данного узла используется обратная вода.

Температура прямой и обратной обратной воды контролируется для первого конденсатора приборами, а так для второго конденсатора приборам, предельные значения температуры сигнализируются [23].

Узел охлаждения тех. пара и сбора тех. конденсата

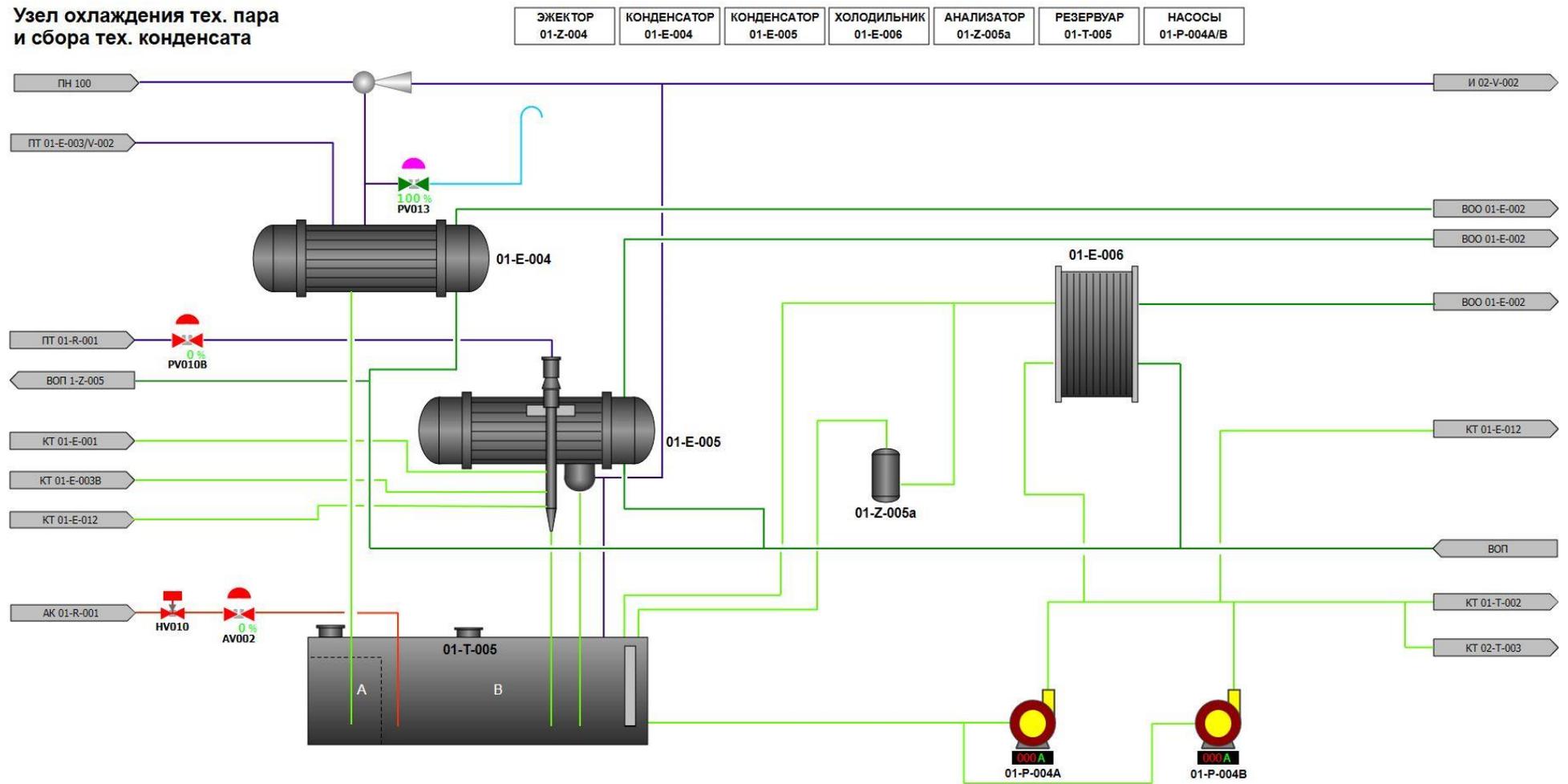


Рисунок 7- Узел охлаждения тех. пара и сбора тех. конденсата

4.2. Обоснование аппаратной части

Скруббер-эффективное устройство для механической и химической очистки газоздушных сред.

Скруббер представляет собой колонну прямоугольного или круглого сечения, в которой осуществляется движение очищаемого газа и орошающей его воды.

В основе скрубберного процесса лежит метод мокрой очистки — газовая среда в рабочей камере смешивается с водой или иной технической жидкостью, в результате чего капли воды обволакивают частицы пыли или другого загрязнения, очищенный газ уходит в атмосферу, а отработанная вода сливается из рабочей камеры.

Благодаря такому принципу действия, «мокрый скруббер» может очищать газ до 99%.

Для расчета скруббера и форсунки необходимы следующие исходные данные: расход очищаемого газа $Q_{\text{газ}}=2500$ ($\text{м}^3/\text{ч}$); скорость потока $v=0,4$ ($\text{м}/\text{с}$); требуемая производительность форсунки $Q=25$ ($\text{м}^3/\text{ч}$); перепад давления $\Delta P_{\text{кон}}=0,4$ (МПа); корневой угол факела $\beta=65$ (град); свойства жидкости: плотность $\rho=1000$ ($\text{кг}/\text{м}^3$); коэффициент расхода $\gamma=0,8$. [9]

1. Определяют сечение скруббера:

$$S = \frac{Q_{\text{газ}}}{v}, \quad (5)$$

где $Q_{\text{газ}}$ – расход очищаемого газа, $\text{м}^3/\text{с}$;

v – скорость пропускания потока, $\text{м}/\text{с}$.

Подставим исходные данные в формулу 5:

$$S = \frac{0,694}{0,4} = 1,735 \text{ м}^2$$

Определяют диаметр скруббера:

$$D_{\text{ск}} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}}, \quad (6)$$

где S – сечение скруббера, м^2 .

Подставим исходные данные в формулу 6:

$$D_{ск} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,735}{3,14}} = 1,5 \text{ м}$$

3. Определяют высоту скруббера:

$$H_{скр} = (3-4)D_{ск} \quad (7)$$

где $D_{ск}$ – диаметр скруббера, м.

Подставим исходные данные в формулу 7:

$$H_{скр} = 3,5 \cdot 1,5 = 5,25 \text{ м}$$

Конструктивный расчет центробежно-струйной форсунки:

1. Определяют диаметр сопла форсунки, м:

$$d_c = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \rho_{ж} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P_{ж}}{\rho_{ж}}}}} \quad (8)$$

где $\rho_{ж}$ – плотность для воды 1000 кг/м^3 .

Далее значения d_c переводят в мм.

Подставим исходные данные в формулу 8:

$$d_c = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,007}{3,14 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 10^5}{1000}}}} = 0,0198 \text{ м} = 19,8 \text{ мм}$$

2. Определяют диаметр вкладыша и равный ему внутренний диаметр корпуса форсунки, мм:

$$D = 1,925 \cdot d_c, \quad (9)$$

где d_c – диаметр сопла форсунки, м.

Подставим исходные данные в формулу 9:

$$D = 1,925 \cdot 19,8 = 38 \text{ мм}$$

3. Определяют высоту вкладыша, мм:

$$h = 2,5 + 2 \cdot d_c, \quad (10)$$

где d_c – диаметр сопла форсунки, м.

Подставим исходные данные в формулу 10:

$$h = 2,5 + 2 \cdot 19,8 = 42,1 \text{ мм}$$

4. Определяют длину соплового канала, мм:

$$l_1 = (0,5 \pm 1,0)d_c, \quad (11)$$

где d_c – диаметр сопла форсунки, м.

Подставим исходные данные в формулу 11:

$$l_1 = (0,5 \pm 1,0) \cdot 19,8 \text{ мм}$$

5. Определяют высоту камеры смещения, мм:

$$l_2 = \frac{D - d_c}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}, \quad (12)$$

где угол конусности камеры $\theta = 120^\circ$.

Подставим исходные данные в формулу 12:

$$l_2 = \frac{38 - 19,8}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{120}{2}} = 5,25 \text{ мм}$$

6. Определяют диаметр центрального канала, мм:

$$d_0 = d_c \cdot \sqrt{0,676 - 0,024d_c}, \quad (13)$$

где d_c – диаметр сопла форсунки, м.

Подставим исходные данные в формулу 13:

$$d_0 = 19,8 \cdot \sqrt{0,676 - 0,024 \cdot 19,8} = 8,87 \text{ мм}$$

7. Определяют суммарную площадь закручивающихся каналов, мм²:

$$S_k = 1,075\pi d_0^2, \quad (14)$$

где d_0 – диаметр центрального канала, мм.

Подставим исходные данные в формулу 14:

$$S_k = 1,075 \cdot 3,14 \cdot 8,87^2 = 265,6 \text{ мм}^2$$

8. Определяют угол наклона закручивающихся каналов:

$$\operatorname{lg} \alpha = 0,053 \cdot \beta \cdot \left(\frac{d_0^2}{d_c^2}\right)^{0,58} + 0,32, \quad (15)$$

где β в [рад] (1 рад=57,3 град). Далее находят $\alpha = 10^x$, [рад], и переводят в [град], где $x = \operatorname{lg} \alpha$.

Подставим исходные данные в формулу 15:

$$\lg \alpha = 0,053 \cdot 65 \left(\frac{0,00887^2}{0,0198^2} \right)^{0,58} + 0,32 = 1,68$$

$$\alpha = 10^{1,68} = 47,86^\circ$$

9. Определяют размер закручивающих каналов, мм:

$$\alpha = \sqrt{\frac{S_k}{n \cdot \cos \alpha}}, \quad (16)$$

где число каналов $n=5$

Подставим исходные данные в формулу 16:

$$\alpha = \sqrt{\frac{265,6}{5 \cdot \cos 47,86}} = 7,44 \text{ мм}$$

10. По необходимости определяют средний объемно-поверхностный диаметр капель жидкости, мм:

$$d_{\text{ж}} = 0,154 \Delta P_{\text{ж}}^{0,44} \cdot d_{\text{с}}^{0,23}, \quad (17)$$

где $\Delta P_{\text{ж}}$ —перепад давления, МПа;

$d_{\text{с}}$ —диаметр сопла форсунки, мм.

Подставим исходные данные в формулу 17:

$$d_{\text{ж}} = 0,154 \cdot (4 \cdot 105)^{0,44} \cdot 19,8^{0,23} = 89,26 \text{ мм}$$

В результате проведенных расчетов определена эффективность нагрузки скруббера. Превышение нагрузок приведет к увеличению предельно допустимой концентрации выбросов в атмосферу.

Выводы

Раздел «Разработка технологических решений» содержит описание испарения и подготовку аммиака, синтез аммиачной селитры, концентрирование раствора аммиачной селитры и получение суспензии сульфо-нитрата аммония, охлаждение и сбор технологического конденсата, обоснование аппаратной части. Все представленные схемы разрабатывались совместно с компанией CFI holding.

Заключение

В бакалаврской работе рассмотрен процесс получения сульфо-нитрата аммония. Проанализирована схема при строительстве производства сульфо-нитрата аммония на возможные влияния на антропогенную ситуацию, сложившуюся в городе Тольятти.

В данной работе был произведен расчет материального баланса на производстве сульфо-нитрата аммония, расположенного на предприятии ПАО «КуйбышевАзот». Данное производство находится на стадии завершения строительства и пусконаладочных работ.

Материальный баланс представлен с учетом производительности сульфат-нитрат аммония.

Собрана информация по основным видам ресурсов для технологических нужд, изучены основные показатели и физико-химические характеристики сульфат нитрат аммония а так же аммиачной селитры. Изучены стадии технологического процесса при производстве сульфат-нитрат аммония и аммиачной селитры.

Собрана информация по вредным веществам, негативно влияющих на окружающую среду. Разработан перечень мероприятий по предотвращению (сокращению) выбросов в атмосферу и сбросов вредных веществ в окружающую среду.

На основании выше изложенного можно сделать вывод, что планируемое производство нитрат-сульфат аммония экологически безопасное для атмосферы и окружающей среды. Является перспективным производством в химической промышленности в связи с высоким спросом на выпускаемую продукцию потребителями. Одним из ведущих факторов проектируемого производства в экологической сфере является безотходное производство нитрат-сульфат аммония.

Список используемых источников

1. Айнштейн В.Г. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. В двух книгах. Книга 1: Учебник [Текст] // В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров и др. - СПб.: Лань, 2019. - 916 с.
2. Айнштейн В.Г. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. В двух книгах. Книга 2: Учебник [Текст] // В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров и др. - СПб.: Лань, 2019. - 876 с.
3. Беспалов В.И. Оценка процессов и расчет аппаратов защиты окружающей среды: Учебное пособие [Текст] // В.И. Беспалов, С.В. Мещеряков, О.С. Гурова. - Рн/Д: Мини Тайп, 2015. - 192 с.
4. Бобович Б.Б. Процессы и аппараты переработки отходов: Учебное пособие [Текст] // Б.Б. Бобович. - М.: Форум, 2018. - 256 с.
5. Ветошкин А.Г. Инженерная защита атмосферы от вредных выбросов [Электронный ресурс]: учебное пособие // А.Г. Ветошкин – Москва :Инфра-Инженерия, 2016. – 316 с. ISBN 978-5-9729-0128-9.
6. Глинка Н.Л. Общая химия в 2 ч. Часть 1: Учебник для академического бакалавриата [Текст] // Н.Л. Глинка. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 364 с.
7. Глинка Н.Л. Общая химия в 2 ч. Часть 2: Учебник для академического бакалавриата [Текст] // Н.Л. Глинка. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 380 с.
8. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учебное пособие для вузов [Текст] // Ю.И. Дытнерский, Г.С. Борисов, В.Брыков. - М.: Альянс, 2015. - 496 с.
9. Зимняков В.М. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов.: Учебник [Текст] // В.М. Зимняков, А.А. Курочкин, И.А. Спицын и др. - М.: Инфра-М, 2016. - 320 с.

10. Мирзарахимов М.С., Искандаров Жахонгир Р.У., Хожибалоев Йодгор Ю.У. Анализ влияния газовых выбросов на окружающую среду // Журнал «Наука, техника и образование», 2020 – с. 5 – 9
11. Мухаметгалиев И.М., Черкасова Е.И., Муллахметова Л.И., Ласковенокова Е.А. Очистка газов от кислых компонентов [Текст] // Журнал «Вестник Казанского технологического университета», 2017 – с. 54 - 60
12. Мухленов И.П. Расчеты химико-технологических процессов: Учебное пособие для вузов. [Текст] // И.П. Мухленов. - М.: Альянс, 2016. - 248 с.
13. Официальный сайт ПАО «КуйбышевАзот» - https://www.kuazot.ru/products/products_in_life/.
14. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии // А.А. Носков – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
15. Постоянный технологический регламент ТР производства нитрата-сульфата аммония цеха №37 (в трёх книгах) – 2016.
16. Проектная документация ОАО «НИАП», Новомосковск, лицензиары - холдинг «GFI holding Pte.ltd» фирма CFPh, 2015 .
17. Производственная инструкция ИРМ 37-21 по рабочему месту опреатора ДПУ 5,6 разряда [Текст] // ПАО «КуйбышевАзот», 2019. – 56с.
18. Склабинский В.И., Скиданенко М.С., Демченко А.Н. Исследование влияния вибраций на гидродинамику струи плава виброгрануляторов производства азотных удобрений // Технологический аудит и резервы производства — 2015. — № 7(25). — С.12 — 15.
19. Склабинский В.И., Скиданенко М.С., Демченко А.Н. Исследование влияния вибраций на гидродинамику струи плава виброгрануляторов производства азотных удобрений // Технологический аудит и резервы производства — 2015. — № 7(25). — С.12 — 15.
20. Таран А.Л. Оценка возможностей производства и результатов использования крупнотоннажных гранулированных продуктов повышенного

качества и инженерные решения по реконструкции действующих производств // Повышение эффективности процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности: Сб. науч. тр. — Москва, 2016. — С. 55 — 62.

21. Таран А.Л., Останина О.И., Таран А.В., Беспалова В.О. Анализ требований к качеству основных азотсодержащих минеральных удобрений и технические решения для повышения их качества/ А.Л. Таран, О.И. Останина, А.В. Таран, В.О. Беспалова// Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2016. № 1. – С. 53 -62

22. Таран Ю.А., Иванов Р.Н., Таран А.Л., Таран А.В. Основные азотсодержащие минеральные удобрения и технические решения для улучшения их качества // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология — 2016. — № 3. — С.49 — 54.

23. Heberlein J., Murphy A.B. Topical review: Thermal plasma waste treatment. // Journal of Physics D: Applied Physics. – 2008. – V.41, N 5. С. 45-49

24. Perry J.H. Chemical Engineers Handbook. Fourth Edition. Volume 1. // С.Н. Chilton, S.D. Kirkpatrick – New York: Toronto: London: Sydney: McGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1963. – 640 с.

25. Perry J.H. Chemical Engineers Handbook. Fourth Edition. Volume 2. // С.Н. Chilton, S.D. Kirkpatrick – New York: Toronto: London: Sydney: McGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1963. – 504 с. Ustimenko A.B., Messerle V.E. Kazakhstan Coal Technology for Power Engineering Application // Proceedings of the «World Clean Coal Conference. Turkea & Eurasia 2015», February 9-10, 2015, Istanbul. – 2015. - P. 46-47

26. Youngchul Byun, Moohyun Cho, Soon-Mo Hwang and Jaewoo Chung. Thermal Plasma Gasification of Municipal Solid Waste (MSW), Gasification for Practical Applications, Dr. Yongseung Yun (Ed.), 2012. - ISBN: 978-953-51-0818-4, InTech, DOI: 10.5772/48537.