

УДК 661.525

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОЧИСТКИ ПАРОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В ПРОИЗВОДСТВЕ АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ

Д.С. Осипцева, студент гр. ХНм-231, II курс

Научный руководитель: Буланова Т.В., к.х.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Производство аммиачной селитры (нитрата аммония,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) является важнейшей отраслью химической промышленности, обеспечивающей сельское хозяйство азотными удобрениями, а горнодобывающий и строительный сектора – взрывчатыми веществами. Однако технологический процесс сопровождается образованием значительного количества газообразных выбросов, содержащих токсичные и экологически опасные компоненты: аммиак ( $\text{NH}_3$ ), оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ), пары азотной кислоты ( $\text{HNO}_3$ ) и аэрозоли аммиачной селитры.

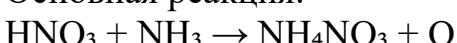
В условиях ужесточения экологических норм и требований к промышленной безопасности (таких как Директива ЕС по промышленных выбросах, ГОСТ Р 56162-2019 в РФ) эффективная очистка отходящих газов становится не просто технической необходимостью, но и ключевым фактором устойчивого развития предприятий. Недостаточная очистка приводит к:

- Загрязнению атмосферы (аммиак и  $\text{NO}_x$  способствуют образованию смога и кислотных дождей);
- Потере ценного сырья (до 5–10% азотных соединений может улетучиваться);
- Рискам для оборудования (коррозия из-за  $\text{HNO}_3$  и  $\text{NH}_3$ );
- Опасности взрывов (пыль  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  взрывоопасна при определенных концентрациях).

Отработанный воздух в производстве аммиачной селитры формируется на нескольких технологических стадиях, каждая из которых вносит свой вклад в состав выбросов:

### 1. Нейтрализация азотной кислоты аммиаком

Основная реакция:



При этом возможны побочные процессы с выделением:

- Непрореагировавшего  $\text{NH}_3$  (особенно при избытке аммиака);
- Паров  $\text{HNO}_3$  (при неполной конденсации);
- Оксидов азота (из-за разложения  $\text{HNO}_3$  при высокой температуре).

### 2. Испарение и гранулирование раствора селитры

На этапах выпаривания, грануляции и сушки образуются:

- Аэрозоли  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (взрывоопасная пыль);
- Газы ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ ) из-за термического разложения селитры.

### 3. Охлаждение и транспортировка продукта

Механическое воздействие приводит к пылеобразованию, а колебания температуры – к выделению паров аммиака.

Типичный состав отходящих газов:

$\text{NH}_3$  50–500 мг/м<sup>3</sup> (ПДК-20 мг/м<sup>3</sup>);

$\text{NO}_x$  (в пересчете на  $\text{NO}_2$ ) 100–1000 мг/м<sup>3</sup> (ПДК –40 мг/м<sup>3</sup>);

$\text{HNO}_3$  10–200 мг/м<sup>3</sup> (ПДК –2 мг/м<sup>3</sup>);

Пыль  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  20–300 мг/м<sup>3</sup> (ПДК–50 мг/м<sup>3</sup>). [1]

Главная цель газоочистки – снижение концентрации вредных веществ до уровней, соответствующих санитарным (ПДК) и экологическим (ПДВ) нормативам, при минимальных эксплуатационных затратах. Для этого необходимо решить следующие задачи:

#### 1. Улавливание аммиака:

- Рекуперация  $\text{NH}_3$  для возврата в производство;
- Нейтрализация остаточных количеств.

#### 2. Обезвреживание оксидов азота:

- Каталитическое восстановление до  $\text{N}_2$ ;
- Абсорбция с получением нитратных растворов.

#### 3. Очистка от паров $\text{HNO}_3$ и пыли:

- Мокрая очистка в скрубберах;
- Фильтрация через электрофильтры или рукавные фильтры.

#### 4. Повышение энергоэффективности:

- Использование тепла отходящих газов;
- Внедрение замкнутых водооборотных циклов.

В данном контексте анализ существующих методов очистки отработанных газов, их эффективность и экономическая целесообразность становятся актуальными для промышленных предприятий. Рассмотрим современные методы очистки отходящих газов в производстве аммиачной селитры:

#### 1. Циклонная очистка.

Циклонные пылеуловители эффективно улавливают частицы пыли аммиачной селитры размером более 10 мкм. Применение нескольких ступеней циклонирования повышает степень очистки.

#### 2. Фильтрация.

Рукавные фильтры с подходящими фильтрующими материалами обеспечивают высокую степень очистки (до 99%) от пыли аммиачной селитры. Важно учитывать возможность слипания пыли на фильтрах и регулярно проводить их регенерацию.

#### 3. Электрофильтрация.

Электростатические пылеуловители эффективны для улавливания мелкодисперсной пыли аммиачной селитры. Необходимо контролировать электрические параметры, чтобы предотвратить возможность взрыва.

#### 4. Мокрая очистка.

Скруббера с водяной промывкой позволяют уловить пылевые частицы, растворяя их в воде. Требуется дальнейшая очистка образующихся сточных вод.

5. Адсорбционная очистка.

Использование адсорбентов, таких как активированный уголь, позволяет эффективно улавливать газообразные и парообразные соединения аммиака и азотной кислоты. Важно учитывать необходимость периодической регенерации или замены адсорбента.

6. Абсорбционная очистка.

Скруббера с водяной или щелочной промывкой обеспечивают улавливание газообразных загрязнителей, растворяя их в жидкости. Необходима дальнейшая очистка образующихся сточных вод.

7. Каталитическое обезвреживание.

Каталитическое окисление паров аммиака и оксидов азота при высоких температурах позволяет их разлагать на безвредные компоненты. Требуется использование специальных катализаторов и точный контроль параметров процесса.

8. Биологическая очистка.

Биофильеры и биореакторы с использованием микроорганизмов могут осуществлять деструкцию органических загрязнителей, содержащих азот. Необходимо поддержание оптимальных условий для жизнедеятельности микроорганизмов.

9. Комбинированные методы.

Сочетание нескольких методов, например, абсорбции и адсорбции или абсорбции и каталитического обезвреживания, позволяет добиться высокой степени очистки. [1]

Чаще всего использую комбинированный способ очистки. В КАО «Азот» на производстве аммиачной селитры так же используется комбинирований метод:

Загрязненные примесями аммиачной селитры и аммиака отработанные газы из грануляционной башни и выпарных аппаратов, а также соковый пар из аппаратов ИТН и скруббера-донаутриализатора поступает на очистку в промывной скруббер.

Очистка паровоздушной смеси осуществляется сначала путем промывки слабым раствором аммиачной селитры на двух ситчатых тарелках с отбойными элементами, а затем на двойных фильтрующих элементах из стекловолокна.

Проходя через орошающие тарелки парогазовый поток охлаждается, содержащиеся в нем частицы аэрозоля укрупняются за счет конденсации паров воды. Содержание аммиачной селитры в потоке снижается. После очистки на тарелках паровоздушная смесь проходит двойные фильтрующие элементы, работающие в режиме самоочищения. Содержащиеся в паровоздушной смеси жидкие частицы осаждаются на волокнах фильтрующего элемента, накапливаются и стекают с фильтрующего материала на вторую тарелку промывного

скруббера. Воздух после очистки в скруббере с концентрацией  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  не более 100 мг/м<sup>3</sup> и  $\text{NH}_3$  не более 34,99 мг/м<sup>3</sup> выбрасывается на высоте около 73 м высоконапорными дымососами. [2]

Для обеспечения требуемых показателей содержания  $\text{NH}_3$  и  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  в паровоздушной смеси, выбрасываемой в атмосферу, предложено предусмотреть техническое перевооружение системы очистки.

В промывном скруббере заменить все 24 фильтроэлемента на фильтры с увеличенной поверхностью фильтрации, с вкладышами из нетканого материала и демистров после них.

Фильтрующий пакет состоит из 3-х слоев различных фильтрующих материалов:

- вкладыш 1 обеспечивает основные функции улавливания аэрозольных частиц и мелких капель раствора аммиачной селитры, состоит из смеси химически стойких полимерных извитых волокон с низкими углами смачивания;

- вкладыш 2 обеспечивает доулавливание мелких капель раствора аммиачной селитры и абсорбцию аммиака в смоченном состоянии, состоит из химически стойкого прямого стекловолокна, армированного стекло-сеткой;

-вкладыш 3 обеспечивает опирание слоя стекловолокна, страхует от вторичного брызгоноса, состоит из смеси волокон с низкими углами смачивания.

Для снижения нагрузки на скруббер и очистки выбросов паровоздушной смеси из выпарного аппарата существующего отделения нейтрализации и выпарки, предусмотреть новый дополнительный узел промывки. Узел промывки состоит из скруббера-промывателя паровоздушной смеси, сборника циркулирующего раствора аммиачной селитры. Очистку паровоздушной смеси от примесей осуществлять слабым раствором аммиачной селитры с массовой долей  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  до 35%.

В соответствии с проектными данными после технического перевооружения технологические выбросы аммиака и аммиачной селитры производства аммиачной селитры на КАО «Азот» будут составлять:

$\text{NH}_4\text{NO}_3 < 0,31 \text{ кг/т};$

$\text{NH}_3 < 0,20 \text{ кг/т}. [3]$

В соответствии с нормативным документом в области охраны окружающей среды «Технологические показатели наилучших доступных технологий производства аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот», утвержденным приказом Минприроды России от 05.07.2019 № 451, для производства аммиачной селитры по технологии АС-72 выбросы не должны превышать следующих значений:

$\text{NH}_4\text{NO}_3 \leq 1,88 \text{ кг/т};$

$\text{NH}_3 < 0,53 \text{ кг/т}. [4]$

#### Список литературы:

- 1.Клевке, В.А. Технология азотных удобрений / В.А. Клевке, Н.Н. Поляков, Л.З. Арсеньева. - Л.: Химия, 1966. – 283 с.

2.Постоянный технологический регламент №79 производства гранулированной аммиачной селитры по схеме АС-72 цеха №13 №79. КАО «Азот». - Кемерово, 2016. - 309 с.

3.ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ АЗОТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ПРОДУКТОВ ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА» (ОАО «ГИАП») «Техническое перевооружение производства аммиачной селитры АС-72/1,2» Том 8.-Москва, 2019. - 284с.

4. Нормативный документ в области охраны окружающей среды «Технологические показатели наилучших доступных технологий производства аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот» Утверждено приказом Минприроды России от 05.07.2019 № 451.